

Heitvee puhastamine

Isepuhastumine veekogudes. Veekogudes muutuvad reoained järk-järgult kahjutuks või kaovad organismide elutegevuse ning füüsikaliste ja keemiliste protsesside mõjul. Bakterid ja seened lagundavad orgaanilisi aineid, bakterid redutseerivad nitraadid gaasiliseks lämmastikuks (denitrifikatsioon), taimed omastavad biogeene veest, selgrootud (ja osa kalu) toituvad vetikatest, selgrootuid tarbivad toiduks kalad. Osa reoaineid kaob veekogust edasikandumise ja põhjasetteisse ladestumise tagajärjel.

Eeldused selleks, et isepuhastumine bioloogilisel teel toimuks: 1) mitmekesine ja tasakaalus kooslus

2) reoainete juurdevool ei tohi ületada ökosüsteemi taluvust

Veekogude peamiseks saasteainete allikaks on olmeheitveed. Juhul, kui olmeheitveed ei sisalda veeorganismidele toksilisi ühendeid, toimub isepuhastumine kiiremini. Lisaks toksilisusele võib heitvesi muuta vee keemilisi omadusi ja gaasirežiimi veekogus. Orgaanilise aine lagundamisel kulutatakse hapnikku, mille tulemusena võib tekkida hapniku defitsiit. Hapniku madal kontsentratsioon põhjustab osade aeroobsete veeorganismide (n. kalade, vähilaadsete) surma. Orgaanilise aine lagundamisega kaasneb veel metaani CH₄, väävelvesiniku H₂S ja CO₂ kontsentratsiooni tõus vees, mis mõjub toksiliselt veeorganismidele. Lämmastiku ja fosfori lisandumisel veekogudesse nende elementide kontsentratsioon vees suureneb ja toitained akumuleeruvad veekogus. Sellist protsessi nimetatakse **eutrofeerumiseks**.

Heitveega saastunud veekogude põhjas võib esineda reoveeseen- paljudest liikidest koosnev mikroobikooslus (bakterid: *Sphaerotilus natas*, *Zooglea sp.*, *Beggiatoa alba*, *Flavobacterium sp.*, seened: *Geotrichum candidum*, *Leptomitius lacteus*; algloomad, vetikad).

Heitvee koostis ja puhastamise eesmärk

Heitvee puhastamise eesmärgiks on 1) heitvee orgaanilise aine sisalduse vähendamine 2) fosfori ja lämmastiku koguse vähendamine heitvees 3) haigusttekitavate mikroobide hävitamine või inaktivatsioon

Puhastamist vajav heitvesi võib olla pärit tööstusest või majapidamisest, sellest tulenevalt on erinev heitvee koostis. Mürgiseid ühendeid ei sisalda toiduainete tööstuse ja olmeheitveed. Mürgised ühendeid sisaldavat heitvett toodavad söe-(fenoolid, tsüaniid, ammonium), naftakeemia, farmaatsia ja galvaanikatööstus.

Olemeheitvesi koosneb inimeste ja loomade ekskreetidest ning hallist heitveest (pesuvesi). Iga inimese kohta tuleb päevas 15-20 g BHT₅. Olmeheitvesi koosneb valkudest (40%-60%), süsivesikuist (25%-50%), rasvadest ja õlidest (10%), karbamiidist. Lisaks sellele sisaldab heitvesi veel pestitsiide, pindaktiivseid aineid, fenoolseid ühendeid. Enamus olmeheitvees sisalduvast orgaanilisest ainest on kergesti bioloogiliselt lagundatav. Orgaaniline aine on olmeheitvees kahes vormis: lahustunud orgaaniline aine ja osakeste kujul. C: N: P suhe 100: 5: 1.

Bioloogiline hapnikutarve (BHT) on hapniku

Reoveeseen

Bakterid	<i>Sphaerotilus natas</i> , <i>Zooglea sp.</i> , <i>Beggiatoa alba</i> , <i>Flavobacterium sp.</i>
Seened	<i>Geotrichum candidum</i> , <i>Leptomitius lacteus</i>
Algloomad	<i>Colpidium</i> , <i>Chilodonella</i> , <i>Paramecium</i> , <i>Uronema</i>
Vetikad	<i>Stigeoclonium tenue</i> , <i>Navicula spp.</i> , <i>Fragilaria spp.</i> , <i>Synedra spp.</i>

Kommunaalheitvee koostis (Metcalf & Eddy, Inc., 1991).

	Kontsentratsioon mg/l
Hõljuv aine	100-350
BHT	110-400
Orgaaniline süsinik	200
KHT	250-1000
Lämmastik	20-85
Org. lämmastik	8-35
Fosfor	4-15
Org. fosfor	3

Mikroorganismid puhastamata heitvees

Organism	Organismi liitris
Coli-laadsed bakterid	100 miljon – 1 miljard
Fekaalsed coli-laadsed bakterid	10 miljon – 100 miljon
<i>Salmonella</i>	1 miljon - 10 miljon
<i>Shigella</i>	10 – 10,000
Enteroviirused	10,000 – 100,000
Rotaviirused	100 – 100,000
<i>Giardia</i>	100 – 100,000
<i>Cryptosporidium</i>	100 – 10,000
<i>Ascaris</i>	10 – 10,000

kogus, mis kulutatakse mikroorganismide poolt biokeemilisel orgaanilise aine oksüdeerimisel ja anorgaaniliste ühendite oksüdeerimisel 20 °C juures viie või seitsme päeva jooksul.

org. aine $\xrightarrow{O_2}$ CO₂ + H₂O + NH₄ + bakterite biomass

bakterite biomass $\xrightarrow{O_2}$ algloomade biomass + CO₂

Keemiline hapnikutarve (KHT) on hapniku kogus, mis on vajalik orgaanilise aine oksüdeerimiseks CO₂-ks ja veeks.

Üldine orgaaniline süsinik = kogu vees olev orgaaniline süsinik.

Heitvee puhastamise meetodid

Heitvee puhastamise meetodid jagunevad füüsikalisteks (settimine, filtreerimine, flotatsioon), keemilisteks (desinfitseerimine, adsorptsioon, sadestamine) ja bioloogilisteks ((mikro)-organismide vahendusel).

Heitvee puhastamine koosneb 4 põhilisest etapist: 1) eeltötlus - rämpsu eemaldamine veest 2) esimene etapp: füüsikalised protsessid- skriining ja settimine 3) teine etapp: bioloogiline käitlus- aktiivmuda, nõrgfiltrid, puhastustiik ja keemilised meetodid- desinfitseerimine 4) järelpuhastus: kasutatakse erinevate heitvee puhastamise meetodeid.

Eeltötluse ja esimese etapi tulemusena võib eemalduda veest 70-80% BHT-na mõõdetud orgaanilisest ainest, tavalise kommunaalheitvee puhul on see 30-40%. Kahe esimese etapi (füüsikaline+bioloogiline) tulemusena väheneb BHT 80-90%.

Aktiivmudal põhinev heitvee puhastamine

Aktiivmudal põhinev heitvee puhastamine koosneb järgnevatest etappidest:

Aeratsioonimahuti - heitvesi segatakse aktiivmudaga ja segu aereeritakse mehaaniliselt. Oluline on suure osa mikroobse biomassi ringlemine süsteemis, mis aitab säilitada mikroorganisme, kes on kohastunud orgaanilise aine kiireks lagundamiseks. Heitvesi viibib aeratsioonitankis 4-8 tundi. Selle aja jooksul heterotroofsed bakterid tarbivad heitveest lahustunud orgaanilise aine (osa org. ainest mineraliseeritakse, osa konverteeritakse mikroobide biomassiks). Aereerimise ülesandeks on varustada baktereid hapnikuga ja segada aktiivmuda heitveega.

Sedimentatsioonimahuti- siin aktiivmuda settib, osa settinud aktiivmudast läheb tagasi aeratsioonimahutisse, ülejäänu eemaldatakse süsteemist.

Tavaliselt on aktiivmuda vanus 5 kuni 15 päeva, suvel lühem ja talvel pikem.

Aktiivmudaprotsessi modifikatsioonid:

1) aeratsiooni aeg võib olla pikem - 30 tundi ja aktiivmuda vanus rohkem kui 15 päeva, sel juhul ei ole vaja heitvett eelnevalt filtreerida ja süsteem vajab vähem aereerimist. Sobilik väikestele asulatele.

2) oksüdatsioonikanalid - ovaalsed ringkanalid, mida aereeritakse pöörlevate rootoritega

Aktiivmuda bioloogia. Aktiivmudal põhineva protsessil on 2 eesmärki- orgaanilise aine oksüdatsioon ja flokulatsioon (tekkinud biomassi eraldamine puhastatud heitveest). Aktiivmuda helbed koosnevad bakterirakkudest ning anorgaanilistest ja orgaanilistest osakestest (eksopolüsahhariidid, heteropolüsahhariidid molekulmassiga >10000), osakeste suurus on 1-1000 µm. Suurte aktiivmuda helveste sisemuses on hapniku kontsentratsioon madal ja see on elupaigaks anaeroobsetele bakteritele. Lisaks bakteritele leidub aktiivmudas veel algloomi (ripsloomad, viburloomad, amööbid). Aktiivmudas leiduvad bakterid: *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Flavobacterium*, *Zooglea*, *Sphaerotilus*. Veel on leitud akt. mudas nitrifitseerivaid baktereid (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter*). Seente arv on väike. Kokku on leitud üle 300 eri bakteri liigi. Aktiivmuda osakeste baktereid iseloomustab kiire kasv ja

Bakterite üldarv (BÜA) ja kolooniad moodustavate bakterite arv (CFU) heitvee käitlemise erinevatel etappidel (Pike & Curds, 1971).

Etapp	BÜA/ml	CFU/ml
Setitatud heitvesi	6.8*10 ⁸	1.4*10 ⁷
Aeratsiooni- mahuti	6.6*10 ⁸	5.6*10 ⁷
Filtri limas	6.2*10 ¹⁰	1.5*10 ⁹
Väljavool aer. mahutist	5.2*10 ⁷	5.7*10 ⁵
Järeltötlus	3.4*10 ⁷	4.1*10 ⁴

suur metaboolne aktiivsus. Kõige arvukamalt esineb baktereid hõimkondadest β -, α - and γ - *Proteobacteria*, *Bacteroidetes* ja *Actinobacteria*. Aktiivmuda osakestele on iseloomulik niitjate bakterite olemasolu, kuid kui niitjate bakterite arvukus suureneb üle teatud piiri, siis tekivad probleemid heitvee puhastamisel (aktiivmuda ei setti enam, tekib vaht). Ammoniaaki oksüdeerivate bakterite liigiline mitmekesisus on aktiivmudas suur; peamised nitriti oksüdeerijad on *Nitrospira*-sarnased bakterid, keda ei ole seni suudetud kultiveerida. Aktiivmuda vanus on 5 kuni 15 päeva (aeg, mis mikroobid viibivad puhastis). Aktiivmuda mõjutavad järgmised tegurid: heitvee orgaanilise aine sisaldus, hapniku kontsentratsioon (opt. 0.5-0.7 mg/l).

Tõvestavad mikroobid. Tõvestavate mikroobide arv väheneb aktiivmuda protsessi käigus. Selle põhjuseks arvatakse olevat konkurents, adsorptsioon, ärasöömine vibur- ja keriloomade ning *Bdellovibrio* poolt ja settimine. *Salmonella*, *Shigella* ja *E. coli* arv väheneb 90-99% akt.muda protsessi käigus. Sarnaselt väheneb enteroviiruste arv, peamiselt adsorptsiooni tõttu akt. muda osakestele.

Aktiivmuda protsessi kineetika. Tegemist on läbivoolureaktorit meenutava süsteemiga. Oluline parameeter on toidu ja mikroorganismide biomassi suhe (F/M): heitvee org. aine (BHT) kogus kilogrammi aktiivmuda kohta aeratsioonimahutis ööpäevas. Tavaliselt F/M on 0.2-0.5 kg BHT₅/päevas/kg akt. muda.

Biokile

Biokile - mikroorganismid on kinnitunud kõvale pinnale. Pinnaks võib olla kruus, kivid, plastik, liiv ja aktiivsüsi. Tüüpilised mikroobid - bakterid: *Zooglea*, *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Streptomyces*, *Nocardia*, *Sphaerotilus*, *Beggiatoa*, *Desulfovibrio*; seened, vetikad, algloomad ja nematoodid. Biokilel põhineva heitvee puhastamise eelised on: biokile võimaldab aeglase kasvuga mikroorganismide arengut, on vähem tundlik muutuvale heitvee kogusele ja sobib väikeste puhastite ehitamiseks. Biokilel printsiibil töötavad nõrgfiltrid, pöörlevad filtrid ja sukeldatud filtrid. Oluline on biokilel puhul suur kinnituspind ja hea aereeritus. Retsirkulatsioon- osa puhastud veest suunatakse tagasi filtrisse, see suurendab puhastus-protsessi efektiivsust.

Heitvee puhastamise kolmas etapp.

Heitvee puhastamise kolmanda etapi eesmärgiks on bioloogiliselt mitte-lagunevate ühendite ja lämmastiku ning fosfori mineraalsete vormide eemaldamine veest. Peamiselt kasutatakse keemilisi meetodeid (fosfori settimine kaltsiumi- ja rauasooladena, ammoniaagi lendumine kõrge pH juures).

Bioloogiline mineraalse lämmastiku eemaldamine:

nitriifikatsioon ja sellele järgnev denitriifikatsioon - akt. muda protsessist tulnud vett aereeritakse, toimub ammoniaagi nitriifikatsioon, seejärel lisatakse substraat ja anaeroobsetes tingimustes toimub denitriifikatsioon.

Bioloogiline fosfori eemaldamine: Protsess põhineb järgmisel skeemil. Anaeroobsetes tingimustes koguvad bakterid endasse rasvhappeid, mida säilitatakse polü- β -hüdrosübutüraadina. Fosfaadid kogunevad vette. Aeroobsetes tingimustes hakkavad bakterid oksüdeerima rasvhappeid, fosfaate transporditakse raku rohkem kui metabolismis vaja ja fosfori ülejääk säilitatakse rakus polüfosfaadina. Varem arvati, et seda protsessi viivad läbi bakterid *Acinetobacter-Moraxella-Mima* rühmast. Tegelikult kuuluvad polüfosfaate akumulatsioon bakterid β -*Proteobacteria* hõimkonna *Rhodocyclus*

Linna süsteemide kaudu kogutud heit- ja sademetevesi kogutakse tunnelkollektorite kaudu heitvee peapumplasse, kus toimub esmane mehaaniline puhastus. Peapumplast suunatakse heit- ja sademetevesi heitveepuhastusjaama, kus võrehoones eemaldavad mehaanilised rehad suuremad jäätmed. Peale eelpuhastust eemaldatakse liivapüüdjates liiv. Eelselgitites settib heitveest välja muda, mis pumbatakse segatud muda lattu. Heitvee bioloogiline puhastus toimub aerotankides. Järetselgitis eraldatakse aktiivmuda ja pumbatakse see tagasi aerotanki. Segatud muda soojendatakse ja pumbatakse metaantankidesse, kus muda kääritamisel tekib biogaas, mis kogutakse gaasihoidlasse. Kääritatud muda kuivatatakse tsentrifuugide ja lintpressidega. Stabiliseeritud ning kuivatatud muda segatakse turbaga ning komposteeritakse.

Allikas: Tallinna Vesi AS, <http://www.tallinnavesi.ee/>

perekonda (*Candidatus Accumulibacter phosphatis*), seni ei ole suudetud neid kultiveerida.

Desinfektsioon

Viimane etapp heitvee puhastamisel, mille käigus hävitatakse heitvee töötlemise käigu mitte eemaldatud tõvestavad mikroobid. Kasutatakse kloori (Cl_2) ja hüpokloriidi ($\text{Ca}(\text{OCI})_2$ või NaOCI), osooni, ultraviolettkiirgust.

Muda anaeroobne käitlemine

Heitvee bioloogilisel puhastamisel tekib aktiivmuda ja mehaanilisel puhastamisel muda. Üks võimalusi (aktiivmuda) töödelda on kasutada anaeroobset protsessi. Esmalt muda tihendatakse kas settimise või tsentrifuugimise teel. Anaeroobne orgaanilise aine lagundamine toimub mikroorganismide vahendusel. Protsessi skeem: tahke orgaaniline aine solubiliseeritakse (lahustatakse vees) mikroorganismide rakuväliste ensüümide vahendusel, lahustunud orgaanilisest ainest tekivad hapnikuvabas keskkonnas orgaanilised happed, orgaanilistest hapetest saadakse metanogeensete bakterite vahendusel metaan CH_4 . Anaeroobne käitlemine viiakse läbi seadeldistes, mida nimetatakse metaantankiks. Metaantanki temperatuur hoitakse tavaliselt 32-38 °C, pH 6.8. Protsessi kestus 14-30 päeva. Anaeroobse käitlemise tulemusena väheneb aktiivmuda orgaanilise aine sisaldus 50-60 %. Pärast anaeroobset töötlemist aktiivmuda kas 1) kuivatatakse ja kasutatakse väetisena 2) ladustatakse 3) põletatakse.

Mikroorganismide arvu vähenemine erinevatel jääkmuda töötlemismeetoditel

Meetod	Vähenevamine (%)		
	Bakterid	Viirused	Parasiidid
Anaeroobne käitlemine	99 – 99.9	99	<10
Aeroobne käitlemine	99 – 99.9	99	<10
Komposteerimine	99.9 – 99.99	99.9 – 99.99	99.9 – 99.99
Kuivatamine	99.9 – 99.99	99 – 99.99	99 – 99.99
Lubjaga stabiliseerimine	99.9 – 99.99	99.99	<10

Ökotehnoloogia – looduslähedased heitvee puhastid

Heitvee puhastamisel tuleb silmas pidada järgmisi eesmärke: 1) heitvee puhastamisel peab vesi saavutama hügieeninõuetele vastava puhtuse so. tõvestavate mikroorganismide arv peab vähenema nõutava tasemini 2) orgaanilise aine, lämmastiku ja fosfori kogus peab vähenema lubatud piirini 3) puhastamine peab olema majanduslikult efektiivne 4) puhastamisel tekkivate jäätmete kogus on minimaalne ja osa orgaanilisest ainest läheb tagasi aineringsesse.

Heitvee puhastusseadmed võib klassifitseerida lähtuvalt neis kasutatavast tehnoloogiast ja seadme suurusest. Rakendada võib mehaanilisi, keemilisi ja bioloogilisi tehnoloogiaid keerulistes insenerirajatistes või kasutada ökotehnoloogial põhinevaid süsteeme, milles 'jälgendatakse' looduslike protsesse looduslikele lähedastes süsteemides. Ökotehnoloogiat iseloomustavad järgmised tunnused: 1) orgaanilise aine ja biogeenide ringlemine (korduvkasutamine) 2) rajatud objekti ehitamise ja töötamise minimaalne mõju keskkonnale 3) kasutatakse ökosüsteemide isepuhastumisvõimet 4) kasutatakse taastuvat energiat 5) objekt sobib maastikku. Ökotehnoloogilised heitvee puhastusseadmed võib jaotada kolme rühma: 1) pinnassüsteemid - heitvett kasutatakse põldude niisutamiseks 2) tehismärgalad, mis omakorda jagunevad vabavee- ja pinnaveesüsteemideks 3) vesi-taim süsteemid

Taimestik-pinnasfilter (pinnaveesüsteem)

Taimestik-pinnasfilter (tehismärgala, lodupuhasti) on süsteem, mis koosneb taimedest, pinnasest ja torustikust. Selles süsteemi puhastusefekt põhineb voolava vee isepuhastumispotentsiaalil ja pinnase filtreerival toimel.

Taimestik-pinnasfiltri komponendid: 1) pealmine osa on liiv ja kruus; siin toimub orgaanilise aine aeroobne lagundamine 2) alumine osa on pinnas (enamasti ehitusobjektidelt), mis on vees; siin toimub orgaanilise aine anaeroobne lagundamine ja denitrifikatsioon. Filtri sügavus on ca 1m ja alt on süvend vooderdatud plastikkilega või saviga. Filtri peale istutatakse taimed (kõrkjas, luga, pilliroog). Taimed soodustavad juurte vahendusel mikroorganismide kasvu pinnases. Ühe inimese kohta on vaja 4-5 m² filtri pinda.

Tööprintsip. Mehaaniliselt puhastatud heitvesi pumbatakse taimestik-pinnasfiltri pindmisesse kihti (vertikaalne süsteem). Heitvesi, liikudes läbi filtri kahe kihi, puhastub

bioloogiliselt (orgaanilise aine lagundamine, ammonifikatsioon, nitrifikatsioon, denitrifikatsioon), keemiliselt (fosfori sidumine) ja füüsikaliselt (tavaline filtreerumine). Puhastatud vesi koguneb filtri all olevasse drenaaži ja juhatakse sealt looduslikku veekogusse. Teise variandi (horisontaalne süsteem) puhul siseneb heitvesi filtrisse ühest otsast ja puhastatud vesi väljub teisest servast.

Lodupuhastite mikroobikooslusi on väga vähe uuritud. Arvatakse, et olulised näitajad heitvee puhastamise efektiivsuse seisukohast võiksid olla mikroobide biomass ja aktiivsus, samuti erinevate ensüümide aktiivsused (proteasaasid, tsellulaasid).

Tehismärgalad heitvee puhastamiseks

Tehismärgalad (*constructed wetlands*) on kunstlikud reoveekäitlemise süsteemid, mis koosnevad madalatest (tavaliselt < 1 m sügavus) tiikidest või kanalitest ning mis on mõeldud reovee eel- või järelkäitluseks. Selliste kunstlike süsteemide reovee käitlemine põhineb looduslikel mikroobsetel, bioloogilistel, füüsikalistel ja keemilistel protsessidel. Tavaliselt koosnevad need süsteemid vettpidavast savikihist või mõnest muust sünteetilisest materjalist alusest, filtermaterjali kihist ning seadmetest, mis reguleerivad vee voolu suunda, viibeaega ja veetaset. Sõltuvalt süsteemist on vettpidava kanga peale filtermaterjaliks pandud kivid, kruus või liiv.

Kogu maailmas on suurenenud tehismärgalade kasutamine reovee puhastamisel. Tehismärgalad on odav ehitada ning lisaks reovee puhastamisele omab ta teisigi funktsioone: kirjanduses on nendeks märgitud elupaikade mitmekesistamine, bioloogilise mitmekesisuse suurendamine, esteetiline väärtus, biomassi tootmine ehitusmaterjali ja energeetilise toorainena. Tehismärgalad on kasutatavad väga erineva kliimaga piirkondades.

Tehismärgalad on mõeldud eelkõige olmereovee käitlemiseks, kuid neid on kasutatud ka linnavee äravoolude, tööstuslike, põllumajanduslike ja isegi kaevandusvete puhastamiseks. Märgalad saab kasutada nii iseseisva puhastina kui ka konventsionaalse puhasti eel- või järelpuhastina.

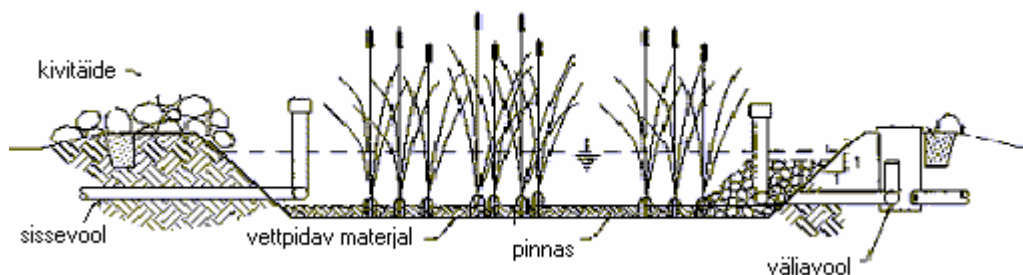
Tehismärgalade erinevad tüübid

Tehismärgalad liigitatakse kirjanduses järgnevalt:

Vabaveelised (surface flow e. SF märgalad)

Taimestik-pinnasfiltrid (subsurface flow e. SSF märgalad).

Vabaveelise märgala (SF) võib kirjeldada kui tiiki, kus kasvavad veetaimed (ka makrofüüdid):

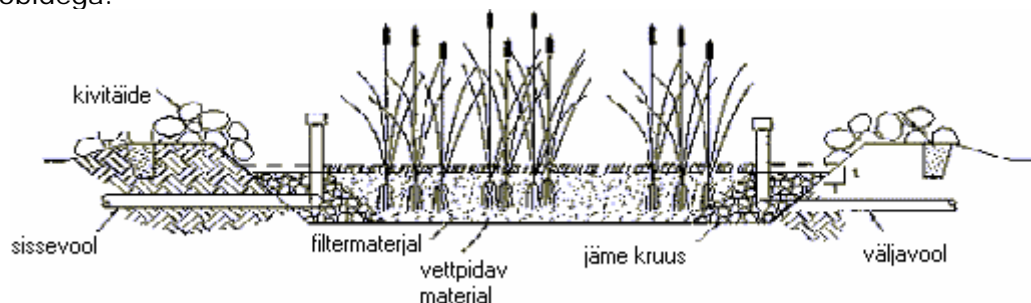


Joonis 1.

Vabaveelise märgala skeem.

Vabaveelisel märgalal puudub filtermaterjal. Reovesi voolab maapinnal, kuhu on tihedamalt või hõredamalt istutatud veetaimi. Veetase on reguleeritav ning vee sügavus jääb tavaliselt alla 40 cm. Veetaimede lehed ja varred on kinnitumissubstraadiks mikroobidele, mis on oluline vee kvaliteedi parandamise seisukohal.

Taimestik-pinnasfiltrid (SSF) on tavaliselt alla 0.6 m sügavused vannid, mis on täidetud filtermaterjaliga, mis on kasvusubstraadiks juurtega veetaimedele. Taimejuurteil on siinkohal tähtis roll olles mikroobidele soodsaks kinnitumissubstraadiks ning parandades pinnase aeratsiooni. Reovesi voolab pinnases gravitatsiooni jõul läbi filtermaterjali, puutudes kokku filtermaterjalile või taimejuurtele kinnitunud mikroobidega:



Joonis 2. Taimestik-pinnasfiltri skeem.

Taimestik-pinnasfiltrid klassifitseeritakse omakorda sissetuleva reovee liikumise järgi filtermaterjalis horisontaalse vooluga ja vertikaalse vooluga pinnasfiltriteks.

Taimestik-pinnasfiltri tööpõhimõte

Taimestik-pinnasfilter puhastab reovett järgmise skeemi alusel: reovesi, mis on eelnevalt mehaaniliselt puhastatud, siseneb pinnasfiltrisse ühest otsast. Seejärel valgub reovesi horisontaalselt läbi pinnasfiltri, puutudes kokku filtri ja taimejuurte pinnal kasvava reovett puhastava mikroobikooslusega. Filtri läbinud vesi kogutakse kokku filtri põhjas asuva toru abil ning suunatakse filtri teisest otsast välja. Taimestik-pinnasfiltri tööpõhimõte seisneb reovee puhastumises bioloogiliste, keemiliste ja füüsikaliste protsesside tulemusel reovee filtreerumisel läbi pinnase. Erinevad uurimused on näidanud taimestik-pinnasfiltrite eriti head sobivust reoveest tahke ja lahustunud orgaanilise aine, lämmastiku ja fosfori eemaldamiseks.

Taimestik-pinnasfiltrites eemaldatakse reoveest lämmastik taimede ja mikroobide poolt assimileerimisega, nitrifikatsiooniga/denitrifikatsiooniga, lendumisega, ionvahetusega. Nendest olulisemad on nitrifikatsioon ja denitrifikatsioon.

Efektiivsus. Taimestik-pinnasfiltrid puhastavad heitvett hästi hõljuvast ja lahustunud orgaanilisest ainest, samuti tõestavatest mikroobidest. Lämmastiku ja eriti fosfori eemaldamise efektiivsus heitveest varieerub sõltuvalt materjalidest, millest filter koosneb, ja ajast, mis heitvesi filtris viibib. Samuti on oluline heitvee temperatuur.

Taimestik-pinnasfiltrid saavutavad optimaalse puhastusefekti ca 5 aasta möödumisel rajamise hetkest.

Kunstlike märgalade plussid:

1. Ehitamine ja eriti eksploatatsioon on suhteliselt odav
2. Heitvee puhastus on efektiivne ja stabiilne
3. Taluvad nii suuri kui ka väikesi heitvee koguseid, samuti fluktuerivaid saasteainete koguseid
4. On esteetilised

Kunstlike märgalade miinused:

1. Sõltuvalt planeeringust võivad vajada suurt maaala võrreldes tavaliste puhastusseadmetega
2. Konstrueerimise ja eksploatatsiooni kriteeriumid ei ole veel eriti täpsed
3. Bioloogiliste ja hüdroloogiliste protsesside kulgemise seaduspärasused ei ole veel hästi teada

Vt lisaks Keskkonnasäästlikud reoveepuhastid <http://www.zbi.ee/life/>

Kaevandusvee puhastamine

Kaevandusvee puhastamise odavaim viis on kasutada passiivseid puhastussüsteeme, mis põhinevad aeroobsetel ja anaeroobsetel mikrobioloogilistel protsessidel. Kaevandusvee tekkeprotsessi kohta vaata lisa väävliringe loengust.

1. variant. Võimalik on kasutada kaevandusvee puhastamiseks järjestikku aeroobset ja anaeroobset töötlust. Selline süsteem koosneb üksteisele järgnevates madalatest tiikidest ja ühest-kahest pinnavoolulisest märgalast, millede ehitamisel on kasutatud sobivaid orgaanilisi materjale (näiteks saepuru, õled, sõnnik). Sellise süsteemi tööiga on 20-40 aastat. Vee puhastumisel eemaldatakse sellest ca 50% sulfaate, 80% rauast, 90% BHT-st ning fenoolid ja õliproduktid 90-95%. Võimaliku tekkiva jääkmuda kogus on väga väike, seda võib kas kompostida ja kasutada uuesti puhastis või kasutada kaevanduste rekultiveerimisel.
2. varinat. Kaevandusvee puhastamine toimub anaeroobses tahke substraadiga reaktoris. Vee omaduste parandamiseks enne reaktoris juhtimist on soovitatav rajada pinnavooluline märgala (pindala alla 1 ha). Reaktorite täidiseks kasutatakse saepuru ja lehmasõnniku segu. Sobivad lisandid on veel näiteks kartulitööstuse jäätmed. Reaktori sulfaatide eemaldamise aktiivust saaks tõsta lisades vette piimatööstuse jääke (vadak). Arvutuslik sulfaatide eemaldamise efektiivsus on ca 50%, see sõltub kaevandusvee reaktsiooni. Suurendades reaktori mahtu või arvu on võimalik suurendada sulfaadi ärastust. Raua, BHT, fenoolide ja õliproduktide eemaldamise efektiivsus on üle 90-95%. Ühe reaktori täidise eluiga on 3 aastat. Eemaldatud täidise võib kompostida või kasutada rekultiveerimisel.
3. varinat. Kaevandusvee puhastamine toimub kombineeritult, kasutades settebasseinis ujuvaid orgaanilise aine matte (näiteks pilliroog, turvas, hakkepuut) ja sellele järgnevat vabaveelist taimestatud märgala. Vt lisaks <http://www.boojumresearch.com>
4. Alternatiivsed variandid. Hysulf™ protsess, mis põhineb molekulaarse vesiniku kasutamisel.

Variante 1 ja 2 on ulatuslikult kasutatud kaevandusvete puhastamiseks Kanadas ja Lääne-Euroopas, eriti Saksamaal.

Käesoleva loengu koostamisel on kasutatud materjale Jaanis Juhansonini bakalaureusetööst "Kodijärve taimestik-pinnasfiltri mikroobikoosluse mitmefaasiline analüüs" (Tartu Ülikool, 2003).