
ADVANCED SEWAGE WATER TREATMENT SYSTEMS ON CRUISE VESSELS

Žarko Koboević

University of Dubrovnik – Maritime Department, Croatia, zarko.koboevic@unidu.hr

Ivica Krmek

University of Dubrovnik – Maritime Department, Croatia, ivica.krmek@unidu.hr

Abstract: The purpose of this article is to show what parts they consist of and how *advanced wastewater treatment system* works on cruise ships. Fecal wastewater from the superstructure on ships is treated in an integrated *wastewater treatment system*. It is an advanced automated system consisting of several processes. The first process is the treatment of wastewater in a pre-filter where solid particles and mechanical impurities are separated from it. The next step is treatment in a bio-reactor where aerobic bacteria break down organic particles and convert it into energy and carbon dioxide. This is followed by chemical treatment in a flotation unit in which the particles react with the coagulant and polymer to form larger particles of waste material which are subsequently physically removed from the water. Towards the end of the process, the wastewater passes through a fine polishing filter that removes any residual impurities, and at the very end is disinfected with ultraviolet rays in a UV unit. Clean disinfected wastewater is stored in clean water tanks before being discharged into the sea or discharged directly into the sea. The bio-sludge processing and incineration system is used for the processing of wet sludge from the food waste processing system and from the wastewater treatment system. From the liquid sludge, water can be removed in the decanter devices, and then transfers it to the dryer by pumps in order to completely dry the precipitate, and so that it can finally be gradually dosed and burned in the incinerator. In emergencies, there is a possibility that the sludge can be pumped out from the ship.

Keywords: faecal water, advanced wastewater treatment plant, flotation, coagulant, sludge.

NAPREDNI SUSTAVI ZA TRETIRANJE FEKALNIH VODA NA KRUZERIMA

Žarko Koboević

Sveučilište u Dubrovniku - Pomorski odjel, Hrvatska, zarko.koboevic@unidu.hr

Ivica Krmek

Sveučilište u Dubrovniku - Pomorski odjel, Hrvatska, ivica.krmek@unidu.hr

Sažetak: Svrha ovog članka je prikazati od kojih dijelova se sastoje i kako funkcioniraju napredni uređaji za pročišćavanje otpadnih (fekalnih) voda na brodovima za kružna putovanja. Otpadne vode iz nadgrađa se prerađuju u integriranom sustavu za obradu otpadnih voda. To je napredni automatizirani sustav koji se sastoji od nekoliko procesa. Prvi proces je tretiranje otpadne vode u pre-filteru gdje se iz nje odvajaju krute čestice i mehaničke nečistoće. Slijedeći korak je tretiranje u bio-reaktoru gdje aerobne bakterije razgrađuju organske tvari i pretvaraju ih u energiju i ugljični dioksid. Nakon toga sljedi kemijski tretman u flotacijskoj jedinici kod kojeg čestice reagiraju s koagulantom i polimerom i formiraju krupnije čestice otpadnog materijala koji se naknadno fizički uklanjaju iz vode. Pred kraj procesa otpadna voda prolazi kroz fini filter za poliranje koji uklanjaju bilo kakve zaostale nečistoće, te na samom kraju se dezinficira ultraljubičastim zrakama u UV jedinici. Čista dezinficirana otpadna voda se skladišti u tankovima čiste vode prije ispuštanja u more ili se izravno ispušta u more. Sustav za preradu i spaljivanje bio-taloga služi za preradu mokrog taloga iz sustava za preradu otpadaka hrane i iz sustava za preradu otpadnih voda. Mokrom talogu se tekućina odvaja u uređajima - dekanterima, a nakon toga se prebacuje pumpama u sušioc da bi se u potpunosti osušio talog, te da bi se na kraju mogao postepeno dozirati i spaliti u inceneratoru. U nužnim slučajevima, postoji mogućnost da se talog može ispumpavati i izvan broda.

Glavne riječi: fekalne vode, napredni uređaj za tretiranje otpadnih voda, flotacija, koagulant, talog

1. UVOD

Kompanije s putničkim brodovima su dio turizma s najbržim razvojem na svijetu, s brojem putnika na brodovima koji raste dvostruko brže od bilo kojih drugih vrsta putovanja u posljednjih 10 godina. Putnički brodovi su kao putujući gradovi, neki ploveći s više od 8000 ljudi na brodu po svim oceanima diljem svijeta, često u najčišćim obalnim morima i osjetljivim morskim eko-sustavima. Kako se ova grana turizma nastavlja ubrzano razvijati, postoji povećana briga posvećena utjecaju putničkih brodova na kvalitetu i čistoću mora. Otpadne vode na brodovima se dijele na crne i sive vode. Pod crnim vodama smatramo otpadne vode koje su nastale akumuliranjem iz WC školjki,

bolnica i pisoara. Pod sivim vodama se smatraju otpadne vode koje dolaze iz tuševa, umivaonika, brodske praone i otpadne vode iz kuhinje. (Koboević et al. 2011). Otpadne vode s ovih brodova sadrže fekalne vode i otrovne kemikalije. Fekalije su nositelji bakterija i virusa koji su štetni za ljudsko zdravlje, i mogu također razboliti i ubiti živa bića u moru, uključujući i koralje. (Koboević et al. 2012.). Veliki brodovi proizvode velike količine fekalnih otpadnih voda koje moraju proći kroz razne tretmane prije nego što se ispuste izvan broda. Ti tretmani su uvjetovani propisima raznih međunarodnih organizacija. MARPOL Prilog IV se bavi pitanjima fekalnih voda i ograničuju njihovo ispuštanje. (Koboević et al. 2011). Sustavi za obradu i tretiranje fekalnih voda na brodovima postaju sve složeniji, napredniji i efikasniji, ali i zahtjevniji i kompliciraniji za održavanje. U biti cilji im je da sve otpadne vode budu prerađene u stanje potpuno čiste vode a svi krupni otpadi pretvore se u pepeo, prah i dim ili se sve to dovede u mogućnost potpunog recirkiranja.

2. MATERIJAL I METODE – NAPREDNI INTEGRIRANI SUSTAVI ZA OBRADU OTPADNIH VODA

Scanship-ov “Napredni integrirani sustav za obradu otpadnih voda” (*Advanced Wastewater Purification system - AWP*) opisan u ovom radu posebno je dizajniran da udovolji i najstrožim svjetskim standardima ispuštanja voda u more po MARPOL konvenciji i IMO propisima za ispuste. (Scanship, 2006.)

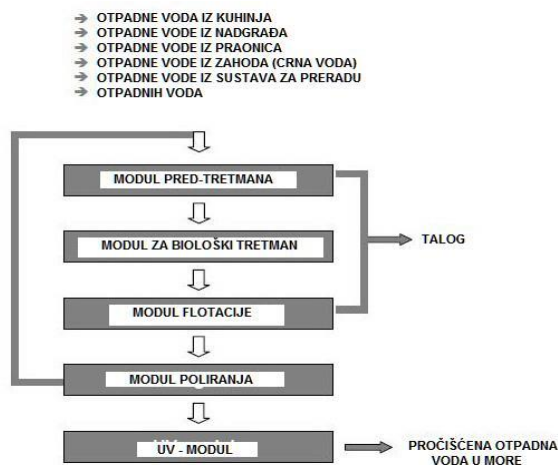
Sustav se temelji na mehaničkom pre-filtriranju, uklanjanje organskih tvari u biloškom procesu s bio-filmom, uklanjanjem hranjivih tvari i čestica kemijskom obradom i flotacijom, gravitacijskom filtracijom u filterima za poliranje i UV dezinfekcijom. Scanship proizvodi postrojenja za manje putničke brodove s nekoliko stotina putnika do najvećih putničkih brodova na svijetu s više od 8000 ljudi na brodu. Ovaj učinkoviti proces osigurava kristalno čistu pročišćenu vodu s minimalnom količinom čestica, organskih tvari, hranjivih tvari, bakterija te ostalih opasnih komponenti. Ispuštena pročišćena otpadna voda kontinuirano se nadzire i bilježi.

Najmoderniji i najučinkovitiji sustav pročišćavanja otpadnih voda koji se ugrađuje na putničke brodove sastoji se od procesa koji sadrži pet faza: (Scanship, 2006.)

- faza predobrade otpadne vode
- faza biološkog tretmana mikro-organizmima
- flokulacija i flotacija
- faza završnog filtriranja
- završna obrada s ultraljubičastim zrakama

Ovakvim procesom dobiva se potpuno pročišćena otpadna voda koja udovoljava svim propisima i može biti ispuštena izvan broda. Shema jednog takvog sustava prikazana je na slici 1.

Slika 1. Sustav obrade otpadne vode (Scanship, 2006.)



2.1. Modul za pred-tretman

Ovaj modul predstavlja mehanički filter i njegova svrha je da uklanja mehaničke nečistoće iz otpadne vode, a ujedno i masne čestice. Na ovaj filter dovodi se ujedno i „crna“ i „siva“ voda. Odstranjuju se krupnije čestice kao što su papirići, opušci, komadići plastike itd. Glavni razlog predobrade otpadne vode je da se spriječi mehaničko oštećenje

opreme u sljedećim jedinicama obradnog procesa i da se izbjegne začepljenje i blokada u cijevnim sustavima. Proces predobrade temelji se na grubim filter mrežicama koje neprestano rotiraju. Otpadna voda dolazi na mrežicu na kojoj ostaju krupne čestice i tvrde masnoće, a prolazi samo tekući dio otpadne vode. Čestice prikupljene na mrežici skidaju se strugačem i automatski vode do spremnika za talog. Nakon ovoga Pred-filtera otpadna voda ide dalje u Tank za miješanje iz kojeg pomješanu otpadnu vodu šalju u „bio-reaktor“. U Tanku za miješanje otpadna voda se stalno miješa komprimiranim zrakom da ne bi došlo do taloženja u tanku, a i anaerobne atmosfere. Krute čestice odvojene filterom padaju u tank taloga koji se obično nalazi ispod filtera. (Scanship, 2006.).

2.2. Modul za biološki tretman (bio-reaktor)

Nakon modula za predobradu, otpadna voda ulazi u spremnik za miješanje gdje se obavlja biološka razgradnja organske tvari. U spremniku za miješanje nalaze se mikroorganizmi koji razgrađuju organsku tvar uz pomoć aerobnih bakterija. One se hrane organskim tvarima i pretvaraju ih u energiju i ugljični-dioksid CO₂. Proces se zasniva na plastičnim nositeljima bakterija koji imaju dovoljnu površinu za hvatanje i nastambu bakterija koje formiraju tanki sloj biofilm-a. Kod ovog procesa je pozitivna stvar što bakterije ostaju rezidentne u procesu, a ne troše se tijekom procesa. Energija kod ovog procesa troši se samo na upuhivanje svježeg zraka. Uz pomoć kompresora upuhuje se neprestano zrak u spremnik kako bi se osiguralo dostatno kisika za mikroorganizme, izazvalo vrtloženje otpadne vode u spremniku koje onemogućuje taloženje organskih tvari na dnu spremnika. U spremniku za miješanje razgradi se velika većina organske tvari koju sadrže otpadne vode. Ovaj proces sastoji se od dva bio-reaktora koji su spojeni u seriju. CO₂ se uklanja iz vode pomoću odusnika tanka i odvodi u atmosferu. Da bi se osigurao optimalan rad reaktora bez pjenjenja u ispušnom kolektoru plinova koristi se kemikalija protiv pjenjenja koja se dozira u bioreaktor pumpom za doziranje. Važni parametri koji se nadgledaju u ovom dijelu procesa su temperatura i pH vrijednost.

2.3. Modul flotacije

Sastoji se od: flokulacijske jedinice, jedinice za doziranje koagulanta, jedinica za doziranje polimera, flotacijske jedinice te jedinice za raspršivanje.

Modul flotacije je glavni proces odjeljivanja i čišćenja u ovom postrojenju za tretman otpadnih voda. Ovaj fizički i kemijski proces uklanja krute tvari i masti zaostale u otpadnoj vodi. U ovom procesu koriste se kemijski proces flokulacije i koaguliranja.

Lagane čestice (*flocks*) se formiraju u tanku za flokulaciju. Na ulazu u tank za flokulaciju otpadnoj vodi dodava se kemikalija – koagulant. Ovo uzrokuje reakciju koagulanta sa hranjivim tvarima u otpadnoj vodi. Nakon tanka za flokulaciju otpadna voda ulazi u flotacijsku jedinicu gdje se ove sitne čestice uklanjaju. Reakcija između koagulanta i otpadne vode ima određenu pH vrijednost koja se mora održavati u svim uvjetima i različitim količinama protoka. Tako su ovi flokulant tankovi opremljeni s pH osjetilom i daljinskom regulacijom doziranja kemikalije.

Koagulant se temelji na aluminijskom kloridu koji je rastopljen u kiselini. Kada se koagulant dodaje vodi tada se mijenja površinska napetost čestica i jakost iona. Ovo uzrokuje povezivanje masnih čestica u veće čestice koje se nakon toga lakše uklanjaju u flotacijskoj jedinici. Učinkovitost flotacijske jedinice skoro u potpunosti zavisi o količini doziranog koagulanta, pH vrijednosti i kvaliteti miješanja koagulanta s otpadnom vodom u tanku za flokulaciju. Koagulant se dodava s obzirom na količinu otpadne vode i protoka zajedno s polimerom za flokulaciju. Ova vrsta kemijskog tretmana omogućava formiranje velikih otpadnih čestica i njihovo jednostavnije uklanjanje iz otpadne vode. Polimer se dodaje na izlazu iz tanka za flokulaciju. Polimer u otpadnoj vodi povećava i ojačava čestice da bi se kasnije lakše odvojile iz vode.

Fotacijska jedinica odvaja čestice iz otpadne vode putem plutajućih mehanizama. Čestice koje ona uklanja su uglavnom stvorene kemijskim koagulacijskim procesom iz manjih čestica masti i hranjivih tvari. Kada otpadna voda uđe s donje strane flotacijske jedinice, voda za raspršivanje pod tlakom se ubrizgava i stvara male mikro mjehuriće u otpadnoj vodi. Ovi mikro mjehurići omogućavaju isplutavanje velikih otpadnih čestica nastalih pri kemijskoj obradi gurajući ih prema površini da bi se nakon toga automatski uklonili s površine strugačem. Pročišćena otpadna voda nastavlja put kroz konus u sredini jedinice prema sljedećem koraku tretmana – filterima za poliranje.

2.4. Modul filtera za poliranje

Nakon modula za flotaciju, otpadna voda ide u proces za završno, odnosno fino filtriranje. U procesu finog filtriranja iz vode se uklanjaju zaostale čestice uz pomoć filtera u obliku bubnja finoće mrežice od 40 do 60 µm. Čestice i masnoće koje ostanu na ovom filteru automatski se uklanjaju uz pomoć uređaja koji je postavljen unutar bubnja i djeluje na način da struže po mrežici filtera. U svrhu poboljšanja cijelog procesa, s vanjske strane filtera postavljena je mlaznica koja neprestano polijeva mrežicu filtera čistom vodom.

Proces finog filtriranja također može uključivati i dodatni kemijski tretman otpadne vode. Dodatni kemijski tretman uključuje dodavanje klora kao dezinfekcijskog sredstva, ali s upotrebom UV modula u procesu obrade otpadne vode dodatno dodavanje klora se može izbjeći. U procesu finog filtriranja također se automatski mjeri zamućenost vode. Ako nije postignuta zadana razina čistoće tretmanom, otpadna voda vraća se natrag u proces.

2.5. UV modul – jedinica za dezinfekciju

Zadnji proces kod ovog tretmana otpadnih voda je neutraliziranje bakterija i virusa, a to se postiže UV dezinfekcijom. U ovom sustavu nalaze se 3 jedinice za dezinfekciju koje rade spojene u seriju. Učinkovitost uklanjanja zaostalih bakterija i virusa je 99,9%. Ovaj način pročišćavanja ekološki je prihvatljiv jer nema dodatnog dodavanja kemikalija kao npr. klora i nema opasnosti od dodatnog zagađenja vode. Također ne mijenja se sastav vode. UV lampe imaju malu potrošnju energije i jednostavne su za održavanje.

2.6. TSS modul

Prije samog ispuštanja pročišćene otpadne vode izvan broda, voda prolazi kroz TSS (*Total Suspended Solids*) modul. Jedinica je postavljena na izlaznoj cijevi UV jedinice i to je glavni kontrolni parametar cijelog postrojenja uz mjerenje i kontrolu pH vrijednosti. S obzirom na parametar TSS-a koji očitava, ona određuje hoće li voda ići u čiste tankove tj. van broda ili natrag na početak sustava obrade.

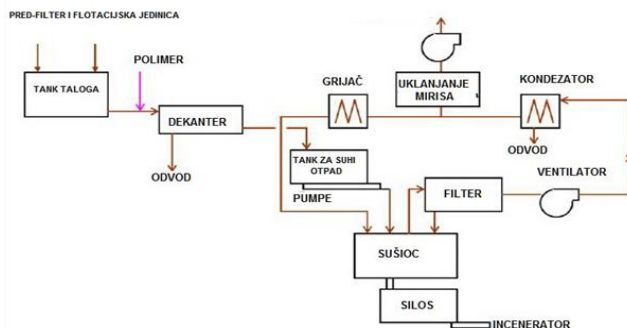
TSS modul mjeri broj nečistoća u vodi koje su izražene kao TSS indeks. Nečistoće su organske i anorganske materije koje umanjuju kvalitetu vode upijajući svjetlost. Samim time voda postaje toplija i smanjuje se sposobnost vode da zadrži količinu kisika neophodnu za život u njoj. Da bi se voda mogla ispustiti izvan broda TSS indeks mora biti manji od 30 mg/l. Ako je TSS veći od 30 mg/l voda se ponovno vraća u proces pročišćavanja.

2.7. Obrada Taloga

Talog nastaje kao ostatni dio prilikom procesa obrade brodskih otpadnih voda. Da bi se talog mogao spaliti u spalionici otpada potrebno ga je pravilno obraditi. Pod pojmom obrade taloga misli se na izdvajanje vode iz taloga da bi se omogućilo njegovo lakše izgaranje. Talog se obrađuje u dvije osnovne faze:

- odvlaživanje
- sušenje taloga

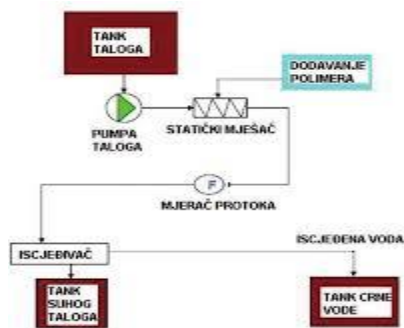
Slika 2. Sustav prerade bio-taloga (Royal Caribbean Cruise Lines, 2006.)



2.7.1. Odvlaživanje taloga

Talog se iz spremnika taloga uz pomoć pumpi prebacuje do iscjeđivača taloga. Na putu od spremnika do iscjeđivača talog polazi kroz statički mješać gdje se dodaje kemikalija u obliku polimera koja dovodi do stvrdnjavanja krutih čestica i do odvajanja krutih čestica od vode. Nakon iscjeđivača izdvojeni talog ide u spremnik za suhi talog a iscijedena (odvojena) voda u spremnik za prikupljanje crne otpadne vode.

Slika 3. Sustav za odvlaživanje taloga (Scanship Enviromental AS, 2006.)



U stanici za dodavanje polimera nalazi se već spomenuta kemikalija u obliku polimera koja se automatski dozira u talog, a pumpa ga dobavlja iz spremnika taloga prema iscjeđivaču. U statičkom mješaču dolazi do miješanja taloga i te kemikalije.

Iscjeđivač koji radi na principu odvajanja krutih čestica od tekućih uz pomoć centrifugalne sile, koristi se za odvlaživanje taloga. Tri čaše na slici 4. prikazuju kako izgleda talog koji ulazi u iscjeđivač i kako izlazi iz iscjeđivača iscijeđena voda i odvlaženi talog.

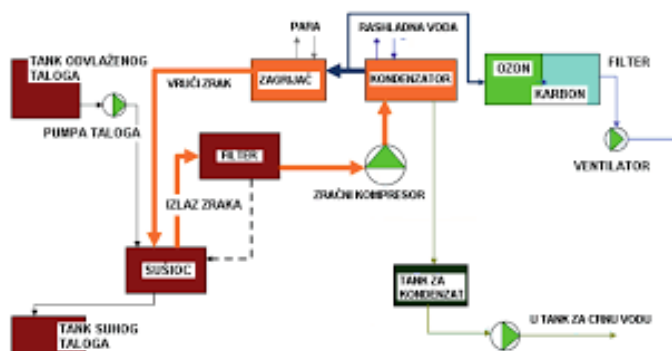
Slika 4. Rezultat procesa u iscjeđivaču (Scanship, 2006.)



2.7.2. Sušenje taloga

Talog se nakon tretmana u iscjeđivaču prebacuje u spremnik za odvlaženi talog u kojem se nalaze lopatice koje se neprestano vrte i drže talog u homogenom stanju. Iz spremnika za odvlaženi talog, talog se uz pomoć pumpi prebacuje u postrojenje za sušenje taloga.

Slika 5. Sustav za sušenje taloga (Scanship Enviromental AS, 2006.)



Talog se u sušari suši uz pomoć parnih grijača. Proces sušenja je zatvoreni krug zbog neugodnih mirisa. Zrak koji grije talog prilikom napuštanja sušitelja zasićen je vlagom i prvo prolazi kroz filter te se uz pomoć kompresora potiskuje u kondenzator. Vлага se iz vrućeg zasićenog zraka u kondenzatoru kondenzira, a ostatak zraka ponovno ide u zagrijač. Dio zraka koji se ispušta u atmosferu prolazi kroz filter za uklanjanje neugodnih mirisa Nakon što je obavljen postupak sušenja, talog se prebacuje u spremnik za suhi talog iz kojeg se dozira i ubacuje u brodsku spalionicu otpada.

Kondenzat od vlage iz vrućeg zraka prikuplja se u spremnik za kondenzat i potom se uz pomoć pumpi prebacuje u sustav za prikupljanje crne vode.

Osušena bio masa bi trebala imati otprilike 75-80 % odstranjene vlažnosti i granulastog je izgleda.

Slika 6. Prikaz obrađene bio-mase (taloga) - a) talog prije cijedenja b) talog prije sušenja c) osušena bio-masa (Scanship, 2006.)



3. REZULTATI I DISKUSIJA

Napredni uređaji za pročišćavanje otpadnih (fekalnih) voda (*Advanced Wastewater Treatment-AWT*) općenito je pojam koji obuhvaća tretman namijenjen uklanjanju bilo kojih štetnih tvari. Proizvođači postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda za brodove poboljšani su u posljednjih 10 godina i nastavljaju nadograđivati postojeće i proizvode složenije postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda s boljom kvalitetom otpadnih voda. (Bupić et al 1998.) Za definiranje svojstava opreme za pročišćavanje otpadnih voda i otpadnih voda koriste se sljedeći pokazatelji: biokemijska potreba za kisikom za pet dana - BPK5, koliformne bakterije, lebdeće krute tvari. (Kobojević, 2015.). Ovi uređaji zadovoljavaju sve tražene kriterije i njihovi rezultati su ispod maksimalno dopuštenih granica raznih propisanih pokazatelja. Fekalne otpadne vode se tretiraju u sustavu obrade otpadnih voda iz kojeg dobivamo potpuno čistu te dezinficiranu vodu koja zadovoljava i najstrože propise. (Kobojević, 2020.). Otpatci hrane se također usitnjavanju, uklanja im se višak vode. Nakon toga se suše u sušioču te izgaraju u inceneratoru. Fekalna voda je u ovim uređajima potpuno razgrađena na čistu vodu, plinove i bio-masu. (Royal Caribbean Cruise Lines, 2007.)

Slika 7. Prikaz obrađene otpadne vode (Scanship, 2006.)



4. ZAKLJUČAK

MARPOL (*International Convention for the Prevention of Pollution from Ships*) je konvencija koju je donio IMO (*International Maritime Organization*). Ona se bavi onečišćenjem mora i zraka koji prijete s brodova. Sastoji se od VI priloga. Prilog IV. se bavi problemom zagađenja mora fekalnim vodama koje se ispuštaju s brodova. Konvencija predviđa, da svaki brod koji ima više od 400 BRT ili više od 15 m, ima uređaj za obradu fekalnih voda ili uređaj za dezinfekciju ili tank za prikupljanje odgovarajućeg kapaciteta. Svaki brod mora posjedovati međunarodnu svjedodžbu u sprječavanju zagađenja fekalijama.

Napredni integrirani sustav za obradu otpada – Scanship je sustav koji se sastoji od nekoliko zasebnih sustava koji su međusobno povezani. Obradivanje fekalnih voda provodi se u nekoliko faza da bi povećali učinkovitost same obrade. Sustavi pročišćavanja godinama postaju sve zahtjevniji ali isto tako rezultati obrade su sve bolji i efikasniji. Za kruti gorivi otpad upotrebljava se incenerator sustav kojim se spaljuje različiti otpad na brodu te osušeni bio-taloga iz sustava za obradu otpadnih voda te iz sustava za preradu otpadaka hrane. Na kraju ovog procesa dobiva se samo potpuno čista voda koja se ispušta u more, prirodni neškodljivi plinovi koji se ispuštaju u zrak i pepeo koji se zbrinjava također na kopnu kao neopasni otpad.

LITERATURA

Bupić M., & Milić L. (1998). *Brodski uređaj za obradu fekalnih voda s osvrtom na postupke ozračivanja i bistrenja*, Naše More 45 (3-4,5-6), Dubrovnik

- Oceana (2004). *Royal Caribbean Cruise Line's wake of shame backgrounder*, Washington. (www.Oceana.org)
- Kobojević, Ž., Komadina, P., & Kurtela, Ž. (2011). *Protection of the Seas from Pollution by Vessel's Sewage with Reference to Legal Regulations*, Promet – Traffic&Transportation, Vol. 23, Zagreb, No. 5, str. 377-387; ISSN: 0353-5320; UDK: 656
- Kobojević, Ž., & Kurtela, Ž. (2012). *Impact of Untreated Sewage Discharge on Marine Environment*, 15th International Conference on Transport Science - ICTS 2012, 28th May Portorož – Slovenia, 2012.
- Kobojević, Ž. (2015). *Model of marine pollution by black waters from vessels*, doctoral thesis, Rijeka.
- Kobojević, Ž. (2020). *Sustainable devices for sewage water management on ships*, Knowledge – International Journal Vol.41.4, Skopje, pp. 719-725
- Royal Caribbean Cruise Lines (2007). *Safety and Hygienic Procedures for Cruise Ship Wastewater Treatment System – ANNEX 1. Description of common diseases and symptoms for harmful gases and microbial exposures in wastewater treatment plan*, Miami USA
- Royal Caribbean Cruise Lines (2006). *Advanced Wastewater Purification System - Freedom of the Seas Team Briefing*, Miami USA
- Scanship Environmental AS (2006). *AWP Scanship waste water system operation Instruction manual*, Tonsberg, Norway.
- Scanship (2006). *Operational manual - Incinerator system*, Tonsberg Norway.
- Scanship (2006). *System Manual: Operational manual – Food waste system*, Tonsberg, Norway.
- Scanship Environmental AS (2006). *WO Operation Manual*, Tonsberg Norway.
- Scanship Environmental AS (2006). *General manual AWP and DW*, Tonsberg Norway.
- <http://www.cep.unep.org/publications-and-resources/databases/document-database/other/cruise-ship-pollution-background-laws-and-regulations-and-key-issues.pdf>
- <http://www.scanship.no/news.php>