KESKLABOR
Eesti Keskkonnauuringute Keskus

CENTRAL LAB
Estonian Environmental Research Centre

LISA 1:

Aastatel 2004-2014 EL ja KIK abirahadega rajatud ja rekonstrueeritud reovee-puhastite tõhususe hindamise metoodika

Kesklabor
Central Lab

Töö nimetus: Aastatel 2004-2014 EL ja KIK abirahadega rajatud ja rekonstrueeritud reoveepuhastite tõhususe hindamine. Lisa 1

Töö autorid: Vallo Kõrgmaa, Taavo Tenno, Mihkel Gross, Mait Kriipsalu, Aimar Kivirüüt, Priit Tamm, Vahur Värk, Kristjan Karabelnik, Harri Terase

Töö tellija: Keskkonnaministeerium

Metoodika koosneb kahest põhilisest komponendist, mida on hilisema statistilise analüüsi käigus võimalik omavahel siduda põhjalikemate järelduste tegemiseks:

Töö tellinud: Keskkonnaministeerium

Töös osalenud asutused ja ettevõtted:

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ
Marja 4D
Tallinn, 10617
Tel. 6112 900
www.klab.ee

Infragate Eesti AS
Kadaka tee 5
Tallinn, 10621
Tel. 626 7777
www.infragate.ee

aqua consult baltic OÜ
Pikk 14
Tartu, 51003
Tel. 744 1249
www.aquaconsult.ee

Entec Eesti OÜ
Pärnu mnt 160
Tallinn, 11317
Tel. 617 7430
www.entec.ee

Eesti Maaülikool
Friedrich Reinhold Kreutzwaldi 1
Tartu, 51014
Tel. 731 3001
www.emu.ee

Alkranel OÜ
Riia 15
Tartu, 51010
Tel. 736 6676
www.alkranel.ee

Lepingu nr: 4-1.1/14/90

Töö valmimisaeg: 31.03.2016.a.

Töö on teostatud SA Keskkonnainvesteeringute Keskus toetusel

Sisukord

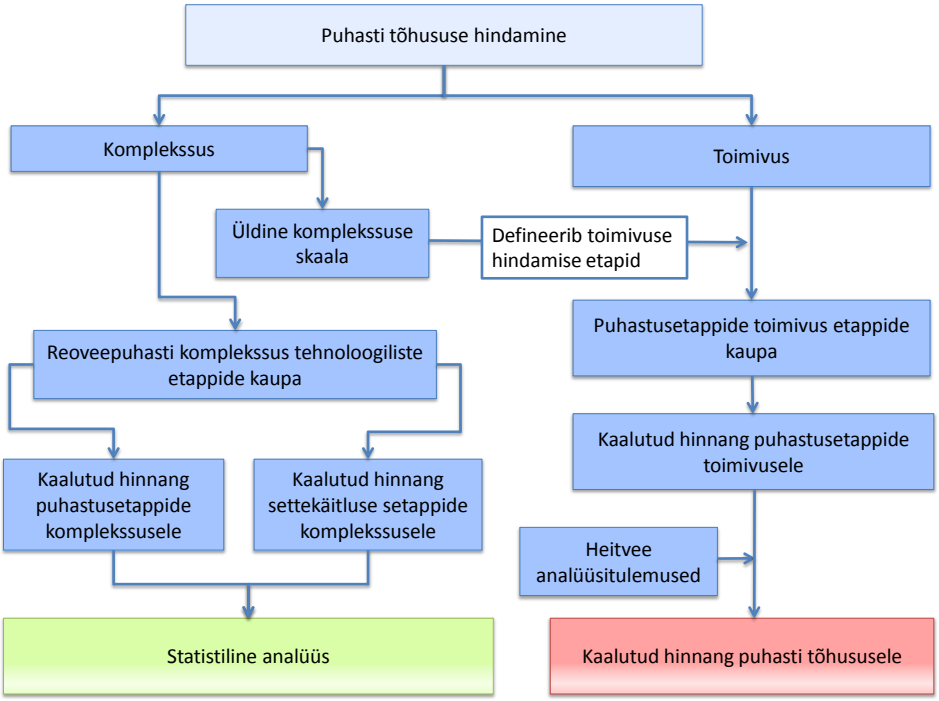
1. Puhasti tõhususe hindamise metoodika ülesehitus 5
1.1. Hindamispõhimõtted 6
1.1.1 Komplekssuse hindamine 7
1.1.2 Toimivuse hindamine 8
2. Puhasti tõhususe hindamise metoodika 10
2.1. Reoveepuhasti ülesehitus 10
2.2. Reoveepuhasti üldinfo 11
2.3. Sissevool ja ühtlusti 11
2.4. Võre 14
2.5. Purgla 15
2.6. Liivapüünis 16
2.7. Eelsetiti 18
2.8. Septik 19
2.9. Märgala (põhipuhastina) 20
2.10. Nõrgbiofilter 23
2.11. Täidisega aerotank 24
2.12. Sukelbiofilter 26
2.13. Tavaline aktiivmudapuhasti 27
2.14. Annuspuhasti 30
2.15. Järelsetiti 33
2.16. Lämmastikuärastus 35
2.17. Fosforiärastus 37
2.18. Biotiik 38
2.19. Väljavool 40
2.20. Automaatika 42
2.21. Settekäitlus 43
3. Operaatori hinnang reoveepuhasti tõhususele 48
4. Operaatori kompetentsuse hindamine 49
4.1. Hindamise põhimõtted 49
4.2. Hindamiskriteeriumid 50

1. Puhasti tõhususe hindamise metoodika ülesehitus

Käesoleva töö raames töötati välja reoveepuhasti tõhususe hindamise metoodika. Metoodika üheks eesmärgiks on anda igale puhasti tõhususele võrreldav ning reastatav või grupeeritav hinnang, st töö tulemuste põhjal on võimalik kogutud andmete tabelis reastada või grupeerida abirahadega rajatud puhastid tõhususe alusel.

Puhastite tõhususe hindamise metoodika väljatöötamisel on aluseks võetud printsiip, et metoodika peab võimaldama erinevat lähenemist sõltuvalt puhastustehnoloogiast ning muudest aspektidest, mida töö teostaja on pidanud oluliseks. Töö raames on välja töötatud Exceli-põhine hindamissüsteem, mida hakatakse kasutama välitööde käigus. Käesolev metoodika kirjeldus tutvustab hindamispõhimõtteid ja –kriteeriume, millest tulenevalt antakse puhastitele hinnangud nende tõhususe hindamiseks. Lisaks kogutakse käesoleva uuringu raames erinevat asjakohast infot (reovee puhastamise kulud, investeeringud, koolitusvajadus jne), mida reoveepuhasti komplekssuse ja/või toimivuse hindamiseks ei kasutata, kuid mis võib hilisema statistilise analüüsi käigus anda olulist täiendavat infot andmete interpreteerimise tarbeks.

Uuritavad reoveepuhastid erinevad üksteisest nii puhastustehnoloogiate kui ka kasutatavate tehnoloogiliste etappide poolest. Selleks, et oleks võimalik kõigi reoveepuhastite tõhusust ühtsetel alustel hinnata, tuleb uuritavad puhastid vastavalt lahendustele n.ö. osadeks jaotada. Hinnangu andmisel on oluline, et kõigil puhastitel oleks võimalik ühtsetel alustel hinnata näiteks võreseadet, järelsetitit, aktiivmudatehnoloogiat vms. Metoodika eesmärgiks on hinnata puhasti tööd vastavalt tehnoloogia keerukusele (edaspidi **komplekssus**) ning selle **toimivusele** (sh keemilise analüüsi tulemustele).



Joonis 1: Tõhususe hindamise metoodika struktuur

Metoodika koosneb kahest põhilisest komponendist, mida on hilisema statistilise analüüsi käigus võimalik omavahel siduda põhjalikemate järelduste tegemiseks:

Reoveepuhasti **komplekssus** kirjeldab puhastusprotsessi keerukust. Komplekssuse hindamise eesmärgiks ei ole kõrvutada lihtsat reoveepuhastustehnoloogiat keerukamaga ning väita, et üks on teisest parem, vaid tekitada ühtne skaala, mis võimaldab statistilise analüüsi käigus võrrelda erinevaid tehnoloogilisi lahendusi sõltuvalt reoveepuhasti suurusest ja tehnoloogilistest lahendustest (nt biokile- või aktiivmudapuhasti).

Reoveepuhasti **toimivus** kaardistab kõik need tegurid (seadmete hooldus, aktiivmuda pundumise ilmingud, settimisprobleemid jne), mis võivad oluliselt mõjutada reoveepuhasti tõhusat tööd. Puhasti tõhususe hindamiseks vaadeldakse kõigi puhastusetappide toimivust eraldi ning neist hinnetest moodustatakse koondhinnang, mis arvestab ka heitvee analüüsitulemustega.

1.1. Hindamispõhimõtted

Reoveepuhasti tõhususe hindamisel on lähtutud sisuliselt kahest põhimõttest – hinnatakse eraldi komplekssust ja toimivust. Komplekssuse ja toimivuse hindamine käib tehnoloogiliste etappide kaupa eesmärgiga välja selgitada reoveepuhasti tõhusat tööd kõige enam mõjutavad parameetrid reoveepuhastusprotsessis ning tagada erinevate reoveepuhastusprotsesside võrreldavus. Hindamise kokkuvõttena moodustatakse koondhinnang, mis arvestab nii kasutatava reoveepuhastustehnoloogia keerukust, konkreetse reoveepuhasti toimivust kui ka heitvee analüüsitulemuste vastavust vee-erikasutusloaga puhastile kehtestatud nõuetele.

Iga puhastusetapi kohta on välja valitud parameetrid, mis on olulised toimivuse ja komplekssuse hindamiseks. Kõigile parameetritele on iseloomulik, et neil on olemas valikvastused, mis annavad toimivusele või komplekssusele punkte (min 0p, max 1p). Näide: Toimivuse hindamise parameeter Uputus - Kui esineb uputusi, siis 0p, ei 1p.

Vastavalt konkreetse parameetri sisule, on talle omistatud kaal, mis iseloomustab kui suurt tähtsust omab konkreetne parameeter puhasti komplekssusele või toimivusele.

Parameetrite antud punktid korrutatakse teguriga KAAL. Kõigi kaalude summa näitab maksimaalset punktide arvu, mida on võimalik saada. Kõigi korrutiste (tulp KAALUTUD) summa moodustab punktide arvu, mille konkreetne hinnatav osa sai.

Hinnang 10p skaalal toimivusele ja komplekssusele moodustub peale kaalutud parameetrite summa jagamist kaalude summaga (vt punane ruut Tabel 1).

Tabel 1: Hinnangu moodustumine

Komplekssus kumulatiivselt	Punkte	KAAL	KAALUTUD
10 PALLI SKAALAS	$\frac{\sum_{i=1}^{n} X_i \times Y_i}{\sum_{i=1}^{n} Y_i} \times 10$	$\sum_{i=1}^{n} Y_i$	$\sum_{i=1}^{n} X_i \times Y_i$
Parameeter 1	0	4	0
Parameeter 2	1	3	3

...	....	....	...
Parameeter$_{n-1}$	X_{n-1}	Y_{n-1}	$X_{n-1} \times Y_{n-1}$
Parameeter$_n$	X_n	Y_n	$X_n \times Y_n$

1.1.1 Komplekssuse hindamine

Komplekssuse hindamisel on aluseks põhimõte, et väiksemate koormustega reoveepuhastid on lihtsamad. Kompleksusse hindamise üheks kaasnevaks eesmärgiks on hinnata valitud tehnoloogia sobivust antud oludesse (üle- või aladimensioneerimine). Hinnatakse paigaldatud tehnoloogiliste etappide komplekssust 10 palli skaalal ning erinevate tehnoloogiliste etappide komplekssuse hinnetest moodustatakse koondhinnang kogu puhasti jaoks, mis on ühtlasi sisendiks hilisema statistilise analüüsi jaoks.

Peale töölehe PEASKEEM (vt ka Joonis 2) täitmist moodustub Exceli töölehel Üld puhasti **üldise komplekssuse skaala**(10p skaalal), mis võimaldab võrrelda reoveepuhasteid vastavalt tehnoloogiliste etappide rohkusele ning kaardistab need konkreetsed etapid, mis on uuritaval puhastil olemas. Lisaks defineerib üldise komplekssuse skaala (vt Tabel 2) need reoveepuhastusetapid, mille toimivust hakatakse konkreetsel puhastil hindama ning annab statistilise analüüsi jaoks sisendi erinevate tehnoloogiliste lahenduste võrdlemiseks.

Näiteks tõhustatud toitaineteärastusega aktiivmudapuhasti (A2O protsess), kus on olemas purgla, ühtlusti, võre, liivapüünis, eelsetiti, biotiik järelpuhastina, kus kasutatakse erinevaid andureid protsessi jälgimiseks ja juhtimiseks ning kus tegeletakse reoveesette kompostimisega, saab keerukuse hindeks 9,4 (vt Tabel 2). Väikepuhasti, mis koosneb ainult võrest, liivapüünisest, septikust, sukelbiofiltrist ning järelsetitist ning kus reoveesette käitlusega ei tegeleta, saab keerukuse skaalal hindeks aga 3,1.

Tabel 2: Puhasti komplekssuse hinnang (näide)

Puhasti üldine komplekssus		**KAAL**	**KAALUTUD**
10 PALLI SKAALAS	9,4	16	15
Purgla	1	1	1
Võre	1	1	1
Liivapüünis/Õlipüünis	1	1	1
Ühtlustusmahuti	1	1	1
Septik/Eelsetiti	1	1	1
Bioloogiline puhastus	1	1	1
Järelsetiti/Dekanter	1	1	1
Biotiik järelpuhastusena	1	1	1
Filtratsioon	0	1	0
Keemiline fosfori ärastus	1	1	1
Bioloogiline fosfori ärastus	1	1	1
Bioloogiline lämmastiku ärastus	1	1	1
Tihendamine	1	1	1

Tahendamine	1	1	1
Stabiliseerimine	1	1	1
Automaatika	1	1	1

Kaalutud hinnang puhastusetappide komplekssusele iseloomustab puhasti üldist komplekssust 10p skaalal ning moodustub kõigi puhastusetappide komplekssustest (vt ka Tabel 1). Hinnang iseloomustab kogu reoveepuhastusprotsessi tehnoloogilist keerukust (vt Tabel 3). Hinnang moodustub ainult nende puhastusetappide baasil, mis on konkreetses reoveepuhastis olemas.

Tabel 3: Kaalutud hinnang puhastusetappide komplekssusele (näide)

Puhastusetappide komplekssus	Punkte	KAAL	KAALUTUD
10 PALLI SKAALAS	4,6	7	3,2
Purgla			
Võre	0,7	1	0,7
Liivapüünis/Õlipüünis	0,63	1	0,63
Ühtlustusmahuti/Sissevool			
Septik			
Eelsetiti	0,33	1	0,33
Bioloogiline puhastus	0,5	1	0,5
Järelsetiti	0,33	1	0,33
Biotiik järelpuhastusena			
Fosfori ärastus	0,6	1	0,6
Tõhustatud lämmastiku ärastus	0,11	1	0,11
Automaatika			

Kaalutud hinnang settekäitluse etappide komplekssusele iseloomustab settekäitluse üldist komplekssust 10p skaalal ning moodustub kõigi settekäitluse etappide komplekssustest (vt ka Tabel 1). Hinnang iseloomustab kogu reoveesette töötlemise tehnoloogilist keerukust.

Tabel 4: Kaalutud hinnang settekäitluse komplekssusele

Settekäitlusetappide komplekssus	Punkte	KAAL	KAALUTUD
10 PALLI SKAALAS	10	2	2
Tihendamine/Tahendamine	1	1	1
Stabiliseerimine	1	1	1

1.1.2 Toimivuse hindamine

Toimivuse hindamisel on aluseks võetud faktorid, mis rohkemal või vähemal määral mõjutavad reoveepuhasti (tehnoloogilise etapi) efektiivset tööd. Hindamine toimub tehnoloogiliste etappide kaupa eraldi 10 palli skaalal ning erinevate tehnoloogiliste etappide toimivuse hinnetest moodustatakse koondhinnang kogu puhasti jaoks.

Kaalutud hinnang puhastusetappide toimivusele iseloomustab puhasti üldist toimivust 10p skaalal ning moodustub kõigi puhastusetappide toimivuse hinnangutest (vt ka Tabel 1 ja Tabel 5). Hinnang iseloomustab kogu reoveepuhastusprotsessi toimivust ning arvestab nii settekäitluse kui ka heitvee analüüsitulemustega.

Tabel 5: Kaalutud hinnang puhastusetappide toimivusele

Toimivus kumulatiivselt	Punkte	KAAL	Seletus
10 PALLI SKAALAS			
Kas puhastusprotsess on jälgitav?	0	0,25	Jah – 1p, Osaliselt 0,5p, Ei – 0p
Kas paralleelseid süsteeme on võimalik üksteisest sõltumata kasutada?	0	0,25	Jah – 1p, Ei – 0p
Kas opetaatoril on seadmele ja selle osadele võimalik igal ajal ligi pääseda?	0	0,25	Jah – 1p, Ei – 0p
Kas puhastil on olemas tehnohoone?	0	0,25	Jah – 1p, Ei – 0p
Kas puhastil on olemas hooldusjuhend?	0	0,25	Jah – 1p; Jah, kuid ei kajasta reaalset situatsiooni – 0p, Ei – 0p
Purgla	0	2	Puhastusetapi toimivuse punktid
Võre	0	2	Puhastusetapi toimivuse punktid
Liivapüünis/Õlipüünis	0	2	Puhastusetapi toimivuse punktid
Ühtlusti/Sissevool	0	3	Puhastusetapi toimivuse punktid
Septik	0	4	Puhastusetapi toimivuse punktid
Eelsetiti	0	4	Puhastusetapi toimivuse punktid
Bioloogiline puhastus	0	5	Puhastusetapi toimivuse punktid
Järelsetiti	0	4	Puhastusetapi toimivuse punktid
Biotiik järelpuhastusena	0	3	Puhastusetapi toimivuse punktid
Fosfori ärastus	0	3	Puhastusetapi toimivuse punktid
Tõhustatud lämmastiku ärastus	0	3	Puhastusetapi toimivuse punktid
Tihendamine/Tahendamine	0	3	Puhastusetapi toimivuse punktid
Stabiliseerimine	0	4	Puhastusetapi toimivuse punktid
Automaatika	0	3	Puhastusetapi toimivuse punktid
Väljavool	0	4	Puhastusetapi toimivuse punktid

2. Puhasti tõhususe hindamise metoodika

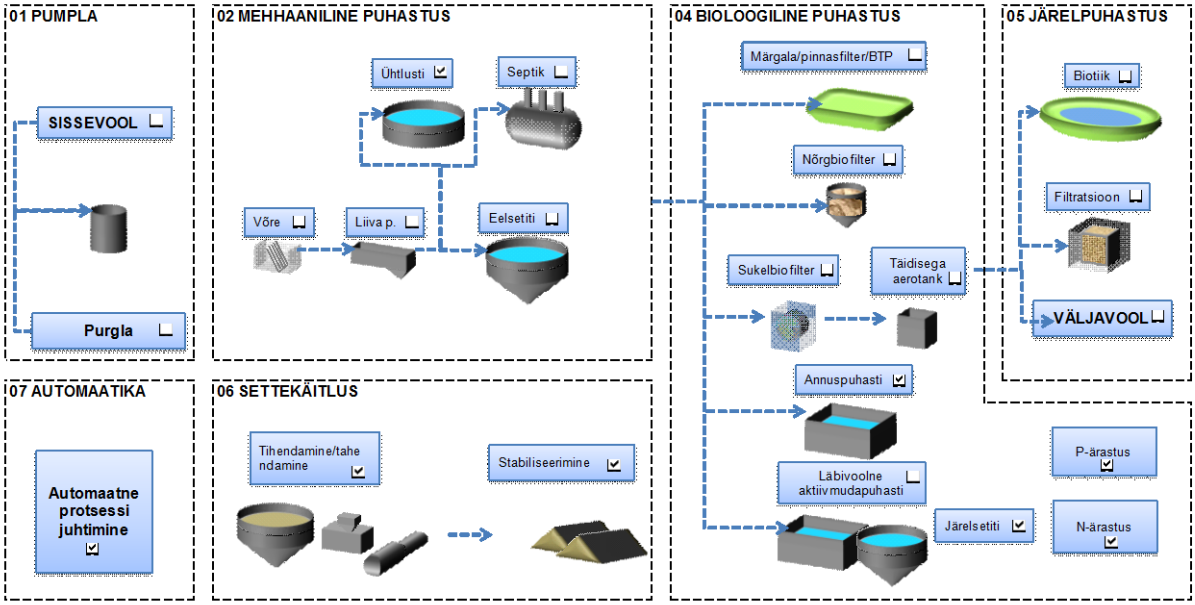
Järgnevates alapeatükkides on toodud lühiülevaade reoveepuhastusprotsessi projekteerimise ning hoolduse/opereerimise seisukohalt tähtsamatest aspektidest, mis võivad mõjutada reoveepuhasti tõhusust. Iga uuritava puhasti puhul võetakse vaatluse alla vaid need tehnoloogilised etapid, mis on sellel puhastil olemas.

Iga tehnoloogilise etapi kohta koostati Exceli tööleht, mis võimaldab paikülevaatluse käigus andmeid operatiivselt koguda. Lisaks on koostatud iga tehnoloogilise etapi kohta seletav saatekiri, mis sisaldab alljärgnevat:

- Protsessi kirjeldus
- Tüüpilised lahendused.
- Tüüpilised probleemid ja nende kontrollmeetmed
- Hooldus
- Hindamiskriteeriumid

2.1. Reoveepuhasti ülesehitus

Vaatluse alla võetud reoveepuhastid on oma ülesehituselt ja puhastuspõhimõtetelt üksteisest väga erinevad. Hindamise käigus on vaja esmalt saada ülevaade uuritava reoveepuhasti tehnoloogiast.



Joonis 2: Exceli tööleht PEASKEEM

Protsessi etapid märgitakse linnukestega Exceli töölehel PEASKEEM. Vajutades nupule MÄRGI aktiveeruvad konkreetse reoveepuhasti tehnoloogilisi etappe käsitlevad töölehed. Vajutades nupule LIIGUTA vahetavad töölehed oma järjestust nii, et esimesed lehed on ainult konkreetse reoveepuhasti kohta käivad töölehed.

2.2. Reoveepuhasti üldinfo

Reoveepuhastite tõhususe hindamine viiakse läbi paikülevaatluste käigus koostöös reoveepuhasti operaatoriga. Välitööde teostamise ajal on esmalt vaja saada ülevaade reoveepuhastusprotsessi tehnoloogilistest etappidest, ligipääsetavust ning muudest välistest teguritest, mis võivad oluliselt mõjutada reoveepuhasti igapäevast tööd. Kogutakse infot puhasti asukohast tulenevate võimalik probleemide ning opereerimist mõjutavate üldiste tegurite (vt Tabel 6) kohta.

Tabel 6: Muud tegurid, mis võivad mõjutada reoveepuhasti tööd

ÜLDINFO	
Küsimus	**Valikvastused**
Puhastamise tüüp	Pinnasfilter; Läbivoolne aktiivmudapuhasti; Annuspuhasti; Biokilepuhasti; Biotiik põhipuhastina; Muu.
Puhasti tüüp	Erilahendusega; Kompaktpuhasti (tehasest tulnud puhasti). Kui on tüüplahendus, siis kirjeldada..
Kas puhastil on CE märgis?	Jah; Ei.
Kas protsess on jälgitav?	Kas operaatoril on võimalik jälgida visuaalselt protsessi kõiki osasid ning nende toimivust? Jah; Ei; Osaliselt. Lisada kommentaar, milline protsessi osa ei ole jälgitav.
Kas operaatoril on seadmele ja selle osadele võimalik igal ajal ligi pääseda?	Jah; Ei. Kommenteerida, millistele osadele ligipääs puudub. Nt. talvel pole võimalik juurde pääseda
Kas puhasti/väljakute laiendamiseks on ruumi?	Jah; Ei.
Kas on reoveepuhasti asukohast tulenevaid probleeme?	Ei ole; Puhasti jääb suurvee mõju alla; Kohalikud elanikud kaebavad haisu pärast; Müra.
Kui kasutatakse paralleelseid süsteeme,, kas neid on võimalik sõltumatult opereerida?	Kas puhasti opereerimisel on olemas paindlikkus näiteks hooldustööde teostamiseks? Paralleelsete süsteemide/liinide kasutamine võimaldab seda. Jah; Ei; Ei kasutata.
Kas puhastil on olemas labori kasutamise võimalus protsessi jälgimise eesmärgil?	Kas operaatoril on võimalik kasutada keemiliste analüüside tulemusi protsessi juhtimisalaste otsuste langetamiseks? Siia alla kuuluvad nii nn kiiranalüüside teostamine kohapeal, oma labori kui ka välise labori kasutamise võimalus. Jah; Ei.
Kas jätkub rahalisi vahendeid hooldustöödeks?	Jah; Ei.

2.3. Sissevool ja ühtlusti

Protsessi kirjeldus. Reoveepuhasti sissevool sõltub teenindavate elanike arvust, tootmisreovete ning kanalisatsiooni pääseva liigvee (sademe-, pinna-, põhjavesi) hulkadest. Sissevool võib kõikuda ööpäeva kestel suuresti ning mõjutada seeläbi oluliselt reoveepuhastusprotsessi tööd.

Reoveepuhasti sissevoolu eesmärgiks on reovee vastuvõtmine, mõõtmine (kogused ja koormus) ning jaotus järgnevatesse puhastusetappidesse. Peale mõõtmist jaotatakse reovesi, kas ühtlusmahutisse, möödaviiku või ka erinevatele reoveepuhastuse liinidele. Reovee jaotamiseks kasutatakse jaotussüsteeme, mis toimivad kas mehaaniliselt, ülevooludena või automatiseeritult, siibritega. Puhasti vastuvõtuvõimet ületavate reovee vooluhulkade ja ka puhastusprotsessi avarii või

hoolduse tarbeks on puhastitel möödaviigud. Möödaviik võib suunata reovee mööda kogu puhastist või ka puhasti osast.

Reovee löökkoormuste ja ebaühtluse tasandamiseks kasutatakse ühtlusmahuteid, mille eesmärgiks on vähendada reovee ebaühtlasest pealevoolust tingitud koormuse mõjusid puhastuseprotsessile. Annuspuhastitel on ühtlusti eesmärgiks reovee kogumine enne protsessimahuti täitmist. Kasututakse ka ühtlustus-avariimahuteid, kuhu suunatakse lähtuvalt mõõtmistulemustest reovesi, mis on tavapärasest tugevamini reostunud või mille kogus ületab puhastusprotsessi projekteeritud hüdraulilist vastuvõtu võimet. Ühtlustus- ja avariimahutites peab olema välistatud reoaine väljasettimine, selleks kasutatakse segamist.

Tüüpilised lahendused. Sissevoolu-jaotuskaev, möödaviik, ülevool, taseme või koguste mõõtmistel põhinev siibritega avatav möödaviik, jaotuskaev liinide vahel, läbivoolu ühtlustusmahuti, põhiprotsessist eraldi paiknev avariimahuti, jne

Tüüpilised probleemid ja nende kontrollmeetmed. Tüüpiliseks reoveepuhastusprotsessi mõjutavaks probleemiks on reovee suur ebaühtlus, mis on ka üheks peamiseks põhjuseks väikepuhastite ebatõhusal toimivusel. Ebaühtlus võib oleneda paljudest teguritest (reovee ebaühtlane pumpamine, ebaühtlane veetarbimine ööpäeva lõikes, tööstusreovee koguste ja koormuse ebaühtlus, infiltratsioonija sademetevee sissepääs kanalisatsiooni jne). Reoveepuhasti operaatori üheks võimaluseks oma puhastusprotsessi tõrgeteta töö tagamisel on reovee koguste ja koormuste ühtlustamine ja puhastusprotsessi mõjutavate löökkoormuste vähendamine.

Hooldus. Peamiselt on vajalik tagada süsteemide toimivus ja korrasolek, sh andurite kalibreeritus.

Hindamiskriteeriumid. Komplekssuse hindamisel hinnatakse sissevoolu võimalusi reovee koguste ja koormusega manipuleerimiseks, st võimalusi reovee hindamiseks ja jaotuseks erinevate puhastusetappide ja/või -liinide vahel või ühtlustamiseks.

Komplekssus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10	14	Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Möödaviik või ülevool		1	Kas on möödaviik võiülevool? Reoveepuhastil on olemas võimalus liiga suurte vooluhulkade protsessist mööda juhtimiseks. Jah 1p, ei 0p
Möödaviik toimib automaatselt/ise		2	Kas on automaatselt juhitav, mõõtmisel põhinev möödaviik? Möödaviik seadistatakse automaatselt, lähtuvalt vooluhulga mõõtmistest. Jah 1p, ei 0p
Reovee jaotuse tüüp puhastusliinide vahel		2	Kas on jaotus liinide vahel? Mitme paralleelse reoveepuhastusliini kasutamine lisab reoveepuhastile töökindlust. Jah 1p, ei 0p

Kas sa saab leevendada pumplast tulenevaid tipp-vooluhulkasid?		1	Kas on võimalik leevendada pumpla mõju reoveepuhastusprotsessile? Väikepuhastitel on üheks tüüpiliseks probleemiks reovee vooluhulkade suur ebaühtlus. Kui reovee pumplad töötavad režiimis ON/OFF, siis pumbatakse reoveepuhastile vett harva, kuid pumbatavad reoveekogused on puhastiga võrreldes suhteliselt suured. Jah 1p, ei 0p
Ühtlustusmahuti		1	Kas on ühtlustusmahuti? Ühtlustusmahutid võimaldavad tasandada löök-koormusi. Jah 1p, ei 0p
Segurid		1	Kas on ühtlustusmahutis on segurid? Segurite olemasolu ühtlustusmahutis tagab selle, et ühtlustusmahutis reoained ei setti. Jah 1p, ei 0p
Kas ühtlusti on sihtotstarbeliseks kasutamiseks?		1	Jah 1p, ei 0p
Reaalse koormuse ja projekteeritud koormuse erinevus		3	Kui reaalne koormus on alla 50% projektist, siis 0, >+30% annab 0, muidu 1p
Ühtlustus-/avariimahuti kasutamine		3	Ühtlustusmahuti ja/või avariimahuti kasutamine võimaldab säästa reoveepuhastit hüdrauliliste- ja reostuskoormuse löökidest. Jah 1p, ei 0p.

Toimivuse hindamisel arvestatakse erinevaid reovee ebaühtluse tegureid, mis mõjutavad oluliselt puhastustulemust.

Toimivus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10	5	Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Kas torustik on rekonstrueeritud		1	Kas on lisavee mõju puhastusprotsessile on minimeeritud? Lekkivast torustikust pärinev pinna- ja põhjavesi võib põhjustada reoveepuhasti hüdraulilise ülekoormuse. Jah 1p, ei 0p.
Ühisvoolne		1	Sademetevee mõju puhastusprotsessi toimivusele. Ühisvoolne kanalisatsioon juhib puhastile ka kokku kogutava sademevee, mis omakorda võib põhjustada reoveepuhasti hüdraulilise ülekoormuse. Kas ühisvoolne kanalisatsioon põhjustab puhastile hüdraulilist ülekoormust? Ei 1 p, jah 0p.
Kas on aastaajalisi vooluhulga kõikumisi		1	Lumesulamise vee mõju puhastusprotsessi toimivusele. Ei 1 p, jah 0p.
Kas tööstusreoveega on probleeme?		1	Tööstusreovee ebaühtluse mõju puhasti toimivusele: Ei ole – 1p, On vooluhulkadega, on vee omadustega, on reostuskoormusega - 0p.

2.4. Võre

Protsessi kirjeldus. Mehaaniline puhastus algab reovee juhtimisega läbi võrede. Võrele jääb pidama reoveega kaasa tulev praht (kaltsud, puutükid jne), mis võivad ummistada seadmed (pumbad, aeraatorid) ja torustikud (Kuusik, 1995). Võre ülesandeks on vabastada töötlemisele allutatav reovesi kaltsudest, nööridest, pakenditükkidest jt võõrkehadest, mis võiksid häirida või takistada edaspidist reoveekäitlust selleks ettenähtud rajatiste või mehhanismide poolt. Võre on seade jämeheljumi ja prahi kõrvaldamiseks reoveest käsitsi või mehaaniliselt puhastatavate varbade, liikuvate lintide või mulgustatud metalllehest või traatvõrgust tehtud pöörlevate ketaste või trumlite abil. Võrede efektiivsuse tõstmiseks (eriti orgaaniliste jäätmete kinnipidamiseks) soovitatakse paigaldada järjestikku kaks võret, milledest teine väiksema varraste vahega kui esimene. Võre asetamine kaldu (30-45^0 nurga all) vee liikumise suuna suhtes võimaldab samuti parandada võre tööd (Velner, 1998). Võreprahi hoidmiseks peavad olema hügieeninõudeid rahuldavad tingimused.

Tüüpilised lahendused. Käsivõre; perforeeritud, treppvõre; trummelvõre; lintvõre; kruvivõre; varbvõre; muu

Tüüpilised probleemid ja nende kontrollmeetmed. Võreprahi eemaldamise sagedus on ainus kontrollmeede, mis operaatoril on võre toimivuse üle. Kui võreprahti ei eemaldata piisavalt sageli, hakkab veetase võre ees kanalis tõusma, mis omakorda võreprahi eemaldamise järel võib põhjustada hüdraulilist löökkoormust järgnevatele puhastusetappidele. Sagedasem võreprahi eemaldamine ning paralleelselt töötavad seadmed aitavad vähendada võre ummistumisest tulenevaid hüdraulilisi löökkoormusi järgnevatele puhastusetappidele.

Hooldus. Operaator peab iga puhasti külastuse ajal kontrollima võrede tööd (k.a. ülemäärane müra, ülemäärane vibratsioon, ebaühtlane koormuse jaotumine seadmele jne). Seadmeid tuleb hooldada vastavalt tootjajuhistele ning regulaarselt. Mehaaniliste rikete korral peavad varuosad olema kättesaadavad.

Hindamiskriteeriumid. Komplekssuse hindamisel on kriteeriumiteks võrede mitmeastmelisus, läbilaskeavade suurus, seadmete dubleeritus, võreprahi eemaldamise toimingud ning möödaviigu võimalus. Toimivuse hindamisel on kriteeriumiteks ummistuste ning uputuste esinemine, võre puhtus ja hooldamissagedus.

Komplekssus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10	10	Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
I/II aste		1	1-astmeline – 0p, 2-astmeline – 1p.
Läbilaskeava		1	Perforeeritud <6mm, Varb <4mm annavad samaväärse eraldusefektiivsuse (1p). Kui läbilaskeava suurus on Perforeeritud >6mm, Varb >4mm, siis 0p.
Dubleeritus		1	Dubleeritus tagab töökindluse. Võrede arv >1 annab 1p.
Võrepraht		2	Kas on võreprahi automaatne eemaldus: on 1p, ei 0p
Võreprahi press		1	Kas on võreprahi press: on, siis 1p, ei 0p
Võreprahi pesu		1	Kui on võreprahi pesu 1p, ei ole 0p

Hüdrauliline möödaviik		2	Juhul, kui automaatvõre lakkab toimimast ning ummistub ja veetase võre ees tõuseb, on võredel sageli ülevool, mis juhib reovee järgnevasse puhastusetappi. Kui seda pole, siis uputab ruumi ära. Samuti on see vajalik avarii või hooldustööde tarbeks või kui puhastil puudub elekter, kuid pealevool puhastile toimib. Kui on, siis 1p, kui puudub, siis 0p.
Ülevool jämevõre		1	Sageli on võre komplektis koos ülevooluga suurema vahega käsivõre automaatvõre avariiolukorra tarbeks. Süsteem on kasutatav ka põhivõre hoolduse korral. Ülevool on läbi manuaalse jämevõre 1p, kui jämevõre puudub, siis 0p.

Toimivus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10	10	Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Ummistus		2	Kui esineb ummistusi, siis 0p, ei 1p
Ülevool		2	Kui on ülevool, siis 1p, kui puudub, siis 0p
Uputus		2	Kui esineb uputusi, siis 0p, ei 1p
Puhtus		2	Kui on puhas, siis 1 punkt, ei 0p
Hooldussagedus		2	Kui on hooldatud piisavalt, siis 1 p, ei 0 p

2.5. Purgla

Protsessi kirjeldus. Purgla eesmärgiks on reoveekogumisalalt paakautodega kogutava ja puhastile tarnitava reovee vastuvõtmine, koguste hindamine, mehaaniline puhastamine ja reostuskoormuse ühtlustamine.

Tüüpilised lahendused. Käsivõre ja pumpadega varustatud maa-alune mahuti, esineb ka mehaanilisi võresid.

Tüüpilised probleemid ja nende kontrollmeetmed. Probleemiks on purgitava reovee suur reostuskoormus, mille kiire pumpamine puhastile võib põhjustada protsessi häiringuid. Selle vältimisel rajatakse puhastite juurde mahutid, millesse purgitav vesi pumbatakse pikema aja jooksul ühtlaselt protsessi. Vältimaks prahi sattumist puhastusprotsessi, varustatakse purglad käsivõredega ning vältimaks reoainete väljasettimist kasutatakse segureid. Ebaühtluse vähendamise võimaluseks on purgitava reovee hajutamine erinevatele nädalapäevadele, purgitud reovee pumpamine protsessi öösel, jne

Hooldus. Peamiselt on vajalik tagad võre puhtus ja reovee vastuvõtt (sh jaotus) nädalapäevade lõikes

Hindamiskriteeriumid. Komplekssuse hindamisel on kriteeriumiteks purgla võimalused reovee ühtlustamiseks ja reovee käitlemiseks.

Komplekssus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10	13	Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid

			korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Kas on võimalik purgida selliselt, et ei kahjustaks protsessi?		4	Kas purgimine on hajutatud ühtlaselt nädalapäevadele? Purgimine võib kaasa tuua reoveepuhasti ülekoormust. Hajutamine võimaldab ülekoormusi vältida. Jah 1p, ei 0p
Kas koguseid mõõdetakse mõõteseadmetega?		3	Purgitavate koguste mõõtmine võimaldab operaatoril vältida puhasti ülekoormust. Jah 1 p, ei 0p
Võre, mahutid, segurid		6	Purgla tõrgeteta töötamiseks vajalikud seadmed (a' 1/3p). Jah 1 p, ei 0p

Toimivuse hindamisel on kriteeriumiteks purgla toimivus ja kasutatavus.

Toimivus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10	8	Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Kas purgimissüsteem töötab?		4	Purgimissüsteem on olemas, kuid seda ei kasutata või see ei tööta. Jah 1 p, ei 0p
Kas purgimine mõjutab protsessi?		2	Kas on purgimisest tulenevat ülekoormust? Jah 0 p, ei 1p
Kas võre töötab?		1	Võre võimaldab vältida purgitavas reovees olevate suurte osiste edasikandumist järgnevatesse puhastusetappidesse. Esineb olukordi, kus võre on paigaldatud, kuid purgimisel on vooluhulgad nii suured, et võre ei pea suuremaid osiseid kinni. Jah 1 p, ei 0p
Probleemid		1	Tüüpilised probleemid purgimisel on purgimissüsteemi ummistumine, jäätumine, doseerimise ebaühtlus jne. Jah 0 p, ei 1p

2.6. Liivapüünis

Protsessi kirjeldus. Liivapüünis peab kinni veest raskema materjali. Kaasajal kasutatakse aereeritavaid liivapüüniseid, milles aereerimisega tekitatakse sobiva kiirusega vee kruvitaoline liikumine. Seejuures on liiva settimine sõltumatu vooluhulgast ja oleneb ainult aeratsiooni poolt tekitatud vee ringliikumise kiirusest vertikaaltasapinnas. Nii settivad liiv (lisaks muud rasked mineraalsed osakesed) liivapüünise põhja. Aereeritavatest liivapüünistest on liiva eemaldamiseks kõige täiuslikumaks meetodiks hüdromehaaniline süsteem. Selle süsteemi puhul on liivarenni põhja paigutatud pihustitega varustatud toru, millesse perioodiliselt juhitakse surve all pesuvesi. Veejuga peseb settinud liiva püünise lõpus asuvasse punkrisse, kust ta eemaldatakse hüdroelevaatoriga. Liivapüünistest suunatakse liiv tavaliselt edasi jäätmekäitlusesse. Liiva transpordiks kasutatud vesi

juhitakse tagasi reoveekanalisse liivapüünise ette. Süsteemi töötamise ajal ei ole vaja liivapüünise sektsiooni välja lülitada.

Tüüpilised lahendused. Rennliivapüünis, õhustatav liivapüünis, tsüklonliivapüünis, liivapüünis võre koosesisus, liivpüünis koos liivapesuga jne. Sageli toimib liivapüünis ka koos õli/rasvapüünisega.

Tüüpilised probleemid ja nende kontrollmeetmed. Vähendamaks liiva välja settimist reoveepuhasti mahutitesse ning liiva abrasiivset mõju reovee ja settekäitlusseadmetele kasutatakse liivapüüniseid. Liiva eraldamiseks liivapüünisest kasutatakse pumpasid, kruvipumpasid, õhktõstukeid, suuremad liivapüünised on varustatud põhjakaapidega. Kui liivapüünist korralikult ei hooldata, hakkab kinni püütud liiv ja muu reoaine käärima ning gaase eraldama. Pikaajalise hooldamatuse tulemusena liivpüüdur täitub liivaga ning muutub kasutuks, liiv püüduris „tsementeerub“ ja muutub tavapäraste meetoditega eraldamatuks. Seega tuleb pidevalt jälgida liiva eraldatavust liivapüüdurist, õhustuse olemasolu sh vee ringliikumist, jne.

Hooldus: Liivapüüduri hoolduse üks peamisi tegevusi on järjepidav ja regulaarne liiva eraldamine. Kui liivapüüduri koosseisu on ka rasva/õlipüüdur siis tuleb tühjendad ka kogumise mahutit.

Hindamiskriteeriumid.

Komplekssuse hindamisel on kriteeriumiteks liivapüünise tüüp, hooldatavus ja dubleeritus.

Komplekssus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10	16	Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Tüüp		4	Vastavalt tehnoloogilisele keerukusele saavad erinevat tüüpi lahendused punkte järgnevalt: Õhustatav – 0,5p; Võre koosseisus – 1p; Rõhtliivapüünis – 0,3p; Lehterliivpüünis – 0,3p; Muu - 0p.
Liinide arv		2	Mitme paralleelse liivapüünise kasutamine lisab reoveepuhastile töökindlust. Jaotus nende liinide vahel peab olema ühtlane 2 Liini = 2p; 1 liin = 1p
Liivapesu		4	Liivapesu võimaldab vabaneda orgaanilisest ainest. Jah 1 p, ei 0p
Liiva eralduse sagedus		2	Pidev – 1p; Vähemalt korra nädalas; Vähemalt korra kuus; Harvem; Ei eraldata üldse – 0p.
Õli-/rasvapüüduri tüüp		2	Hüdrauliline – 0,5p; Flotatsioon – 0,6p; Koos kemikaalidega – 1p; Puudub – 0p.
Õli/rasva eralduse sagedus		2	Pidev; Vähemalt korra nädalas – 1p; Vähemalt korra kuus – 0,3p; Harvem; Ei eraldata üldse – 0p.

Toimivuse hindamisel on kriteeriumiteks ummistuste ning uputuste esinemine, võre puhtus ja hooldamissagedus.

Toimivus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10	3	Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse.

			Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Probleemid liivapüünise töös		1	Probleemid (ummistumine, jäätumine, ebaühtlus, liiva väljakandumine jne), mis takistavad seadme tõrgeteta tööd ning võivad mõjutada järgnevaid puhastusetappe. Jah 0 p, ei 1p
Probleemid õli-/rasvaeemaldusega		1	Probleemid (ummistumine, jäätumine, ebaühtlus jne), mis takistavad seadme tõrgeteta tööd ning võivad mõjutada järgnevaid puhastusetappe. Jah 0 p, ei 1p
Liiva eralduse sagedus		1	Pidev; Vähemalt korra nädalas; Vähemalt korra kuus – 1p; Harvem; Ei eraldata üldse – 0p.

2.7. Eelsetiti

Protsessi kirjeldus. Eelsetiti eesmärgiks on reovees oleva hõljumi eraldamine. Sarnase funktsiooniga toimib ka septik, kuid eelsetiti hüdrauliline viibeaeg jääb reeglina vahemikku 1,5-2,5h. Radikaal- ja rõhtssetitites kasutatakse põhjakaape, sageli on setititel ka pinnamuda ja ujuvkõntsa eraldamise süsteemid. Sete eemaldatakse setiti põhjast olevast sette taskust pumba või õhktõstukiga.

Tüüpilised lahendused. Rõhtsetiti, püstsetiti, radiaalsetiti, jne

Tüüpilised probleemid ja nende kontrollmeetmed. Setitite peamiseks probleemiks on ebaregulaarne sette eemaldamine, mistõttu hakkavad reovesi ja -sete setitis käärima ning gaase eraldama millega väheneb setiti efektiivsus.

Hooldus. Setiti hooldusel tuleb kinni pidada sette ja ujuvkõntsa eemaldamise regulaarsusest.

Hindamiskriteeriumid. Komplekssuse hindamisel on kriteeriumiteks setiti liinide arv ja hooldatavus.

Komplekssus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10	3	Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Liinide arv		1	Mitme paralleelse eelsetiti kasutamine lisab reoveepuhastile töökindlust. Jaotus nende liinide vahel peab olema ühtlane. 2 ja enam liini = 1p , 1 liin – 0p.
Ujuvmuda eemalduse süsteem		1	Ujuvmuda võib hakata tekitama probleeme järgnevatele puhastusetappidele. Jah 1p, ei 0p.
Muda eemaldus automatiseeritus		1	Automaatne setteemaldussüsteem eeldab komplekssemat seadet. Jah 1p, ei 0p.

Toimivuse hindamisel on kriteeriumiteks sette eemaldamise sagedus ja hooldus.

Toimivus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10	5	Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.

Muda eemaldamise sagedus		3	Kui setet ei eemaldata piisavalt sageli, hakkab sete eelsetitis anaeroobselt käärima ning avaldab seeläbi negatiivset mõju bioloogilisele puhastusele. Pidev; tihedamini kui kord päevas; -1p Kord kuus; Harvem; Pole tühjendatud. – 0p
Probleemid		1	Probleemid (ummistumine, jäätumine, ebaühtlus jne), mis takistavad seadme tõrgeteta tööd ning võivad mõjutada järgnevaid puhastusetappe. Ei 1p, jah 0p
Setiti on setet täis		1	Setet täis eelsetitis hakkab orgaaniline aine anaeroobselt lagunema, mis omakorda võib mõjutada järgnevat bioloogilist puhastusprotsessi negatiivselt (H_2S lagundab aktiivmudahelbeid ja biokilet jm) Ei 1p, jah 0p

2.8. Septik

Protsessi kirjeldus. Septiku eesmärgiks on reovees oleva hõljumi eraldamine vähendamaks selle väljasettimist ja ummistusi järgnevates puhastus etappides. Septikus ületab reovee ja sette viibeaeg 2 ööpäeva, mistõttu hakkab see käärima, mille tulemusena osaorgaaniline aine mineraliseerub ja sette kogused vähenevad. Õigesti toimiv septik tagab ca 70% hõljuvainet eralduse, samuti väheneb põhiprotsessile ka ca 10% orgaanilisest ja taimetoitainet koormusest. Tavapäraselt on septikud väikepuhastite kooseisus, kus septikusse pumbatakse ka jääkmuda. Sete eemaldatakse septiku põhjast pumba või õhktõstukiga.

Tüüpilised lahendused. Maa-alune mitmekambriline mahuti.

Tüüpilised probleemid ja nende kontrollmeetmed. Septikute peamiseks probleemiks on ebaregulaarne sette eemaldamine, mistõttu kasvab septik täis ja väheneb hõljumi eraldumise efektiivsus. Lisaks võib anaeroobsetes tingimustes tekkiv divesiniksulfiid hakata lagundama aktiivmudahelbeid ning biokilet.

Hooldus. Septiku hooldusel tuleb kinni pidada sette eemaldamise regulaarsusest, jälgida sette taset septikus, puhastada väljavoolu võret.

Hindamiskriteeriumid. Komplekssuse hindamisel on kriteeriumiteks septiku sektsioonide arv ja hooldatavus.

Komplekssus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10	8	Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Septiku maht		3	Kui septiku dimensioneeritud hüdrauliline viibeaeg on üle 2d, annab 1 punkti, vähem 0p.
Sektsioonide arv		3	Sektsioonide arv annab punkte vastavalt sellele, kui mitut sektsiooni kasutatakse. 1 sektsioon = 1/3p, s sektsiooni = 2/3p, 3 sektsiooni = 1p.

Väljavoolufilter		2	Jah 1p, ei 0p

Toimivuse hindamisel on kriteeriumiteks sette eemaldamise sagedus ja hooldus.

Toimivus kumulatiivselt	Punkte	KAAL	Seletus
10 PALLI SKAALAS	0...10	9	Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Tühjendusperiood		4	Kui tihti septikut tühjendada, sõltub mahuti suurusest, reovee, tahkete ja lagundamatute osakeste hulgast ning ümbritsevast temperatuurist, kuna anaeroobne lagundamine on kõrgematel temperatuuridel efektiivsem. Vajalik sagedus erineb palju sõltuvalt seadustest, kasutusest ja süsteemist. Tühjendamata septik võib hakata põhjustama probleeme järgnevale bioloogilisele puhastusele. Kord/kuus; Kord/poolaastas; Kord/aastas – 1p; Pole tühjendatud – 0p
Väljavoolufiltri hooldamine		2	Hooldamata väljavoolufilter ei toimi enam efektiivselt. Jah 1p, ei 0p
Probleemid		1	Probleemid (ummistumine, jäätumine, ebaühtlus jne), mis takistavad seadme tõrgeteta tööd ning võivad mõjutada järgnevaid puhastusetappe. Jah 0 p, ei 1 p

2.9. Märgala (põhipuhastina)

Protsessi kirjeldus. Reovee puhastamine pinnasfiltrites ja tehismärgalades põhineb peamiselt samadele füüsikalistele, keemilistele ja bioloogiliste protsessidele, mida kasutatakse konventsionaalsetes puhastussüsteemides. Pinnasfilter- ja tehismärgalasüsteemi ülesanne on luua mikroorganismidele sobilikud elutingimused. Filtermaterjal on mikroobidele kinnituskohaks ja filtermaterjali osakestele moodustub mikroobne biokile, kus saavad toimuda bioloogilised protsessid. Sõltuvalt filtermaterjali valikust toimuvad pinnasfiltrites ka erinevad adsorptsiooni ja sadenemisprotsessid. Heljum, mida mehaanilise eelpuhastuse etapis reoveest ei õnnestu välja setitada, ja suuremad orgaanilise materjali osakesed eemaldatakse märgalades setitamise ja filtratsiooni teel. Lahustunud orgaaniline aine lagundatakse süsteemides nii aeroobselt kui ka anaeroobselt mikroorganismide poolt. Peamine lämmastiku eemaldamise protsess märgalades on mikroobne nitrifikatsioon/denitrifikatsioon, fosfor seotakse peamiselt sorptsiooni või sadenemise teel. Fosfori sidumine sõltub seejuures peamiselt filtermaterjali omadustest. Üheks võimaluseks fosfori eemaldamiseks märgalades on ka keemilise sadestuse rakendamine.

Tüüpilised lahendused. Peamiselt jaotatakse märgalasid vee voolamise järgi, millekohaselt jagatakse tehismärgalad järgmiselt: avaveelised süsteemid ja pinnasisese voolamisega süsteemid. Viimaseid nimetatakse ka pinnasfiltriteks, mis omakorda jagunevad vertikaalse ning horisontaalse läbivooluga süsteemideks. Erinevate süsteemide kombinatsioonis rajatud tehismärgalasid nimetatakse kombineeritud süsteemideks, mille eesmärgiks on kompenseerida ühe või teise pinnasfiltri tüübi puudusi teineteise eeliseid ära kasutades. Horisontaalse läbivooluga pinnasfiltrid on vähem aeroobsed kui vertikaalse läbivooluga pinnasfiltrid ning on seetõttu hästi kasutatavad orgaanika

lagundamiseks ja hõljumi eemaldamiseks, kuid sobivad vähem ammooniumlämmastiku eemaldamiseks. Vertikaalse läbivooluga pinnasfiltrid on seevastu aeroobsemad ja sobivad tunduvalt paremini nitrifikatsiooniks. Pinnasfiltrites ja tehismärgalades on substraadina kasutatud väga mitmesuguseid materjale: savi, liiva, saviliiva, kruusa, killustikku, põlevkivituhka, purustatud kiltkivi või dolomiiti, mitmesuguseid tehismaterjale ning nende omavahelisi segusid ja kombinatsioone. Pinnasfiltri hapnikuvarustuse parandamiseks ja puhastusprotsessi efektiivsuse suurendamiseks kasutatakse heitvee ringlust.

Tüüpilised probleemid ja nende kontrollmeetmed. Märgalade pikaajalise efektiivse toimimise eelduseks ja filterkeha ummistumise vältimiseks on jämeheljumi eemaldamine reoveest enne pinnasfiltrisse või avaveelisse märgalasse juhtimist. Avaveeliste märgalade puhul on peamisteks probleemideks pumpade, jaotustorustiku/kraavistiku ja väljalaskude ummistumine. Vertikaalfiltrite puhul on peamiseks probleemiks filterpeenarde vahelduva koormamise ebaregulaarsus, jaotussüsteemi rikked (reovee ebaühtlane jaotumine filtri pinnal), filtri põhja veega küllastunud kihi moodustumine (vähendab aeratsiooni efektiivsust), filtri pidev ülekoormamine projekteeritud maksimaalsest reostuskoormusest suurema koormusega ning filtrile reovee juhtimiseks kasutatava pumba ummistumine. Horisontaalfiltrite puhul on peamiseks probleemiks taimestiku eemaldamise vähene sagedus, mistõttu filtri pinnale kasvav mittesoovitav taimestik (puud, nõgesed) pärsib vee ühtlast jaotumist filterkehas ja halvemal juhul lõhub filterkeha pinnasest isoleeriva geokile. Lisaks on probleemiks filtri pidev ülekoormamine projekteeritud maksimaalsest reostuskoormusest suurema koormusega ning liiga madal veetase filterkehas, mis takistab taimestiku arengut ja vähendab puhastusefekti, kuna kogu filterkeha mahtu ei kasutata ära. Märgalapuhastite kontrollmeetmed hõlmavad peamiselt süsteemi regulaarset visuaalset kontroll vähemalt 1-2x nädalas.

Hooldus. Operaator peab iga puhasti külastuse ajal kontrollima kõikide oluliste sõlmede (pump, jaotustorustik, õhutustorud, filterkeha, vahekaevud) tööd. Vajadusel tuleb teostada pumba remonti, torustike läbipesu, likvideerida ummistusi, eemaldada taimestikku, puhastada avaveelise märgala kraavistikku. Vertikaalfiltri puhul on oluline filtri peenarde koormamise vaheldumine (mitte harvem kui 1x nädalas).

Hindamiskriteeriumid. Komplekssuse hindamisel on kriteeriumideks märgalapuhastite erinevate tüüpide kombineeritus, reovee möödaviiku, retsirkulatsiooni ja veetaseme reguleerimise võimalus, filterkeha pinnasest isoleeritus, vertikaalfiltri kasutamine süsteemis ning paralleelsete märgalasüsteemide arv. Toimivuse hindamisel on kriteeriumideks filterkeha pinnal oleva vee, indikaatorite (mittesoovitava taimestiku), muda väljakande esinemine, märgala pinnakoormus, talveks valmistumise abinõude rakendamine ja taimestiku eemaldamise sagedus.

Komplekssus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10	10	Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Tüüp (kombineeritud)		2	Kombineeritud süsteem 1p; ülejäänud 0p
Möödaviik		1	Jah - 1p; Ei - 0p
Retsirkulatsioon		2	Reovee retsirkuleerimise võimalus annab parema võimaluse puhasti opereerimiseks erinevates koormuse tingimustes,

			samuti suurendab süsteemi puhastusefektiivsust. Jah - 1p; Ei - 0p
Veetaseme reguleerimine		1	Veetaseme reguleerimine võimaldab süsteemi paindlikumalt opereerida ja hooldada . Jah - 1p; Ei - 0p
Pinnasest isoleeritus		1	Isoleerimine tagab, et pinnasevesi ei satu puhastisse. Isoleeritud - 1p; Isoleerimata - 0p
Vertikaalfilter		2	1 peenar - 0p; 2 ja rohkem peenart 1p Vertikaalfiltri kasutamine tagab reovee parema õhustamise, suurendab puhastusefektiivsust, mitme paralleelse peenra olemasolu tagab süsteemi pikema eluea ja parema hooldatavuse.
Paralleelsete süsteemide arv		1	1 avaveeline märgala või horisontaalfilter – 0,p; 2 või rohkem - 1p Rohkem kui 2 sama tüüpi üksuse kasutamine tagab reovee pikema voolutee ning võimaluse süsteemi paremini hooldada (setteeemaldus).

Toimivus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10	10	Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Kas filterkehal on vesi pinnal		1	Kui vertikaalfiltri pinnal on vesi, siis 0p, ei 1p
Indikaatorid		1	Kui esineb indikaatoreid (mittesoovitavat taimestikku), siis 0p,ei 1p
Muda väljakanne		1	Kui esineb muda väljakannet, siis 0p, ei 1p
Koormused		1	Vertikaalvooluline pinnasfilter – summaarne pinnakoormus >3m^2 ie kohta – 1p; horisontaalvooluline pinnasfilter – summaarne pinnakoormus > 5m^2 ie kohta – 1p; muidu 0p
Kas on talveks valmistumise tegevusi/abinõusi?		1	Kui on ette nähtud talveks valmistumise abinõusid (soojustamine, suurem veeringlus, madalam veetase horisontaalfiltris), siis 1p, ei 0p
Kui tihti toimub taimestiku eemaldamine?		1	Kui taimestiku eemaldamine toimub 1x aastas, siis 1p, harvem 0p

2.10. Nõrgbiofilter

Protsessi kirjeldus. Nõrgbiofilter on tugimaterjaliga täidetud mahuti, millest eelpuhastatud reovesi läbi nõrgub. Tugimaterjaliks kasutatakse tänapäeval mitmesuguseid suure eripinnaga (kuni 400 m^2/m^3) plastelemente. Tugimaterjal ei ole kunagi üleni vee sees ning seetõttu saavad bakterid hapnikku nii õhust kui ka veest. Reovesi juhitakse filtrisse läbi veejaoturi või pritsitakse täidisele vihmutite abil.

Kui vesi nõrgub läbi täidise, haaravad biokiles olevad mikroorganismid veest toitaineid ning kui vesi ära nõrgub ja täidise vahele pääseb õhk, saavad nad hingata. Mõnel seadmel puhub ventilaator täidise alaossa õhku, et mikroorganismid hapnikupuudusse ei jääks. Kui biokile kasvab paksuks, siis irdub see täidise pinnalt ning vesi kannab kiletükid biofiltri all olevasse lehtrikujulise põhjaga sumpa või järelsetitisse. Sealt pumbatakse biokile sete settemahutisse või septikusse.

Tüüpilised probleemid ja nende kontrollmeetmed. Veejaotus on ebaühtlane. Pihustid ummistuvad. Biokilet on vähe (väike koormus või pestakse veega maha). Biokile on paks ja ei irdu. Probleemid pumpadega, ei pea kaua vastu.

Hindamiskriteeriumid. Komplekssuse hindamisel on kriteeriumiteks võre olemasolu, möödaviigu võimalus ning lisaõhu andmise võimalus.

Komplekssus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10	5	Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Mudakäitlus		1	Eraldi mahuti liigmuda kogumise jaoks. Jah 1p, ei 0p
Kas kasutatakse paralleelseid ja/või järjestikku töötavaid reaktoried?		1	Paralleelselt ja/või järjestikku töötavad reaktorid tõstavad süsteemi töökindlust. Jah 1p, ei 0p
Kas esineb külmumisprobleeme?		1	Külm ilm halvendab biofiltrite puhastusvõimet, sest mikroorganismide elutegevus aeglustub. Ka filtri pind võib külmuda ning jääd tekkida nii palju, et filter tuleb seisma panna.Kas mahutid on soojustatud? . Jah 0p, ei 1p
Õhustamine		2	Loomulik – 0,5p; Sundõhustamine – 1p; Puudub - 0p.

Toimivuse hindamisel on kriteeriumiteks biokile püsimine täidisel, ummistuste esinemine, otseläbivoolu võimalus sumbast ning järelsetiti olemasolu.

Toimivus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10	8	Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Jaotussüsteemi toimekindlus		1	Biofiltrite puhul on oluline, et reovesi pääseks kogu biokileni. Kui jaotussüsteemid on ummistunud või valesti paigaldatud, ei tööta seade efektiivselt. Probleeme pole: 1p, esineb probleeme - 0p

Ummistunud biokilekandjad		1	Ummistunud biokilekandjad ei lase reoveel ja hapnikul jõuda mikroorganismideni. Puhastusefektiivsus langeb. Jah 0p, ei 1p
Protsess anaeroobne		1	Biofilter on aeroobne protsess. Kui protsess on anaeroobne, siis 0p, kui aeroobne, siis 1p
Liigmuda pump ei tööta		1	Mudaärastus on häiritud. Jah 1p, ei 0p
Võre		2	Võre puudumisel pääsevad suuremad osised jaotussüsteemi ning võivad esile kutsuda ummistusi. Jah 1p, ei 0p
Järelsetiti		1	Järelsetiti võimaldab välja setitada irdunud biokile. Jah 1p, ei 0p
Külmumisprobleemid		1	Külm ilm halvendab biofiltrite puhastusvõimet, sest mikroorganismide elutegevus aeglustub. Ka filtri pind võib külmuda ning jääd tekkida nii palju, et filter tuleb seisma panna. Jah 0p, ei 1p

2.11. Täidisega aerotank

Protsessi kirjeldus. Täidisega aerotank on reovett täis mahuti, milles paiknevale täidisele kasvab biokile. Täidiseks võivad olla plastplaadid või -torupaketid, suure eripinnaga kera- või silindrikujulised plastelemendid, aga ka mitmesugused tekstiilelemendid.

Mahutis olevat reovett peab õhustama, seda tehakse peamiselt suruõhuga. Õhustamine hoiab ka puhastatavat vett pidevas liikumises, mida on vaja selleks, et vees olevad toitained jõuaksid biokilet asustavate mikroorganismideni.

Bioreaktorile järgneb järelsetiti, millesse settinud irdunud biokile pumbatakse settemahutisse või septikusse.

Tüüpilised lahendused. Torupakette täis püstine silinder (BioFix); horisontaalne silindriline mahuti, biokilekandjaks tekstiilelemendid (Fil D'eau); plastelementidega täidetud mahuti, vees olevaid elemente liigutab õhk, millega reovett õhustatakse; muu.

Tüüpilised probleemid ja nende kontrollmeetmed. Biokile pestakse maha suure hüdraulilise koormuse või tugeva õhustuse korral, puhastus lakkab. Biokile on paks ja ei irdu. Probleemid õhustitega, keeruline vahetada.

Hindamiskriteeriumid. Komplekssuse hindamisel on kriteeriumiteks võre olemasolu, möödaviikmöödaviiku võimalus, mitmeastmelisus.

Komplekssus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10	6	Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Astmelisus		1	Paralleelselt ja/või järjestikku töötavad reaktorid tõstavad süsteemi töökindlust. Jah 1p, ei 0p
Võre		1	Võre ülesandeks on vabastada töötlemisele allutatav reovesi

			kaltsudest, nööridest, pakenditükkidest jt võõrkehadest, mis võiksid häirida või takistada edaspidist reoveekäitlust selleks ettenähtud rajatiste või mehhanismide poolt. Jah 1p, ei 0p
Kas puhurid asuvad tehnohoones		1	Puhurite tööiga pikeneb, kui need asuvad eraldi hoones. Jah 1p, ei 0p.
Lahustunud hapniku kontsentratsiooni kontroll		2	Puhastil on olemas seadmed reguleerimaks puhurite tööd vastavalt DO tasemele. Automaatselt hapnikuanduri pealt – 1p; Käsitsi vastavalt hapnikuandurile; Vastavalt kõhutundele; Ei saa reguleerida – 0p.
Õhustamine		1	Põhjast peenmulliga aereerimine tagab ühtlase hapniku jaotumise aeratsioonikambris. Pneumaatiline jämemull on võrreldes teiste aeratiooniseadmetega vähem efektiivne. Pinnalt aereerimine toob sageli kaasa hapniku kontsentratsiooni gradiendi reaktori põhja suunas ning soodustab reovee jahtumist külmal perioodil. Teised mehannilised aeratsiooniseadmed on üldjuhul suhteliselt efektiivsed ning sobilikud väiksematele puhastitele. Pneumaatiline peenmull; Pneumaatiline mehaanilise jaoturiga; Celpox; Ejektor; Kombineeritud; Muu– 1p; Pneumaatiline jämemull; Pinnaaeratsioon – 0p

Toimivuse hindamisel on kriteeriumiteks biokile püsimine täidisel, ummistuste esinemine, mehaanilised probleemid pumpadega, õhustussüsteemi töökindlus.

Toimivus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10	7	Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Biokilekandjad ummistunud		1	Ummistunud biokilekandjad ei lase reoveel ja hapnikul jõuda mikroorganismideni. Puhastusefektiivsus langeb. Jah 0p, ei 1p
Protsess anaeroobne		1	Aeroobses protsessis ei ole vajalik DO tagatud. Jah 0p, ei 1p
Liigmudapump töötab		1	Liigmuda ärastamine toimib. Jah 1p, ei 0p
Külmumisprobleemid		1	Aerotankid vm puhastusprotsessi osad külmuvad talvel. Jah 0p, ei 1p
Kas kõik aeratsiooniseadmed on töökorras?		1	Mittetöötavad aeratsiooniseadmed ei võimalda tagada vajaliku DO olemasolu. Jah 1p, ei 0p
Kas hapniku sisaldus tagatakse pidevalt?		1	Kas suurtel koormustel tekib DO-defitsiit? Jah 1p, ei 0p
Kas lahustunud hapniku kontsentratsioon on ühtlane?		1	Surnud tsoonid aerotankis, aerotanki alguses on DO-defitsiit, kuid lõpus on liiga suur DO kontsentratsioon. Jah 1p, ei 0p

2.12. Sukelbiofilter

Protsessi kirjeldus. Sukelbiofiltri peamine osa on pooleldi reovees aeglaselt pöörlev trummel. Trumli moodustavad üksteise kõrvale paigutatud plastkettad (ketasfilter) või on selleks silindrikujuline korv, mis on täis suure eripinnaga plastelemente. Trumli pöörlemisel on osa täidisest ja sellel olevast biokilest veest väljas, osa vee sees. Veest väljasoleku ajal saavad mikroorganismid hingata ning vees olles toituda. Mahutist, milles trummel pöörleb, voolab vesi järelsetitisse, millesse settinud irdunud biokile pumbatakse settemahutisse või septikusse.

Tüüpilised lahendused. Ketasbiofilter, trummelbiofilter (plastelementidega täidetud, võrguga kaetud trummel.

Tüüpilised probleemid ja nende kontrollmeetmed. Biokile pestakse suure vooluhulga korral maha, puhastus lakkab. Biokile on paks ja ei irdu. Mehaanilised probleemid ajamiga, laagritega.

Hindamiskriteeriumid. Komplekssuse hindamisel on kriteeriumiteks võre olemasolu, möödaviigu võimalus, järelsetiti olemasolu ning mitmeastmelisus.

Komplekssus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10	2	Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Mitmeastmelisus		1	Paralleelselt ja/või järjestikku töötavate seadmete arv >1 – 1p, =1 – 0p.
Kas liigmuda kogumiseks on eraldi mahutid?		1	Eraldi mahuti liigmuda kogumise jaoks. Jah 1p, ei 0p

Toimivuse hindamisel on kriteeriumiteks biokile püsimine täidisel, ummistuste esinemine, mehaanilised probleemid

Toimivus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10	7	Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Uputussügavus		1	Biorootor pöörleb läbi reovee ning paigaldatakse ca 40% ulatuses uputatuna reovee mahutisse, kus ta pöörleb, segades ja viies pöörlemisega reovette õhku. Vahemik 35%-45% - 1p, muu 0p
Sukelbiofiltril esinevad probleemid		1	Ei – 1p; Sukelbiofiltrilt irdub liiga palju biokilet; Suurem osa ketastest on kaetud valge biokilega; Sukelbiofiltrisse koguneb setet, muud probleemid – 0p
Aeratsioonimahuti suspensioon		1	Visuaalne hinnang aeratsioonimahuti suspensioonile: Selge läbipaistev; Aktiivmudaga settib hästi – 1p; Veidi hägune; Tugevalt hägune; Tume aktiivmuda ja ei setti – 0p.
Biokilekandjate ummistumine		1	Ummistunud biokilekandjad ei lase reoveel ja hapnikul jõuda mikroorganismideni. Puhastusefektiivsus langeb. Jah

			0p, ei 1p
Kandjad liiguvad		1	Kui kandjad ei liigu, on ebapiisav segunemine. Jah 1p, ei 0p.
Kandjate ning pöörlemismehhanismi seisukord?		1	Korras – 1p; Võll vajunud; Kandjad katki; Mudastunud; Ei toimi muudel põhjustel– – 0p.
Külmumisprobleemid		1	Kas sukelbiofilter või selle osad on külmunud? Jah 0p, ei 1p.

2.13. Tavaline aktiivmudapuhasti

Protsessi kirjeldus. Aktiivmudapuhastust kasutatakse lahustunud ja/või mittesettiva orgaanilise aine eemaldamiseks reoveest. Orgaanilise aine (väljendatud kas siis KHT-na või kergesti lagundatava orgaanikana-BHT) eemaldamist aktiivmudapuhastuses viivad läbi mikroorganismid, kes suudavad lagundada orgaanilised ühendid CO_2-ks aeroobsetes tingimustes. Vastavaid mikroorganisme koos kolloididest ja orgaanilisest peenheljumist koosnevat kogumit nimetatakse aktiivmudaks. Reoainete lagundamisel kaasneb ka aktiivmuda kasv ning osa aktiivmudast muutub ülearuseks ehk liigmudaks. Liigmuda eraldamiseks puhastatud reoveest kasutatakse setitamist (järelsetitid).

Tüüpilised lahendused. Sõltuvalt õhustuskambri ehitusest, eristatakse peamiselt kolme tüüpi lahendust: täissegunenud reaktor, väljatõrjereaktor või kaskaadreaktor.

Tüüpilised probleemid ja nende kontrollmeetmed. Aktiivmudapuhasti toimib hästi, kui mudatagastus on korras ning reovee eelpuhastus kulgeb normaalselt. Kui väljavooluvees on palju heljumit, annab see tunnistust halvast hooldusest. Viga võib olla puudulikus õhustamises või mudatagastuses. Puhastustingimuste järsk muutumine võib protsessi rikkuda, seetõttu peavad kõik režiimimuutmised toimuma ettevaatlikult. Bioloogilist puhastust võib häirida:

- hüdrauliline ülekoormus;
- liiga kange või lahja reovesi;
- reovee kõrge või madal temperatuur (< 5 °C, > 40 °C);
- kõrge või madal pH (< 6, > 9);
- hapnikuvaegus;
- aktiivmudale toksilised ühendid;
- õli ja rasv.

Aktiivmuda puhastusvõimet saab hinnata värvuse ja lõhna järgi. Olmereoveepuhastis on hea muda tavaliselt pruuni värvi ja mullalõhnaga. Värvus oleneb ka õhustusest ja temperatuurist. Üleõhustatud muda on heledam, alaõhustatud – hallim. Suvel on muda tumedam, talvel heledam. Kui aktiivmuda jääb 9–12 tunniks hapnikuta, muutub ta tumedaks ja lõpuks mustaks ning hakkab haisema. Kuigi sellist muda on võimalik õhustamisega taastada, võtab see hulk aega.

Peale süsiniku, mille ühendite sisaldust reovees iseloomustab biokeemiline hapnikutarve (BHT7), vajavad aktiivmudaorganismid oma rakkude sünteesimiseks ka muid elemente, eriti lämmastikku ja fosforit. Olmereovees on peaelemendid soodsas vahekorras – BHT7 : N : P = 100 : 5 : 1.

Normaalselt töötava puhasti aktiivmudas on peale bakterikogumite ka vähesel hulgal ripsloomi, keriloomi, nematoode jm mikrofaunat. Kui režiimi rikutakse, ilmuvad niitbakterid, seened jt organismid, mis põhjustavad aktiivmuda pundumise. Mudaindeks suureneb, settivus halveneb ja muda kandub setitist välja. Pundumist võivad põhjustada puhasti ülekoormus, reovee suur süsivesiku- ja väike lämmastiku- või fosforisisaldus, puudulik õhustamine, madal pH jne. Tõrjeks soovitatakse mitmesuguseid võtteid: intensiivistada õhustust, vähendada koormust, lisada vesinikülihapendit, kloriide jm. Kolm enam levinud aktiivmudapuhastuse häirete põhjust:

- aktiivmuda mürgitamine;
- vale hüdrauliline koormus: juurdevool on projektijärgsest tugevasti suurem või väiksem;
- ülemäärasest reostuskoormusest põhjustatud hapnikuvaegus õhustuskambris.

Hooldus. Aktiivmudapuhastite hooldamise sagedus väga erinev puhastite seas ning võib olla vahemikus korra nädalas kuni pideva jälgimiseni. Puhasti hooldamisel tuleb silmas pidada järgnevat:

- Kontrollida settimiskatsega või muul moel õhustuskambri aktiivmudasisaldust.
- Jälgida (mõõtes vee lahustunud hapniku sisaldust), et õhustuskambris oleks piisavalt hapnikku ning et õhustid korralikult töötaksid.
- Puhastada hapnikuanalüsaatori andurit.
- Jälgida, et õhustid segaksid piisavalt õhustuskambri vett ning kui midagi on korrast ära, teha selgeks põhjus.
- Kontrollida, kas mudatagastusseadised (õhktõstukid, pumbad vm) toimivad normaalselt.
- Eemaldada liigmuda selliselt, et puhastusprotsessi oleks tagatud optimaalne aktiivmudasisaldus.

Hindamiskriteeriumid. Komplekssuse hindamiskriteeriumid on järgnevad: mahuti sügavus; projektikohane muda vanus; aeratsiooni tüüp; õhustuselementide vahetuse võimalus; liinide arv; puhuri reguleerime automaatselt; puhurite asukoht; puhurite dubleeritus ja puhastustüüp.

Komplekssus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10		Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Mahuti sügavus		2	Madalama sügavusega protsessimahutid on vähem efektiivsed (majanduslikus aspektis). Reeglina 4 m või enam, mis annavad 1 punkti.
Projektikohane mudavanus		6	Kas mahuti on üle- või aladimensioneeritud: 0 punkti: aktiivmudapuhastis, kus on lämmastikuärastus nõutud, jääb mudavanus alla 10 päeva. puhastis, kus lämmastikuärastus on nõutud ning mudavanus on alla 10 päeva puhastis, kus lämmastikuärastus ei ole nõutud ning mudavanus jääb alla 7 päeva 1 punkti, kui puhastis, kus lämmastikuärastus on nõutud ja muda vanus jääb vahemikku 10...22 päeva lämmastikuärastus ei ole nõutud

			ning muda vanus jääb vahemikku 7...22 päeva.0,5 punkti Kui muda vanus on üle 22 päeva Vastavad mudavanused on võetud Saksa standardist ATV 131e.
Aeratsiooni tüüp		2	Põhjast peenmulliga aereerimine tagab ühtlase hapniku jaotumise aeratsioonikambris. Pneumaatiline jämemull on võrreldes teiste aeratiooniseadmetega vähem efektiivne. Pinnalt aereerimine toob sageli kaasa hapniku kontsentratsiooni gradiendi reaktori põhja suunas ning soodustab reovee jahtumist külmal perioodil. Teised mehannilised aeratsiooniseadmed on üldjuhul suhteliselt efektiivsed ning sobilikud väiksematele puhastitele. Pneumaatiline peenmull; Pneumaatiline mehaanilise jaoturiga; Celpox; Ejektor; Kombineeritud; Muu– 1p; Pneumaatiline jämemull; Pinnaaeratsioon – 0p
Õhustuselementide vahetuse võimalus		1	Kui puhastis on võimalik õhustuskambris vahetada õhustuselemente selliselt, et kogu protsess ei ole peatatud (on sektsioonide kaupa võimalik välja tõsta), siis saab 1p, ei 0p.
Liinide arv		2	Kui on kaks või rohkem liini, mida saab sõltumatult opereerida (annab puhastile paindlikust) siis saab 1p.
Puhuri reguleerime automaatselt		2	Kui õhustamist juhitakse hapniku anduri pealt (puhuril sagedusmuundur või on-off töörežiimis), siis saab 1p, ei 0p.
Puhurite asukoht		1	Kui puhurid asuvad hoones ning on ilmastiku eest kaitstud, siis saab 1p, ei 0p.
Puhurite dubleeritus		1	Kui on olemas varupuhur, siis saab 1p, ei 0p.
Reaktori tüüp		1	Lähtudes kineetilise selektsiooni teooriast võimaldavad väljatõrjereaktori ning kaskaadsüsteemi kasutamine vältida aktiivmuda pundumist. Kui reaktori tüübiks on kaskaad või väljatõrjereaktor, siis saab 1p, muu 0p.

Toimivuse hindamiskriteeriumid on järgnevad: muda tegelik koormus; muda tegelik vanus; muda värvus; mudapealne vesi settivuskatse lõpus; õhustamise probleemid; õhustuselementide seisukord; hapniku kontsentratsioon; lahustunud hapniku ühtlane jaotus; mudadoos?; muda settivuse probleemid; muda eemaldus; niitbakterite vohamine ja hooldus.

Toimivus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10		Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Muda tegelik koormus		4	Kui tegelik mudakoormus on suurem kui 0,15 g BHT7/g MLSS kohta, siis saab 0pi, kui koormus on alla selle, siis annab 1p.
Muda tegelik vanus		4	Kui muda vanus on üle 10 päeva puhastis, kus on nõutud lämmastikuärastus siis saab 1p. Kui muda vanus on üle 7 päeva puhastites, kus ei ole nõutud lämmastikuärastust, siis saab 1p. Madalamatel mudavanustel 0p.
Muda värvus		1	Kui muda värvus on pruun, siis annab 1p, must, hall – – 0p.

Mudapealne vesi		4	Kui settimiskatse mensuuri peal on vesi selge ning ei esine silmaga nähtavat heljumit, siis saab 1p; Hägune; Pinnal vaht; Muu – 0p.
Õhustamise probleemid		3	Kui puhastusprotsessi õhustamisega on probleeme (probleemid automaatikaga, ei saavuta vajalikku hapnikutaset, probleemid puhuritega, üledimensioneeritud, aeratsioonielemendid vajavad pidevalt puhastamist või muu), siis saab 0p, muidu 1 p.
Õhustuselementide seisukord		1	Kui õhutuselemendid on töökorras (ei ole purunenud või mittetöötavaid sektoreid), siis saab 1p, Üksikud purunenud; sektorid ei tööta – 0p.
Hapniku kontsentratsioon		1	Kui õhustusprotsessis on pidevalt (ka hooajaliselt) tagatud lahustunud hapniku kontsentratsioon üle 1 mg/l, siis annab 1 punkti.
Lahustunud hapniku ühtlane jaotus		1	Kui aeratsioonikambris ei esine piirkondi, kus hapniku kontsentratsioon on erinev (madalam kui vajalik), siis annab 1p, ei 0p.
SVI		4	Bitton (2005) andmetel viitab kõrge SVI (> 150 ml/g) aktiivmuda pundumisele, samas kui madal SVI väärtus (< 70 ml/g) nn. "nõelapea" helvestele (i.k. pin floc). Kui SVI jääb 70 ja 150 ml/g vahele, siis annab 1 punkti. Vastasel juhul 0p.
30 minuti settivuskatse		4	Kui 30 minutiline settivus jääb 300 ml/l ja 700 ml/l vahele, siis annab 1 punkti.
Muda settivusprobleemid		1	Kui on olnud mudapealne vesi hägune või on settivusindeks kõrge, siis saab 0 punkti. Vastasel juhul 1 punkti.
Muda eemaldus		2	Kui mudaeemalduspump on töökorras ning kasutusel, siis annab 1 punkti, ei 0p.
Niitbakterite vohamine		1	Hinnatakse visuaalselt settivuskatse käigus ja puhastil reaktorite pinna järgi. Jah 0p, ei 1p.
Hooldus		4	Kui puhastit hooldatakse 1-2 x kuus või harvem, siis saab 0 punkti. Tihedamini 1 punkti.

2.14. Annuspuhasti

Protsessi kirjeldus. Annuspuhasti on sarnane tavalisele aktiivmudapuhastusele. Annuspuhasti (ingl *sequencing batch reactor*, SBR) erineb tavapärasest aktiivmudapuhastist selle poolest, et reovesi puhastatakse annusekaupa, st et uus annus vett pääseb reaktorisse alles pärast eelmise puhastamist ja välja laskmist. Erinevalt läbivoolu põhimõttel töötavatest puhastitest, kus eri puhastusprotsessiosad kulgevad eri mahutites, toimub annuspuhastis kogu puhastus tsüklikaupa ühes mahutis ning eraldi järelsetitit vaja ei ole. Reoainete lagundamisel kaasneb ka aktiivmuda kasv ning osa aktiivmudast muutub ülearuseks ehk liigmudaks. Liigmuda eraldamiseks puhastatud reoveest kasutatakse setitamist.

Hindamiskriteeriumid. Komplekssuse hindamiskriteeriumid on järgnevad: mahuti sügavus; projektikohane muda vanus; aeratsiooni tüüp; õhustuselementide vahetuse võimalus; liinide arv; puhuri reguleerime automaatselt; puhurite asukoht; puhurite dubleeritus ja suubla vastuvõtt.

Komplekssus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**

10 PALLI SKAALAS	0...10		Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Mahuti sügavus		2	Madalama sügavusega protsessimahutid on vähem efektiivsed (majanduslikus aspektis). Reeglina 4 m või enam, mis annavad 1 punkti.
Projektikohane muda vanus		6	Kas mahuti on üle- või aladimensioneeritud: 0 punkti: aktiivmudapuhastis, kus on lämmastikuärastus nõutud, jääb mudavanus alla 10 päeva. puhastis, kus lämmastikuärastus on nõutud ning mudavanus on alla 10 päeva puhastis, kus lämmastikuärastus ei ole nõutud ning mudavanus jääb alla 7 päeva 1 punkti, kui puhastis, kus lämmastikuärastus on nõutud ja muda vanus jääb vahemikku 10...22 päeva lämmastikuärastus ei ole nõutud ning muda vanus jääb vahemikku 7...22 päeva. 0,5 punkti Kui muda vanus on üle 22 päeva Vastavad mudavanused on võetud Saksa standardist ATV 131e.
Aeratsiooni tüüp		2	Põhjast aereerimine tagab ühtlasema DO jaotumise aeratsioonikambris (pneumaatiline jäme- ning peenmull-aeratsioon). Pinnalt aereerimine toob sageli kaasa DO gradiendi reaktori põhja suunas ning soodustab reovee jahtumist külmal perioodil. Mehaaniline jaotur ning ejektor soodustavad liigse turbulentsuse teket. Pneumaatiline peenmull; Pneumaatiline jämemull – 1p; Pneumaatiline mehaanilise jaoturiga; Celpox; Ejektor; Pinnaaeratsioon; Kombineeritud; Muu – 0p
Õhustuselementide vahetuse võimalus		1	Kui puhastis on võimalik õhustuskambris vahetada õhustuselemente selliselt, et kogu protsess ei ole peatatud (on sektsioonide kaupa võimalik välja tõsta), siis saab 1 punkti, ei 0p.
Liinide arv		2	Kui on kaks või rohkem liini, mida saab sõltumatult opereerida (annab puhastile paindlikust) siis saab 1p, ei 0p.
Puhuri reguleerime automaatselt		2	Kui õhustamist juhitakse hapniku anduri pealt (puhuril sagedusmuundur või on-off töörežiimis), siis saab 1p, ei 0p.
Puhurite asukoht		1	Kui puhurid asuvad hoones ning on ilmastiku eest kaitstud, siis saa 1 p, ei 0p.
Puhurite dubleeritus		1	Kui on olemas varupuhur, siis saab 1p, ei 0p.
Kas väljavool tekitab suublale hüdraulilisi probleeme?		1	Kas on vajadust väljavoolu ühtlustusele (mahuti/biotiik)? Jah 1p, ei 0p.

Toimivuse hindamiskriteeriumid on järgnevad: muda tegelik koormus; muda tegelik vanus; muda värvus; mudapealne vesi; õhustamise probleemid; õhustuselementide seisukord; hapniku

kontsentratsioon; lahustunud hapniku ühtlane jaotus; mudatoos; muda settivusprobleemid; muda eemaldus, niitbakterite vohamine, hooldus, denitrifikatsiooni osakaal ja muda väljakanne.

Toimivus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10		Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Muda tegelik koormus		4	Kui tegelik mudakoormus on suurem kui 0,15 g BHT7/g MLSS kohta, siis saab 0p, kui koormus on alla selle, siis annab 1 punkti.
Muda tegelik vanus		4	Kui muda vanus on üle 10 päeva puhastis, kus on nõutud lämmastikuärastus siis saab 1p. Kui muda vanus on üle 7 päeva puhastites, kus ei ole nõutud lämmastikuärastust, siis saab 1p. Madalamatel mudavanustel null punkti.
Muda värvus		1	Kui muda värvus on pruun, siis annab 1 punkti, must ja hall 0p.
Mudapealne vesi		4	Kui settimiskatse mensuuri peal on vesi selge ning ei esine silmaga nähtavat heljumit, siis saab 1p.
Õhustamise probleemid		3	Kui puhastusprotsessi õhustamisega on probleeme (probleemid automaatikaga, ei saavuta vajalikku hapnikutaset, probleemid puhuritega, üledimensioneeritud, aeratsioonielemendid vajavad pidevalt puhastamist või muu), siis saab 0p, muidu 1p.
Õhustuselementide seisukord		1	Kui õhutuselemendid on töökorras (ei ole purunenud või mittetöötavaid sektoreid), siis saab 1 p, ei 0p.
Hapniku kontsentratsioon		1	Kui õhustusprotsessis on pidevalt (ka hooajaliselt) tagatud lahustunud hapniku kontsentratsioon üle 0,5 mg/l, siis annab 0,5 p, ei 0p.
Lahustunud hapniku ühtlane jaotus		1	Kui saavutatakse hapniku sisaldus 2 mg/l vähemalt 60 min järjest enne settimise algust, siis annab 1p, ei 0p.
30 minuti settivuskatse		4	Kui 30 minutiline settivus jääb 300 ml/l ja 700 ml/l vahele, siis annab 1 punkti.
SVI		4	Bitton (2005) andmetel viitab kõrge SVI (> 150 ml/g) aktiivmuda pundumisele, samas kui madal SVI väärtus (< 70 ml/g) nn. “nõelapea” helvestele (i.k. pin floc). Kui SVI jääb 70 ja 150 ml/g vahele, siis annab 1 punkti. Vastasel juhul 0p.
Muda settivusprobleemid		1	Kui on olnud mudapealne vesi hägune või on SVI kõrge, siis saab p. Vastasel juhul 1p.
Muda eemaldus		2	Kui mudaeemalduspump on töökorras, siis annab 1 punkti, ei 0p.
Niitbakterite vohamine		1	Kui protsessis ei ole märgata niitbakterite vohamist, siis saab 1p, jah – 0p.
Hooldus		4	Kui puhastit hooldatakse 1-2 x kuus või harvem, siis saab 0 punkti. Vastasel juhul 1p.
Denitrifikatsiooni osakaal		1	Kui anoksiline aeg on pikem kui aeroobne aeg, siis saab 0 punkti. Vastasel juhul 1 punkt.
Muda väljakanne		4	Kui dekanteerimisel ei ole märgata muda väljakannet, siis

			saab 1 punkti, kui on märgata, siis 0p.

2.15. Järelsetiti

Protsessi kirjeldus. Järelsetiti ülesanne on eemaldada aktiivmuda või biokilest irdunud muda välja voolavast aktiivmudasegust. Järelsetitis vähendatakse vee voolukiirust selliselt, et veest raskem muda settib mahuti põhja ning pinnalt voolab heljumivaba heitvesi väljavoolu. Läbivoolse aktiivmudapuhastuses toimub ka muda tagastus protsessi algusesse. Kui järelsetiti tõhusalt ei tööta, kandub aktiiv- või biokilemuda puhastist välja ning et muda sisaldab kõiki reovees sisalduvaid aineid, reostab see looduskeskkonda niisama moodi kui puhastamata reovesi. Järelsetiti on aktiivmudapuhasti tähtsamaid osi, mille toimimisest sõltub kogu seadme puhastustoime. Halvasti toimiva järelsetiti korral muutuvad otstarbetuks ka kulutused reovee õhustamisele ja aktiivmuda ringipumpamisele.

Tüüpilised probleemid ja nende kontrollmeetmed. Väga oluline on mudatagastuse intensiivsus järelsetitist õhustuskambrisse. Tagasivool sõltub setiti tüübist ning on tavaliselt 75-100 % puhastisse juhitava reovee hulgast. Mudatagastus peab olema pidev, sest setiti põhjas valitsev anaeroobne keskkond pärsib aktiivmudaorganismide elutegevust. Kestuspuhastites, kus lämmastikuühendid nitrifitseeruvad õhustuskambris, võib denitrifikatsioon järelsetitis põhjustada gaasilise lämmastiku eraldumise. Seda võib ette tulla eriti suvel, mil vesi on soe ja sete kipub anaeroobselt käärima. Eralduv gaas tõstab osa settest setiti pinnale. Sel juhul tuleb suurendada mudatagastust, et sete kauaks setitisse pidama ei jääks.

Kui järelsetitis esineb nn „surnuid tsoone“ siis jääb muda sõltumata korrektsest tagastusmudapumba tööst ikkagi pikaks ajaks mahuti põhja seisma ning kerkib pinnale. Vältimaks olukorda, kus pinnamuda satub väljavoolu, tuleb järelseti ülevoolud varustada mudatõkke süsteemiga Kui muda koguneb pinnale suures kogusest, siis võib pinnamuda pääseda mudatõkkeplaatidest mööda ning sattuda väljavoolu. Selle vältimiseks tuleb pinnalt aeg-ajalt muda kas siis eemaldada või uputada tagasi mahuti põhja. Pinnamuda eemaldus võib olla käsitsi või ka automaatselt (pumbaga või pinnakaapidega).

Hooldus. Järelsetiti hooldamisel tuleb silmas pidada järgnevat:

- Kui muda järelsetist välja kandub, on kõige tõenäolisem põhjus see, et õhustuskambris on liiga palju aktiivmuda. Selle hindamiseks tuleb määrata aktiivmuda mahuline sisaldus. Kui õhustuskambris on aktiivmuda üle 600 ml/l, on soovitatav osa sellest liigmudana eemaldada.
- Et järelsetiti tõhusalt toimiks, peaks puhasti hüdrauliline koormus olema võimalikult ühtlane. Seetõttu on otstarbekas seada reoveepuhasti sissevoolupumplasse mitu väikese jõudlusega pumpa või sagedusmuundurit, mille tööd reguleerides on võimalik vältida hüdraulilisi tippkoormusi.
- Mudatagastus peab olema pidev. Mudatagastusseadmeid tuleb regulaarselt (soovitatavalt iga päev) kontrollida ja puhastada. Liiga väikese mudatagastuse korral võib muda järelsetiti põhja koguneda, seal käärima hakata, käärimisgaas muda pinnale kergitada ning muda järelsetitist välja kanduda.
- Tagastusmuda vooluhulk võiks olla umbes niisama suur kui puhasti sissevooluhulk.
- Kui setiti pinnale koguneb ujumuda, tuleb see eemaldada ja õhustuskambrisse tagastada.

- Kui setitil on pinnamudakogur, tuleb seda kord päevas paar korda edasi-tagasi pöörata.
- Kuna vesi liigub setiti pinnal väga aeglaselt, võib pealt lahtine järelsetiti talvel kinni külmuda. Selle vältimiseks on soovitatav setiti katta eemaldatava puit-, metall- või plastkaanega.

Hindamiskriteeriumid. Komplekssuse hindamiskriteeriumid on järgnevad: Mahuti sügavus; pinnamuda eemaldus; liigmuda pumpamise automatiseeritus; paralleelsed liinid; setiti tüüp ja muda tõkked.

Komplekssus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10		Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Pinnamuda eemaldus		2	Kui pinnamuda eemaldus on automatiseeritud, siis annab 1 punkti, ei 0p.
Liigmuda pumpamise automatiseeritus		1	Kui järelsetiti põhjast on liigmuda pumpamine automaatne, siis annab 1p, ei 0p.
Paralleelsed liinid		1	Kui on kaks või rohkem liini, mida saab sõltumatult opereerida (annab puhastile paindlikust) siis saab 1p, ei 0p.
Setiti tüüp		2	Kui setiti tüüp on rõhtsetiti, laminaarsetiti või radiaalsetiti, siis annab 1p, muud 0p.
Muda tõkked		1	Kui on olemas muda tõkked, siis annab 1p, ei 0p.

Toimivuse hindamiskriteeriumid on järgnevad: ülevoolu puhtus; mahuti pinna puhtus; heljum väljakanne; järelsetiti jäätumisprobleemid; järelsetiti pinnakoormus; pinnamuda eemaldus väljavoolu; hüdraulilised probleemid ja seadmete töökord.

Toimivus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10		Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Ülevoolu puhtus		3	Kui ülevoolurenn on puhas, siis annab 1p, ei 0p.
Mahuti pinna puhtus		2	Kui mahuti pind on puhas, siis annab 1p, ei 0p.
Heljumi väljakanne		4	Kui on näha, et heljum või muda kandub väljavoolu, siis saab 0p. Vastasel juhul 1p.
Järelsetiti jäätumisprobleemid		1	Kui järesetiti pind on talvel jääs, siis saab null punkti. Vastasel juhul 1p.
Järelsetiti pinnakoormus		2	Kui reaalne järelsetiti pinnakoormus jääb alla 500 L/m^2*h, siis saab 1p. vastasel juhul 0p.
Pinnamuda eemaldus väljavoolu		3	Pinnale kerkinud muda väljavoolu sattumist ei ole tõkestatud või pinnamuda eemaldatakse väljavool, siis saab 0p. Vastasel korral 1p.
Hüdraulilised probleemid		2	Kui järelsetitite jaotuses või tagastusmuda voos on ilmseid hüdraulilise jaotuse probleeme, siis saab 0p. Vastupidiselt 1p.
Seadmete töökord		2	Kui tagastusmuda ja liigmudapumbad on töökorras, siis saab 1p, ei 0p.

2.16. Lämmastikuärastus

Protsessi kirjeldus. Lämmastiku ärastus põhineb tavapärasel bioloogilisel nitrifikatsiooni-denitrifikatsioonil, mis koosneb järgmistest etappidest:

Nitrifikatsioon, mis viiakse läbi autotroofsete bakteriliikide poolt. Ammooniumlämmastik oksüdeeritakse kõigepealt ühtede bakteriliikide nitritiks NO_2-N, seejärel teiste bakteriliikide nitraatseks lämmastikuks NO_3-N. Mõlemad protsessid toimuvad aeroobsetes tingimustes (õhustatud protsess). Tavapäraselt toimuvad mõlemad protsessid paralleelselt ning II etapp nii kiiresti, et enamus (üle 90%) oksüdeeritud lämmastikku on nitraadi (NO_3-N) vormis.

Denitrifikatsioon - protsess põhineb asjaolul, et enamus aktiivmudas leiduvatest heterotroofsetest bakteriliikidest on võimelised omastama nitraatses lämmastikuühendis olevat seotud hapnikku orgaanika (BHT_7) lagundamiseks. Protsess saab toimuda ainult siis kui keskkonnas puudub konkureeriv vabahapniku molekul (O_2) ning on olemas nitraatsele kujule (NO_3-N) oksüdeeritud lämmastik. Seetõttu nimetatakse antud protsessi etappi anoksiliseks protsessiks. Protsessi toimumiseks on vajalik ka orgaanilise aine esinemine, mida on võimalik saada sisenevast reoveest.

Tüüpilised lahendused. Kui traditsioonilises puhastis tähendab see aktiivmuda suspensiooni ja reovee ringluspumpamist nitrifikatsiooni ja denitrifikatsiooni tsoonide vahel (reovee sisend ühtlane), siis annuspuhastis tähendab see reovee suunamist antud protsessietappi. Protsessi efektiivsus on limiteeritud – kuna lisaks orgaanilisele ainele sisaldab reovesi omakorda ka lämmastikku, on seeläbi võimalik saavutada ~75% puhastusefektiivsus. Täpsemalt sõltub see otseselt siseneva reovee orgaanilise aine ja lämmastiku suhtest (määratuna Kjeldal lämmastikus).

Tüüpilised probleemid ja nende kontrollmeetmed. Lämmastikuärastuse kriitilisem osa on nitrifikatsiooni etapp, kuna vastavast protsessist osavõtvad bakterid on aeglase kasvukiirusega ning nõuab suuremat muda vanust puhastisse. Täpsemalt sõltub see siseneva orgaanilise aine ja lämmastiku kontsentratsioonist ning veetemperatuurist.

Protsessis oleva reovee langemisel alla 12°C on nitrifikatsioon väga aeglane ning väljavoolus on peamine lämmastiku vorm ammooniumlämmastik.

Nitrifikatsiooniprotsessi hindamiseks tuleb analüüsida lämmastiku vorme nitrifikatsioonioprotsessi lõpus, määrates NH_4-N, NO_2-N ning NO_3-N vormid.

Denitrifikatsiooni toimimiseks peab protsessis olema lahustunud hapniku kontsentratsioon null. Lisaks orgaanilise aine olemasolule peab vastavasse protsessi osasse ka sisestama nitraatlämmastikku. Läbivoolses aktiivmudapuhastis tagatakse nitraatide suunamine denitrifikatsiooni pumba kaudu. Annuspuhastis toimib denitrifikatsiooniprotsess puhastustsükli alguses sissevooluga, kui eelmise tsükli lõppedes on kogu lämmastik viidud nitraatsesse vormi. Denitrifikatsiooni mahutis või vastava etapi lõpus (annuspuhasti) peab nitraatlämmastiku sisaldus olema alla 1 mg/l.

Hindamiskriteeriumid. Komplekssuse hindamiskriteeriumid on järgnevad: segurite tüüp; väline süsiniku sisestamine; projekteeritud muda vanus ja denitrifikatsiooni ja nitrifikatsiooni osakaalu muutmine.

Komplekssus kumulatiivselt	Punkte	KAAL	Seletus
10 PALLI SKAALAS	0...10		Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Denitrifikatsiooni osakaal		1	Kui annuspuhastis denitrifikatsiooni osakaal on suurem kui nitrifikatsioon või väiksem kui 10%, siis saab 0 punkti. Vastasel juhul 1 punkt.
Segurite tüüp		1	Kiire käiguga segurid võivad anoksilises kambris tuua kaasa soovimatu aereerimise (0p). Kui segur on aeglase käiguga, siis saab 1p.
Väline süsiniku sisestamine		4	Kui puhastusprotsessi sisestatakse välist süsinikuallikat, siis annab 1p, ei 0p.
Projekteeritud mudavanus		2	Kas mahuti on aladimensioneeritud: Saab null punkti kui muda vanus jääb alla 11 päeva. Vastasel juhul 1p. Vastav muda vanus on võetud Saksa standardist ATV 131e.
Denitrifikatsiooni ja nitrifikatsiooni osakaalu muutmine		1	Kui on võimalik suurendada või vähendad denitrifikatsiooni või nitrifikatsiooni mahtusid, siis saab 1p, ei 0p.
Kas esineb tegureid, mis ei võimalda tagada anoksilisi tingimusi reaktoris?		3	Kui denitrifikatsioonil on tagatud anoksiline (leidub NO_2 ja NO_3, puudub O_2) keskkond, siis annab 1p, ei 0p.

Toimivuse hindamiskriteeriumid on järgnevad: denitrifikatsiooni osakaal; tegelik muda vanus; nitraadipumba toimivus; talvise lämmastikuärastuse tagamine; anoksilisi tingimuste tagamine; lämmastikuärastuse probleemid ja nitrifikatsioonil hapniku tagamine.

Toimivus kumulatiivselt	Punkte	KAAL	Seletus
10 PALLI SKAALAS	0...10		Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Denitrifikatsiooni osakaal		1	Kui annuspuhastis denitrifikatsiooni osakaal on suurem kui nitrifikatsioon või väiksem kui 10%, siis saab 0 punkti. Vastasel juhul 1 punkt.
Tegelik muda vanus		4	Kui tegelik mudavanus on üle 11 päeva, siis saab 1p, ei 0p.
Mudaringluspumba toimivus		0,5	Kui mudaringluspump (nitraaditagastuspump) on töökorras ning sihipärases kasutuses, siis saab 1p, ei 0p.
Kas kasutatakse talvise lämmastikuärastuse tagamiseks erimeetmeid		0,5	Kui talvel võetakse kasutusele erimeetmeid (mudavanuse suurendamine jm) lämmastikuärastuse toimimiseks, siis annab 1p, ei 0p.
Kas esineb tegureid, mis ei võimalda tagada anoksilisi tingimusi reaktoris?		3	Kui denitrifikatsioonil on tagatud anoksiline (leidub NO_2 ja NO_3, puudub O_2) keskkond, siis annab 1p, ei 0p.
Kas		2	Kui lämmastikuärastusega ei ole varasemalt probleeme

lämmastikuärastusega on olnud sageli esinevaid tehnilisi probleeme?			olnud, siis annab 1p. Vastasel juhul 0p.
Kas aeroobses osas on tagatud hapnik		2	Kui mõõdetud hapniku kontsentratsioon õhustuskambris on suurem kui 0,8 mg/l siis 1p.

2.17. Fosforiärastus

Fosfori bioloogiline ärastamine ehk Bio-P protsess põhineb nähtusel, et osa bakteriliike on võimelised siduma suurema koguse fosfaate, võrreldes normaalse assimilatsiooniga (100:5:1) heterotroofsel kasvul seotavaga. Anaeroobsetes tingimustes eraldavad need bakterid sisemistest reservides polüfosfaatseid ahelaid, et saada energiat, mida nad kasutavad orgaaniliste ühendite lagundamiseks ja sidumiseks raku koosseisu. Selleks peab keskkonnas olema piisavalt kergesti omastatavaid orgaanilisi ühendeid.

Eelpool kirjeldatud viisil anaeroobsetes (ilma hapnikuta keskkonnas) tingimustes viibinud bakterid sattudes aeroobsetesse tingimustesse kasutavad ära seotud orgaanilised ühendid raku hingamisel energia saamiseks. Selles protsessi tulemusel seotakse rakku kuni kolmekordne kogus fosfaate võrreldes tavapärasega, ehk toimub nn fosfori ülesidumine. See tähendab omakorda, et kogu aktiivmuda mass, sh ka heljum sisaldab kuni 3x rohkem fosforit.

Fosfori keemiline ärastamine Keemiline koagulantsadestusmeetod põhineb metallisoolade võimele reageerides fosforiga moodustada vees mittelahustuvaid ühendeid. Simultaansadestamiseks lisatakse aktiivmudaprotsessi koagulanti. Keemiliselt seotud fosforiühendid (-soolad) sadestuvad (seotakse) mudasse ja eemaldatakse protsessist koos liigmudaga.

Tüüpilised probleemid ja nende kontrollmeetmed. Bioloogilist P-ärastust on võimalik saavutada erinevate keskkonnatingimuste (anaeroobne, aeroobne) kombineerimisega. Reaktorite järjekord (anaeroobne ja siis aeroobne) on siinkohal kriitilise tähtsusega. Hapniku kaaskanne anaeroobsesse reaktorisse tuleb minimaliseerida. Selleks tuleb hoiduda:

- Segamisel tekkivatest pööristest ,
- Ülesvoolu asuvatest jugadest
- Kruvipumpadest
- Õhktõstukpumpadest
- Nitraadi ja nitriti kaaskanne anaeroobsesse reaktorisse peab olema minimaalne.

Fosfori sidumist rakkude poolt on võimalik maksimeerida hoides mudavanuse nii madalana kui võimalik. Kindlasti peab liigmudaärastus olema stabiilne.

Hindamiskriteeriumid. Komplekssuse hindamiskriteeriumid on järgnevad: Mahuti sügavus; pinnamuda eemaldus; liigmuda pumpamise automatiseeritus; paralleelsed liinid; setiti tüüp ja muda tõkked.

Komplekssus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**

10 PALLI SKAALAS	0...10		Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Mõlema protsessi olemasolu		3	Kui puhastil on olemas nii tõhustatud bioloogiline fosforiärastus kui ka keemiline fosforiärastus, siis annab 1p.
Kemikaali doseerimise automatiseeritus		2	Kui kemikaali doseerimine on automatiseeritud, siis annab 1p, ei 0p.
Statsionaarne kemikaalimahuti		1	Kui puhastil paikneb statsionaarne kemikaalimahuti, kuhu tarnitakse paakautoga kemikaali, siis annab 1 p, ei 0p.
Anaeroobsete tingimuste saavutamine		3	Kui bioloogilises fosforiärastuse mahutis ei ole tagatud anaeroobseid tingimusi, siis annab 0p. Vastasel korral 1p.
PO_4-P andur		3	Jah – 1p; Ei – 0p.

Toimivuse hindamiskriteeriumid on järgnevad: ülevoolu puhtus; mahuti pinna puhtus; heljum väljakanne; järelsetiti jäätumisprobleemid; järelsetiti pinnakoormus; pinnamuda eemaldus väljavoolu; hüdraulilised probleemid ja seadmete töökord.

Toimivus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10		Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Kemikaali kogus		1	Kui arvutusliku kemikaali lisamise kogus on ca 50 % suurem või väiksem tegelikust lisatavast kogusest, siis annab 0 punkti. Vastasel juhul 1 punkti.
Segamise efektiivsus Bio-P mahutis		2	Kui Bio-P fosforiärastusmahuti segurid on töökorras, siis annab 1p, ei 0p.
Keemiline fosforiärastuse kasutus		3	Kui keemiline fosforiärastus on olemas ja seda ka kasutatakse (on ka vajadust), või ei kasutata, kuna pole antud olukorras vajalik, siis annab 1p, ei 0p.
Anaeroobsete tingimuste saavutamine		3	Kui bioloogilises fosforiärastuse mahutis ei ole tagatud anaeroobseid tingimusi, siis annab 0p. Vastasel korral 1p.

2.18. Biotiik

Protsessi kirjeldus. Biotiigid on reovee bioloogiliseks puhastamiseks või põhipuhasti heitvee järelpuhastamiseks kunstlikult rajatud või selleks kohandatud madalad looduslikud veekogud (vee sügavus 0,8–1,2m), millest reo- või heitvesi väga aeglaselt läbi voolab. Pika viibeaja toimel puhastub biotiigis vesi nii nagu looduslikus veekoguski bakterite ja vetikate kooselu (sümbioosi) tulemusena. Bakterid lagundavad orgaanilise aine ning vetikad kasutavad vabanevaid mineraalaineid ja süsihappegaasi oma kudede ehitamiseks. Päikesevalguse toimel (fotosüntees) eritavad vetikad vette hapnikku, mille varal elavad aeroobsed bakterid.

Kuigi puhastusprotsessid on biotiikides aeglasemad kui aktiivmudapuhastites, annavad õigesti projekteeritud tiigid hea tulemuse – aeroobsete tiikide puhastustõhususeks BHT_7 suhtes loetakse 80

%. Positiivne on ka see, et tiigis elunevad vetikad seovad orgaanilise aine lagunemisel tekkivaid toitesooli: lämmastikuühendeist 75–90 % ja fosforist 80–98 %.

Et sissevoolav vesi hästi seguneks, ehitatakse biotiigid voolu suunas piklikud. Mida pikem on reovee teekond, seda puhtamaks ta saab.

Kui biotiigi pikkuse ja laiuse suhe on 20, on selles 80 % töötavat pinda. Soodsaim lahendus on serpentiinbiotiik, milleks võib ujuvvaheseinte abil kujundada igasuguse juba olemas oleva biotiigi.

Biotiikide puhastusvõime sõltub peamiselt kliimast: päikesepaiste kestusest ja õhusoojusest. Talvel kattuvad tiigid jää ja lumega, vetikate elutegevus vaibub ning keskkond muutub anaeroobseks.

Kui tiiki juhitav reovesi ei sisalda normaalsest palju rohkem mehaanilisi võõriseid, siis sadestub biotiikide põhja vähe setet (2–3 mm aastas) ning puhastada tuleb neid harva (10–15 aasta tagant). Kui temperatuur on üle 15 °C, hakkab muda anaeroobselt lagunema ja mudakiht õheneb. Üle 22 °C soojas vees aktiviseerub põhjasettes biogaasi tekkimine. Gaasimullid võivad pinnale tõsta mudasaarekesi ning see häirib puhastusprotsessi, seetõttu tuleb nad tiigi pinnalt eemaldada. Osa sette lagusaadustest kerkib vee ülemistesse kihtidesse, kus nende oksüdeerumine jätkub.

Kevadel, kui jää sulab, taastub aeroobne protsess kiiresti, kuid paar nädalat võivad tiigid haiseda, seetõttu peavad nad asuma hoonetest vähemalt 100 meetri kaugusel.

On hea, kui vahele jääb metsa või võsa ja kui tiigid paiknevad allpool valitsevaid tuuli. Biotiike endid puudega ümbritseda ei või, sest tuul soodustab vee segunemist ja seega ka puhastusprotsessi. Lisaks võivad puudelt langevad lehed anda biotiigile täiendavat koormust.

Tüüpilised lahendused. Reoveepuhastites kasutatakse biotiike (ühte või mitut):

- põhipuhastina;
- järelpuhastina peale põhipuhastit;
- avariipuhastina.

Põhipuhastina toimiva biotiigi või biotiigisüsteemi ette tuleb projekteerida võre ja septik, sest reovee eelnev mehaaniline puhastamine aeglustab biotiigi mudastumist.

Järelpuhastustiigid saavad põhipuhasti väljalangemise korral lühemat aega hakkama ka arvutuslikku mitu korda ületava koormusega, kaitstes puhvrina suublat reostustulvade eest. Biotiigi maht on aktiivmudapuhastiga võrreldes mitukümmend korda suurem ja vee pikk viibeaeg tiigis võimaldab mikroorganismidel juhuslike reostuskoormustega (virts, kemikaalid jm) kohaneda. Ka hüdrauliline ülekoormus ei ole nii ohtlik. Biotiikide puhverdusvõime on suur ning nad võivad põhipuhasti rikke korral vastu võtta mitme ööpäeva puhastamata reovee. Eelnevast ei tohi järeldada, et põhipuhasti võib pikka aega seista. Siis satuvad biotiigid kestva ülekoormuse alla, muutuvad anaeroobseks ja hakkavad haisema.

Biotiike saab kasutada ka ainult avariipuhastina, millesse suunatakse reovesi ainult põhipuhasti rikke korral. Tavaolukorras suunatakse heitvesi peale põhipuhastit otse suublasse.

Tüüpilised probleemid ja nende kontrollmeetmed. Sageli kasvavad biotiigil lemled, mis varjavad vett päikese eest (vetikate fotosüntees pidurdub) ning ei lase tuulel vett segada. Kahaneb ka

õhuhapniku difusioon vette. Lemled tuleb tiigi pinnalt eemaldada, lemledega kaetud biotiik ei tööta ettenähtud režiimil. Biotiikide vesi on tavaliselt haisuta ja värvita.

Soojal aastaajal (või ka lumikatteta jää all) võib vesi olla mikrovetikatest roheline. Mustjas värvus ja hais viitavad roiskumisele, s.t. ülekoormamisele. Sügisel (või talvel jää pealt) on tarvis kalda äärest koristada ka veetaimed, mis kõdunedes reostavad vett. Biotiigi sissevoolu ja väljavoolu külmumise vältimiseks peavad jaotus- ja ülevoolukaevud olema luukidega kaetud.

Põhipuhastina toimiva biotiigi ees peab olema mehaaniline puhastusseade (võre, septik) mida hooldatakse regulaarselt.

Hooldus. Põhipuhastina toimiva biotiigi ees olevat võret ja septikut tuleb korrapäraselt puhastada. Tuleb jälgida, et tiigi väljalase oleks prahist puhas ning ei ummistuks. Tiigi pinnale kogunev ja tuulega kaldasse aetav praht tuleb koristada. Tiigi pinna võivad katta lemled, mis varjavad valguse ja takistavad fotosünteesi. Lemleid saab eemaldada vett mööda veetava lauaga. Tiikide kaldaid peab vähemalt kaks korda aastas niitma. Sügisel (või talvel jää pealt) tuleb koristada veetaimed.

Hindamiskriteeriumid. Komplekssuse hindamisel on aluseks mehaanilise puhastuse olemasolu, vee hajutatud jaotumine ning kaantega kaetud kaevud.

Komplekssus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0…10		Hinne moodustub põhimõttel, et komplekssusele antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse.
		2	Mehaaniline puhastus (BT põhipuhasti) on olemas ja hooldatud. Jah 1p, ei 0p.
		2	Sissevool kaanega kaetud jaotuskaevus koos jaotustorudega tagatakse vee hajutatud jaotamine biotiiki. Jah 1p, ei 0p.
		2	Biotiikide vahel olev torustik juhib vee hajutatult järgnevasse biotiiki. Jah 1p, ei 0p.
		2	Väljalase kaanega kaevus. Jah 1p, ei 0p.

Toimivuse hindamisel on aluseks väljavoolu puhtus, veepinna puhtus, kallaste hooldus, õhustuse toimimine ja kahjustused (lekked).

Toimivus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0…10		Hinne moodustub põhimõttel, et toimivusele antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse.
		2	Väljavool tiigist väljavool on läbipaistev. Jah 1p, ei 0p.
		2	Tiigi veepind on puhas (taimestikust, mudast, ujuprahist). Jah 1p, ei 0p.
		2	Tiigi kaldad on hooldatud. Jah 1p, ei 0p.
		2	Tiigi õhustus (olemasolul) toimib. Jah 1p, ei 0p.
		2	Biotiikide kallaste kahjustused. Esineb lekkeid. Jah 0p, ei 1p.

2.19. Väljavool

Protsessi kirjeldus. Heitvee väljalask on kollektori suue, mille kaudu heitvesi juhitakse suublasse.

Tüüpilised probleemid ja nende kontrollmeetmed Kui torusse on sadenenud palju setteid, võivad need edasi analüüsitavasse proovi kanduda.

Hooldus. Heitvee proovivõtukohale peab olema võimalik ligi pääseda. Peavad olema loodud eeldused esindusliku proovi võtmiseks.

Hindamiskriteeriumid. Komplekssust väljavoolu jaoks ei hinnata. Toimivuse hindamisel on aluseks analüüsitulemused, ametliku proovivõtukoha esinduslikkus, reostusilmingud suublas ning heitvee visuaalne hinnang.

Toimivus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10		Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Esinduslik proov		1	Esinduslikku proovi on võimalik ametlikust proovivõtukohast võtta. Jah 1p, ei 0p.
Reostusilmingud suublas		5	0p - ei kohaldu; 0 - mudane, must ja haiseb; 1/3p - mudane; 2/3p - kahtlustan, ilminguid on; 1p - kõik korras.
Analüüsitulemused		8	Analüüsitulemused vastavad vee-erikasutusloa tingimustele. Jah 1p, ei 0p.
Heitvee visuaalne hinnang		2	Koosneb järgmistest komponentidest: Värvitu, kollase tooniga - 1p, halli tooniga, must – 0p; Heljum puudub -1p, vähesel määral, rohkelt – 0p;

Proovivõtt. Reoveepuhastite toimivuse hindamiseks võetakse iga puhasti juures proov suublasse juhitavast heitveest vee-erikasutusloaga määratud punktis. Juhul, kui põhipuhastusele järgneb järelpuhastus, võetakse lisaks proov ka järelpuhastusse sisenevast heitveest. Proovivõtu aeg tuleb võimalusel valida selliselt, et saadav tulemus iseloomustaks võimalikult hästi igapäevaseid tingimusi (välistada tuleb proovivõtt ebasoodsate ilmastikutingimuste korral, hetkel, mil puhasti on erakorraliselt ülekoormatud ning muud ajahetked, mis võivad põhjustada tulemuste kõrvalekaldeid).

Heitvee nõuetelevastavuse hindamiseks võetakse uuritava reoveepuhasti väljavoolust (ning järelepuhastuse olemasolul ka selle sissevoolust) vähemalt üks punktproov. Juhul, kui reoveepuhasti sisse- ja/või väljavoolunäitajate kohta on olemas piisavas mahus ajakohaseid ja usaldusväärseid andmed (riikliku või kontrollseire andmed vms sama usaldusväärsed andmed), võib loobuda proovivõtust selles ulatuses, mille kohta on andmed olemas.

Proovivõtumeetod peab olema kooskõlas vee erikasutusloas toodud nõuetega ning määruse nr 30 nõuetega. Proove peab võtma VeeS § 122 lõike 1 tähenduses atesteeritud isik ning analüüse peab läbi viima VeeS § 121 lõikele 24 vastav akrediteeritud katselabor. Proov tuleb võtta vee erikasutusloas määratud proovivõtukohast. Kui uuringu teostajal tekib kahtlus, et vee-erikasutusloas määratud proovivõtukoht ei ole ajakohane ega taga objektiivset tulemust, tuleb sellest teavitada loa andjat ning viimasega konsulteerides määrata koht, kust proov võtta.

Keemilised analüüsid teostatakse EKUKi laboris. Proovivõtuprotokollide, taara jm seonduva olemasolu tagab EKUK.

2.20. Automaatika

Protsessi kirjeldus. Automaatikasüsteemide ülesandeks on protsesside olekutest ja seadmete seisundist ülevaate andmine ning tehnoloogia juhtimine kasutades kogutud informatsiooni. Automaatikasüsteemid koosnevad informatsiooni kogujatest – anduritest ja täitevseadmestikust – kontrolleritest. Lisaks kasutatakse puhastite töö eemalt jälgimiseks ja juhtimiseks, aga ka toimunu arhiveerimiseks arvuteid.

Tüüpilised lahendused. Üldjuhul sõltub automaatika keerukus puhasti suurusest, st väiksematel puhastitel on see primitiivsem. Erijuhtudel võib siiski ka väikepuhastil keerukamat automaatikat vaja minna. Automaatika tööprintsiip on olemuselt lihtne - anduritelt edastatakse informatsioon kontrollereisse, mis vastava parameetri seadistuste ületamisel annab vajalikele seadmetele töökorraldusi.

Tüüpilised probleemid ja nende kontrollmeetmed. Suurimad probleemid seisnevad andurite töökorras. Üldjuhul vajavad nad perioodi puhastamist või lausa tööorganite vahetust. Vooluhulgamõõtureid taadeldakse, nivooandurite valetamist tuleb visuaalselt kontrollida, hapnikumõõtureid kontrollitakse portatiivse analoogseadmega. Juhtimissüsteemide probleemideks on esikohal voolu- ja sidekatkestused, aga ka äike.

Hooldus. Süsteemi kasutamiseks ja hoolduseks koostatakse süsteemi valmistaja poolt vastav juhend, kus vajalikud toimingud ja nende sagedus vastava seadme tootjalt kirjas on.

Hindamiskriteeriumid. Komplekssuse hindamisel on kriteeriumiteks erinevate otstarvetega andurite olemasolu ning andmeedastussüsteemi ulatus.

Komplekssus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10		Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Vooluhulga mõõturid (sisend ja/või väljund, avariiülevool)		1	Jah 1p, ei 0p. Kui mitmes kohas, ka 1p.
Vooluhulga mõõturid (protsessisisesed)		3	Siia arvestatakse retsirkulatsiooni, liigmuda ja tagastusmuda mõõturid, kemikaali doseerimine jne. Kui on olemas ja vaja või kui ei ole, aga pole ka vaja, 1p, kui vaja, aga pole, siis 0p
Nivooandurid		1	Nivooandurite vajadus põhineb puhasti iseärasustel. On võimalik hakkama saada ka ilma nivooanduriteta. Punkte peab hindama vastavalt tegeliku olukorra vajadusele – kui andureid ei ole piisavalt, 0p, kui on, 1p
O_2 andurid		1	Statsionaarsed 1p, portatiivsed 0,5p
Avariiandurid		2	Naftaproduktid, pH, sulfaadid jms. Hinnata vastavalt tarvidusele. Kui on olemas ja vaja või kui ei ole, aga pole ka vaja, 1p, kui vaja, aga pole, siis 0p
Muud parameetrid		2	Redokspotentsiaal, hägusus, fotosilm muda nivoo määramiseks. Kui on olemas ja vaja või kui ei ole, aga pole ka vaja, 1p, kui vaja,

			aga pole, siis 0p
On-line analüsaatorid		4	Kui on olemas ja vaja või kui ei ole, aga pole ka vaja, 1p, kui vaja, aga pole, siis 0p. Vaatamata sellele, mitme eri parameetri määramiseks neid on või vajatakse
Avariiteadete distantsile edastamine		1	Jah – 1p; ei – 0p
Kaugjälgimine		1	Jah – 1p; ei – 0p
Hapniku regulatsioon		1	Reguleerib puhuri sagedusmuundurit, reguleerib puhuri tööd ON/OFF – 1p; ei reguleeri midagi – 0p
Andmete arhiveerimine		1	Elektrooniline – 1p, paberil – 0p.

Toimivuse hindamisel on kriteeriumiteks andmete kasutamise tase protsessis ja arhiveerimine ning andmete kasutamine statistikas. Hoolduse osas hinnatakse selle läbiviimise vastavust kasutusjuhendile.

Toimivus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10		Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Seadmete juhtimine		3	Ainult nivooanduritel baseeruvate seadmete juhtimine 1p, O_2 või redokspotentsiaali andurite abil aeratsiooni juhtimine 1p, vooluhulgamõõturite, taimerite ja muude andmete baasil juhtimine 1p. On-line andmetel automaatjuhtimine 1p. Hinnangu andmisel mitme vastavuse korral summeerida.
Avariiteadete distantsile edastamine		2	Kui edastatakse, 1p, kui ei, siis 0p
Toitekindlus (generaator, UPS)		1	On 1p, ei ole, 0p
Statsionaarne hapnikuandur		3	On 1p, ei ole, 0p
Hapniku ja pH andurite kalibreerimine		2	Kui pH ja hapnikuandurit ka kalibreeritakse, siis 1p (kumbki 0,5 p); ei - 0p.
Andurite hooldus		3	Kui ise või kui käivad regulaarselt tootja esindajad, 2p, kui ei ole korrapärast hooldust, siis 0p

2.21. Settekäitlus

Reoveesete on reoveest füüsikaliste, bioloogiliste või keemiliste meetoditega lahutatud suspensioon. Sete on väga veerohke, loovutab vett halvasti, sisaldab palju orgaanilist ainet ja tõvestavaid mikroorganisme ning läheb kergesti roiskuma. Reovee mehaanilisel puhastamisel tekib 0,5–2 liitrit ning bioloogilisel puhastamisel jääkaktiivmudana 0,5–5,2 liitrit setet elaniku kohta ööpäevas, kokku kuni 3 % reovee hulgast. Sette kuivainesisaldus enne selle käitlemist on 2–8 %.

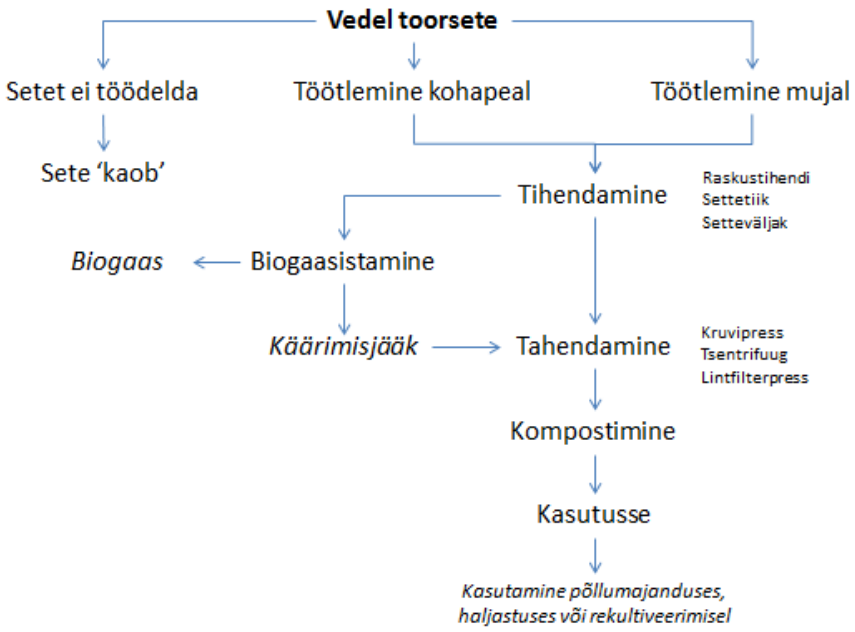
Reoveesete jagatakse toorsetteks ja töödeldud setteks. Toorsete võib olla vedel või tahendatud. Töödelduks loetakse reoveesete siis, kui see on bioloogilise, termilise või keemilise töötlemisega

pinna- ja põhjaveele, mullale, taimedele, loomadele ja inimestele ohutuks muudetud e stabiliseeritud. Settekäitlus on reovee puhastamise lahutamatu osa. Selle tehniline lahendus ja komplekssus erinevad puhasti suuruse tõttu, toimivus on aga seotud hoolduspersonali kompetentsusega.

Sette töötlemine avardab selle kasutusvõimalusi. Esimene ülesanne on vähendada sette mahtu – seda **tihendada**. Tihendada tasub ka siis, kui sete veetakse käitlemiseks mõnda teise puhastisse. Tihendatakse sete raskustihendites või mehaaniliselt. Mehaaniline tihendamine on kiirem, aga kallim. Looduslikult on võimalik setet tihendada settetiikides või väljakutel, kus kuivainesisaldus suureneb umbes kümne protsendini, ent sete jääb ikka püdelaks ja voolavaks. Loodusliku tihendamise korral on sageli tahendamisest loobutud.

Sete **tahendatakse** lint- või kruvipressi, või tsentrifuugi või muu tahendusseadme abil tihkeks ja kleepjaks (kuivainet 15–20 %). Tahendatud sete stabiliseeritakse kompostimise teel kohapeal või viiakse mujale.

Tüüpilised lahendused. Setet on võimalik töödelda ja kasutada mitut moodi (Joonis 3).



Joonis 3: Reoveesette töötlemis- ja kasutamisvõimalused

Kompostimine ja aunade hooldamine

Üks käepärasemaid settetöötlusviise on kompostimine. Kompostimine on juhitavates tingimustes kulgev aeroobne eksotermiline bioloogiline protsess, milles orgaaniline aine laguneb bakterite, seente ja muude organismide elutegevuse toimel homogeenseks huumusrikkaks materjaliks. Temperatuur tõuseb ning tõvestavad mikroorganismid hukkuvad ja umbrohuseemned hävivad.

Kompostimise kulgemiseks on vaja teha õige koostise ja struktuuriga kompostisegu. Tugimaterjaliks sobivad hakitud puukoor või oksapraht, pallitud põhk, hein, turvas jms, kuid tugiaine sobivuses ja vajalikus hulgas veendumiseks on vaja eksperimenteerida. Et reoveesete on üsna niiske, peab tugimaterjal ilmtingimata olema kuiv, seetõttu tuleb seda õigel ajal varuda ning varju all hoida. Auna suurus oleneb segamisseadmest.

Kompostimisel on algus, lõpp ja vahepealne osa, mida seiratakse ühtse tervikuna. Seire on oluline ja peamine seiratav parameeter on temperatuur. Temperatuuri on vaja jälgida selleks, et olla kindel komposti ohutuses, aru saada aunades toimuvatest protsessidest ning vastu võtta otsuseid aunade segamisvajaduse või komposti küpsuse kohta. Kompostitav materjal soojeneb iseenesest bakterite elutegevusega kaasnevate eksotermiliste reaktsioonide tulemusel. Eesmärk on saavutada vähemalt kaks esimest etappi:

- Termofiilne etapp. Temperatuur tõuseb paari päeva jooksul 60–70 kraadini. Seda on vaja, et mikroorganismid hukkuksid ja umbrohuseemned häviksid – kompost muutub hügieenilisemaks, ent kasutamiskõlblik veel ei ole.
- Küpsemine. Temperatuur püsib vahemikus 35–55 °C ja hakkab siis aeglaselt alanema. Etapi lõpus võib komposti kasutada, ehkki huumus moodustub ja taimetoitained muutuvad kättesaadavaks alles järgmises etapis.
- Jahtumine, mille kestel kompost järelvalmib. Temperatuur üle 35 °C enam ei tõuse. Komposti väetusväärtus suureneb, sest järelvalmimise ajal moodustub komposti hinnatuim osa – huumus, ning toitained muutuvad taimedele kättesaadavaks. Kompost on kasutamisvalmis.

Komposti tuleb regulaarselt segada. Segamine hajutab niiskuse ja lõhub klombid, aitab lagugaasil lenduda ja rikastab komposti õhuhapnikuga. Segamine soodustab bakterite elutegevust ning see omakorda hoida kompostitavat massi ühtlaselt soojana isegi jaheda ilmaga. Üks-kaks kord aastas kopa või laaduriga ümber tõstetavaid hunnikuid ei saa lugeda kompostiaunadeks ega sellist tegevust kompostimiseks. Hunniku teise kohta tõstmine on vaid veidi parem kui mitte midagi tegemine. Sademeterohkel aastal tuleks kaaluda kompostimist katuse all või auna katmist, et vihmavesi sisse ei pääseks.

Biogaasireaktor

Reoveesette kääritamine aitab sette orgaanilise aine sisaldust vähendada ja setet stabiliseerida, aga et temperatuur hoitakse vahemikus 35 – 38 C, siis sette hügieeniliseks muutumine ei ole tagatud. Selleks tuleb setet kuumutada või järelkompostida. Peale kääritamist jääb järele käärimisjääk ehk digestaat, mida tuleb omakorda tahendada.

Biogaas tuleb koguda ja ära kasutada või hävitada, atmosfääri seda lasta ei tohi. Ka üleliigne gaas tuleb kohapeal põletada. Biogaas on plahvatusohtlik, mistõttu tuleb rakendada tööohutusmeetmeid.

Tüüpilised probleemid ja nende kontrollmeetmed. Kompostimine ei ole keskkonnaohtlik tegevus, ent võib põhjustada keskkonnahäiringuid. Määruse kohaselt tuleb haisu, tolmu, müra ning atmosfääri jõudvate aerosoolide vähendamiseks või vältimiseks rakendada kõiki asjakohaseid meetmeid, kui nendega seotud kulud ei ole ilmselgelt ülemäärased. Tolmu ja pori vastu aitab kõvakattega kompostimisplatsi harjamine. Aunade segamisel tuleb jälgida tuule suunda, et hais ja tolm asula poole ei kanduks. Haisu tekkimist vähendab oluliselt aunade sage segamine. Kompostimisplatsilt valguv vesi on bakterioloogiliselt saastunud, sisaldab rohkesti lämmastikku ja fosforit ning tuleb reoveepuhastisse juhtida. Suurem osa kompostimistõrkeid on hõlpsasti välditavad.

Hindamiskriteeriumid. Komplekssuse hindamisel on kriteeriumiteks puhasti suurusele vastav käitlusviisi valik. Arvestatakse sellega, et settekäitlus kuulub lahutamatult reovee puhastamise juurde

ja seda ei tohi ignoreerida. Väikepuhastites eelistatakse mitme peale lahendatud settekäitlust, suurtel puhastitel tuleb setet käidelda kohapeal. Mitte ükski tehnoloogiline lahendus ei tööta iseenesest ning korrektse settekäitluse tagab hooldusspersonali asjatundlikkus.

Komplekssus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0		Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Settekäitlus mitme puhasti peale		1	Jah – 1p; Ei – 0p
Sette kompostimine		4	Kui reaktorkompostimine, siis 1p, varju all, 0,75p, avatud väljakul 0,5p. Muu 0p.
Kompostimisseadmed		4	Kui reaktorkompostimine, siis 1p. Iseliikuv aunpöörel, ja järelveetav aunapöörel annavad 0,5p. Ülejäänud 0p.
Biogaasiseadmed		4	Jah – 1p; Ei – 0p
Mõõteriistad		1	Jah – 1p; Ei – 0p
Stabiliseerimine aasta läbi		4	Jah – 1p; Ei – 0p

Toimivuse hindamisel on kriteeriumiteks see, kas valitud lahendust saab kasutada ja kas seda soovitakse kasutada. Ilmastiku tõttu tuleb eraldi vaadelda ajutiselt ja püsivalt toimivaid lahendusi.

Tihendamine ja tahendamine

Toimivus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS			Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus teisendatakse 10p skaalale.
Settepealne vesi		2	Tihendusseade on olemas ja eesmärgipäraselt kasutusel. Settepealne vesi on settevaba. Jah – 1p, ei 0p.
Tahendusseadme toimivus		2	Tahendusseade on olemas ja eesmärgipäraselt kasutusel. Kuivainesisaldus saadakse 15 – 25 %. Jah – 1p, ei 0p.
Õhustamise kasutamine		1	Jah – 1p; Ei – 0p
Settetihendi on eesmärgipärases kasutamises		2	Kui settetihendi ei ole eesmärgipärases kasutuses, siis 0p.
Kas flokulandi kogust reguleeritakse		2	Kui flokulandi kogust ei reguleerita, siis 0p.

Stabiliseerimine

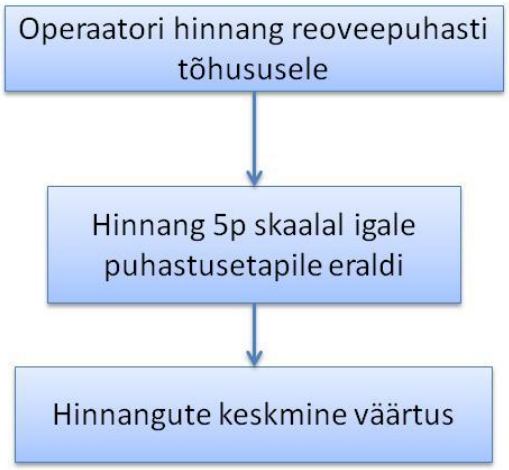
Toimivus kumulatiivselt	**Punkte**	**KAAL**	**Seletus**
10 PALLI SKAALAS	0...10	24	Hinne moodustub põhimõttel, et antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse. Saadud tulemus

			teisendatakse 10p skaalale.
		5	Biogaasireaktor on olemas ja kasutusel projektikohase koormusega. Biogaas kasutatakse ära. Jah – 1p, ei 0p.
		5	Sette stabiliseerimise tulemus on tõhus, sihipärane ja selle saavutamist ka mõõdetakse. Jah – 1p, ei 0p.
		5	Komposti valmistamise seadmed on olemas ja sihipäraselt kasutusel. Komposti segatakse regulaarselt. Jah – 1p, ei 0p.
		1	Tugimaterjali varutakse aegsasti ja hoitakse läbi vettimast. Jah – 1p, ei 0p.
		3	Komposti valmimist jälgitakse. Jah – 1p, ei 0p.
		1	Komposti on püütud kasutusele võtta või turustada. Jah – 1p, ei 0p.
		1	Settekäitlust ei ole, kuid selle viimine mõnda teise puhastisse ja selle käitlemine seal on hästi korraldatud. Jah – 1p, ei 0p.
		1	Komposti või biogaasireaktorit hooldav personal on läbinud koolituse. Jah – 1p, ei 0p.

3. Operaatori hinnang reoveepuhasti tõhususele

Reoveepuhasti operaator on käesoleva uuringu raames defineeritud kui isik (vee-ettevõtte töötaja, juriidiline isik vm), kes võtab vastu ning viib ellu reoveepuhastusprotsessi juhtimist puudutavad otsused. Reoveepuhasti operaator vastutab reoveepuhastusprotsessi igapäevase tõrgeteta ja kvaliteetse toimimise eest.

Eeldusel, et operaatori hinnang on subjektiivne ning sõltub suuresti operaatori suhtumisest kõnealusesse puhastisse konkreetsel ajahetkel, on operaatoritele antud võimalus hinnata oma tehnoloogiliste etappide toimivust 5p skaalal (Vt Tabel 1).



Joonis 4:Operaatori hinnang reoveepuhasti tõhususele

Operaatori üldhinnangu saamiseks võetakse operaatori hinnangutest erinevatele puhastusetappidele keskväärtus.

Tabel 7: Tehnoloogiliste etappide hinnangute seletused.

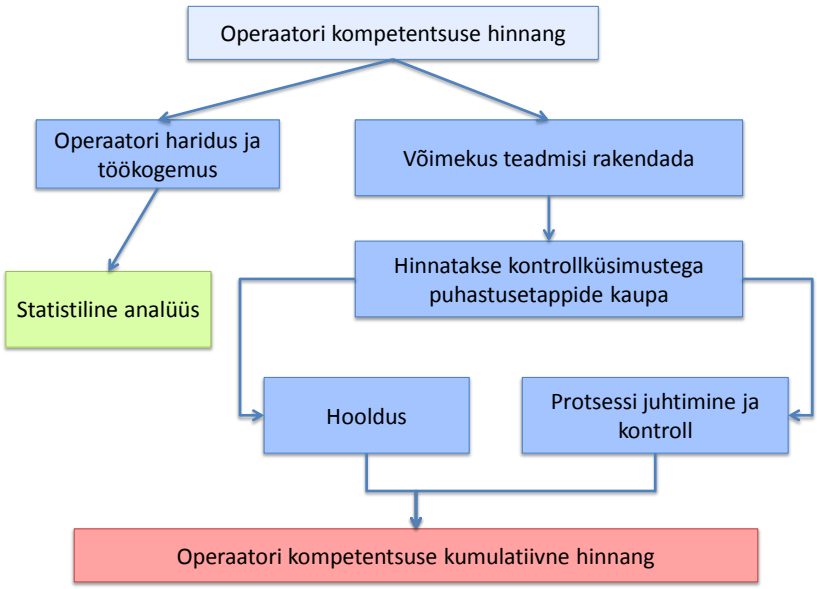
Hinnang	Seletus	Kirjeldus
5	Väga hea	Toimib tõrgeteta ning oluliste lisapingutustega
4	Hea	Toimib tõrgeteta, selleks tarvis lisapingutusi
3	Rahuldav	Toimib tõrgetega, mida on võimalik oluliste lisapingutusteta kõrvaldada,
2	Halb	Toimib tõrgetega, mille kõrvaldamine nõuab olulisi lisapingutusi
1	Väga halb	Toimib tõrgetega, mille eemaldamine ei ole võimalik või ei toimi

4. Operaatori kompetentsuse hindamine

Reoveepuhasti operaator on käesoleva uuringu raames defineeritud kui isik (vee-ettevõtte töötaja, juriidiline isik vm), kes võtab vastu ning viib ellu reoveepuhastusprotsessi juhtimist puudutavad otsused. Reoveepuhasti operaator vastutab reoveepuhastusprotsessi igapäevase tõrgeteta ja kvaliteetse toimimise eest.

Operaatori kompetentsus ja sellest tulenevad otsused puhasti opereerimisel on puhasti toimimise seisukohalt ühed kõige olulisemad faktorid. Operaatori otsused ja puhasti korrashoid mõjutavad nii otseselt puhasti väljavoolu ning settekäitluse seadusele vastavust, kui ka kaudselt kõigi reoveepuhasti seadmete eluiga, protsessi toimimise stabiilsust ja puhastamise maksumust. Sellest tulenevalt käsitletakse küsitluse eraldi osana operaatori kompetentsust.

Käesolevas uuringus küsitletavate puhastite suurused ning kajastatavad osad on väga erinevad ning neid opereerivate spetsialistide pädevuse nõuded on erinevad. Suuremate puhastite puhul on pädevuse nõuded oluliselt kõrgemad ning nende puhul on palju erinevaid protsessi osasid, mida peavad operaatorid tundma. Väikepuhasti operaatorilt ei saa eeldada sama hulga protsessi osade samaväärset tundmist. Sellest tulenevalt on loodud küsimustik, milles esitatakse küsimusi ainult nende portsessi osade kohta, mis on küsitletavas puhastis olemas.



Joonis 5: Operaatori kompetentsuse hindamise skeem

4.1. Hindamise põhimõtted

Reoveepuhasti operaatori kompetentsust ei hinnata otsese teadmiste kontrollküsimustikuga. Eeldusel, et enamus Eesti reoveepuhastite operaatoritest on läbinud Keskkonnaministeeriumi tellitud reoveepuhasti operaatori koolituse, on kõik läbinud reoveepuhasti operaatori pädevust hindava teoreetilise eksami.

Teoreetilistest küsimustest oluliselt parema ülevaate operaatori pädevusest annab tema võimekus koolitustel omandatud teadmisi rakendada. Seetõttu esitatakse käesolevas uuringus küsimused reoveepuhasti operaatori kompetentsuse kohta puhasti eri osasid käsitlevate teiste küsimuste vahel. Küsimused kajastavad otseselt pädevust (Näiteks: „Kas operaator teab, kuidas kontrollida seadme tööd?“) või kaudsed. Kaudsel teel hindab ekspert, kas mõnda puhasti toimimise jaoks olulist osa on tavapäraselt ja õieti hooldatud. Operaatori pädevuse hindamine viiakse läbi reoveepuhasti paikvaatluse ajal ning operaatori kontrollküsimused on põimitud komplekssuse, toimivuse jm küsimuste vahele.

Puhasti operaatori pädevuse hindamiskriteeriumid on koostatud ainult vastava osa kohta, mis on hinnataval puhastil aktiivselt kasutuses. Sealjuures kõikide puhastite puhul on ühine üldosa ning sissevoolu käsitlev ühine küsimustik. Kui hinnatakse väikepuhastit, milles reovett puhastatakse ainult septiku ja biotiigiga, siis esitatakse operaatorile ainult üldosa, septiku ja biotiigi kohta käivaid kompetentsuse küsimusi. Seega operaatori kompetentsuse hindamiseks küsitluse jooksul esitatavate küsimuste arv muutub, kuid on minimaalselt suurem kui 10.

Kuna küsimuste olulisus ja mõju protsessi toimimisele on erinev, kasutatakse ka küsimuste puhul erinevaid kaale. Näiteks on aktiivmudapuhasti põhiprotsessi küsimus hapniku reguleerimise kohta olulisem kui võre toimimise kohta.

4.2. Hindamiskriteeriumid

Alljärgnevas tabelis (Tabel 8) on toodud üldised küsimused puhasti operaatorile, mis iseloomustavad puhasti operaatori kogemust, kuid ei ole seotud käsitletava puhasti opereerimisega. Järgnevaid küsimusi ei arvestata puhasti kumulatiivse hinde moodustamisel.

Tabel 8: Operaatori haridus ja töökogemus

Küsimus	Seletus
Operaatori haridus	Põhiharidus; erialane keskharidus; keskharidus; erialane kõrgharidus; kõrgharidus.
Kas operaator on läbinud täiendkoolitust?	KeM koolitus 2 nädalat; Muu täiendkoolitus (min 1 nädal); Koolituspäevad (1-5 päeva); Ei ole osalenud
Kui kaua on operaator olnud vastutav puhastite opereerimise eest?	Aastates
Kas operaatoril on kogemust mitme erineva puhasti opereerimisel?	Mitut puhastit on operaator kogu oma tööstaaži jooksul opereerinud?

Operaatori kompetentsuse hinnang 10-palli skaalas moodustub vastavalt peatükis 1.1 esitatud põhimõtetele. Hinnatavad pädevusküsimused koos küsimuste, vastusevariantide ning kaaludega esitatakse lõpparuandes. Tabel 9 on toodud näitena mõningad parameetrid, millest lähtuvalt operaatori kompetentsust hinnatakse.

Tabel 9: Mõningad küsimused, mille järgi operaatori kompetentsust hinnatakse (lämmastikuärastus)

Operaatori kompetentsus	Punkte	KAAL	Seletus

kumulatiivselt			
10 PALLI SKAALAS	0		Hinne moodustub põhimõttel, et toimivusele antud punktid korrutatakse teguriga KAAL läbi ning summeeritakse.
Kuidas seadistad ringlust aeroobse ja anoksilise mahuti vahel?		1	Kui reguleerib vooluhulga või lämmastiku kontsentratsiooni alusel saab 1p, ei 0p.
Kas operaator kasutab erimeetmeid talvise lämmastikuärastuse tagamiseks?		1	Mudavanuse suurendamine, Aeratatsioonikambri osakaalu suurendamine, jne. Jah 1p, ei 0p.