

Opinnäytetyö (AMK)

Energia-ja ympäristötekniikka

2018

Venla Käyhkö

JÄTEVEDEN PUHDISTUSJÄRJESTELMÄN NOPEUTETTU KÄYTTÖÖNOTTO

– suunnitelma bakteerilisen käytöstä
risteilyaluksilla

Venla Käyhkö

JÄTEVEDEN PUHDISTUSJÄRJESTELMÄN NOPEUTETTU KÄYTTÖÖNOTTO

- suunnitelma bakteerilisan käytöstä risteilyaluksilla

Risteilyaluksien jätevedenpuhdistusjärjestelmän käyttöönotto on tuonut haasteita Meyer Turku Oy:lle. Puhdistusprosessin bioreaktorin mikrobikannan kasvuun kuluva aika aiheuttaa kustannuksia telakalle. Tähän toivotaan säästöjä nopeuttamalla mikrobikannan kasvua bakteerilisan avulla. Opinnäytetyössä kuvataan laivojen jätevedenpuhdistusprosessia ja mikrobien merkitystä siinä.

Bakteeriliuoksen käyttöä suunnitellaan pilottiluonteisesti Protect Pipen Biomarine -tuotteella. Opinnäytetyössä kerrotaan Protect Pipen tuotteista ja aikaisemmista käyttökokemuksista. Biomarine-tuotteella voidaan ehkäistä rikkivedyn ja virtsakiven muodostumista, joten sen käyttöä suunnitellaan myös laivan jäteveden keräilyjärjestelmään.

Opinnäytetyössä suunnitellaan, miten bakteerilisan käytön pilotointi suoritetaan Turussa vuonna 2018 valmistuvaan Neue Mein Schiff 1 -alukseen. Pilotointi toteutetaan yhteensä 10 syöttöpisteessä, jotka sijaitsevat eri puolilla jätevedenkäsittelyprosessia. Laivan rakennusprosessin perusteella valittiin sopivat syöttöajankohdat ja liuoksen määrät.

Bakteeriliuoksen käytöllä voidaan mahdollisesti saavuttaa kustannushyötyjä henkilöstö-, kemikaali-, ja lupa-asioihin liittyvissä kustannuksissa. Bakteerilisää voitaisiin käyttää koko laivan kaikissa jäteveden keräilyputkissa ehkäisemään virtsakiven ja rikkihapon muodostumista. Tällöin voitaisiin korvata vahvojen happojen käyttöä ja voitaisiin saavuttaa hyötyjä liittyen ihmisten ja ympäristön terveyteen, sekä turvallisuuteen. Bioreaktorin toimintavarmuutta koko sen käyttöiän ajan voitaisiin tehostaa bakteerilisan avulla. Tämä voisi mahdollistaa varustamon ympäristöystävällisyyteen liittyvän brändiarvon nousua jota voitaisiin hyödyntää markkinoinnissa.

ASIASANAT:

Bakteeriympä, start-up bakteeri, jätevedenpuhdistus, meriteollisuus, käyttöönotto, risteilyalus.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Energy and Environmental Technics

2018 | 40 pages , 2 pages in appendices

Venla Käyhkö

PLANNING OF THE USE OF BACTERIAL ADDITIVE IN WASTE WATER SYSTEMS ON CRUISE SHIPS

The cruise ship building company Meyer Turku Oy has encountered challenges with long commissioning time of waste water purification systems. The problematic part of the process is the bioreactor where wastewater is purified with the help of microbes. The growth of sufficiently large enough bacterial flora takes about 2–3 months. For the shipyard this causes costs about 5000–10 000 euros per week. To overcome these challenges Meyer Turku Oy is going to start the use of start-up bacteria.

The objective of this thesis is to plan a pilot project on Neue Mein Schiff 1 with Biomarine bacterial solution made by Protect Pipe. Feasible dosing locations, amounts and times are contemplated according to debriefing of the purifying process. The relevant factors of the shipbuilding process are also taken into consideration. In the pilot project 2000 liters of bacterial solution will be used in 10 different dosing locations during the spring of 2018. Total cost for this will be about 20 000 euros.

Cost savings in the work force, chemical usage and authorization fees could be achieved with the use of the Biomarine bacteria. It could be used in all of the ships wastewater transfer lines to prevent the harmful forming of the uric scaling and hydrogen sulfide. The bioreactor would be more robust and less vulnerable to changes in the water flows and sudden shocks cost by for example super chlorination. In the end the shipping company and the ship builder could utilize the environmentally friendly aspects in their brand promotion.

KEYWORDS:

Cruise ship industry, waste water purification, start-up bacteria, bacterial additive.

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	7
2 JÄTEVEDENPUHDISTUSPROSESSIN KUVAUS	8
2.1 Risteilyalusten jätevesijakeet	8
2.1.1 Musta vesi	9
2.1.2 Harmaaavesi	11
2.1.3 Ruokajätteestä eroteltu vesi	11
2.1.4 Bioreaktorin liete	12
2.2 Puhdistusprosessi	12
2.3 Mikrobin merkitys jäteveden puhdistuksessa	16
2.3.2 Elinolosuhteiden merkitys bakteerikantaan	18
2.3.3 Bakteeripopulaation kasvaminen	18
3 BAKTEERILISÄ JÄTEVEDENPUHDISTUSJÄRJESTELMISSÄ	21
3.1 Kokemuksia bakteerilisän käytöstä	21
3.2 Protect Pipe	22
3.2.1 Biomarine bakteeriliuoksen käyttö	22
3.2.2 Protect Popen bakteeriliuoksen käyttökokemuksia	24
4 LAIVAN RAKENNUSPROSESSI	25
4.1 Rakenteilla olevan laivan henkilömäärän kehitys	25
4.2 Jätevesijakeiden määrien kehitys	26
4.3 Compliance testaus/soveltuvuustesti	29
5 PILOTIN SUUNNITTELU	32
5.1 Syöttöpisteet	32
5.1.1 Bakteeriliuoksen syöttö mixing-tankkiin	33
5.1.2 Mustan veden keräysjärjestelmä	33
5.1.3 Harmaan veden keräysjärjestelmä	34
5.1.4 Ruokajätteen käsittelyprosessi	35
5.2 Pilotoinnin aikataulu	35
5.3 Kustannukset	36

6 SAAVUTETTAVAT HYÖDYT	39
-------------------------------	-----------

LÄHTEET	41
----------------	-----------

LIITTEET

- Liite 1. MS-laivojen AWP:n massabalanssi.
Liite 2. Pilotoinnin aikajana.

KUVAT

Kuva 1. MS-alusten puhdistusprosessi. (Suvilampi, Mein Schiff - operation manual for awp and wet waste treatment, Rev B 180817).	13
Kuva 2: Kantajakappale.	14
Kuva 3: Jäteveden mikrobien elinkaari (RIL 124-2 Vesihuolto II, 2004).	17

KUVIOT

Kuvio 1. Jätevesivirtaamat (Meyer Turku Oy).	9
Kuvio 2. Jätevesijakeiden BOD ₅ -kuormat (Meyer Turku Oy).	10
Kuvio 3. NMS1-aluksen henkilömäärän kasvu kevään 2018 aikana.	26
Kuvio 4. NMS1-aluksen jätevesivirtojen kehitys.	27

TAULUKOT

Taulukko 1: Jätevesijakeiden kehitys NMS1-aluksella.	28
Taulukko 2. NMS1-aluksen jäteveden vaadittu puhdistustulos.	30
Taulukko 3. Bakteerilisan syöttöpisteet ja määrät.	32

KÄYTETYT LYHENTEET

AWP	Advanced wastewater purification, jätevedenpuhdistussysteemi
BOD ₅	Biologinen hapen kulutus, viiden päivän arvo
BW	Black water, musta vesi
COD	Kemiallinen hapen kulutus
FW	Food Waste, ruokajäte
GW	Gray water, harmaa vesi
LSA	Life Saving Appliance.
MS1...6	Mein Schiff 1...6
NMS1	New Mein Schiff 1
ppm	Parts per million, yksi miljoonasosa.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä suunnitellaan bakteeriliuostuotteen pilotointia risteilyaluskäyttöön ja toimeksiantaja on Meyer Turku Oy. Turussa valmistettavien risteilyalusten jätevesien puhdistuksessa käytetään yleensä biologista prosessia. Jätevedessä olevat bakteerit muodostavat bioreaktoriin elävän bakteerikannan. Tällä hetkellä riittävän suuren bakteerikannan kehittyminen viivästyttää koko puhdistusprosessin käyttöönottoa; se on tyypillisesti kestänyt noin 2–3 kk. Tähän toivotaan kustannussäästöjä nopeuttamalla bakteerikannan kehitystä bakteerilisän avulla.

Meyer Turku Oy aloittaa bakteerilisäpilotoinnin yhteistyössä Protect Pipe -nimisen yrityksen kanssa. Pilotointi toteutetaan New Mein Schiff -aluksella keväällä 2018. Protect Pipen Biomarine-tuotteella voidaan mahdollisesti ratkaista myös muita jätevesijärjestelmän ongelmia, joita ovat virtsakiven ja rikkivedyn muodostuminen. Opinnäytetyössä selvitetään tarvittavia taustatietoja, jotta pilotointi voidaan toteuttaa.

Opinnäytetyössä kuvataan NMS1 -aluksen jätevedenpuhdistusjärjestelmää, sekä bakteerien merkitystä jätevedenpuhdistuksessa. Bakteerilisän käyttöönottoa varten selvitetään jätevesivirtojen kehittymistä laivanrakennusprosessin aikana, jotta voidaan selvittää soveltuvat syöttöpisteet, sopiva syöttöajankohta ja sopiva annostus. Työssä arvioidaan myös pilotoinnin mahdollisia kustannushyötyjä ja muita mahdollisesti saavutettavia hyötyjä.

2 JÄTEVEDENPUHDISTUSPROSESSIN KUVAUS

Risteilyalusten jätteiden ja jätevesien käsittelyjärjestelmät voivat olla erilaisia. Tässä työssä tarkastellaan Meyer Turku Oyn telakalla rakennettavien Mein Schiff -sarjan risteilyalusten jätevesien puhdistusjärjestelmiä. Yksi puhdistusjärjestelmän merkittävistä osista on bioreaktoreissa tapahtuva puhdistus jäteveden omilla bakteereilla. Jätevedenpuhdistusjärjestelmästä käytetään nimitystä advanced waste water purification, josta käytetään lyhennystä AWP.

Meyer Turku Oy:n telakalla on kohdattu erilaisia jätevedenpuhdistusjärjestelmiin liittyviä ongelmia. Puhdistusjärjestelmän kokonaiskäyttöön otto testeineen on kestänyt pitkään aiheuttaen ylimääräisiä kustannuksia. Lisäksi laivojen operatiivisia ongelmia ovat olleet putkistotukokset, sekä haitallisten aineiden muodostuminen järjestelmään. (Meyer Turku Oy.)

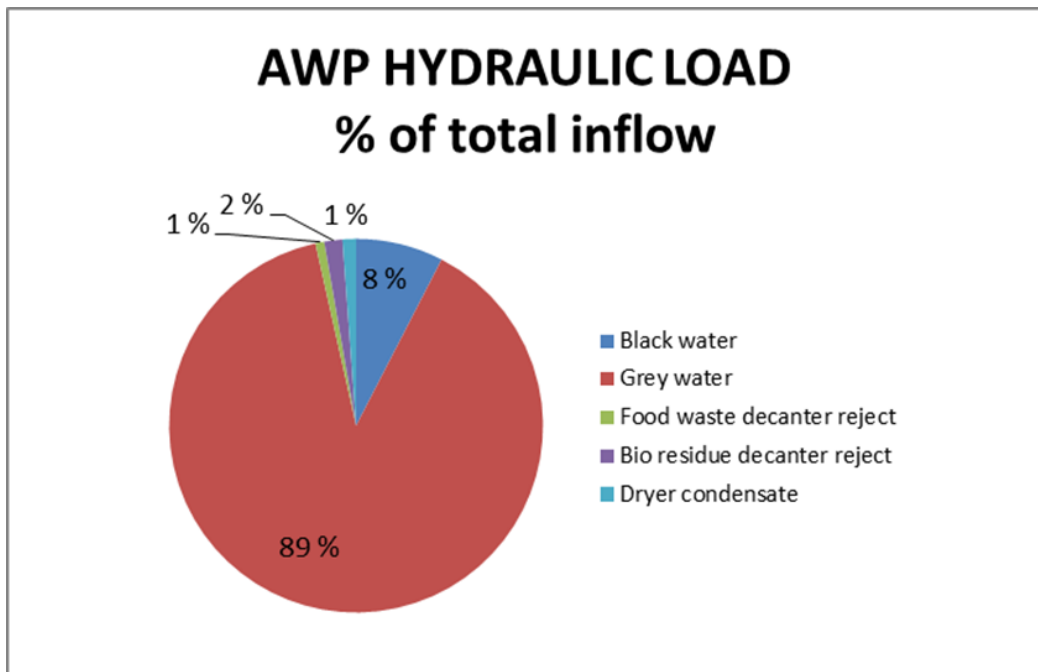
2.1 Risteilyalusten jätevesijakeet

Risteilyaluksissa kerättävät jätevesijakeet ovat musta ja harmaa vesi, sekä märkäjätteen käsittelyssä muodostuva rejektivesi. Laivojen eri järjestelmien mitoituksessa käytetään henkilömääränä niin sanottua LSA -arvoa, joka on lyhennys sanoista Life Saving appliance. Sillä tarkoitetaan sitä henkilömäärää, jonka mukaan laivassa pystytään toimimaan hätätilanteissa. Käytännössä tämä on siis maksimimäärä ihmisiä, joka laivassa voi olla yhdellä kertaa. NMS1 -aluksen LSA on 4224 henkilöä, ja sen mukaan mitoitettu jätevedenpuhdistusjärjestelmän maksimikapasiteetti on noin 955 m³ vuorokaudessa (Meyer Turku Oy.)

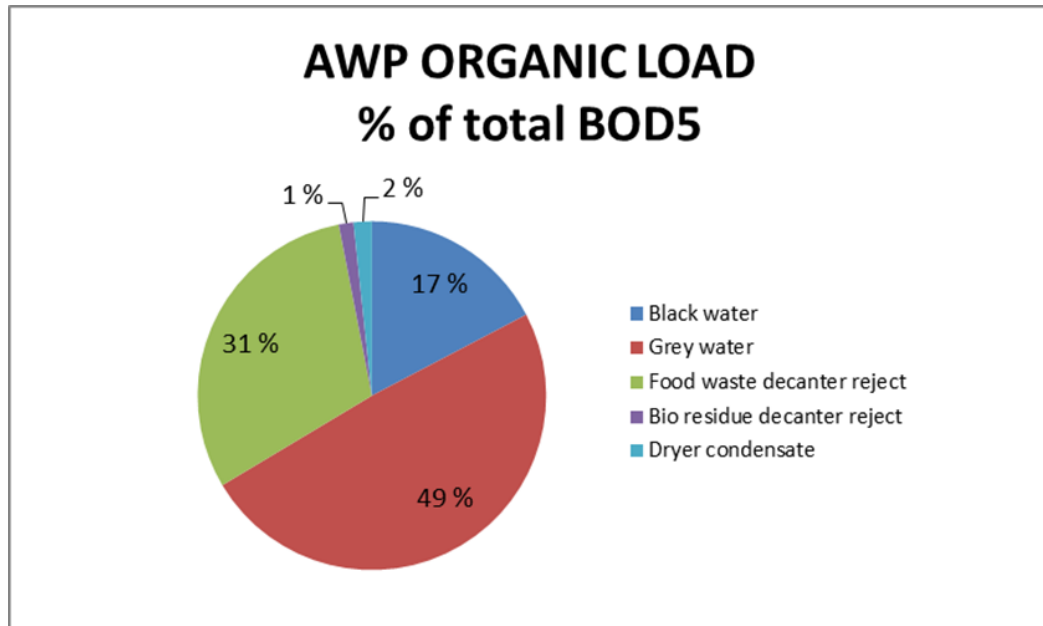
LSAn perusteella siis lasketaan jätevedenpuhdistusjärjestelmään tarvittavat mitoitusvirtaamat. Liitteenä 1 olevasta Scanshipin laatimasta massabalanssista nähdään Mein Schiff 6 -laivan mitoitusvirtaamat, jotka ovat vastaavaa kokoluokkaa kaikissa MS-sarjan aluksissa. Mitoitusvirtaama mustalle vedelle on 72 m³ päivässä ja harmaalle vedelle 844 m³ päivässä. Ruokaperäisestä jätteestä tulevaa rejektivettä voidaan käsitellä yhteensä 8,5 m³/vrk. Lisäksi prosessissa kierrätetään jonkin verran lietteitä, joiden osuus käsiteltävästä jätevedestä on yhteensä noin 27 m³/vrk.

2.1.1 Musta vesi

Musta vesi on jätevetttä, jota kerätään wc-istuimista ja laivan sairaala-asemilta holding-tankkeihin alipaineen avulla. Mein Schiff 1 -aluksessa on kuusi vakuumiasemaa tähän tarkoitukseen. Massabalanssin mukaan mustaa vettä voidaan käsitellä 72 m³ päivässä. Meyer Turku Oyn laatimasta kuviosta 1 nähdään, että tämä on noin 8 % kokonaisjätevesimäärästä. Kuviosta 2 nähdään, että mustan veden osuus BOD₅-kuormasta on 17 % eli 215 kg.



Kuvio 1. Jätevesivirtaamat (Meyer Turku Oy).



Kuvio 2. Jätevesijakeiden BOD₅-kuormat (Meyer Turku Oy).

Mustan veden keräysjärjestelmään muodostuu virtsakiveä, joka aiheuttaa putkistotukoksia ja putkien korroosiota. Siispä vakuumilinjoihin on tarpeen lisätä jotain virtsakiveä poistavaa kemikaalia, joka on yleensä happoa. Järjestelmään muodostuu myös rikkiveä, mutta Mein Schiff -aluksissa se saadaan poistettua mustan veden putkistosta vakuumiyksikköön kuuluvan aktiivihiihluodattimen avulla. (Meyer Turku Oy.)

2.1.2 Harmaaavesi

Harmaa vesi on vettä, jota tulee suihkuista, käsienesualtaista, pesulasta, sekä keittiöistä rasvanpoiston jälkeen. Harmaassa vedessä ei ole öljyisiä konehuoneen vesiä, painolastivesiä, ulkokansien pesuvesiä tai merivettä. Harmaa vesi kerätään keräilytankkeihin (collectingtank), joita on MS1 laivassa 6 kappaletta. Yhden keräilytankin tilavuus NMS1 laivassa on noin 4 m³. Täältä harmaa vesi pumpataan varastointiin ns. holdingtankkiin, josta se pumpataan muiden jätevesien joukkoon mixing-tankkiin.

NMS1 jätevedenpuhdistusjärjestelmässä voidaan puhdistaa päivässä 844 m³ harmaata vettä. Tämä on suurin yksittäinen jätevesijae; kuvioista 1 nähdään, että se muodostaa koko jätevesivirrasta 89 %. Harmaan veden aiheuttama BOD₅-kuorma on suuri, mutta ei samassa suhteessa. Kuvion 2 mukaan noin puolet eli 49 % BOD₅-kuormasta tulee harmaasta vedestä.

Harmaavesitankkeihin muodostuu myrkyllisiä kaasuja, muun muassa rikkivetyä. Rikkivety on suurina pitoisuuksina terveydelle erittäin vaarallista ja se aiheuttaa korroosiota putkistoon ja laitteille. (Meyer Turku Oy.)

2.1.3 Ruokajätteestä eroteltu vesi

Ruokajätteen määrä on risteilyaluksilla tyypillisesti suuri, koska risteilyasiakkaan ei yleensä tarvitse maksaa ruuasta erikseen ja ruokaa on saatavilla lähes jokaisena vuorokauden tuntina. Syntyneestä ruokajätteestä erotellaan vettä, jota käsitellään jätevedenpuhdistusjärjestelmässä. Huomion arvoista on, että vaikka ruokaperäistä jätevettä syntyy määrällisesti vähän, sen aiheuttama orgaaninen BOD₅-kuorma on suuri eli yhteensä noin kolmannes (33 %) koko BOD₅-määrästä. Kuviossa 2 nämä ovat food waste decanter- ja dryer condensate - vedet.

NMS1-aluksella pystytään käsittelemään ruokajätteestä dekanterilla erotettua rejektivettä 8,4 m³ päivässä, joka on kuvion 1 mukaan hyvin pieni eli noin 1 % kokonaisjätevesimäärän tilavuudesta. Tämä vesi on kuitenkin hyvin vahvaa; kuvioista 2 nähdään, että sen osuus BOD₅-kuormasta on noin kolmannes.

2.1.4 Bioreaktorin liete

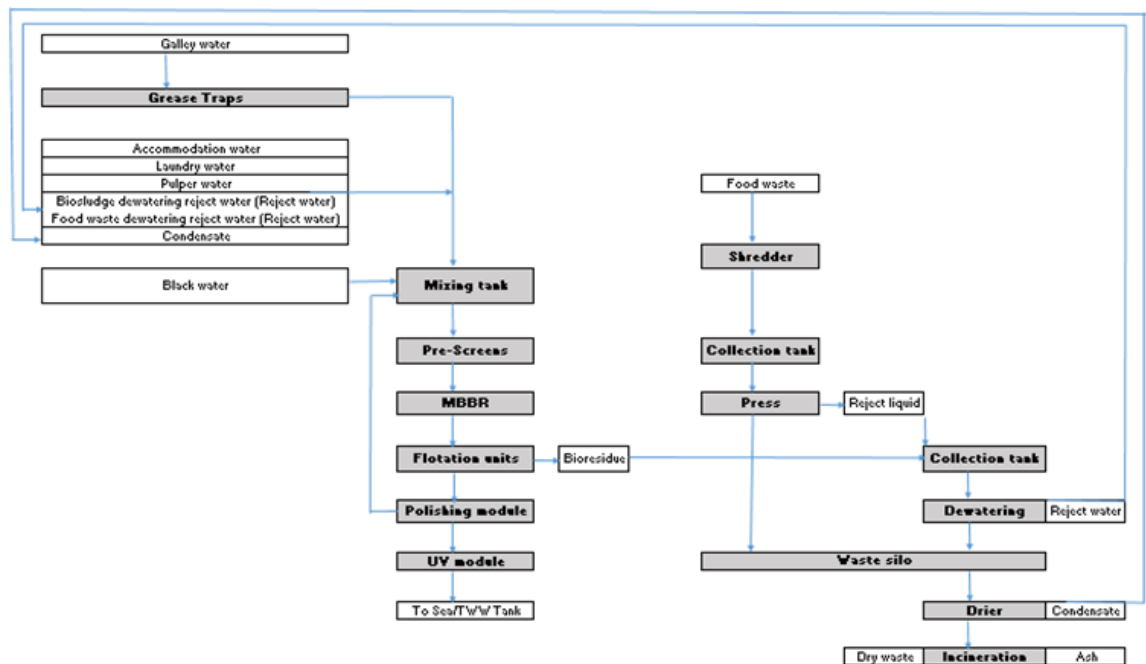
Laivojen jätevedenpuhdistusjärjestelmässä kierrätetään jätevettä prosessissa. NMS1-laivassa bioreaktorin lietettä kierrätetään Bioresidue-decanterin kautta. Dekanterilla lietteestä erotellaan kiinteää ainesta ja vettä, ja tästä saatu rejektivesi kierrätetään takaisin puhdistusprosessiin. Jäljelle jäänyt kiinteä aines kuivataan kuivurissa. Kuvion 1 mukaan Bioresidue-decanterilta tulevaa puhdistettavaa vettä kokonaisjätevesimäärästä on vain 2 % ja kuvion 2 mukaan sen osuus kokonais-BOD₅-kuormasta on vain 1 %.

Jätteiden käsittelyprosessin yksi osa on kuivuri, jossa kuivataan höyrylinjasta saatavan lämmön avulla bioreaktorista tulevaa lietettä ja ruokajätettä, joista on esikäsittelynä eroteltu nestettä. Kuivurilta tulee massabalanssin mukaan kondenssivettä 11 m³ päivässä. Tämä määrä ei ole kovin merkittävä; kuvion 1 mukaan sen osuus kokonaisjätevesimäärästä on noin 1 % ja kuvion 2 mukaan sen osuus BOD₅-kuormasta on 2 %.

2.2 Puhdistusprosessi

Kuvassa 1 on MS-laivojen jätevedenpuhdistusjärjestelmän prosessikuvaus (Suvilampi, Mein Schiff - Operation Manual for AWP and Wet Waste Treatment, Rev B 180817). Kuvasta poiketen NMS1-laivassa ei ole käytössä pulper water -nimistä jaetta, joka on ruokajätteen rejektivettä. Sitä on käytetty ruokajätteen kuljettamiseen putkistossa. Uudemmissa laivoissa ruokajätettä kuljetetaan mustan veden tavoin vakuumin avulla.

Jätevesijärjestelmät toimitetaan telakan alihankintana. MS-laivojen jätevesijärjestelmän toimittaja on Scanship. Evac toimittaa kuiva- ja märkäjätesysteemit sekä mustan veden alipainesysteemin. Järjestelmätoimittajilta on saatu hyväksyntä bakteerilisan käyttöön. (Meyer Turku Oy).



Kuva 1. MS-alusten puhdistusprosessi. (Suvilampi, Mein Schiff - operation manual for awp and wet waste treatment, Rev B 180817).

Mixing tankki

Puhdistusprosessissa kaikki jätevedet kerätään mixing-tankkiin, jossa ne sekoitetaan ilman avulla tasalaatuisiksi jätevedeksi. Tankki toimii myös virtauksia tasaavana. Jätevesi johdetaan esisuodatukseen (pre-screen), jossa erotellaan rumpusuodattimella yli 3 mm kokoiset partikkelit, erityisesti muovit. Suodatettu kiinteä aines kerätään paketeiksi säkkeihin, jotka poltetaan laivan omassa jätteenpolttolaitoksessa (incinerator). (Meyer Turku Oy.)

Bioreaktori

Suodatettu jätevesi pumpataan bioreaktoreihin, joita on MS1-laivassa 5 kappaletta. Bioreaktoritankeissa on kantajakappaleita, jotka liikkuvat ilmastuksen avulla. Ilmastuksen tarkoitus on myös pitää yllä jäteveden liuenneen hapen pitoisuutta. MS1 -laivan bioreaktorin prosessi on tarkoitus pitää aerobisena eli hapellisena. Kuvassa 2 on eräs laivoissa käytetty kantaja-kappale. Se on halkaisijaltaan noin parin senttimetrin kokoinen muovinen kiekko, johon on rakenteen avulla toteutettu suuri pinta-ala. Mein Schiff -aluksissa bioreaktoritankkien pohjapeti liikkuu ja liikuttaa kantajakappaleita. Tästä tulee laitteiston nimitys Moving Bed Bio Reactor (MBBR). (Meyer Turku Oy.)



Kuva 2: Kantajakappale.

Bakteerit kiinnittyvät kantajakappaleisiin, joiden pinta-ala on optimoitu suureksi. Jätevedessä itsessään olevat bakteerit siis muodostavat kantajakappaleisiin biofilmin. Nämä bakteerit hyödyntävät jäteveden liuenneita orgaanisia aineita aineenvaihdunnassaan ja muuttavat ne lopulta biomassaksi, joka pystytään erottelemaan vedestä. Aineenvaihdunnan lopputuotteita ovat muunmuassa vesi, hiilidioksidi, lämpö ja bakteerien biomassa.

Bioreaktorin mikrobien täytyy muodostaa sopivan suuruinen ja laatuinen kanta suhteessa käsiteltävän jäteveden määrään ja laatuun. Bakterikannan koko riippuu tuotetusta jäteveden määrästä ja puhdistuskapasiteetiltään riittävän suuri bakterikanta muodostuu viiveellä bioreaktoriin. Risteilyaluksilla riittävän suuren bakterikannan syntyminen on vaatinut riittävän suuret jätevesivirtaamat ja biologisen kuorman eli ensin tarvitaan puhdistettavaa jätevettä, josta saadaan bioreaktorin bakteerit.

Flotaatio

Seuraava prosessin vaihe on biomassan erottelu vedestä. Tämä tapahtuu flokkuloinnin ja flotaation avulla. Flokkuloinnissa jätevetteen lisätään polymeeriä, joka kerää bioreaktorissa muodostuneen kiintoaineen suuremmiksi aglomeraateiksi eli flokeiksi. Flokit erotetaan DAF-yksikössä, joka perustuu flotaatioon. Yksikön alaosaan syötetään dispersioveettä, josta vapautuu mikroskooppisen pieniä ilmakuplia, jotka nostavat flokit yksikön yläosaan. Yksikön yläosaan muodostuu siten vaahtomainen kerros kiinteytettyä, biolietettä, joka kaavitaan ja pumpataan lietetankkiin. Tästä lietteestä (bioresidue) erotellaan edelleen vettä ja kiintoainesta decanterissa. Decanterin rejektivesi pumpataan takaisin mixing-tankkiin ja eroteltu kiinteä aines kuivataan kuivurissa (drier). (Meyer Turku Oy.)

Koagulointi

Muuttuvat säädökset edellyttävät tehokkaampaa fosforin poistoa myös laivojen jätevesistä, joten NMS1-laivaan tullaan lisäämään koagulantin syöttö bioreaktorin ja DAF-yksikön väliin. Koaguloinnin tarkoitus on saostaa liukoista fosforia, se saostaa myös orgaanisia liukoisia aineita ja edesauttaa flokkien syntymistä. Koagulointi parantaa lietteen ominaisuuksia ja vähentää polymeerin annostelua. Koagulointikemikaalina voidaan käyttää pix-, pax-, tai pac -tyyppisiä kemikaaleja. NMS1-aluksessa tullaan käyttämään tähän tarkoitukseen polyalumiinikloridia, josta käytetään lyhennettä pax. (Meyer Turku Oy.)

Kalvosuodatus ja desinfiointi

Tertiäärikäsittelynä bioreaktorilta flotaation kautta tullut effluentti voidaan puhdistaa rumputyypisellä kalvosuodattimella. Täältä rejektivesi pumpataan takaisin kiertoon mixing-tankkiin. Kalvosuodattimelta tulevan effluentin desinfiointi tapahtuu UV-reaktorissa ja puhdistettu vesi voidaan laskea mereen tai varastoida käsitellyn jäteveden tankkeihin (ttw tankit) myöhempää tyhjennystä varten. (Meyer Turku Oy.)

Ruokajätteen käsittely

NMS1-aluksella ruokajäte kerätään erillisenä jakeenaan keittiöistä vakuumin avulla keräilytankkeihin (collecting tank), joita on 2 kappaletta. Vakuumilinjassa on silppuri (shredder), joka hienontaa jätteen. Luita ja muita suuria ruokajätteitä varten on oma syöttöasema ja murskain, josta luujäte kerätään myös keräilytankkiin. (Meyer Turku Oy.)

Keräilytankista jäte vietään puristimelle, joka erottaa jätteestä veden. Tämä rejektivesi vietään rejektivesitankkiin eli drain-tankkiin. Täältä vesi pumpataan dekanterille, jossa rejektivedestä erotellaan lisää kiintoainetta polymeerin avulla. Dekanterin rejektivesi tippuu seuraavaan drain-tankkiin, josta se pumpataan mixing-tankkiin. Samaan drain-tankkiin tulee myös kuivurin kondenssivedet. Dekanterin avulla käsitellään myös awp:n liete, jonka rejektivesi kierrätetään takaisin awp:n ja kiintoaines siirretään kuivurille. (Meyer Turku Oy.)

Kiinteä jäte kuivataan kuivurissa (drier) höyrystä saatavan lämmön avulla noin 100 asteessa. Tämän jälkeen jätteessä on enää vain 20–30 % vettä, ja se on pölymäistä,

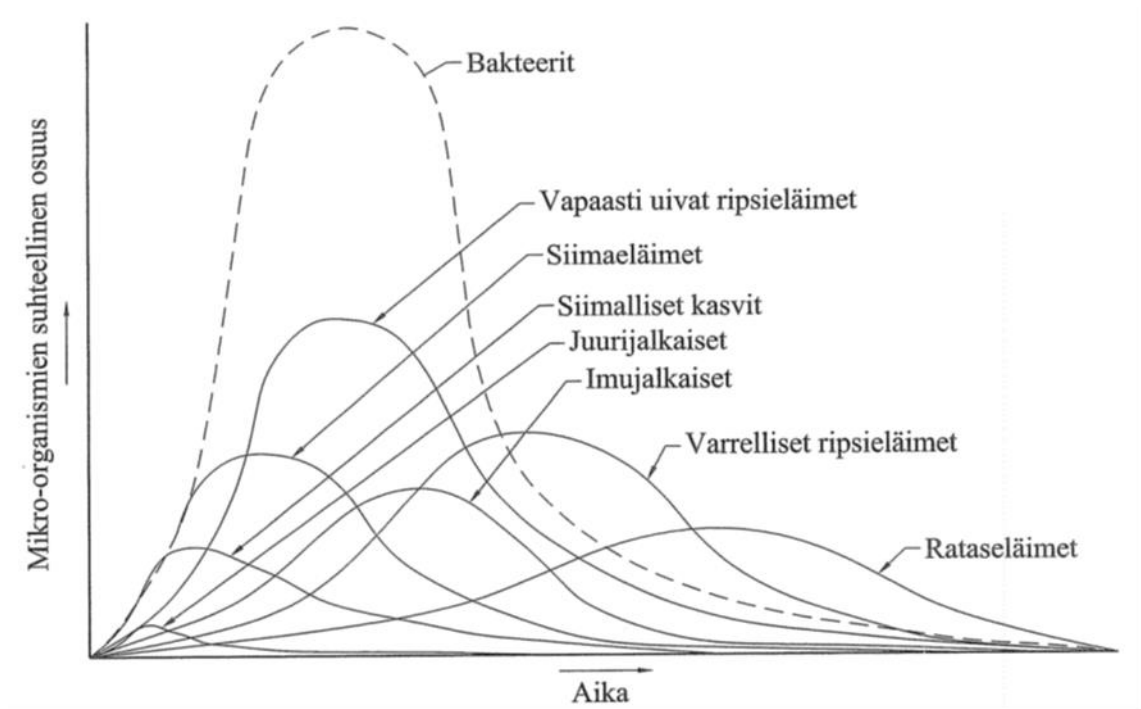
kahvinpurujen tapaista kuumaa jauhetta. Kuivattu jäte jäähdytetään, pussitetaan ja poltetaan laivan omassa jätteenpolttolaitoksessa insineraattorissa silloin, kun laiva on sellaisella alueella, että se on sääntöjen mukaan mahdollista. Laivojen jätteenpoltoa on rajoitettu muun muassa Itämeren alueella (Convention on the Protection of the Marine Environment of the Baltic Sea Area, Amendment to Annex IV of the Helsinki Convention on the Prohibition of Incineration of Ship-Generated Wastes On Board Ships in the Territorial Seas of the Contracting Parties, 1993). Jäte voidaan myös mahdollisuuksien mukaan viedä maihin jätteenkäsittelyyn. (Meyer Turku Oy.)

2.3 Mikrobien merkitys jäteveden puhdistuksessa

Mikrobit ovat pieniä yksinkertaisia eliöitä, jotka eivät näy paljain silmin. Yksittäinen mikrobi on kooltaan 1-10 µm tai pienempi, mutta mikrobikasvuston voi nähdä paljain silmin. Mikrobeja ovat bakteerit, levät, alkueläimet, hiivat, homeet ja virukset. Mikrobien joukkoon kuuluu monia haitallisia, sairauksia aiheuttavia mikrobeja, mutta ne ovat meille ja ympäristöllemme myös hyödyllisiä tai jopa elintärkeitä. Mikrobit toimivat esimerkiksi tärkeinä hajottajina luonnossa ja niitä hyödynnetään muun muassa elintarvike- ja lääketeollisuudessa, sekä jäteveden puhdistuksessa. (Solunetti).

Jäteveden omat mikrobit puhdistavat jätevettä esimerkiksi aktiivilieteprosessissa tai kantajakappaleisiin kiinnittyneinä. Mikrobit puhdistavat jätevedestä liuenneita tai kolloidisia esiintyviä laskeutumattomia aineita (RIL RIL 124-2 Vesihuolto II, 2004). Jätevesistä puhdistetaan haitallisia mikrobeja, muun muassa colibakteereja, desinfioimalla effluenttia.

Kuvassa 3 on kuvattu jätevedenpuhdistuslaitoksen lietteen erilaisten mikrobien elinkaarta. X-akselilla kuvattu aika tarkoittaa lieteikää eli mikrobien keskimääräistä ikää käsittelyaltaassa. Bakteerit ovat tärkeimpiä mikrobeja jäteveden puhdistuksessa ja lisäksi jätevedessä olevia mikrobeja ovat mm. ripsieläimet, siimaeläimet, juurijalkaiset, imujalkaiset ja rataseläimet. (RIL 124-2 Vesihuolto II, 2004).



Kuva 3: Jäteveden mikrobien elinkaari (RIL 124-2 Vesihuolto II, 2004).

2.3.1 Bakteerien aineenvaihdunta

Bakteerit puhdistavat jätevettä käyttämällä sitä ravintonaan ja muodostamalla siitä eri ainetta aineenvaihduntansa kautta. Eri bakteerit hyödyntävät ravintonaan eri aineita. Bakteerit muodostavat entsyymiä, joka hajottaa jotakin tiettyä jätevedessä olevaa ainetta. Vaikka bakteerien rakenne on yksinkertainen, niiden aineenvaihdunta saattaa olla erittäin kehittynyt ja erikoistunut. Siten bakteerit voivat käyttää hyväkseen lähes mitä tahansa orgaanista rakennetta. (Solunetti, Vesikoulu.)

Jokaisella bakteerilla on omat vaatimuksensa elinolosuhteista, joissa se viihtyy. Bakteerit jaetaan aerobisiin ja anaerobisiin bakteereihin sen mukaan, tarvitsevatko ne happea vai elävätkö ne hapettomissa olosuhteissa. Kun orgaaninen jäte hajoaa hapettomissa olosuhteissa, on kyse mätänemisestä. Tällöin voi syntyä epämiellyttävien hajuisia kaasuja, esimerkiksi rikkivetyä ja metaania. (Solunetti, Vesikoulu.)

2.3.2 Elinolosuhteiden merkitys bakteerikantaan

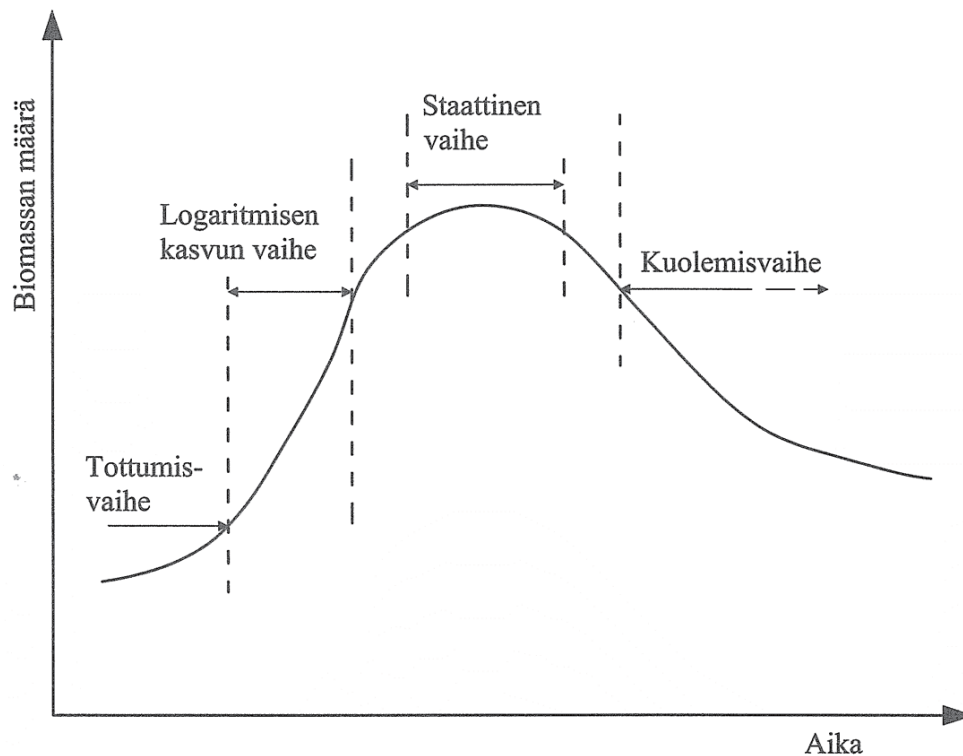
Jäteveden puhdistuksessa käytettävien bakteerien elinolosuhteista pyritään saamaan optimaaliset, jotta bakteerikanta pysyy elinvoimaisena ja pystyy puhdistamaan jätevetä. Huomion arvoista on, että puhdistusprosessiin ei kannata syöttää mitään sellaisia aineita, jotka ovat bakteereille haitallisia. Puhdistusprosessit jaetaan aerobisiin ja anaerobisiin sen mukaan, tarvitseeko mikrobikanta happea. Kun ravinteiden (typpi ja fosfori) poistoa tehdään mikrobien avulla, tarvitaan anaerobisia olosuhteita suosivia mikrobeja. MS-laivoissa ei tehdä ravinteiden poistoa, joten biologinen puhdistus tapahtuu aerobisesti ja happipitoisuutta pidetään yllä ilmastuksen avulla. Happipitoisuuden lisäksi tärkeimmät bakteerikannan hyvinvointiin liittyvät ympäristötekijät ovat lämpötila ja pH. Laivojen jätevesijärjestelmissä sopiva bioreaktorin pH on 6–8, lämpötila on sama, kuin ympäristön lämpötila eli noin 30–35 C astetta. (Solunetti, Meyer Turku Oy).

Kullakin bakteerilajilla on omat tarpeensa elinolosuhteista, joten samat elinolosuhteet saattavat olla hyödyllisiä toiselle ja vastaavasti haitallisia toiselle lajille. Kuten muutkin eliöt, bakteerit tarvitsevat elääkseen ravinteita. Tärkeimmät ravinteet ovat orgaaninen hiili, typpi ja fosfori, joita löytyy runsaasti jätevesistä. (Solunetti, Vesikoulu.)

2.3.3 Bakteeripopulaation kasvaminen

Bakteerit lisääntyvät nopeasti verrattuna muihin eliöihin ja se auttaa niitä sopeutumaan nopeasti muuttuviin elinolosuhteisiin. Generaatioaika on se aika, jonka kuluessa solupopulaatio kaksinkertaistuu. Bakteereilla se on yleensä 1–3 tuntia, mutta colibakteereilla se voi olla vain 20 minuuttia. Tähän aikaan vaikuttaa kunkin bakteerilajin geneettiset ominaisuudet, sekä useat ravinnolliset tekijät. (Solunetti).

Kuvassa 4 on kuvattu tyypilliset bakteerikannan kasvun vaiheet. Siitä nähdään bakteerien biomassan koko ajan funktiona. (RIL 124-2 Vesihuolto II, 2004). Tämä pätee uusissa bakteerikannoissa, joissa ravinteiden määrä on rajallinen, esimerkiksi laboratorioolosuhteissa. Uuden jätevedenpuhdistusjärjestelmän bioreaktorin bakteerikannan kasvua tarkasteltaessa voidaan ajatella olevan samankaltainen tilanne. Kasvukäyrä sisältää neljä vaihetta.



Kuva 4: Bakteerien elinkaari (RIL 124-2 Vesihuolto II, 2004).

1. Lag- eli tottumisvaihe, jolloin bakteerit mukautuvat uuteen ympäristöön. Vaiheen pituus riippuu kasvuston aikaisemmista elinolosuhteista. Tällöin bakteerit eivät lisäänty, vaan ne sopeutuvat uusiin olosuhteisiin. Tottumisvaihe seuraa myös, jos bakteerikannan saama ravinnemäärä putoaa, koska bakteerisolut tarvitsevat aikaa aineenvaihduntatuotteidensa tuotannossa tarvittavien entsyymien synteesiin. (Solunetti, Vesikoulu).
2. Logaritminen kasvun vaiheessa bakteerit lisääntyvät nopeasti. Vaiheen pituuteen vaikuttaa mm. ravinnon määrä ja lämpötila. (Solunetti).
3. Staattinen vaihe eli hidastuvan kasvun vaiheessa ravinto alkaa loppua. Mikäli ravintoa on saatavilla tasaisesti ja muutkin elinolosuhteet ovat suotuisat, bakteerikannan yksittäiset bakteerit elävät ja kuolevat, mutta kannan koko pysyy vakiona. Tämä on se vaihe, jossa jätevedenpuhdistusjärjestelmän bioreaktorin bakteerit elävät. (Solunetti, Vesikoulu).

4. Kuolemis- eli endogeenivaihe seuraa, kun bakteerien ravinto loppuu. Bakteerien kuolemisnopeus on eksponentiaalista ja se ylittää kasvunopeuden. Kun ulkopuolinen ravinto loppuu, bakteerit alkavat käyttää bakteerimassaa ravinnonlähteenä. (Solunetti, RIL 124-2 Vesihuolto II, 2004).

3 BAKTEERILISÄ JÄTEVEDENPUHDISTUSJÄRJESTELMISSÄ

Bakteerilisää voidaan käyttää nopeuttamaan uusien biologisten jätevedenpuhdistusjärjestelmien käyttöönottoa. Periaatteessa tähän tehtävään voitaisiin käyttää mistä tahansa jätevedenpuhdistuslaitokselta saatavaa lietettä, jossa on eläviä bakteereja ja muita mikrobeja. Valmiin jätevedenpuhdistuslaitokselta saatavan lietteen käyttöön sisältyy kuljetukseen liittyviä haasteita, se aiheuttaa hajuhaittoja ja on mahdollinen terveysuhka. Niinpä markkinoilta löytyy myös joitakin tarkoitukseen varta vasten suunniteltuja bakteerilisä tuotteita. Meyer Turku Oy aloittaa bakteerilisän käytön pilotoinnin laivoihin yhteistyössä Protect Pipen kanssa.

3.1 Kokemuksia bakteerilisän käytöstä

Australialainen vuonna 2008 rakennettu puhdistettua jätevettä kierrättävä Pimpama Treatment Plant -puhdistuslaitos käytti lietettä puhdistamoprosessinsa käynnistämiseen. Läheiseltä jätevedenpuhdistamolta otettiin kuivattua lietettä ja lisäksi nitrifikaation tehostamiseksi prosessiin lisättiin metanolia. Puhdistusprosessi saatiin käyntiin kolmessa viikossa. (Charlie Suggate, startup & commissioning of a low loaded Wastewater treatment plant).

Kanadalainen paperitehdas on käyttänyt Bionetixin jauhemaista BCP57CT bakteerilisää käynnistämään pysäytetyn jätevedenpuhdistamon toiminta uudelleen. Bionetixin tuote on suunniteltu erityisesti kylmiin olosuhteisiin. Paperitehtaan jätevedenpuhdistuksen uudelleen käynnistysprosessi ajoittui tammikuulle, joten tämä aiheutti erityisiä haasteita. Prosessiin lisättiin ensin lietettä toisesta puhdistuslaitoksesta, joka auttoi mm. nostamaan lämpötilaa. Käyttöönottoa nopeutettiin annostelemalla jauhemaista bakteerilisää tehostetusti kahden viikon ajan. Yhteensä bakteeria lisättiin 1100 kg talven ajan ja puhdistusprosessi saatiin käyntiin. (Bionetix).

3.2 Protect Pipe

Protect pipe on vuonna 2016 perustettu suomalainen mikrobioteknologiayritys, joka tuottaa eläviä mikrobikantoja sisältäviä liuoksia. Mikrobiliuokset sisältävät viittä eri bakteerikantaa, jotka yhdessä poistavat rasvan, proteiinin, tärkkelyksen, selluloosan ja rikkivedyn. Ne ovat samoja bakteereja, joita löytyy jätevedenpuhdistamoista. (Protect Pipe).

Protect Pipen bakteeriliuosten käyttölämpötila on 5–80 C°. Tätä kuumemmissa olosuhteissa bakteerit tuhoutuvat. Lämpötilan ollessa 60 C° bakteerit ovat lepotilassa eli ne pystyvät itämään, mutta niillä ei ole aineenvaihduntaa. Pakkasessa bakteeriliuos jäätyy, mutta bakteerit eivät tuhoudu. Käyttöturvatiiedotteen mukaan liuokset ovat turvallisia käsitellä ilman suojarusteita, eivätkä bakteerit aiheuta vaaraa ihmisille tai ympäristölle missään elinkaarensa vaiheessa. Liuosten bakteerit eivät vahingoita vesistöjä. (Klas Alfthan, Protect Pipe).

3.2.1 Biomarine bakteeriliuoksen käyttö

Protect Pipen laivakäyttöön suunniteltu Biomarine -tuote soveltuu nopeuttamaan bioreaktorin bakteerikannan kehitystä, ja lisäksi sitä voidaan hyödyntää vähentämään virtsakiveä ja rikkivetyä jätevesien käsittelyjärjestelmässä. Liuoksen aktiiviset mikrobit poistavat orgaanista jätettä viemäriputkistoista ja muuntavat sen vedeksi ja hiilidioksidiksi. Mikrobit muodostavat putkien sisälle suojaavan biofilmin, joka estää orgaanista jätettä kiinnittymästä putkeen. Lisäksi sillä on muita soveltuvia käyttökohteita, kuten keittiöiden lattioiden siivous. (Protect Pipe).

Bioreaktori

Jäteveden puhdistusjärjestelmään lisätään käyttöönottoprosessin alkuvaiheessa bakteeriliuosta, jonka tehtävä on nopeuttaa jätevedenpuhdistusjärjestelmän bioreaktorien varsinaisten bakteerikannan syntyä. Sillä voidaan vaikuttaa suotuisasti bakteerikannan laatuun, koska bakteeriliuoksen bakteerit ottavat elintilaa muilta mikrobeilta bakteerikannan kasvuvaiheessa ja ne lisääntyvät bioreaktorissa.

Virtsakivi

Mustan veden (WC-vesien) putkistoon muodostuu ajan mittaan virtsakiveä. Sitä muodostuu virtsan suoloista ja kalkista putkiston sellaisiin kohtiin, joissa on poikkeamaa virtauksessa, esimerkiksi putkiston mutkakohtiin tai epätasaisille pinnoille. Näin kertyvä virtsakivi tukkii ennen pitkää putken. Se aiheuttaa myös korroosiota putkissa ja järjestelmän laitteissa. Virtsakiveä voidaan ehkäistä muunmuassa happamalla kemikaaleilla, mutta näiden tehottomasta käytöstä voi seurata lisää tukkeumia. Happo saattaa irrottaa isojaakin paloja virtsakiveä, joka kulkeutuu putkistossa eteenpäin ja mahdollisesti takeruu johonkin toiseen kohtaan aiheuttaen entistä pahemman tukoksen. Bakteerien avulla virtsakiveä voidaan hajottaa bakteerien aineenvaihdunnan kautta, eikä tämänkaltaista ongelmaa synny. Voimakkaiden happojen käyttöön liittyy aina myös riski henkilövahingoista. (Protect Pipe).

Rikkivety

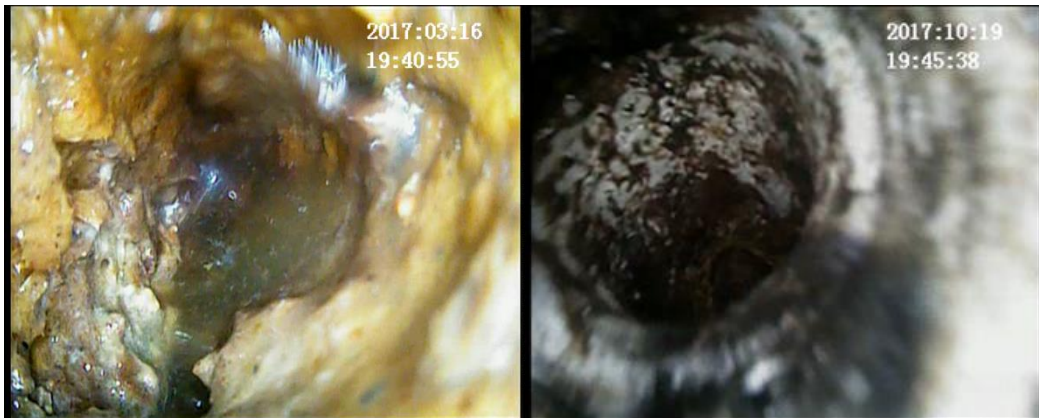
Protect Pipen bakteeriliuoksen avulla voidaan vähentää rikkivedyn määrää jätevedenkeräysjärjestelmässä. Jätevedenkäsittelylaitteiston eri osiin, esimerkiksi putkistoon syntyy biofilmiä, jossa on bakteereja, joiden aineenvaihduntatuotteena syntyy rikkivetyä. Työterveyslaitoksen mukaan ”Rikkivetyä muodostuu orgaanisesta aineesta anaerobisissa oloissa, jos pH ja lämpötila ovat sopivat” (Työterveyslaitos, Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet – turvallisuusohjeet.) Rikkivety aiheuttaa korroosiota putkistoon ja ilmastoimattomiin tankkeihin laitteille, sen poistaminen vaatii tuuletuksen järjestelmään. Käytännössä rikkivety poistetaan laivasta savupiipun kautta ilmakehään. Rikkivety aiheuttaa hajuhaittoja; se haisee mädälle kananmunalle.

Työterveyslaitoksen ova-ohjeiden mukaan rikkivety aiheuttaa ihmiselle oireita jo 10 ppm pitoisuuksina aiheuttaen ärsytystä erityisesti silmiin ja limakalvoihin. ”Rikkivety lamaannuttaa hajuaistin 100 - 150 ppm:n pitoisuudessa, mikä lisää äkillisen myrkytyksen vaaraa suurissa pitoisuuksissa.” (Ovaohjeet) Yli 500 ppm pitoisuus on tappava puolessa tunnissa.

Jotta välttyttäisiin rikkivedyn aiheuttamilta henkilövahingoilta, laivoihin on asennettu rikkivedyn pitoisuuden valvontajärjestelmä. Se on niin sanotusti liikennevalo-ohjaus - tyyppinen, joka kertoo, onko rikkivetyä vaarallisen paljon ilmassa. Rikkivetypitoisuutta ei siis mitata tarkasti, eikä mittatuloksia tallenneta. Muodostuva rikkivety voi siis aiheuttaa vakavia henkilövahinkoja laivoilla ja siitä haluttaisin päästä eroon.

3.2.2 Protect Pipen bakteeriliuoksen käyttökokemuksia

Protect Pipen bakteeriliuosta on testattu laivojen jätevedenkeräysjärjestelmissä vuosien 2017–2018 aikana. Birka Cruises varustamon laivoilla testattiin bakteeriliuoksen vaikutuksia useaan eri kohteeseen, joita olivat muun muassa keittiöiden rasvanerottimet ja mustan veden vakuuminlinjat. Kuvassa 5 nähdään vasemmalla puolella lähtötilanne ja oikealla puolella bakteeriliuoksen vaikutus seitsemän kuukautta kestäneen käytön jälkeen. Protect Pipen mukaan ”Putkiosuus oli ennen jatkuvasti tukossa, mikrobisyötön jälkeen ei enää tukoksen riskiä, hajuja tai hyönteisiä. Putken pinnalla suojaava biofilmi, joten orgaaninen jäte ei enää pääse muodostamaan kertymiä”.



Kuva 5. Protect Pipen bakteeriliuoksen vaikutus M/S Birkan putkistossa. (www.protectpipe.fi/laivat/).

4 LAIVAN RAKENNUSPROSESSI

Laivan varusteluvaiheessa laivan eri järjestelmiä rakennetaan, asennetaan, testataan ja käyttöön otetaan samanaikaisesti eri puolilla laivaa. Tämä aiheuttaa haasteita eri systeemien rajapinnoilla ja myös bakteerilisan käyttöä mietittäessä on huomioitava varusteluvaiheen erityispiirteet. Laivaan saapuu miehistöä jo rakennusprosessin aikana ja he asuvat laivan hyteissä. Bakteerilisan käyttöönoton suunnittelussa huomioidaan, kuinka paljon laivan rakennusvaiheessa syntyy eri jätevesijakeita ja minkä laatuista ne ovat, sekä mistä kohdasta laivaa jätevesivirrat tulevat. Huomioidaan myös jätevesijärjestelmän käyttöönottoprosessi. Tyypillisesti laivan rakennusprosessin aikatauluihin tulee muutoksia. Bakteerilisan käyttöä suunniteltaessa huomioidaan, miten muutoksiin voidaan reagoida tarvittaessa nopeastikin.

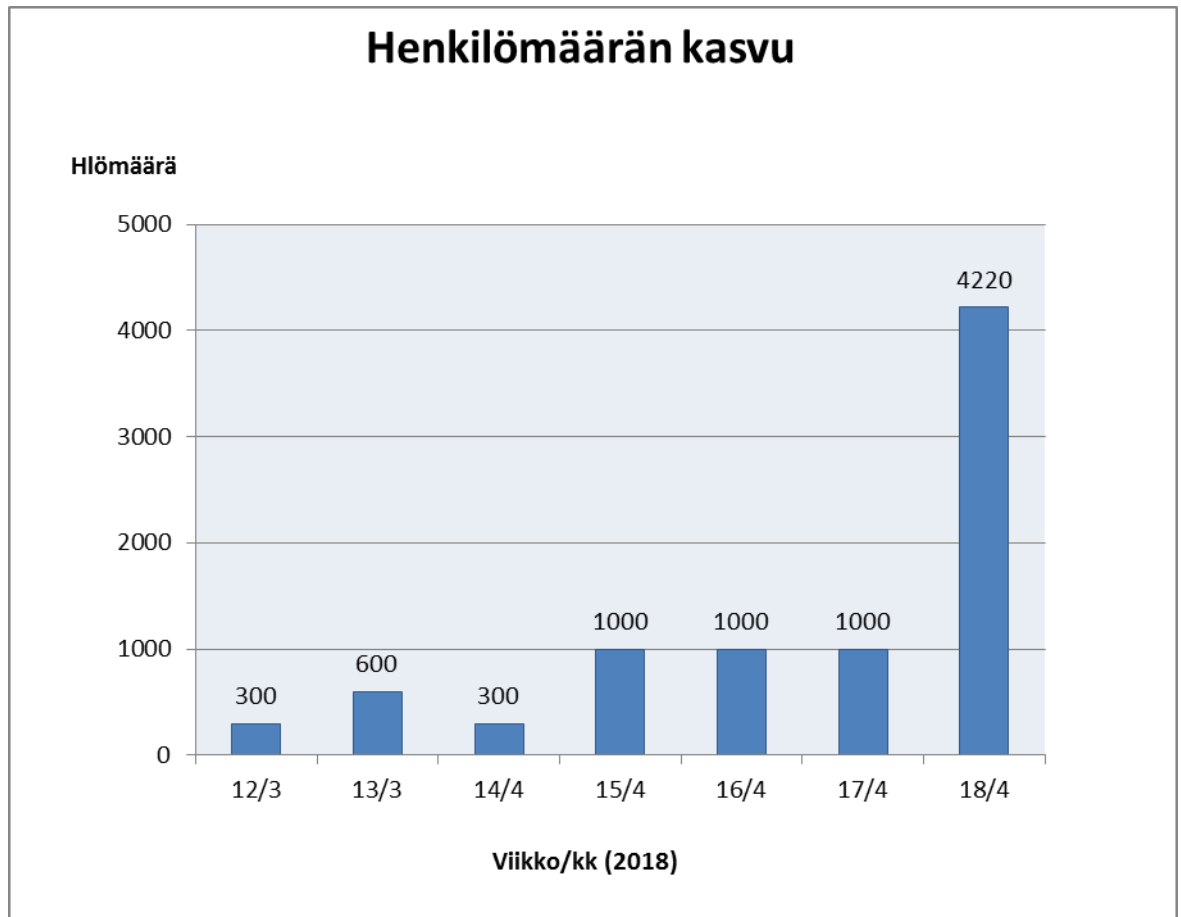
4.1 Rakenteilla olevan laivan henkilömäärän kehitys

Laivan jätevedenpuhdistusjärjestelmässä käsiteltävien jätevesivirtojen määrä riippuu laivassa asuvasta henkilömäärästä. Laivan rakennuksen varusteluvaiheessa laivaan saapuu miehistöä yleensä muutamassa erässä tekemään käyttöönottoja. NMS1-laivaan saapuu miehistöä kahdessa erässä kevään 2018 aikana. Bakteerilisan käytön suunnittelussa oleellista on myös, missä kohdassa laivaa jätevesivirtoja muodostuu eli huomioidaan miehistön käytössä olevien hyttien sijainti ja käytössä olevien keittiöiden sijainti.

Kuviossa 1 on NMS1-laivassa asuvan henkilömäärän kasvu laivan rakennuksen aikana keväällä 2018. Viikolla 12/2018 maaliskuussa laivaan saapuu miehistöä 315 henkilöä, ja he asuvat miehistöhyteissä laivan 1 ja 2 kansilla (Ari Levander, Meyer Turku Oy). Tällöin ruokajäte kerätään vielä kunnalliseen jätteen lajitteluun.

Viikolla 13/2018 on merikoeajo, jonka aikana laivassa on arviolta 600–750 henkilöä. He asuvat hyteissä eri puolilla laivaa. (Ari Levander, Meyer Turku Oy). Tällöin laivan miehistökeittiö (crew galley ja se Tag und Nacht) on käytössä ja syntyy ruokajätettä, joka kerätään keräilytankkiin. Ruokajätettä syntyy vielä sen verran vähän, ettei sitä kannata kerätä laivan jätevedenpuhdistusprosessiin. Koeajo aiheuttaa kuormapiikin jätevedenpuhdistusjärjestelmälle muutamaksi päiväksi.

Laivan ollessa Turussa, puhdistusjärjestelmässä kierrätetään jätevettä. Viikolla 15 saapuu isompi erä miehistöä eli noin 1000 henkilöä (Crew mass arrival) (Ari Levander, Meyer Turku Oy). Laivan omaan käsittelyprosessiin ruokajäte tulee myös tällä viikolla. Laiva lähtee Turusta Kieliin 25.4.2018 ja ensimmäinen risteily täydellä laivalla on niin sanottu Friends and family – risteily viikolla 18. Tämän jälkeen laiva operoi reittisuunnitelman mukaisesti normaaleja risteilyjä täydellä kapasiteetilla.

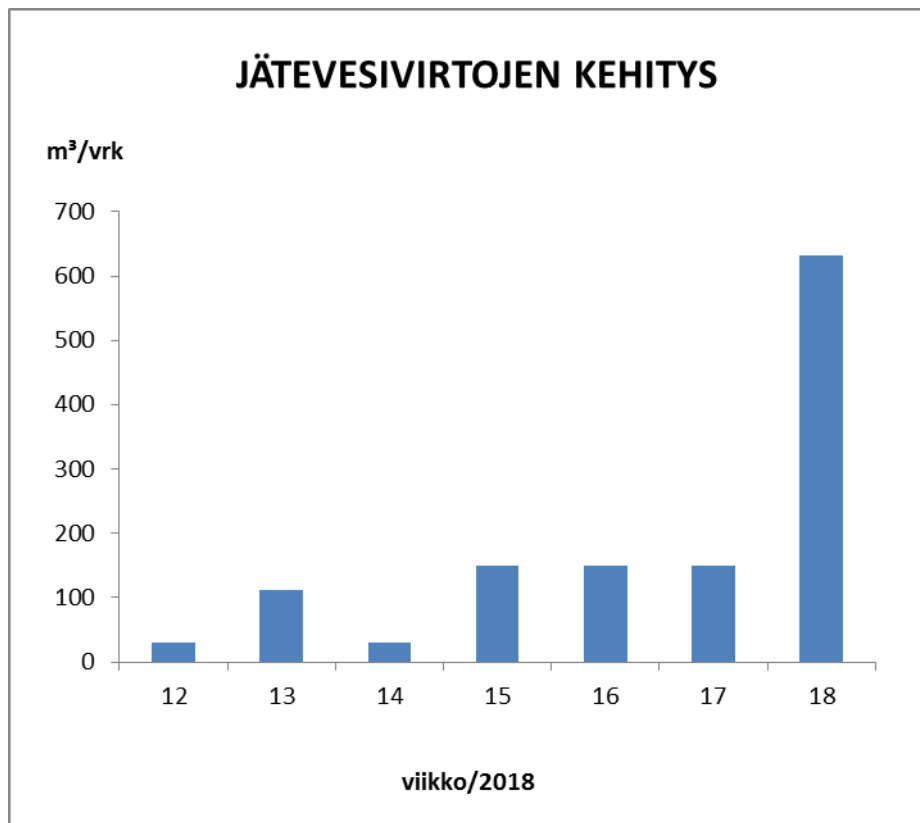


Kuvio 3. NMS1-aluksen henkilömäärän kasvu kevään 2018 aikana.

4.2 Jätevesijakeiden määrien kehitys

Kuviossa 2 on laskettu kokonaisjätevesivirtojen kehitys NMS1-laivan rakentamisen aikana keväällä 2018. Jäteveden määrä riippuu laivassa olevasta henkilömäärästä. Yhtä henkilöä kohden jätevettä arvioidaan syntyvän melko vähän eli laskuissa on käytetty määrää 150 litraa vuorokaudessa. Viikoilla 12 ja 14 jätevesivirtoja syntyy yhteensä vain 30 m³ vuorokaudessa, merikoeajon aikana viikolla 13 jäteveden määrä on noin 100 m³ vuorokaudessa. Viikoilla 15–17 jätevesivirtaama on 150 m³ vuorokaudessa.

Viikosta 18 alkaen jätevesivirtoja syntyy täyden henkilökapasiteetin mukaan noin 600 m³ vuorokaudessa. Jätevedenpuhdistusjärjestelmän maksimikapasiteetin mukaan jätevettä voidaan kuitenkin käsitellä yhteensä 955 m³ vuorokaudessa; tällöin yhtä henkilöä kohden jätevettä syntyy noin 250 litraa vuorokaudessa ja virtaama on 40 m³ tunnissa. Karibialla ja muualla lämpimässä risteiltäessä risteilyasiakkaat käyttävät suihkuja paljon ja todellinen syntyvän jäteveden määrä on noin 200 litraa/henkilö/vuorokausi. MS6-aluksella jätevettä syntyy 23 m³/h ja NMS1-aluksen arvio on 26m³/h. Jätevedestä muodostuvan lietteen säilytyskapasiteetti tankeissa on 48 tuntia. (Meyer Turku Oy).



Kuvio 4. NMS1-aluksen jätevesivirtojen kehitys.

Taulukossa 1 on kaikkien eri jätevesijakeiden määrien kehitys NMS1 aluksessa kevään 2018 aikana. Määrät on laskettu laivassa asuvan henkilömäärän perusteella ja massabalanssin arvoista on saatu maksimi määrät jokaiselle jätevesijakeelle yhtä henkilöä kohden. Todellisuudessa määrät voivat siis olla hieman pienempiä. Yhtä henkilöä kohden arvioidaan syntyvän 150 litraa jätevettä vuorokauden aikana.

Taulukko 1: Jätevesijakeiden kehitys NMS1-aluksella.

Jätevesijakeiden määrä laivan rakennusvaiheessa						
		BW	GW	FW dec	Bio residue	Dryer cond
vko	hlö	m ³ /vrk				
12	300	5	60	0	0	0
13	750	13	150	0	0	0
14	300	5	60	0	0	0
15	1000	17	200	2,0	0	0
16	1000	17	200	2,0	0	0
17	1000	17	200	2,0	3,8	2,6
18	4220	72	844	8,4	16,2	11,0

Taulukosta 1 nähdään, että viikkojen 12 ja 14 aikana mustaa vettä syntyy 5 m³ ja harmaata vettä 60 m³ vuorokauden aikana. Viikkojen 15–17 aikana jätevesivirtaamat ovat yli kolminkertaiset näihin verrattuna. Tällöin mustaa vettä syntyy 17 m³ ja harmaata vettä 200 m³. Viikolta 15 alkaen kerätään myös ruokajätteestä eroteltua vettä, tätä syntyy kaksi kuutiota vuorokaudessa. Viikosta 18 alkaen nämä määrät nelinkertaistuvat. Tämä aiheuttaa haasteita jätevedenpuhdistukselle, koska bioreaktorin bakteerikanta ei käytännössä pysty kasvamaan yhtä nopeasti, kuin laivassa oleva henkilömäärä.

Laivan rakennusprosessin aikana lähes kaikki awp:ssä käsiteltävästä vedestä on harmaata ja mustaa vettä. Bioreaktorin lietteestä erotellun veden ja kuivurin kondenssiveden puhdistus alkaa awp-systeemissä aikaisintaan 25.4. eli viikolla 17. Määrät ovat viikolla 17 vielä pieniä, noin 3–4 m³ kumpaakin. Matkustajia täynnä olevassa laivassa lietteestä eroteltua vettä syntyy noin 16 m³ ja kuivurin kondenssivettä 11 m³ vuorokaudessa.

Telakalla ollessa laivan jätevettä kierrätetään puhdistusprosessissa uv-reaktoreilta takaisin mixing-tankkiin. UV-valoa ei vielä käytetä desinfiointiin, koska käsiteltävä vesi sisältää runsaasti epäpuhtauksia, jotka kuormittaisivat uv-reaktoria turhan paljon. Mikäli jätevettä syntyy enemmän, kuin prosessissa voidaan kierrättää, jätevettä pumpataan telakan viemäriin.

Bioreaktorin lietteestä ja ruokajätteestä eroteltu vesi, sekä kuivurin kondenssivesi ovat kokonaisjätevesimäärästä pieni osa, mutta ne aiheuttavat suuren BOD₅ -kuorman. Yhteensä näiden BOD₅ -kuorma on kaavion 2 mukaan hieman alle 35 %. Mustan ja harmaan veden aiheuttama BOD₅ -kuorma on 66 %.

4.3 Compliance testaus/soveltuvuustesti

Uusien laivojen järjestelmien tavoiteltu toimivuus todennetaan niin sanotun compliance-testin avulla. Testin tarkoitus on osoittaa, että järjestelmä todella toimii sillä tavoin, kuin sen on suunniteltu toimivan. Jotta testi voidaan suorittaa, täytyy järjestelmän olla kokonaisuudessaan valmis. Risteilyalusten jätevesien puhdistus tapahtuu biologisesti jätevedessä olevien bakteerien avulla, joten koko puhdistusjärjestelmän käyttöönottoon vaadittava aika riippuu bakteerikannan syntymiseen kuluvasta ajasta. Compliance testiä edeltävä vaihe on ns. Maturation and stabilization time eli kypsyminen- ja stabiloimisvaihe laivan luovutuksen jälkeen, joka on se vaihe, jota halutaan lyhyemmäksi. (Meyer Turku Oy).

Jotta compliance -testi voidaan tehdä, kaikkien laivan jätevesivirtojen täytyy olla sen suuruisia ja laatuksia, kuin mitä systeemin suunniteltu kapasiteetti edellyttää. Myös lietteen kuivausta varten oleva kuivuri täytyy olla käytössä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että laiva on jo aloittanut risteilyt täydellä henkilömäärällä ja kaikkia systeemiin liittyviä järjestelmiä käytetään säännöllisesti. (Meyer Turku Oy).

Oletettu bioreaktorin bakteerikannan kypsyminen kestää 2–4 kuukautta siitä, kun laiva toimii täydellä matkustajakapasiteetilla. NMS1 -alus lähtee Turusta 25.4.2018 eli tämä ajanjakso alkaa viikolla 17–18 eli huhti-toukokuun 2018 vaihteessa. Tavoitteena olisi, että bakteerikanta olisi riittävän kehittynyt kesä–heinäkuussa 2018, jotta AWP-järjestelmän compliance testaus voidaan suorittaa. (Meyer Turku Oy).

Compliance-testin vaiheet

Compliance testissä testataan jätevedenpuhdistusjärjestelmän suorituskykyä. Laivojen jätevedenpuhdistusta säätelee Marine Environmental Protection Committee -säädos MEPC.227(64), jossa määritellään muun muassa laivan jätevedenpuhdistusjärjestelmältä vaadittavat puhdistustulokset. Niin sanottu Helcom-sääntö määrittelee tiukemmat parametrit fosforin ja typen poistoa varten laivan kulkiessa Itämeren alueella. Alaskan rannikkovesien suojelemiseksi on puolestaan määritelty niin sanottu Alaskan sääntö,

joka määrittelee tiukemmat parametrit jäännöskloorille ja BOD₅:lle. Laivasopimuksen liitteenä olevassa erittelyssä määritellään, mitä säädöstöjä laiva noudattaa ja tämän mukaan jätevedenpuhdistusjärjestelmän tulisi toimia. Taulukossa 2 on NMS1 -aluksen vaaditut puhdistustulokset eli kuinka paljon puhdistetussa jätevedessä saa olla kiintoainesta (TSS), BOD₅, COD, colibakteereja, klooria, sekä veden tavoiteltu pH. Kloorin hyväksytyt mittausmenetelmät pystyvät vain 0,1 mg/l (eli 100 µg/l) tarkkuuteen, joten käytännössä 100 µg/l on hyväksyttävä kloorimäärä. Tässä mitataan klooria, joka voi reagoida eli kokonaisjäännösklooria (total residual chlorine), joka koostuu vapaasta jäännöskloorista (free residual chlorine) ja typpiyhdisteisiin sitoutuneesta kloorista. (Meyer Turku Oy).

Taulukko 2. NMS1-aluksen jäteveden vaadittu puhdistustulos.

Vaadittu puhdistustulos			
TSS	Geo- metrinen keskiarvo	Alle 25 mg/l	30 pvä keskiarvo
BOD ₅		Alle 25 mg/l	30 pvä keskiarvo
		Ei yli 45 mg/l	7 pvä keskiarvo
COD		alle 125 mg/l	30 pvä keskiarvo
Coli-bakteerit		Alle 15 cfu/100 ml	keskiarvo 1 kk
		<10 % näytteistä 40 cfu/100 ml	
Kloori		Alle 10 µg/l	
pH		6-8,5	

Bakteerikannan kypsymisen ajan laivan jätevedenpuhdistussysteemin online-parametrien pohjalta arvioidaan, milloin compliance-testi voidaan aloittaa. Online -mittaukseen sisältyvät TSS, pH ja lämpötila. Arviointiin käytetään myös niin sanottuja jar-kokeita ja laivan omaa seurantaan spektrofotometrimittausta, sekä visuaalista tarkkailua. Kun AWP-järjestelmän effluentti saavuttaa vaaditut parametrit, voidaan compliance-testaus aloittaa. (Meyer Turku Oy).

Testin aikana laivassa on paikalla telakan edustajia, järjestelmän valmistaja ja tietysti laivan henkilökuntaa. Näytteenotot ja analyysit suoritetaan kolmannen osapuolen palveluina akkreditoidussa laboratorioissa. Compliance-testiä suunniteltaessa olisi hyvä huomioida, että näitä laboratorioita ei välttämättä löydy kaikista laivan vierailemista satamista. Esimerkiksi BOD₅-analyysi tulisi aloittaa vuorokauden sisällä näytteen ottamisesta, joten laboratorion olisi oltava riittävän lähellä laivaa. NMS1-laiva liikennöi vuo-

den 2018 aikana lähinnä Euroopassa, joten sopivan laboratorion löytäminen ei muodosta suurta ongelmaa. (Meyer Turku Oy).

Compliance-testin aikana otetaan vesinäytteitä 30 päivän aikana viisi kappaletta tai enemmän, jos nähdään heti, että näyte on epäonnistunut. Tulokset lähetetään luokituslaitokselle, joka myöntää sertifikaatin tulosten perusteella. Tavoite on, että nämä sertifikaatti on kunnossa, erittelyn mukaiset vaatimukset on täytetty ja compliance-testi on tehty kuuden kuukauden kuluessa luovutuksesta. Tilaajan lopullinen hyväksyntä järjestelmälle tapahtuu näiden testien perusteella.

5 PILOTIN SUUNNITTELU

Pilottia lähdetään toteuttamaan Protect Pipen kanssa taulukon 3 suunnitelman mukaisesti. Bakteriliuosta on käytössä yhteensä 2000 litraa. Bioreaktorin nopeutettuun käynnistämiseen käytetään 1100 litraa, 600 litraa jaetaan wc-istuimiin, rasvaseparattorille, harmaan veden pumppuasemalle, sekä ruokajätteen drain tankkiin. Tarkempaa annostelun säätöä varten varalle on 300 litraa liuosta.

Taulukko 3. Bakterilisän syöttöpisteet ja määrät.

BAKTEERILIUOKSEN PILOTOINTI			
SYÖTTÖPISTEET		ANNOSTUS-TAPA	LIUOKSEN MÄÄRÄ
Sijainti	kpl		Litraa
Jätevesijakeiden sekoitustankki	1	Kerta-annos	1100
Hyttikolmiot Deck 1,2	6	Jatkuva syöttö	600
Grease separator	1		
GW Pump Station 4	1		
FW Drain Tank	1		
Varalle		Tarpeen mukaan	300
Yht	10		2000

5.1 Syöttöpisteet

Telakan tarve koskee bioreaktorin bakterikantaa, varustamon tarve on vähentää putkistoa tukkivaa virtsakiveä ja rikkivetyä. Kokonaisuuden kannalta olisi järkevää käyttää bakterilisää koko laivassa kaikissa mustan veden putkilinjoissa virtsakiven ehkäisyyn, koska nykyisin tähän tarkoitukseen käytössä oleva kemikaali on haitallinen bakteriliuoksen bakteereille. Tällöin bakterilisää syötettäisiin jo prosessin alkuvaiheessa putkis-

tolinjoihin. Pilottiin on valittu yhteensä 10 syöttöpistettä, jotta voidaan vertailla bakteeriliuoksen vaikutusta laivan sisällä, ja myös aikaisemmin muissa laivoissa käytössä oleviin menetelmiin. Bakteeriliuoksen käyttö kaikissa syöttöpisteissä tähtää bioreaktorin nopeampaan käynnistämiseen.

5.1.1 Bakteeriliuoksen syöttö mixing-tankkiin

Jotta bioreaktorin bakteerikannan kehittymistä voitaisiin nopeuttaa, bakteeriliuosta syötetään bioreaktoria edeltävään vaiheeseen jätevesien sekoitus- eli mixing-tankkiin pnostyyppisesti 1100 litraa. Sitä ei kuitenkaan syötetä yhdellä kertaa; annos jaetaan tasaisesti yhden vuorokauden ajalle. Tällöin tasainen syöttövirtaama on noin 46 litraa/h. Tätä varten tullaan selvittämään tarkemmin mahdollisuudet lisätä syöttöpumppu järjestelmään.

Bakteeriliuoksen vaikutusten seuranta mixing-tankissa ja bioreaktorissa tapahtuu näytteiden otolla. Protect Pipe ottaa puhdistetusta vedestä näytteet, jotka analysoidaan ulkopuolisessa laboratoriossa. Näiden näytteiden pohjalta valitaan sopiva ajankohta compliance-testauksen aloittamiseen. NMS1-aluksella on oma mittaus kiintoaineelle (TSS), pH:lle, ja lämpötilalle. Laboratoriossa testattavat näytteet ovat COD ja BOD₅. Tuloksia verrataan aikaisempiin kokemuksiin edellisistä vastaavista laivoista, oleellisenä bakteerikannan kehittymiseen kuluva aika. NMS1-laivassa on edellisiin laivoihin poiketen käytössä koagulointi, mutta sen käyttö voidaan lopettaa hetkellisesti, jotta saadaan vertailukelpoista tietoa.

5.1.2 Mustan veden keräysjärjestelmä

Protect Pipen bakteeriliuos voitaisiin lisätä prosessin mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta siitä saatava hyöty voitaisiin maksimoida ja bakteerit saisivat pitkän ajan kasvamiseen. Tällöin se ehkäisee virtsakiven muodostumista putkistoon, sekä vähentää rikkivedyn muodostumista.

Rakenteilla olevaan laivan saapuva miehistö majoitetaan miehistöhytteihin, jotka sijaitsevat laivan 1 ja 2 kansilla. Tällöin bakteerilisiä tarvitaan vain laivan alaosan putkistoon. Risteilyalusten hyttien tekniikka on keskitetty niin sanottuihin hyttikolmioihin siten, että kaksi hyttiä jakaa yhden hyttikolmion. Bakteeriliuoskanisteri ja syöttöpumppu letkuineen

voitaisiin sijoittaa jätevesiputkilinjojen päätyyn hyttikolmioon. Bakteriliuoksen pilotointiin valitaan kuusi (6) syöttöpistettä 1 ja 2 kansilla.

Käytettäessä bakterilistä wc-istuinten putkilinjoissa, on huomioitava muiden mustan veden putkistojen kemikaalisyötöt. Tällä hetkellä virtsakiven ehkäisyyn käytetään happoa, joka on haitallista bakteriliuoksen bakteereille. Sekä happo, että bakteriliuos annostellaan pienellä pumpulla putkistoon heti wc-istuinten jälkeen. Pumpputyypin vaatimukset ovat molemmille liuoksille samankaltaiset, joten olemassa olevia pumppuja ei tarvitse vaihtaa.

Pilotoinnin aikana bakteriliuoksen vaikutusta mustan veden putkistossa seurataan kuvaamalla putkisto noin kolmen kuukauden välein yhden vuoden ajan. Vertailun vuoksi kuvataan myös putkilinjoja, joihin ei ole käytetty bakteriliuosta. Protect pipe suorittaa tämän työn laivan päällä.

5.1.3 Harmaan veden keräysjärjestelmä

NMS1-aluksella harmaan veden keräilyyn on olemassa kuusi (6) yksikköä ja varastointiin kaksi (2) tankkia. Bakteriliuosta lisätään harmaan veden keräily-yksikköön numero 4, josta vesi menee toiseen varastointitankeista. Näin voitaisiin vertailla bakterilisan vaikutusta harmaavesitankkien välillä. Vertailussa voitaisiin mitata rikkivedyn määrää esimerkiksi varastointitankin ilmaputkesta.

Bakteriliuosta lisätään myös Tag und nacht -ravintolasta tulevaan rasvaiseen keittiövedeen, joka menee AWP-huoneessa olevaan rasvan erottimeen (grease trap). Siten saadaan kokemusta, miten hyvin bakteriliuos vaikuttaa rasvanerottimien puhtaanapitoon. Tätä kautta bakteriliuosta saadaan myös harmaan veden varastointitankkeihin (GW holding tank). Syötettäessä bakteriliuosta keittiövesiin, on huomioitava bakteerilämpötilan kesto. Protect Pipen bakteriliuoksen bakteerit ovat aktiivisia vielä 60 °C:ssa.

Bakteriliuoksen vaikutusta seurataan visuaalisesti tarkastamalla rasvanerotin noin kolmen kuukauden välein ja merkitsemällä havainnot taulukkoon. Tuloksia verrataan aikaisempiin kokemuksiin vastaavilta laivoilta.

5.1.4 Ruokajätteen käsittelyprosessi

Ruokajäte aiheuttaa laivoilla suuren orgaanisen kuorman jätevedenpuhdistusjärjestelmään. Täältä siis löytyy runsaasti ravintoa bakteereille ja tämän vuoksi bakteerilisan vaikutuksia halutaan kokeilla soveltuvaan kohtaan ruokajätteen käsittelyprosessissa. NMS1-aluksen ruokajätteestä erotellaan vettä decanterin avulla. Prosessissa vesi va-luu decanterin drain-tankkiin, ja tänne lisätään bakteeriliuosta. Toinen mahdollinen kohde liuoksen syötölle voisi olla ruokajätteen puristimen drain-tankki. Täällä olevasta vedestä kuitenkin saostetaan kiintoainesta, joka kuivataan kuivurissa. Mikäli tänne syötettäisiin bakteeriliuosta, osa siitä päätyisi mixing-tankin sijaan kuivuriin, ja sillä tavoin menetettäisiin bakteerien tuoma hyöty. Toisaalta tätä kautta voitaisiin saada pidennettyä viipymää ja bakteeriliuoksen bakteereilla olisi enemmän aikaa lisääntyä.

Lisäksi mahdollinen käyttökohde voisi olla laivan keittiöiden lattioiden ja rasvaisten ilmanvaihtokanavien puhdistus. Tällöin olisi huomioitava bakteeriliuokselle sopivat käyttölämpötilat. Nämä kohteet kuitenkin jätetään pilotointivaiheen ulkopuolelle.

5.2 Pilotoinnin aikataulu

Liitteenä 2 olevassa taulukossa on aikajana bakteerilisan pilotoinnista NMS1-laivaan. Se kuvaa ajanjaksoa lähtien siitä, kun NMS1-laivassa alkaa muodostua eri jätevesijakeita ja se päättyy compliance-testauksen loppuun. Taulukossa kerrotaan laivan sijainti kullakin kalenteriviikolla, laivassa oleva henkilömäärä, jätevesivirtojen määrä, bakteerilisan syöttöpisteet ja syöttöajankohdat, sekä vaikutusten monitoroinnin ajankohdat.

Ajanjakson tarkastelu alkaa viikolta 12/2018. Tällöin laivassa asuu miehistöä noin 300 henkilöä, ja voitaisiin ajatella bakteerilisan syöttöä heidän käytössään olevien hyttien wc-linjoihin. Tällöin bakteerilisan syöttöaika saataisiin pitkäksi, ja nähtäisiin, miten bakteeriliuos vaikuttaa virtsakiven muodostumiseen, kun liuoksen käyttö on aloitettu heti, kun wc on otettu käyttöön. Pilotointi toteutetaan kuitenkin siten, että bakteerilisan syöttö hyttien wc-istuimiin aloitetaan viikolla 15, kun laivassa asuu noin 1000 henkilöä. Liuoksen vaikutusta virtsakiven määrään monitoroidaan kuvaamalla putkistoa noin kolmen kuukauden välein. Ensimmäinen kuvaaminen tehdään kesäkuussa 2018.

Harmaan veden käsittelyyn bakteeriliuosta lisätään AWP-huoneessa sijaitsevaan rasvanerottimeen. Tänne alkaa tulla rasvaisia keittiövesiä, kun ravintola Tag und Nacht

otetaan käyttöön viikolla 13, jolloin voitaisiin aikaisintaan aloittaa bakteerilisän syöttö. Pilotoinnissa syöttö rasvanerottimeen aloitetaan viikolla 16. Vaikutuksia arvioidaan tarkastamalla visuaalisesti rasvanerotin täyttyminen muutaman viikon välein.

Bakteeriliuosta syötetään myös harmaan veden pumppuasemalle 4, jonne tulee muun muassa keskilaivassa sijaitsevien hyttien suihkuvesiä ja keittiöiden vesiä. Tähän voitaisiin aloittaa bakteerilisän syöttö aikaisintaan koeajoviikolla eli viikolla 13. Pilotointi toteutetaan siten, että bakteerilisän syöttö pumppuasemalle aloitetaan viikolla 15 ja sitä jatketaan muutaman viikon ajan. Bakteerilisän vaikutusta rikkivedyn muodostumiseen mitataan soveltuvasta kohdasta GW holding tankista. Vertailudataa ei ole olemassa, joten bakteeriliuoksen vaikutusten arvioinnissa voidaan käyttää apuna esim. rikkivedyn eri pitoisuuksien terveystaikutuksia.

Ruokajätteen dekanteriin voidaan syöttää bakteerilisää, kun laivan miehistöravintola (crew mess) ja matkustajaravintola Tag und Nacht on otettu käyttöön ja niistä tulee riittävästi ruokajätettä. Sopiva liuoksen syöttöajankohta on, kun ruokajätteen prässi ja dekanteri ovat käytössä viikolta 17 lähtien. Bakteeriliuoksen vaikutusta arvioidaan visuaalisilla tarkastuksilla.

Bakteerilisän soveltuva syöttöajankohta Mixing-tankkiin on silloin, kun laivassa on henkilökapasiteetti täynnä. Friends and Family -risteily on ensimmäinen risteily, jolloin laivassa on yli 4000 ihmistä, ja se alkaa viikolla 18/2018.

Bakteerilisän vaikutusten mittaamisessa käytetään hyödyksi laivan omia järjestelmiä, jotka mittaavat jatkuvasti puhdistetusta jätevedestä lämpötilaa, kiintoaineen määrää ja pH:ta. Lisäksi käytetään jatkuvaa visuaalista tarkastusta kaikissa prosessin osissa. Tuloksia verrataan aikaisempiin kokemuksiin ja mittatuloksiin samantyyppisillä laivoilla. Vertailussa tulee huomioida mahdolliset toisistaan poikkeavat olosuhteet, jotka saattavat vaikuttaa mittaustuloksiin. Esimerkiksi huomioidaan eri laivojen jätevesijärjestelmien operointityylien vaihtelut; miten prosessin eri osia on käytetty ja mitä kaikkia eri jätevesijakeita puhdistusjärjestelmässä on puhdistettu. Lisäksi tulisi arvioida mittatulosten luotettavuutta.

5.3 Kustannukset

Protect Popen Meyer Turku Oy:lle tehdyn tarjouksen mukaan bakteeriliuoksen litrahinta on 9,80 euroa. Yhteensä Protect Popen bakteerilisäliuospilotointi NMS1 -laivaan mak-

saa noin 20 000 euroa, kuten taulukosta 5 nähdään. Toimitukseen sisältyy 90 kpl 20 litran kanisteria (yhteensä noin 2000 litraa) bakteeriliuosta, sekä sen toimitus kohteeseen, suunnittelu- ja käyttöönottopalvelua, tarkastuskäynnit aluksella, viemärikuvaukset kolme kertaa, sekä jäteveden analysointi laboratoriossa. Lisäksi NMS1 -laivan pilottiin tarvitaan neljä kappaletta liuoksen annostelupumppuja, joiden hinta on yhteensä noin 670 euroa. (Meyer Turku Oy).

Taulukko 4. Protect Popen bakteeriliuoksen hintatarjous eriteltynä.

BAKTEERILISÄN HINTA		
Määrä	Hinta	
Litraa	€/Litra	Yht
1 100	9,80	10 780
600		5 880
2 000		19 600

Bakteeriliuoksen kustannushyöty liittyy suoraan siihen, kuinka paljon sen avulla voidaan lyhentää bakteerikannan muodostumiseen kuluva aikaa. Tällä hetkellä aikaa kuluu noin 2–3 kuukautta ja varustamon toiveen mukaisesti koko tänä aikana telakan on tarjottava henkilöstöpalveluja. Laivan tilaaja on toivonut, että bioreaktorin kypsyminen ja stabiloitumisaikana laivassa on koko ajan mukana joko systeemitoimittajien tai telakan edustaja. Tänä aikana järjestelmää ajetaan ylös ja koulutetaan laivan miehistöä operoimaan järjestelmää oikein. Tästä syntyy kuitenkin suuret kustannukset telakalle; noin 5000–10 000 euroa viikossa (Meyer Turku Oy).

Todellista bioreaktorin käynnistymisaikaa bakteeriliuoksen avulla ei vielä tiedetä, mutta teoriassa käynnistyminen voisi tapahtua hyvin nopeasti. Ei myöskään tiedetä varmaksi, riittääkö tähän suunniteltu 1100 litraa liuosta. Käytännössä bakteerit tarvitsevat uusiin elinolosuhteisiin vaaditun tottumisajan, jonka jälkeen ne lisääntyvät nopeasti. Näin ollen ei välttämättä ole mielekästä lisätä kovin suurta määrää bakteereja, järkevämpää saattaa olla antaa bioreaktorin mikrobikannan kypsyä rauhassa jonkin aikaa.

Bakteeriliuoksen käytön taloudellisia vaikutuksia on haastavaa arvioida, koska siitä on toistaiseksi vähän kokemusta. Protect Popen tuotetta on käytetty Birka Cruisesin -laivoilla vuoden 2017 ja 2018 aikana, ja sieltä saadut kokemukset ovat olleet positiivisia. Työvoimakustannuksissa voidaan säästää, kun bakteeriliuosta käytetään mustan veden linjassa ehkäisemään putkitukoksia. Klas Alftanin mukaan esimerkiksi ”M/S Birkalla

käytettiin viime vuonna 150 työvoimatuntia pelkästään akuuttien putkitukosten avaamiseen. Jokainen akuutti putkitukos on koskettanut keskimäärin viittä hyttiä, joissa matkustajia on 2–4kpl.” Lisäksi Birkalla on säästetty työvoimakustannuksissa, kun keittiöiden rasvanerotimien tyhjennysväli on pidentynyt 600 %, joka vastaa noin 50 tunnin säästöä työajassa.

Mikäli laivassa käytetään laajasti bakteeriliuosta, voidaan säästää kemikaalikustannuksissa, koska niitä ei tarvita. Näitä ovat muun muassa happoihin perustuvat viemärinavausaineet ja hajusteet, joita käytetään neutraloimaan jätevesijärjestelmän aiheuttamia hajuhaittoja. (Protect Pipe). Biomarine bakteeriliuoksen litrahinta on kuitenkin suurempi, kuin perinteisten kemikaalien. Sopivaa bakteeriliuoksen annostelua tähän tarkoitukseen ei vielä tiedetä, joten kokonaiskustannusten arvioiminen ja vertailu on haastavaa.

Brändiarvoon vaikuttava epäsuora taloudellinen vaikutus voidaan ajatella tulevan siitä, kun haitallisia ja vaarallisia kemikaaleja käytetään vähemmän. Varustamo voi saada taloudellista hyötyä, kun yritys vastuullisuutta ja ympäristöystävällisiä arvoja hyödynnetään markkinoinnissa.

6 SAAVUTETTAVAT HYÖDYT

Bakteeriliuoksen käytöllä voidaan saavuttaa taloudellisia hyötyjä, kun säästetään henkilöstökustannuksissa, korjauskustannuksissa, sekä laitteiston sertifiointiin liittyvissä lupamaksuissa. Viranomaistahon kautta tuleva tavoite on, että 6 kk laivan luovutuksesta compliance-testi on suoritettu. Tämän ajan laivalla on mahdollisuus käyttää poikkeuslupaa, jotta se saa liikennöidä. Lisäksi nopeammin toimintakuntoon saatu jätevedenkäsittelyjärjestelmä aiheuttaa vähemmän ympäristökuormitusta, kun heikosti puhdistettua jätevettä ei lasketa mereen.

Tyypillisesti laivojen bioreaktoreihin kohdistuu kuorman vaihteluita. Näitä voitaisiin kompensoida bakteeriliuoksen avulla. Tällöin tavoitetaan bioreaktorin parempi toimintavarmuus myös äkillisissä shokkitilanteissa, joita saattaa tulla esimerkiksi juomaveden superkloorauksen yhteydessä.

Protect pipen bakteeriliuoksen vaikutukset putkistoon ovat positiiviset. Protect pipen mukaan heidän tuotteensa muodostaa putkien sisäpinnalle suojaavan biofilmin ja voi siten ehkäistä putkitukoksia, korroosiota ja vähentää haitallisten kaasujen muodostumista jätevesien keräysjärjestelmään. Laajamittaista käytännön kokemusta tästä ei ole vielä, mutta on mahdollista, että korroosiovaikutusten vähentyessä säästettäisiin korjauskustannuksissa. Aikaisemmin putkitukokset on hoidettu esimerkiksi rikkihapon tai natriumhydroksidin avulla syöttämällä sitä manuaalisesti tukoskohtaan. Tämä voi aiheuttaa työtapaturmia, joten bakteeriliuoksen käyttö mustan veden linjassa edesauttaa työturvallisuutta. (Protect Pipe).

Tulevaisuudessa bakteeriliuoksen käyttö voisi olla telakalla normaali jäteveden puhdistusjärjestelmän ylösajoon liittyvä toimenpide, mikäli bioreaktorin kehittyminen nopeutuu selvästi ja bakteeriliuoksen käyttö osoittautuu kustannustehokkaaksi toimenpiteeksi. Tällöin liuoksen syöttö ja bakteerikannan kasvun seuranta voisi toimia telakalle ostopalveluperiaatteella.

Laivojen operatiiviseen puoleen liittyen bakteeriliuosta voitaisiin käyttää jatkuvasti jätevedenkeräilyjärjestelmässä koko laivassa. Tällöin perinteisesti käytettyjä putkistonpuhdistuskemikaaleja tarvittaisiin vähemmän. Kun käyttökokemuksia vaikutuksista putkitukoksiin ja rasvanerottimiin on saatu riittävän paljon, voidaan arvioida

saavutettavat kustannushyödyt ja muut edut. Myös mahdolliset riskit voidaan tunnistaa tarkemmin käyttökokemuksen kasvaessa.

LÄHTEET

Ari Levander, Meyer Turku Oy. 2018. Henkilömäärät laivan rakennusvaiheessa. Sähköpostiviesti 23.1.2018. Vastaanottaja Venla Käyhkö.

Bionetix International, The use of bcp57ct in the winter startup of wastewater treatment in a pulp and paper mill, case study. Viitattu 19.2.2018. www.bionetix-international.com/resources/casestudies/cs_bcp57ct.pdf.

Charlie Suggate, Gold Coast Water, 2008. Startup & commissioning of a low loaded Wastewater treatment plant, 34th Annual Qld Water Industry Operations Workshop Indoor Sports Stadium, Caloundra 16 to 18 June, 2009. Viitattu 21.2.2018. www.wioa.org.au/conference_papers/09_qld/documents/CharlieSuggate.pdf

Convention on the Protection of the Marine Environment of the Baltic Sea Area, Amendment to Annex IV of the Helsinki Convention on the Prohibition of Incineration of Ship-Generated Wastes On Board Ships in the Territorial Seas of the Contracting Parties, 1993. Baltic Marine Environment Protection Helcom 14/18, Commission - Helsinki Commission -Annex 14.

Itä-Suomen Yliopisto, 2006. Solunetti, nettisivu, viitattu 19.2.2018. www.solunetti.fi/fi/solubiologia/mikrobit.

Klas Alfthan, Protect Pipe. Bakteeriliuostuotteen tietoja. Sähköpostiviestit ja haastattelut 2017-2018. Vastaanottaja Venla Käyhkö.

Olli Pyykkönen ja Veli-Matti Peltonen, Meyer Turku Oy. Laivojen jätevedenpuhdistusjärjestelmät. Sähköpostiviestit ja haastattelut 2017–2018. Vastaanottaja Venla Käyhkö.

Pelto-Huikko, A ja Vieno N, 2009. Vesikoulu Tietopaketti jätevedestä, sen puhdistuksesta ja ympäristövaikutuksista Suomessa. Vesi-instituutti WANDER/Prizztech, 9-11. Viitattu 19.2.2018. www.vesikoulu.fi/assets/docs/vesikoulu_tietopaketti_jatevedesta.pdf.

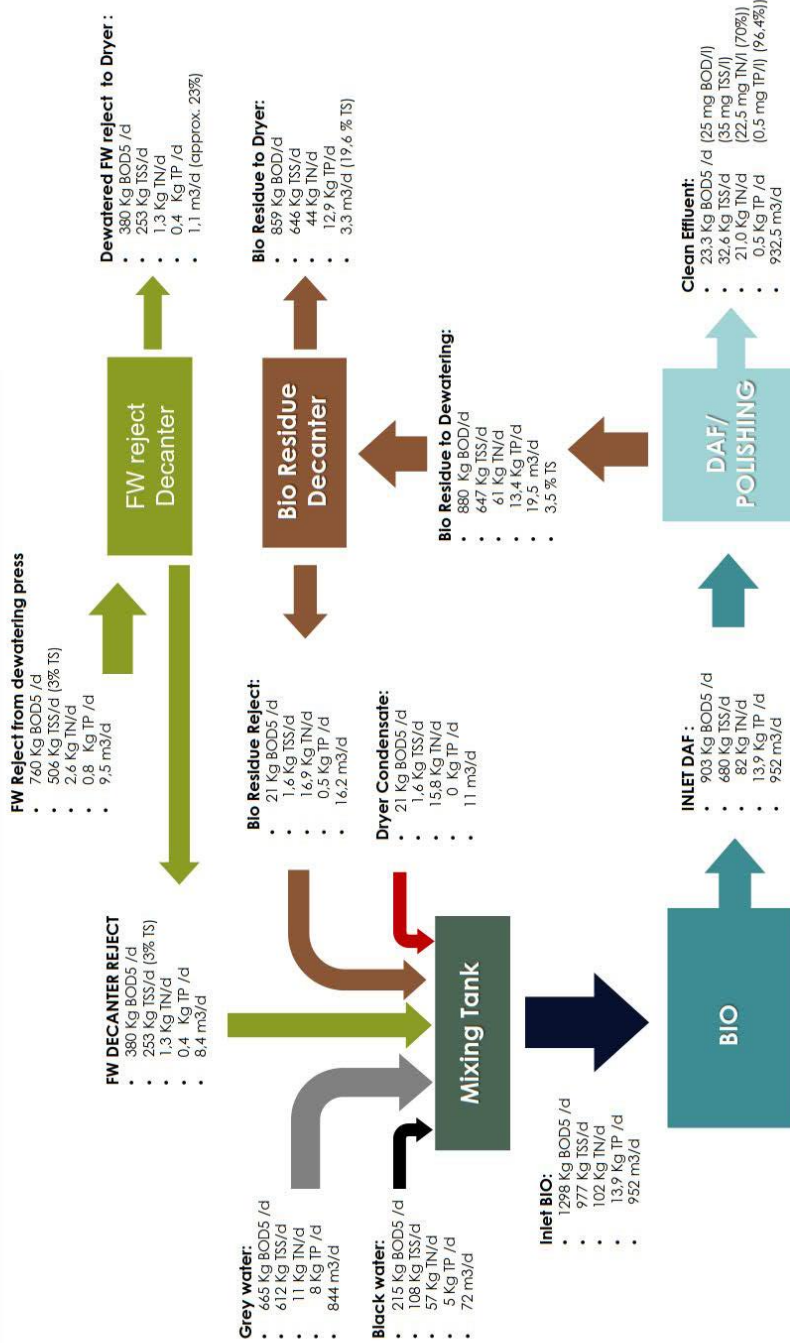
RIL 124-2 Vesihuolto II. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 2004. Sivut 169-175.

Suvilampi, Mein Schiff - operation manual for AWP and wet waste treatment, Rev B 180817. Meyer Turku Oy.

Työterveyslaitos, Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet –turvallisuusohjeet, rikkivety. Viitattu 19.2.2018. www.ttl.fi/ova/rikkivet.html.

MS-laivojen AWP:n massabalanssi

AWP Mass Balance – TUI 4220PE
HELCOM MEPC227(64)



Rev. 3 January 20th 2016

