

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulun koulutusohjelma

Antti Helenius

Mikko Holm

ITÄMEREN TULOKASLAJIT JA MENETELMÄT NIIDEN LEVIÄMISEN ES-
TÄMISEKSI

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulun koulutusohjelma

HELENIUS, ANTTI	Itämeren tulokaslajit ja menetelmät niiden leviämisen
HOLM, MIKKO	estämiseksi
Opinnäytetyö	60 sivua + 2 liitesivua
Työn ohjaaja	Lehtori Marita Söder
Marraskuu 2010	
Avainsanat	Itämeri, merenkulku, painolastivesi, painolastiveden hallinta, tulokaslajit, ympäristöongelmat

Alusten painolastivesien ja sedimentin mukana kulkeutuvat haitalliset vesieliöt ovat aiheuttaneet ympäristöllisiä ja taloudellisia ongelmia ympäri maailmaa. Asettuessaan uuteen elinympäristöön nämä tulokaslajit muokkaavat alueen ekosysteemiä ja tasapainotilaa. Lisäksi ne aiheuttavat harmia ihmisille ja uhkaavat joissain tapauksissa myös ihmisen terveyttä. Ongelmaa pidetään vakavana ja se pyritään ratkaisemaan mahdollisimman nopeasti. Kansainvälisen merenkulkujärjestön (IMO) vaatimuksena on, että vuoteen 2016 mennessä kaikissa laivoissa tulee olla painolastiveden käsittelyjärjestelmä.

Ongelman ratkaiseminen ei kuitenkaan ole yksinkertaista. Laivaolosuhteissa toimivan ratkaisun löytäminen on hyvin vaikeaa, sillä sen tulisi tuhota kaikki painolastivedessä olevat eliöt, olla taloudellinen ja turvallinen sekä mahdollista asentaa alukseen. Valmiita laitteistoja on tarjolla jo useilla eri valmistajilla, mutta vain harvat varustamot ovat asentaneet niitä aluksiinsa kalliiden kustannuksien vuoksi. Uusia painolastiveden käsittelymenetelmiä kehitellään edelleen.

Opinnäytetyön lähtökohtana oli luoda merenkulkijoille suunnattu tietopaketti, joka esittelee Itämerta uhkaavat vieraslajit sekä keinoja niiden leviämisen ehkäisemiseksi. Lisäksi työssä käsitellään voimassa olevia säädöksiä ja kansainvälisiä sopimuksia, jotka koskevat aluksien painolastivesiä ja niiden mukana leviäviä vierasperäisiä lajeja.

Itämeri on matala meri, joten sen vesimäärä on siksi pieni. Sen vähälajinen ekosysteemi on hyvin haavoittuvainen tulokaslajien aiheuttamille uhille. Jatkuvasti lisääntyvät liikennemäärät Itämerellä lisäävät satamiin purettavan painolastiveden ja siinä olevien eliöiden määrää.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Marine Department

HELENIUS, ANTTI

Invasive species in the Baltic Sea and ballast water

HOLM, MIKKO

treatment methods

Bachelor's Thesis

60 pages + 2 pages of appendices

Supervisor

Marita Söder, Senior Lecturer

November 2010

Keywords

ballast water, Baltic Sea, invasive species, treatment methods, environmental problems

Ballast water and sediment carried by ships cause many environmental and economical problems around the world. Marine species, bacteria and viruses are being carried to a new location, and when they settle into it they change the balance of the local ecosystem. This also cause harm to people. These are serious problems that need to be solved as soon as possible. According to the IMO regulations, all cargo ships should be supplied with ballast water treatment system by the year 2016.

To create and build a ballast water treating system that is environmental friendly, economical in use and safe in ship conditions is not an easy task to solve.

The main purpose of this Bachelor's thesis was to create a seafarer's information package that presents the alien species threatening the Baltic Sea and also ways to prevent their spreading still following the regulations of IMO.

The Baltic Sea is a small and shallow sea but at the same time it is the second largest brackish water basin in the world in terms of water volume. The marginal amount of species in the Baltic Sea ecosystem is the reason why it is very vulnerable to the changes and threats brought by alien species. Increasing traffic at the Baltic Sea also increases the volume of loaded and discharged ballast water at ports. New ballast water treatment systems are being developed all the time.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	TYÖN TAUSTA JA TARKOITUS	8
2	TIETOA ITÄMERESTÄ	10
2.1	Historia	11
2.2	Veden koostumus	13
2.3	Itämeren kuormittajat	15
2.3.1	Maatalous	16
2.3.2	Metsätalous	16
2.3.3	Teollisuus	16
2.3.4	Asutuskeskukset	17
2.3.5	Kalankasvatus	17
2.3.6	Kaukokulkeuma	17
2.3.7	Luonnonhuuhtouma	17
2.3.8	Sisäinen kuormitus	17
2.4	Nykytila	18
3	TULOKASLAJIT	20
3.1	Amerikankampamaneetti (<i>Mnemiopsis leidyi</i>)	22
3.2	Amerikanmonisukasmato (<i>Marenzelleria neglecta</i>)	23
3.3	Laivamato (<i>Teredo navalis</i>)	24
3.4	Panssarisiimalevä (<i>Prorocentrum minimum</i>)	26
3.5	Petovesikirppu (<i>Cercopagis pengoi</i>)	27
3.6	Tiikerikatka (<i>Gammarus tigrinus</i>)	28
3.7	Vaeltajasimpukka (<i>Dreissena polymorpha</i> , Zebra mussel)	29
3.8	Valekirjosimpukka (<i>Mytilopsis leucophaeata</i>)	30
3.9	Villasaksirapu (<i>Eriocheir sinensis</i>)	32
3.10	Tulokaslajien ympäristövaikutukset Itämerellä	33
3.10.1	Hyödyt	33

3.10.2	Ongelmat	34
4	SOPIMUKSET	34
4.1	IMO	34
4.1.1	MARPOL 73/78	35
4.1.2	Kansainvälinen painolastivesisopimus (BW-convention)	36
4.1.3	Painolastin vapaaehtoinen vaihtaminen Koillis-Atlantilla ja Itämerellä	38
4.1.4	Laivojen myrkyllisten pohjamaalien käytön kieltävä yleissopimus	38
4.2	Helsingin komissio (HELCOM)	39
4.2.1	Baltic Sea Action Plan	39
4.3	EU	40
4.3.1	MARTOB	40
5	TULOKASLAJIEN LEVIÄMISEN ESTOMENETELMÄT	41
5.1	Painolastiveden vaihtaminen	42
5.1.1	Tankkien tyhjentäminen ja uudelleen täyttäminen	42
5.1.2	Tankkien huuhtelu	43
5.1.3	Ballast-free ship (jatkuva läpivirtaus)	44
5.2	Mekaaninen käsittely	44
5.2.1	Suodatus	45
5.2.2	Separointi	45
5.3	Kemiallinen käsittely	45
5.3.1	Hapenpoisto	46
5.3.2	Klooraus	46
5.3.3	Otsonointi	46
5.3.4	Vetyperoksidi	47
5.3.5	Painolastitankin tai pohjan myrkkymaalaus	47
5.3.6	pH-arvon muunteleminen	48
5.3.7	Suolapitoisuuden säätely	48
5.4	Fysikaalinen käsittely	48

5.4.1	Gammasäteilytys	48
5.4.2	Mikroaallot	49
5.4.3	UV-säteilytys	49
5.4.4	Lämpötilan muuttaminen	50
5.4.5	Sähköiset menetelmät ja magnetointi	51
5.4.6	Ultraääni	52
6	LOPPUPÄÄTELMÄT	53
6.1	Luotettavuuden tarkastelua	54
6.2	Jatkotutkimusaiheita	54
	LÄHTEET	56
	LIITTEET	
	Liite 1. Tulokaslajitaulukko	
	Liite 2. Painolastivedenkäsittelylaitteistojen vertailua	

LYHENTEET

AFS	Antifouling System (kiinnittymisenesto menetelmä)
BSAP	Baltic Sea Action Plan
Halokliini	suolaisuuden harppauskerros
HELCOM	Itämeren merellisen ympäristön suoje-lukomissio (Helsinki Comission)
HTP	Haitallinen todettu pitoisuus
IMO	International Maritime Organization (kan-sainvälinen merenkulkujärjestö)
MARTOB	On Board Treatment of Ballast Water and Application of Low-sulphur Marine Fuel
MEPC	Marine Environment Protection Commit-tee (merellisen ympäristön suoje-lu komi-tea)
NOBANIS	The North European and Baltic Network on Invasive Alien Species
pmy	yksi pesäkkeen muodostava yksikkö per 100 ml tai yksi pmy grammassa eläin-planktoninäytteitä
ppm	part per million (miljoonasosa)
PSSA	Particularly Sensitive Sea Area (erittäin herkkä merialue)
PWSRCAC	Prince William Sound Regional Citizens' Advisory Council
TBT	tributyylitina
TraFi	Liikenteen turvallisuusvirasto
VTT	Valtion teknillinen tutkimuskeskus

1 TYÖN TAUSTA JA TARKOITUS

Suurten tavaramäärien kuljettaminen paikasta toiseen on kustannustehokkainta vesiliikenteen avulla. Sillä suoritetaan noin 90 prosenttia maailmankaupasta (International Chamber of Shipping 2010). Silloin kun aluksella ei ole lastia ollenkaan tai sitä on vain vähän, tarvitsee se painolastia turvataksaan kulkunsa merellä. Alusten painolastin mukana kulkeutuu päivittäin tuhansia kasvi- ja eläinlajeja uusille alueille. Suurin osa näistä ei selviydy uudessa elinympäristössä, mutta jotkut lajit jäävät pysyvästi alueelle elinolosuhteiden samankaltaisuuden vuoksi tai evoluution seurauksena. Tämän seurauksena tulokaslajit muokkaavat alueen ekosysteemiä ja saattavat jopa syrjäyttää ja hävittää alueen alkuperäislajeja.

Tässä työssä käsitellään ensisijaisesti aluksen runkoon kiinnittyneinä, painolastivesien tai tankkisedimenttien mukana Itämerelle tulleita vieraslajeja sekä keinoja ja kansainvälisiä sopimuksia niiden leviämisen estämiseksi.

Laivojen mukana kulkeutuvat tulokaslajit muodostavat poliittisen, taloudellisen ja ympäristönsuojelullisen ongelman, joka odottaa ratkaisuaan. Itämeren seurattu jo 1840-luvulta lähtien. Lähes yhtä pitkään on oltu huolestuneita sen kokoajan huononevasta tilasta, mutta vasta 1990-luvulla on alettu kiinnittää huomiota alueen ekosysteemiä uhkaaviin vierasperäisiin lajeihin. Muualla maailmassa (mm. Suurilla järvillä, Mustallamerellä ja Australian rannikolla) ne ovat aiheuttaneet jo mittavaa vahinkoa ja pakottaneet alueiden rantavaltiot toimimaan uhan ehkäisemiseksi ja tuhohojen minimoimiseksi. Monet suomalaisista eivät varmasti olleet tiedostaneet koko ongelman olemassaoloa, ennen kuin amerikankampamaneetista alettiin kirjoittaa valtakunnallisessa lehdistössä. Merenkulun koulutuksessa ei kuitenkaan kiinnitetä kovin paljon huomiota tähän alati laajenevaan ongelmaan. Esimerkiksi öljyonnettomuuksiin keskitytään opiskeluaikana hyvinkin tarkasti, vaikka yhtään suurta öljyonnettomuutta ei ole vielä tapahtunut Itämerellä.

Ympäristöjärjestöt ovat olleet huolissaan asiasta jo pitkään ja valtiotkin alkavat kiinnittää huomiota siihen. Merenkulun kattojärjestö IMO on tutkinut ongelmaa ja luonut ongelman ehkäisemiseksi sääntöjä ja ohjeita, joita sen jäsenmaat sisällyttävät lainsäädäntöönsä, tärkeimpänä kansainvälinen painolastivesisopimus. Kokeuksiemme mukaan varustamotkaan eivät toimi oma-aloitteisesti tulokaslajiongelman ehkäisemiseksi. Ne tekevät vain pakollisen lippuvaltion lainsäädännön määräysten mukaan.

Tämän työn tarkoituksena on koota tietopaketti merenkulkijoille Itämerestä, sitä uhkaavista vaaratekijöistä sekä säädöksistä, kansainvälisistä sopimuksista ja menetelmistä tuhojen ehkäisemiseksi ja estämiseksi. Tiedon on tarkoitus olla lukijalle helposti luettavaa, ymmärrettävää ja omaksuttavaa.

Tietoja työtä varten olemme keränneet perehtymällä alan julkaisuihin, haastatteleamalla alan asiantuntijoita ja perehtymällä heidän tekemiinsä tutkimuksiin.

Tutkittavan aiheen vierauden ja tutkittavan aineiston laajuuden vuoksi valitsimme opinnäytetyön menetelmäksi sisällön analyysin, joka on eräs kvalitatiivisen tutkimuksen lajeista (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2007, 158). Kvalitatiivisessa eli laadullisessa tutkimuksessa on tavoitteena tutkia tutkimuskohdetta mahdollisimman kokonaisvaltaisesti ja ymmärtää sitä (Hirsjärvi ym. 2007, 157, 176).

Kymenlaakson ammattikorkeakoulussa on aihetta sivuten tehty kolme opinnäytetyötä 2000-luvulla, ja niistä saimme pohjaa työllemme. Niissä keskitytään kuitenkin enemmän pelkkään painolastiveteen tai koko maailmanlaajuiseen tulokaslajiongelmaan.

Aiheesta on tehty paljon tutkimuksia, mutta ne ovat jokseenkin vaikeaselkoisia, usein vieraskielisiä biologien ja muiden tutkijoiden kirjoittamia laajoja raportteja, joiden kohderyhmänä ovat toiset saman alan tutkijat. Pelkästään Itämereen rajoit-

tuvan oleellisen ja uuden tiedon löytäminen näistä raporteista osoittautui haasteelliseksi tehtäväksi.

2 TIETOA ITÄMERESTÄ

Itämeri on Atlantin valtameren sivumeri, mutta sitä pidetään maailman toiseksi suurimpana murtovesialtaana, heti Mustanmeren jälkeen. Merenä se on kuitenkin varsin pieni ja nuori. Se on osittain suljettu merialue, pinta-alaltaan noin 413 000 km² ja tilavuudeltaan noin 22 000 km³ (Ryhänen 2003, 23). Sen ainut varsinainen yhteys valtameriin on Tanskan salmien kautta. Myös Kielin kanavan kautta on yhteys Pohjanmerelle, mutta sitä kautta ei pääse tapahtumaan veden vaihtoa. Varsinaisen Itämeren lisäksi siihen kuuluu viisi muuta aluetta (Perämeri, Pohjanlahti, Suomenlahti, Riianlahti ja Tanskan salmet). Sitä ympäröi yhdeksän valtiota, joilla on, saaret mukaan lukien, yhteensä noin 46 000 kilometriä rantaviivaa Itämeren kanssa. Itämeren valuma-alue on kuitenkin reilusti suurempi, yli 1 700 000 km³, koostuen 14 valtiosta ja noin 90 miljoonasta asukkaasta. (Ryhänen 2003, 23 – 24).

Itämeren keskisyvyys on vain 54 metriä, kun esimerkiksi Välimeressä se on puoli-toista ja valtamerissä neljä kilometriä. Itämeren syvin kohta sijaitsee Landsortin syvänteessä, jonka syvyys on 459 metriä (Raateoja, Myrberg, Flinkman & Vainio 2008, 12 – 17). Itämeri on yksi maailman saastuneimmista meristä. Pieni vesimäärä tekee sen ympäristöstä hyvin herkän ja helposti haavoittuvan. Sen vuoksi IMO on luokitellut koko Itämeren, Venäjän aluevesiä lukuun ottamatta, hyvin herkästi haavoittuvaksi PSSA-merialueeksi (MEPC 2005). Veden lämpötila vaihtelee vuodenaikojen mukaan ja keskilämpötila on 10 astetta (Valtion ympäristöhallinto 2010). Itämeren erikoisuus on, että se voi ainoana merenä jäätyä kokonaan. Koska Itämeren vesi on Atlantilta tulevan suolaisen ja lukuisista joista laskevan suolattoman veden välimuoto, siinä selviytyy sekä suolaisen että makean veden lajeja. Itämeren tarkkailu aloitettiin jo 1840-luvulla ja nykyään se on yksi maailman tutkituimmista meristä.

2.1 Historia

Itämeren historia sisältää useita peräkkäisiä järvi- ja merivaiheita. Itämeren historia on siis rajujen muutosten värittävä, minkä vuoksi vain harva sen kasvi- ja eläinlajeista on ehtinyt sopeutua meren oloihin. Lisäksi vain osalla meressä elävistä lajeista on ollut riittävästi aikaa kulkeutua Itämereen. Toisaalta erikoinen historia on jättänyt jälkeensä useita jäännelajeja eli reliktejä. Tyypillisiä jäännelajeja ovat mm. kilkki, valkokatka ja halkoisjalkaiset, jotka ovat peräisin Pohjoiselta jäämereltä ja jääkauden aikaisista järvistä. (Furman, Dahlström & Hamari 1998, 55 – 61)

Mannerjäätikö erotti Itämeren altaan Pohjanmerestä vielä noin 15 000 vuotta sitten. Kun mannerjää alkoi sulaa voimakkaasti, sen makeasta sulamisvedestä muodostui valtava jääjärvi, joka peitti alleen Laatokan ja Suomenlahden. Tätä ensimmäistä vaihetta kutsutaan nimellä *Baltian jääjärvi*. Baltian jääjärvi laski tuolloin Skånen poikki Pohjanmereen, josta lasku-uoma myöhemmin siirtyi nykyiselle paikalle Tanskan salmien kohdalle. (Walls & Rönkä 2004)

Toinen vaihe, ensimmäinen varsinainen merivaihe, *Yoldiameri* käynnistyi noin 4 000 vuotta myöhemmin. Nimensä tämä vaihe sai tuolloin runsaana esiintyneen *Yoldia arctica* simpukan mukaan. Vaihe syntyi, kun mannerjää suli ja kutistui avaten vesiyhteyden Baltian jääjärveltä Pohjanmereen. Sen seurauksena merivesi Pohjanmeren puolelta pääsi sekoittumaan jääjärven makean veden kanssa. Suomen rannikon suolainen vesi tosin saavutti vasta 300 vuotta myöhemmin. Veden pinta laski Baltian jääjärvellä dramaattisesti, jopa 25 metriä. (Kotilainen 2010)

Seuraavana oli jälleen vuorossa järvivaihe. Tämä kolmas vaihe syntyi viimeisten mannerjäätiköiden sulaessa noin 9 000 vuotta sitten. Kilometrien korkuisen jäätikön valtavan massan poistuessa altaan alueelta käynnistyi myös maankohoaminen, mikä katkaisi jälleen yhteyden Pohjanmereen. Veden pinta oli tuolloin huomattavasti nykyistä korkeammalla ja vesi peitti alleen suuren osan Länsi-Suomea ja Itä-Ruotsia. Ilmasto alueella oli lämmin ja mantereinen, myös altaan vesi oli nykyistä

selvästi lämpimämpää. Vaihe sai nimen *Ancylusjärvi*, joka on perua silloin yleisenä esiintyneestä ankyluskotilosta. Suomen järvistä Oulujärvi on syntynyt Ancylusjärven aikaan. (Furman ym. 1998, 55 – 61)

Itämeren nykyistä edeltävä vaihe, *Litorianmeri*, syntyi noin 8 000 vuotta sitten, kun yhteys Pohjanmereen jälleen aukesi. Itämeren vesitilavuus oli tuolloin suurimmillaan, ilmasto oli yhä lauhkea ja altaan vesi selvästi nykyistä suolaisempaa. Vaihe sai nimensä niin ikään tuolloin yleisesti esiintyneiden eliöiden, Littorina-suvun rantakotiloiden mukaan. (Furman ym. 1998, 55 – 61)



Kuva 1. Itämeren kehitysvaiheet (Itämeriportaali, Eija Rantajärvi)

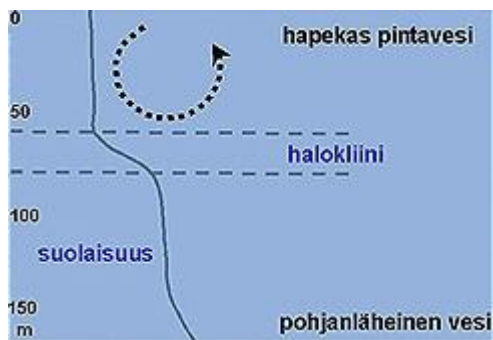
Maan kohoamisen seurauksena valtameriyhteys Tanskan salmien kautta on heikentynyt ja Itämeren suolaisuus laskenut nykyisiin lukemiin vasta noin 3500 vuotta sitten, josta nykyisen Itämeren vaiheen katsotaan alkaneen. Nykyistä vaihetta tosin ei voida luokitella sen paremmin järvi- kuin merivaiheeksi sen vähäisen suolapitoisuuden vuoksi (Walls & Rönkä 2004).

2.2 Veden koostumus

Itämerta ei pidetä varsinaisena merenä, koska sen suolaisuus on keskimäärin alle 24,6 promillea, keskisuolaisuus onkin vain noin 7 promillea. Veden suolapitoisuus on keskimäärin vain viidesosa valtamerien suolaisuudesta. Suolaisuus kuitenkin vaihtelee rajusti; veden suolaisuus on suurimmillaan Tanskan salmissa, jopa 25 promillea (Walls & Rönkä 2004). Se alenee kohti pohjoista, jossa Atlantilta tuleva suolaisempi vesi ei vaikuta enää kovin paljon ja joista laskee suolatonta vettä Itämereen. Suolaisuus on vähäisintä Pohjanlahden ja Suomenlahden pohjukkoissa, tosin jokisuistoissa (esimerkiksi Pietarin edustalla) vesi lähes makeaa. Suolapitoisuus kasvaa myös siirryttäessä pinnasta kohti pohjaa.

Itämeren vesi on suolaisuudeltaan kerrostunutta. Koska suolainen vesi on painavampaa kuin makea vesi, Tanskan salmien kautta virtaava suolainen merivesi painuu pohjaan muodostaen runsassuolaisen kerroksen. Tämä pohjassa oleva suolaisempi kerros muodostaa patjan ulos virtaavan makeamman vesimassan alle. Näiden vesikerrosten väliin muodostuu harppauskerros eli halokliini, joka sijaitsee 70 – 80 metrin syvyydessä, jossa suolapitoisuus vaihtuu nopeasti. Halokliini eristää nämä kaksi vesimassaa tehokkaasti toisistaan. Halokliinia ei kuitenkaan esiinny Pohjanmerellä, koska siellä ei ole raskasta, runsassuolaista vettä. Nämä kaksi ilmiötä muodostavat Itämerelle suolaisuuskartan, jossa suolaisuusrintamat eivät ole tasaisia, vaan ne muuttuvat sekä horisontaalisesti että vertikaalisesti. (Furman ym. 1998, 18 – 19)

Itämeren happipitoisuus on korkeimmillaan pinnassa ja se on korkea vielä halokliiniin saakka. Sen alapuolella hapetta on enää niukasti, koska vesikerrokset eivät sekoitu keskenään halokliinin läpi. Halokliinin alapuolella vesi on seisahdunutta, eikä siellä riitä valoa kasvillisuudelle, muita eliöitä siellä on runsaasti, jotka saavat ravintonsa yläpuolisista kerroksista laskeutuvista eloperäisistä aineista. Kun vesi seisoo useita vuosia pohjan tuntumassa, happi loppuu kokonaan ja tilalle muodostuu rikkivetyä. Rikkivety (H_2S) on myrkyllistä muille pohjaeliöille, muutamia bakteerilajeja lukuun ottamatta. Se tappaa suurimman osan pohjaeliöstöstä ja pohja autioituu.



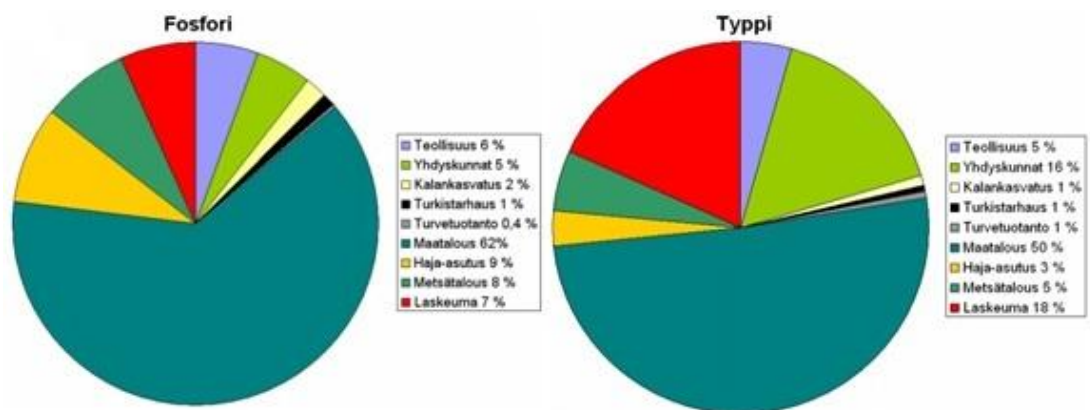
Kuva 2. Itämeren suolapitoisuuden kerrostuneisuus (Itämeriportaali, Eija Rantajärvi)

Itämereen tulee jokien ja sateiden mukana enemmän vettä, kuin siitä haihtumisen seurauksena poistuu. Tämän ylimääräisen veden täytyy virrata pois Itämerestä, jotta sen vesimäärä pysyy vakiona. Itämeren keskimääräisen virtauksen suunta on siis kohti Pohjanmerta. Jos näin jatkuisi pitkään, muuttuisi Itämeren vesi hiljalleen makeaksi. Noin 15 vuoden välein tulee Pohjanmereltä kuitenkin suolapulssi Itämerelle, jolloin veden virtaussuunta vaihtuu Pohjanmereltä Itämerelle. Tuore vesi on suolaisempaa ja hapekkaampaa kuin Itämeressä seisova vesi. Tämä vesimassa täyttää Itämeren syvänteet suolaisemmalla ja hapekkaammalla vedellä, jolloin pohjan happitilanne paranee. Kun seisahdunut vesi lähtee liikkeelle, nousee Itämeren suolapitoisuus ja mm. turskia, punakampeloita ja hietakatkarapuja leviää alueille, joilta

niitä ei yleensä tavata. Vesi kiertää Itämeressä vastapäivään eli itärannikkoa pitkin pohjoiseen ja länsirannikkoa pitkin takaisin etelään. Tämän kiertoliikkeen saa aikaan coriolisvoima. (Furman ym. 1998, 19 – 22)

2.3 Itämeren kuormittajat

Itämeren valuma-alueen laajuus on noin 1 700 000 km² eli noin nelinkertainen sen pinta-alaan nähden (Ryhänen 2003, 23 – 24). Sen kaikki rannikkovaltiot ovat kehittyneitä teollisuusmaita. Lisäksi se on matala ja kerrostunut vesialue, jonka vesi vaihtuu hitaasti. Siihen laskee satoja jokia, kaukaisimmat vedet kulkeutuvat aina Ukrainasta ja Slovakiasta asti. Laajalta valuma-alueelta kulkeutuu Itämereen veden mukana paljon ravinteita ja erilaisia ympäristömyrkyjä, jotka kuormittavat sitä. Kuormitus ei kuitenkaan jakaudu tasaisesti. Valuma-alueen eteläosat ovat tiheään asuttuja, tehmaatalouden ja raskaan teollisuuden valtaamia, kun itä- ja pohjoisosat ovat harvaan asuttuja, metsien ja järvien peittämiä alueita.



Kuva 3. Itämeren fosforin ja typen kuormituksen lähteet 2003. (SYKE)

Itämeren suuri saastekuormitus johtuu monista lähteistä, joista merkittävimmät ovat maa- ja metsätalous, asutuskeskuksien ja teollisuuden jätevedet, kalankasvatus, ilman mukana kulkeutuvat saasteet eli kaukokulkeuma, luonnosta tuleva, ihmisestä riippumaton kuormitus eli luonnonhuuhtouma sekä sisäinen kuormitus. Tila-

päistä ja pistemäistä kuormitusta aiheutuu mm. risteilyalusten ja rahtilaivojen jätevesipumppauksista, öljypäästöistä ja pakokaasuista. Varsinkin lisääntyneet öljykuljetukset ovat kasvattaneet laivojen pakokaasujen mukana tulevia typpi- ja rikki-päästöjä sekä ne aiheuttavat suuremman öljyonnettomuusriskin kuin koskaan.

2.3.1 Maatalous

Maanviljelyn ravinnepäästöt ovat suurin syy Itämeren rehevöitymiselle. Ne aiheuttavat suurimman osan Itämeren typpi- ja fosforikuormituksesta. Liikalannoituksen seurauksena mereen valuu sateen ja jokien mukana ylimääräisiä lannoitteita, koska maatilojen suojavyyhykkeet ovat liian pieniä ja tehottomia poistamaan niiden läpi valuvasta vedestä riittävästi lannoitteita. Suomen ja Puolan pellot ovat suurin rasite Itämerelle. Myös Viipurin alueen uudet suursikalat ja -kanalat aiheuttavat todellista uhkaa Itämerelle. (Kaartokallio, Knuuttila, Pitkänen & Ekholm. 2010)

2.3.2 Metsätalous

Typpi-, fosfori- ja kiintoainepäästöt ovat metsätalouden suurimmat kuormittajat. Myös raskas- ja muut metallit ovat metsätalouden ongelmia. Näitä pääsee valumaan vesistöihin hakkuiden, maanmuokkauksen, soiden ojituksen ja lannoituksen seurauksena. (Raateoja ym. 2008, 70 – 73)

2.3.3 Teollisuus

Vaikka tuotanto kasvaa koko ajan, ovat teollisuuden päästöt vähentyneet, mutta jätevesien mukana kulkeutuu Itämereen monia aineita, mm. typpeä, rikkiä, fosforia, orgaanisia yhdisteitä ja kiintoainetta. Näiden lisäksi varsinkin metsäteollisuudesta tulevat klooripäästöt ovat ongelma. Orgaaniset yhdisteet ovat ongelma, koska ne kuluttavat vesistöissä olevaa happea joutuessaan sinne. (Raateoja ym. 2008, 70 – 73)

2.3.4 Asutuskeskukset

Asutuskeskusten jätevesien mukana valuu Itämereen runsaasti fosforia ja typpeä. Vaikka jäteveden määrä onkin lisääntynyt, ei siitä aiheutuva kuormitus ole lisääntynyt niin paljoa, koska jätevesien puhdistukseen on panostettu aiempaa enemmän mm. Pietarissa, jonka jätevedet ovat Suomenlahden suuri kuormittaja. (Kaartokallio ym. 2010)

2.3.5 Kalankasvatus

Kalankasvatuksen vaikutus koko Itämereen ei ole kovin suuri, mutta se aiheuttaa suurta paikallista eli pistemäistä kuormitusta, joka leviää sitä laajemmalle, mitä enemmän kaloja ruokitaan. Kuormituksen osuus voi paikallisesti olla jopa 90 prosenttia alueen fosforikuormituksesta kuten osissa Saaristomerta. (Raateoja ym. 2008, 70 – 73)

2.3.6 Kaukokulkeuma

Ilmavirtausten mukana kulkeutuu Itämereen merkittävä määrä mm. typpeä ja raskasmetalleja, jotka ovat peräisin Keski- ja Itä-Euroopasta ja metsäpaloista Kuolan niemimaalla ja Karjalassa. (Raateoja ym. 2008, 70 – 73)

2.3.7 Luonnonhuuhtouma

Luonnonhuuhtouma on jäänyt vähäisimmälle huomiolla Itämeren kuormittajista, koska se ei ole ihmisen aiheuttamaa, eikä siihen voida vaikuttaa. Silti sillä on merkittävä vaikutus rehevöitymiseen. Ilmastonmuutos tulee todennäköisesti lisäämään sen vaikutusta. (Kaartokallio ym. 2010)

2.3.8 Sisäinen kuormitus

Runsaan ulkoisen kuormituksen johdosta Itämeren pohjansedimentteihin on kerääntynyt ravinteita, joista vapautuu kemiallisen reaktion seurauksena niihin sitoutunut-

ta fosforia, kun olosuhteet pohjalla muuttuvat hapettomiksi. Vapautuva fosfori saa aikaan mm. leväkukintoja. Vaikka kaikki ulkoiset kuormitus lähteet poistuisivat, riittäisi pohjassa oleva fosfori rehevöittämään Itämerta vielä vuosikymmeniksi. (Bonsdorff, Bäck, Eriksson, Hallanaro, Kuikka, Ollikainen, Viitasalo, & Walls. 2010, 242)

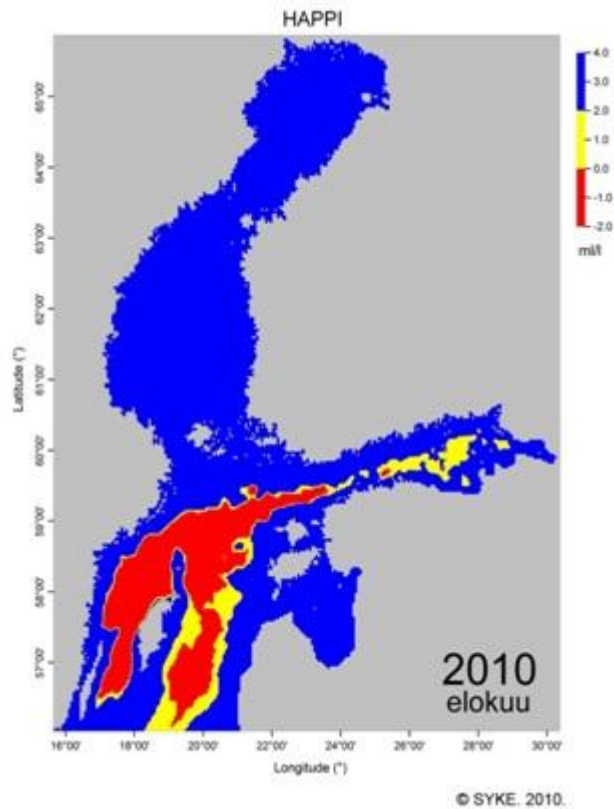
2.4 Nykytila

Itämeren happitilanne oli ennätysellisen huono vuonna 2006, jolloin rannikon havaintopaikoista yli 80 prosenttia oli hapettomia. Elokuussa 2008 tilanne oli ensimmäistä kertaa parempi seitsemään vuoteen, jolloin happitilanne oli hyvä puolessa kolmestakymmenestä havaintopaikasta. Tilannetta ei voi kuitenkaan pitää kovin pysyvänä, sillä siihen olivat vaikuttaneet hyvät sääolosuhteet (Itämeriportaali 2008). Tilanteen vakiinnuttamiseksi vaadittaisiin maatalousravinnevalumien ja muiden päästöjen vähentämistä Itämereen. Hyvä happitilanne hillitsee fosforin purkautumista pohjasta, jolloin myös veden sisäinen kuormitus pienenee ja pohjaeläimiä esiintyy enemmän.

Itämeren syvänteissä happitilanne on kuitenkin huonontunut. Toisaalta huonontuneella tilanteella on vaikutusta siihen, että vuoden 2008 toukokuussa kampamaaneettia ei esiintynyt lainkaan rannikon lähellä ja muuallakin vain pienikokoisia ja harvalukuisia (Itämeriportaali 2008). Eliöt katoavat hapettomaksi muuttuvasta pohjasta ja jäljelle jää vain bakteereja. Vähälajisuus tekee ekosysteemistä haavoittuvan.

Itämeren valuma-alueella Pohjois-Euroopassa asuu kaikkiaan noin 90 miljoonaa ihmistä ja Suomenlahden kauas itään ulottuvalla valuma-alueella noin 20 miljoonaa (Ryhänen 2003, 23 – 24). Kaikkien näiden erilaista kehitysvaihetta elävien yhdyskuntien yhteinen jätteen loppusijoituspaikka on ollut Itämeri. Kaikki yhdyskunnat kehittyvät nyt hurjaa vauhtia, jolloin jätteen määrä kasvaa joka puolella. Yksi Suomenlahden suurimmista fosforipäästöjen tuottajista on Pietarin kaupungin käsittelemättömät jätevedet. Vaikka jätteen päätyminen Itämereen yritetäänkin rajoit-

taa, kuormitus edelleen kasvaa ja rehevöityminen jatkuu. Rehevöitymisen seurauksena pohjaan vajoavat kuolleet levät kuluttavat hajotessaan runsaasti happea, ja pohjan hapettomat alueet ovat laajentuneet. Hapettomissa oloissa pohjasta liukenee lisää ravinteita veteen, mikä rehevöittää merta entisestään ja johtaa noidankehään. Nykyään pahin happikatoalue on Gotlannin ja Öölannin välissä olevassa syvänteessä. Ympäristöolot eri puolilla valuma-alueita eroavat paljon toisistaan: eteläosat ovat tiheästi asutettuja tehomaa- ja raskaan teollisuuden luonnehtimia alueita, kun taas itä- ja pohjoisosia peittävät harvaan asutut metsä- ja järvisuodut. (Pajanen, Soulanto & Sikk 2005)



Kuva 4. Itämeren happitilanne elokuussa 2010 (SYKE)

Ylikalastus on Itämeren, samoin kuin maailman kaikkien merien ongelma. Monet saaliskalat, esim. silakka, ovat huolestuttavasti vähentyneet, jotkut lajit miltei sukupuuton partaalle. Toisaalta rehevöitymisen jatkuessa särkikaloiden määrä aluksi

hyvin, samoin kuha on lisääntynyt. Hylje on jatkuva riidan aihe kalastajien ja viiranomaisten välillä.

Itämeren tilanne on ilman ihmistäkin tähän asti muuttunut varsin nopeasti meren geologisen ja biologisen kehityksen myötä. Valuma-alueen asutuksen ja globaalien taloudellisten toiminnan raju lisääntyminen on vain nopeuttanut muutosta. Viimeisten parinkymmenen vuoden aikana ilmastonmuutos onkin alkanut vaikuttaa merkittävästi. Pohjoisen Jäämeren sulaminen saattaa mullistaa koko Skandinavian tilanteen. On mahdollista, että vuotuinen sademäärä kasvaa jopa 10 prosenttia jos lumi- ja jäätalvi lyhenee tai jää jopa kokonaan pois. (Raateoja ym. 2008)

Itämeren tila on huolestuttanut pitkään ihmisiä, ja sen suojelemiseksi on perustettu monia organisaatioita. Osa niistä on valtiollisia ja osa perustuu ympäristöjärjestöjen työhön (esimerkiksi Greenpeace ja WWF). Tärkein näistä on kaikkien Itämeren ympärysvaltioiden yhteinen Itämeren merellisen ympäristön suojelukomissio HELCOM.

3 TULOKASLAJIT

Vieraita lajeja on kulkeutunut alusten mukana mantereelta toiselle jo purjelaiva-aikakaudelta lähtien. Kun alukset alkoivat käyttää painolastinaan vettä 1880-luvulla, lisääntyi lajien kulkeutuminen lisääntynyt huomattavasti. Maailmassa kuljetetaan vuosittain arviolta 10 miljardia tonnia painolastivettä paikasta toiseen. Joka päivä ainakin 7000 eri lajia matkustaa painolastitankeissa uudelle elinalueelle (IMO Publication 2002).

Tulokaslajiksi kutsutaan vieraslajia, joka on levinnyt levinneisyysalueensa ulkopuolelle yli luontaisten leviämisesteiden ja muodostanut pysyvän kannan alueelle. Itämerenkään lajisto ei ole vakiintunut ja tulokaslajeja on ollut Itämerellä koko sen historian ajan. Monet lajit ovat saapuneet niin kauan aikaa sitten, ettei niitä edes enää mielletä tulokkaiksi. Vanhimpia ovat heti jääkauden loppuvaiheessa saapuneet

reliktilajit kilkki, valkokatka ja härkäsimppu. Myös 1800-luvulla havaittu alusten ja veneiden pohjiin kiinnittyvä merirokko eli näkki on levinnyt Pohjois-Amerikasta Itämereen, mutta sitä pidetään nykyisin jo lähes luonnolliseen eliöstöön kuuluvana lajina. (Raateoja ym. 2008, 95)

Koska Itämerellä on yhteys joki- ja kanavaverkon kautta mm. Mustaanmereen ja Kaspianmereen sekä meriyhteys Atlantiin ja sitä kautta muihin valtamerialueisiin, tulee sinne jatkuvasti uusia eliölajeja. Suurin osa Itämeren tulokaslajeista saapuu Pohjois-Amerikasta, Ponto-Kaspian alueelta (Asovanmeri, Kaspianmeri ja Mustameri) ja eteläisen Aasian meristä. Uudet lajit vaativat yleensä joko ihmisen tahallista tai tahatonta avustusta siirtyessään uusille elinalueille. Yleensä ne kulkeutuvat laivan runkoon kiinnittyneinä, painolastiveden tai tankkisedimenttien mukana uuteen elinympäristöön. Myös lajien luontaista kulkeutumista tapahtuu varsinkin jokiverkoston välityksellä (Raateoja ym. 2008, 94 – 96). Liitteessä 1 on tiivistetysti esitelty tässä työssä käsiteltävät tulokaslajit. Monet lajit eivät selviydy tai pysty lisääntymään Itämeren murtovedessä; vesi on joko liian suolaista tai makeaa useimmille sinne saapuvista lajeista. Vaihteleva veden lämpötila ja jäätyminen varsinkin pohjoisella Itämerellä vähentävät entisestään sinne sopeutuvien lajien määrää. Maailman merissä elää kuitenkin niin paljon lajeja, että monet niistä pystyvät sopeutumaan meren vaihteleviin ja vaikeisiin olosuhteisiin. Itse asiassa mahdollisuuden uusien tulokaslajien selviytymiseen Itämerellä arvellaan olevan jopa verrattain suuri. Varsin monet maailman satamista sijaitsevat jokisuistoissa, joissa veden suolapitoisuus on ainakin jollain kohtaa sama kuin Itämeressä. Myös Mustastamerestä ja Kaspianmerestä kulkeutuvat lajit selviävät hyvin Itämeressä merien samankaltaisuudesta johtuen. (Leppäkoski 2002, 253 – 275)

Sinä aikana kun Itämerta on tutkittu (Kattegatin alue mukaan lukien) on havaittu ainakin 120 sellaista lajia, jotka eivät kuulu sen alkuperäisiin asukkaisiin. Näistä tulokkaista noin 80 lajia on onnistunut lisääntymään ja muodostamaan pysyvän kannan Itämerelle (Bonsdorff ym. 2010, 155).

Ihmisen vaikutuksesta Itämeren tilaan on oltu tietoisia ja huolestuneita jo pitkään mm. saastekuormitukseen ja liikakalastukseen on kiinnitetty huomiota. Mutta vasta 1990-luvulla on alettu kiinnittää huomiota vieraslajien aiheuttamiin ongelmiin ja ihmisen vaikutukseen lajien siirtymisessä uusille alueille. Hidas herääminen on johtunut tulokaslajien aiheuttamasta varsin hitaasta muutoksesta Itämeressä. Meriliikenteen (varsinkin öljykuljetusten) ja aluskoon jatkuva kasvaminen on myös lisännyt Itämerelle tulevien vieraslajien määrää reilusti. Entistä nopeammat alukset tuovat uusilta alueilta sellaisia lajeja, jotka ovat aikaisemmin ennättäneet kuolla merimatkan aikana joko valon tai ravinnon puutteeseen. Uudet satamat ja laivareitit tarjoavat tulokaslajeille uusia mahdollisuuksia leviämiseen.

3.1 Amerikankampamaneetti (*Mnemiopsis leidy*)

Väriltään hieman maitomainen ja kooltaan noin 10 – 12 senttiä pitkä amerikankampamaneetti on peräisin Pohjois- ja Etelä-Amerikan itärannikolta, jossa sitä esiintyy hyvin runsaasti. Ensimmäiset havainnot Mustallamerellä tehtiin vuonna 1982 ja 1990-luvulla havaintoja tehtiin sitä ympäröivillä merillä, Kaspianmerellä ja Egeanmerellä (Olsonen 2008, 95). Vuonna 2006 kampamaneetteja havaittiin Itämerellä ja ensin niitä luultiin virheellisesti amerikankampamaneeteiksi, mutta geneettisissä tutkimuksissa vuonna 2009 selvisi että kyseessä oli harmittomampi arktinen kampamaneetti. (*Mertensia ovum*) (Bonsdorff ym. 2010, 152)



Kuva 5. Amerikankampamaneetti (Itämeriportaali)

Amerikankampamaneetti kulkeutuu pääsääntöisesti painolastiveden mukana. Se selviytyy hyvinkin vaihtelevissa olosuhteissa. Veden suolapitoisuus voi vaihdella kahden ja 38 promillen välillä ja lämpötila voi vaihdella kahden ja 32 asteen välillä eikä vähähappisuuskaan ole sen selviytymiselle välttämättä este. Tämä tekee siitä hyvän sopeutujan eri ympäristöihin. (Olsonen 2008, 95)

Amerikankampamaneetti kuuluu maailman sadan haitallisimman vieraslajin joukkoon (Bonsdorff ym. 2010, 153). Se pystyy syömään jopa 10 kertaa oman painonsa verran päivässä, mutta toisaalta pystyy olemaan myös syömättä jopa kolme päivää pienentämällä omaa kokoaan. Nämä ominaisuudet tekevät siitä siis entistä sitkeämmän selviytyjän. Maneetit kilpailevat ravinnosta silakan ja kilohailin kanssa. Suurimmat maneetit saattavat syödä jopa kalojen poikasia. (Reabic 2008, 113 – 115)

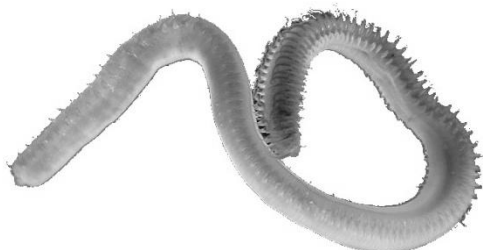
Amerikankampamaneetti on myös nopea lisääntymään, ja siitä tulee hallitseva laji sen päästyä uudelle alueelle, mikä onkin aiheuttanut ongelmia eri maiden kalatalouksille. Sillä on kuitenkin monia vihollisia, jotka hieman hillitsevät sen kantaa.

3.2 Amerikanmonisukasmato (*Marenzelleria neglecta*)

Amerikanmonisukasmato on pohjaeläin, joka kasvaa noin 12 sentin pituiseksi (Didžiulis 2006). Se viihtyy kaikenlaatuisilla pehmeillä pohjilla, joissa se kaivautuu pohjansedimenttiin ja elää siitä suodattamastaan ravinnosta. Parhaiten se selviytyy 0,5 – 10 promillen suolaisuudessa ja se pystyy elämään vähähappisessakin vedessä (Didžiulis 2006). Sitä on löydetty jopa Ahvenanmeren syvänteistä lähes 300 metrin syvyydestä, joten pystyy elämään syvemmillä kuin Itämeren luontaiset monisukasmadot (Lumiaro 2002).

Itämereltä löydettyä amerikanmonisukasmatoa luultiin ensin virheellisesti *Marenzelleria viridis*-lajiksi, mutta nyt on selvinnyt, että lajia ei esiinny ollenkaan Itäme-

ressä. Itämereen saapunut *Marenzelleria neglecta*, monisukasmato, on kotoisin Pohjois-Amerikan jokisuistojen murtovedestä.



Kuva 6. Amerikanmonisukasmato (Itämeriportaali)

Mato saapui 1980-luvun puolivälissä laivojen painolastitankeissa Etelä-Itämereen, josta se levisi 20 vuodessa koko Itämeren alueelle. Se havaittiin Suomenlahdella 1990 ja Perämerellä 1996. Se on yksi nopeimmin levinneistä ja parhaiten sopeutuneista Itämeren tulokaslajeista (Didžiulis 2006).

Amerikanmonisukasmadon leviäminen vaikuttaa kalojen ravinnonsaantiin, jos se syrjäyttää pohjan muita lajeja. Erityisesti paikoitellen syrjäytetyt valkokatkat ovat kaloille tärkeää ravintoa ja helpommin saalistettavissa kuin pohjaan kaivautuneet monisukasmadot.

3.3 Laivamato (*Teredo navalis*)

Laivamadon alkuperäinen elinalue sijaitsee Atlantin valtamerellä. Itämerelle se on saapunut luultavasti jo useita vuosisatoja sitten Itä-Aasiasta. On myös mahdollista, että sitä on ollut Itämeressä sen historian alusta lähtien. Useita peräkkäisiä laivamatojen massailmaantumisia tapahtui 1930- ja 1950-luvuilla, ja ne kestivät ainoastaan muutamia vuosia (Gollasch, Gruszka, Leppäkoski, Ojaveer, Olenin & Panov, 2002). Vieläkään ei ole varmaa miten laivamato on Itämereen tullut, mutta vuonna 1993 Atlantilta tulleen suolapulssin jälkeen laivamadot ovat saaneet sieltä pysyvän

jalansian. Myöskään painolastin avulla tapahtunutta leviämistä ei ole voitu poissulkea. Vielä laivamato ei ole kuitenkaan päässyt leviämään eteläistä Itämeren pidemmälle, koska se tarvitsee lisääntyäkseen vähintään 12 promillen suolapitoisuutta, eivätkä laivamadot selviä ollenkaan makeassa vedessä (Didžiulis 2007).



Kuva 7. Laivamato (USGS)

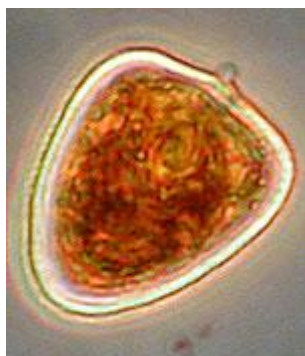
Nimestään huolimatta tämä tulokaslaji kuuluu simpukoihin, ja nimensä se on saanut matomaisen rakenteensa vuoksi. Laivamadot kasvavat jopa puolimetrisiksi, mutta Itämeressä ne saavuttavat yleensä noin 25 – 30 senttimetrin pituuden. Simpukalla on kuorta ainoastaan etuosassa, mistä on kehittynyt sille eräänlainen pora, jota se käyttää hyödyksi tunkeutuessaan veden alla oleviin puisiin rakenteisiin (mm. laiturin tolppiin ja hylkyihin). Laivamato pystyy hajottamaan puun selluloosaa bakteerin avulla ja saa siitä ravinnokseen hiilihydraatteja. (Didžiulis 2007)

Näitä ”merien termiittejä” pidetään todellisena taloudellisena uhkana. Muualla maailmassa laivamato aiheuttaa satojen miljoonien dollareiden arvosta tuhoa vedenalaisille puisille rakenteille joka vuosi. Itämerelle tulonsa jälkeen se on aiheuttanut jo yli 50 miljoonan euron vahingot (Didžiulis 2007). Taloudellisen uhkan lisäksi mato tuhoaa historiallisesti arvokkaita laivan hylkyjä, jotka ovat tähän mennessä säilyneet hyvin Itämerellä sen vähäisen suolaisuuden ja puun tuhoajien puutteen ansiosta.

Laivamadon tekemien tuhojen estämiseksi on tehty paljon tutkimusta, mutta kunnollisia ja pysyviä ratkaisuja ei ole vielä löydetty. Ainoa vaihtoehto on tehdä kaikki vedenalaiset rakennelmat jostain muusta aineesta kuin puusta, esimerkiksi kivistä tai teräksestä.

3.4 Panssarsiimalevä (*Prorocentrum minimum*)

Panssarsiimaleviä on useaa eri lajia, mutta tässä tutustutaan tarkimmin 25 viime vuoden aikana Itämerellä yleistyneeseen lajiin, *Prorocentrum minimum*, jota kutsutaan tässä panssarsiimaleväksi selkeyden vuoksi. Se on ainoa uusi levälaji, joka on levinnyt Itämeressä laajemmalle kuin vain sen eteläosiin. Monien muiden tulo- kaslajien tavoin se ei ole saapunut Pohjois-Amerikasta vaan Välimerestä. (Pertola 2006, 11)



Kuva 8. Panssarsiimalevä (Valtion ympäristöhallinto, Reija Jokipii)

Mikroskooppisen pienet panssarsiimalevät ovat kooltaan vain joitain mikrometrejä. Ne pystyvät elämään vaihtelevissa suolapitoisuuksissa, eikä niitä haittaa edes veden korkea fosfori- tai typpipitoisuus. Panssarsiimalevät pystyvät jakautumaan 1 – 2 kertaa vuorokaudessa ja saavat näin aikaan suurenkin levien massaesiintymän nopeasti. (Pertola 2006, 20)

Panssarsiimalevä on levinnyt maailmanlaajuisesti alusten painolastivesitankeissa olevassa sedimentissä, jossa se muodostaa lepomuodon, joka pystyy selviytymään

vaikeissakin oloissa pitkään. Ensimmäisen kerran se havaittiin Itämerellä vuonna 1981 ja Suomen merialueilla 1990-luvun alkupuolella (Kuisma, Tervonen, Happonen, Kovasin, Pokela 2007).

Useat panssarisiimalevät ovat myrkyllisiä, ja myös *Prorocentrum minimumin* arvellaan kuuluvan joukkoon, mutta varmaa tietoa asiasta ei ole. Itämerellä esiintyy myös näitä myrkyllisiä lajeja, mutta sieltä löytyneistä *Prorocentrum minimumeista* ei ole todettu myrkkyjä. Myrkyllisyyden lisäksi pohjalla hajoavat levien massasiintymät aiheuttavat happikatoa. (Pertola 2006, 24)

3.5 Petovesikirppu (*Cercopagis pengoi*)

Petovesikirppu on väriltään harmaan valkoinen. Sen vartalo-osa on noin 1 – 2 millimetrin mittainen, ja siihen yhdistyy noin senttimetrin mittainen häntä. Petovesikirpun silmät ovat elion kokoon nähden suuret ja mustat. Isossa-Britanniassa ja Kaspianmerellä esiintyvän petovesikirpun vartalo on kooltaan hieman pienempi, noin 1,4 – 1,7 millimetriä, kuin Itämeressä esiintyvän. (Gorokhova 2006)



Kuva 9. Petovesikirppu (WWF, Kristiina Vuorinen)

Petovesikirppu on kotoisin Ponto-Kaspian alueelta. Itämerellä sitä havaittiin ensimmäisen kerran vuonna 1992. Vuodesta 1999 sitä on tavattu joka puolella Itä-

merta. Petovesikirppu kulkeutuu pääsääntöisesti painolastivesien mukana. (Främmande arter i svenska hav 2005)

Petovesikirppu elää monen tyyppisissä vesissä, kuten joissa, merissä, kosteikoissa ja järvissä eli niin suolaisessa kuin makeassakin vedessä. Se selviytyy erilaisista lämpötiloista kolmen ja 38 asteen välillä. Sen munat pystyvät selviytymään jopa talvesta merenpohjassa oleilemalla (Gorokhova 2006).

Petovesikirppu kuuluu maailman sadan haitallisimman tulokaslajin joukkoon (Gorokhova 2006) ja aiheuttaa haittaa mm. kalataloudelle kiinnittymällä kalanverkkoihin. Lisäksi petovesikirppu saattaa aiheuttaa myös allergisia reaktioita ihokosketuksessa (Främmande arter i svenska hav 2005).

3.6 Tiikerikatka (*Gammarus tigrinus*)

Tiikerikatka on peräisin Pohjois-Amerikan itärannikolta, jossa sen levinneisyysalue ulottuu Floridasta aina Kanadan Saint Lawrence-joen suistoon. Se kestää hyvin erilaisia suolapitoisuuden ja lämpötilan vaihteluita sekä vedessä olevia epäpuhtauksia. Se pystyy elämään ja lisääntymään vedessä, jonka lämpötila on 0 - 35 astetta ja suolapitoisuus 25 promillesta aina makeaan. (Främmande arter i svenska hav 2006)

Tiikerikatka kasvaa 4 – 11 millimetrin pituiseksi ja elää kasvien seassa sekä hiekk- että kivipohjaisissa vesissä. Tämä matalissa vesissä viihtyvä pohjaeläin käyttää ravinnokseen lähes kaikkea pohjalta löytyvää eloperäistä ainetta ja on myös aktiivinen saalistaja. Tiikerikatka lisääntyy selvästi useammin kuin Itämeren alkuperäiset katkat, jopa 10 kertaa vuodessa. (Främmande arter i svenska hav 2006)

Tiikerikatka levisi Eurooppaan 1930-luvulla laivojen painolastivesien mukana, mutta sitä tuotiin myös Saksaan istutuslajina. Euroopassa laji levisi tehokkaasti sisävesissä. Itämerellä se havaittiin ensimmäisen kerran vuonna 1975, mutta vasta 1990-luvulla se on alkanut levitä todella nopeasti pitkin Itämeren rantavyöhykkeitä.

Paikoin se on onnistunut syrjäyttämään alueilla olevia alkuperäisiä katka- ja muita lajeja. (Främmande arter i svenska hav 2006)



Kuva 10. Tiikerikatka (Itämeriportaali, Johan Lindholm)

Suomenlahdella tiikerikatkaa havaittiin Haminan edustalla elokuussa 2003. Vuonna 2007 Helsingin edustalla tehdyissä tutkimuksissa löytyi tiikerikatkoja, joiden osuus oli paikoitellen jopa yli 90 prosenttia alueen katkalajeista. (Merentutkimuslaitos 2004)

Tiikerikatkan vaikutusta Itämeren ekosysteemiin ei vielä tiedetä, mutta pahimmillaan sillä voi olla meren rehevöitymistä edistävä vaikutus. Tiikerikatkaa pidetään kuitenkin amerikankampamaneettia ja petovesikirppua harmittomampana tulokkaana.

3.7 Vaeltajasimpukka (*Dreissena polymorpha*, *Zebra mussel*)

Normaalikokoinen vaeltajasimpukka on kooltaan noin kolme senttiä pitkä, mutta se voi kasvaa jopa viiden sentin mittaiseksi (Birnbaum 2006).

Vaeltajasimpukka on Euroopan ja Pohjois-Amerikan haitallisimpia tulokaslajeja. Se on peräisin Ponto-Kaspian alueelta (Mustameri ja Kaspianmeri). Sitä esiintyy tällä hetkellä Ruotsin järvissä, Riianlahdella sekä itäisellä Suomenlahdella, jossa se on havaittu ensimmäisen kerran 1990. Vaeltajasimpukka ei kuitenkaan ole vielä muodostanut massaesiintymiä Suomen vesialueilla. (Birnbaum 2006)



Kuva 11. Vaeltajasimpukka (USGS)

Vaeltajasimpukka leviää normaalisti pohjamaaliin kiinnittyneenä ja painolastiveden mukana, mutta myös kanavia ja jokia pitkin. Se pystyy helposti kilpailemaan alueen alkuperäisasukkaiden kanssa, jopa kalojen. Naaras voi tuottaa vuodessa jopa 1,5 miljoonaa munaa (Birnbaum 2006). Vaeltajasimpukka on aiheuttanut myös taloudellisia ongelmia tukkimalla voimaloiden ja teollisuuden jäähdytyskanavia ja vedenottoaukkoja. Se on aiheuttanut ongelmia myös sulkujen rakenteissa, kastelujärjestelmissä ja peittämällä merenkulun turvalaitteita (poijuja ja viittoja).

3.8 Valekirjosimpukka (*Mytilopsis leucophaeata*)

Valekirjosimpukka on murtovesilaji, jonka alkuperäinen elinalue sijaitsee Pohjois-Amerikassa, Meksikonlahdella. Parhaiten se selviytyy vedessä, jonka suolapitoisuus on 1,4 – 12,7 promillea (Laine, Savolainen), mutta sen tiedetään lisääntyneen vielä 32 promillen suolapitoisuudessa. Vielä ei tiedetä, minkä lämpöisessä vedessä valekirjosimpukka pystyy selviytymään, mutta veden lämpötilan tulee olla vähintään 13 astetta, jotta se pystyy lisääntymään. (Reabic 2006, 38)

Valekirjosimpukka kuuluu vaeltajasimpukoiden heimoon yhdessä vaeltajasimpukan kanssa, joksi sitä ensiksi luultiinkin niiden samankaltaisuudesta johtuen. Myös sen suomenkielinen nimi johtuu tästä tapauksesta. Laji kasvaa nopeasti ja on täysikasvuinen noin kolmessa vuodessa. Tyypillisesti valekirjosimpukat ovat pituudeltaan alle 20 mm, mutta ne voivat kasvaa jopa 25 mm pituiseksi. (Laine & Savolai-

nen) Simpukka kiinnittyy kovalle pinnalle ja saa ravintonsa suodattamalla planktonia sekä leviää tehokkaasti.



Kuva 12. Valekirjosimpukoita (Itämeriportaali, Ari Laine)

Tulokaslajina valokirjosimpukkaa tavataan Länsi-Euroopassa, jonne se saapui jo 1800-luvulla, sekä Mustanmeren ja Kaspianmeren alueilla. Itämerellä ensimmäinen havainto valekirjosimpukasta tehtiin Kielin kanavassa 1930-luvulla, jonne se saapui luultavasti laivojen painolastitankeissa joko Meksikonlahdelta tai Afrikan luoteisrannikolta. Pohjois-Itämerellä laji havaittiin vasta vuonna 2003 Loviisan ydinvoimalan jäähdytysveden purkualueella. (Reabic 2006, 40)

Laji aiheuttaa biologista likaantumista kiinnittymällä sopiviin pintoihin, mm. alusten pohjiin. Tukkiessaan esimerkiksi ydinvoimalan jäähdytysjärjestelmän se voi aiheuttaa huomattavaa tuhoa ja kalliita puhdistustoimenpiteitä. Koska valekirjosimpukan kotiseudulla vallitsee subtrooppinen ja lauhkea ilmasto, sen leviämisen uskotaan rajoittuvan alueille, joissa veden lämpötila on normaalia korkeampi, kuten voimalaitoksen jäähdytysveden purkualueet, missä simpukkaesiintymät voivat olla erittäin tiheitä.

3.9 Villasaksirapu (*Eriocheir sinensis*)

Villasaksirapu on taskurapuihin kuuluva, raajoineen jopa 15 sentin mittainen rapu, jonka voi parhaiten tunnistaa saksien nukkamaisesta karvapeitteestä. Aikuinen yksilö on väriltään vaaleanruskea, kun taas nuoremmat ovat hieman kellertäviä. Nuorilla yksilöillä ei ole myöskään karvapeitettä, vaan se kehittyy myöhemmällä iällä. Villasaksiravun raajat ovat noin kaksi kertaa sen keskivartalon pituiset. Hyvä tunto-merkki on myös v-muotoinen lovi silmien välissä. (Gollasch 2006)



Kuva 13. Villasaksirapu (Itämeriportaali, Riku Lumiaro)

Villasaksirapu on peräisin Kiinanmereltä. Sen arvellaan kulkeutuneen Itämerelle laivojen painolastin mukana ja Kielin kanavan kautta 1920-luvulla. Lajia on esiintynyt siitä asti muun muassa Saksan rannikolla. Suomessa ensimmäinen villasaksirapu tavattiin 1930-luvulla. Itämeren vähäsuolaisuuden vuoksi se ei kuitenkaan pysty lisääntymään siellä. (Gollasch 2006)

Aikuinen rapu viettää suurimman osan elämästään makeassa vedessä. Tyypillisesti se viihtyy pehmeissä pohjissa, kuten jokien pohjapenkoissa. Lisääntyäkseen sen on palattava suolaiseen veteen, esimerkiksi Pohjanmereen. Talveksi villasaksiravut suuntaavat puolestaan syviin vesiin ja palaavat kevään tullen jälleen mataliin jokiin, joissa munat kuoriutuvat. Ravut käyttävät hyödykseen liikkuaan pitkiä

matkoja jokien virtauksia sekä nousu- ja laskuvesiä. Erikoista on myös se, että villasaksi pystyy elämään saastuneissakin vesissä.

Villasaksiravusta on haittaa lähinnä lajeille, jotka taistelevat samasta ruuasta ja elinympäristöstä. Lisäksi takertumalla kalaverkkoihin se pienentää kalastajien saaliita.

3.10 Tulokaslajien ympäristövaikutukset Itämerellä

Kaikki ekosysteemit ovat alttiita bioinvaasioille maailmanlaajuisesti. Aina kun alueelle ilmestyy uusi, aiemmin siellä tapaamaton laji, vaikuttaa se alueen ekosysteemiin jollain tapaa. Nämä vaikutukset ovat usein vaikeasti ennustettavia ja jopa arvaamattomia. Ne voivat olla joko ekologisia tai taloudellisia tai molempia. Mikäli uusi laji selviytyy ja pystyy lisääntymään uudessa elinympäristössään, aiheuttaa se joko suoraan tai välillisesti muutoksia eliöyhteisöissä, etenkin Itämeren kaltaisessa harvalajisessa ympäristössä.

3.10.1 Hyödyt

Yleensä tulokaslajien saapumista pidetään huonona asiana. Täytyy kuitenkin muistaa, että lajeja istutetaan myös tarkoituksella uusille elinalueille. Esimerkiksi Pohjois-Amerikasta ovat ihmisen mukana saapuneet kirjolohi ja täplärapu, joka tuotiin 1960-luvulla Suomeen korvaamaan rapuruton tuhoamaa alkuperäistä jokirapukantaa. Eivätkä edes kaikki tahattomasti saapuvat lajit ole pelkästään haitallisia. Mustaltamereltä ja Kaspianmeren alueelta saapunut, Itämerellä vuonna 1990 havaittu kalalaji mustakitatokko on syötävä, vaikka ei kuulukaan ns. arvokaloihin (Ryhänen 2003, 199-200). Kaloille lisäravintoa tuovat erilaiset planktoneliöt, mm. petovesikirppu. Pohjaeliöistä amerikanmonisukasmato kaivautuu alkuperäisiä lajeja syvemmälle pohjasedimenttiin, hapettaen pohjaa syvemmältä (Bonsdorff ym. 2010, 156). Huonoimmassakin tilanteessa uudet lajit lisäävät alueen ekosysteemin monimuotoisuutta, ainakin aluksi.

3.10.2 Ongelmat

Suurin osa tulokaslajeista aiheuttaa enemmän ongelmia kuin hyötyä valloittamiin alueille. Ne kilpailevat ravinnosta ja elinalueista alkuperäisten lajien kanssa ja saattavat käyttää niitä ravinnokseen. Jos olosuhteet ovat riittävän otolliset uudelle tulokkaalle, saattaa se pahimmassa tapauksessa syrjäyttää alkuperäisiä lajeja kokonaan ja aiheuttaa taloudellisia menetyksiä mm. alueen kalastajille sekä vähentää alueen biodiversiteettiä. Uusien eliöiden mukana saapuu myös uusia tauteja ja loisia sekä ne saattavat sisältää myrkkyjä, mm. levät. Massaesiintyminä eliöt tukkivat tehtaiden jäähdytysvesikanavia ja aiheuttavat kalastajille haittaa takertuessaan verkkoihin. Vedenalaisille rakenteille aiheuttavat haittaa niihin kiinnittyvät eliöt (mm. veneen pohjiin kiinnittyvät levät ja merirokko eli näkki). Puisille rakenteille tuhoa aiheuttaa laivamoto, jonka pelätään tuhoavan varsinkin Itämerellä hyvin säilyneitä hylkyjä. Näiden lisäksi tulokaslajit saattavat vaikuttaa arvaamattomasti ja haitallisesti ihmisen toimintaan mm. pilaamalla virkistysalueita ja vaikeuttamalla kalankasvatusta.

4 SOPIMUKSET

4.1 IMO

IMO (International Maritime Organisation) on yhdistyneiden kansakuntien perustama kansainvälinen merenkulun turvallisuusasioista vastaava järjestö. Genevessä vuonna 1948 pidetyssä kansainvälisessä konferenssissa laadittiin IMO:n perustamista koskeva konventio, joka hyväksyttiin vuonna 1958. Ensin järjestö tunnettiin nimellä IMCO (Inter-Governmental Maritime Consultative Organization), mutta nimi muutettiin vuonna 1982 IMO:ksi. IMO:n päätavoitteita ovat merenkulun turvallisuuden parantaminen ja meriliikenteen aiheuttaman merellisen ympäristön saastumisen ehkäiseminen (IMO).

Ensimmäinen IMO:n hyväksymä kansainvälinen sopimus oli uudistettu SOLAS-konventio (International Convention for the Safety of Life at Sea) vuonna 1960

(IMO). Muita tärkeitä sopimuksia ovat MARPOL 73/78 (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships 1973, as modified by the Protocol of 1978), STCW-yleissopimus (International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers), ISPS-koodi (International Ship and Port Facility Security), AFS-konventio (International Convention on the Control of Harmful Antifouling Systems) ja BWM-konventio (Convention for the Control and Management of Ship's Ballast Water and Sediments) (IMO).

4.1.1 MARPOL 73/78

MARPOL-yleissopimus (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships 1973, as modified by the Protocol of 1978) edelsi vuonna 1954 hyväksytty OILPOL-yleissopimus (International Convention for the Prevention of Pollution of the Sea by Oil). Öljyn ja kemikaalien merikuljetusten kasvu ja öljysäiliöalusten koon kasvu aiheuttivat huolta 1960-luvun lopussa OILPOL-sopimuksen riittämättömyydestä estämään merellisen ympäristön likaantumista. Englannin kanaalissa vuonna 1967 tapahtuneen tankkeri Torrey Canyonin onnettomuuden jälkeen IMO oli pakotettu toimimaan. Vuonna 1973 se kutsui jäsenvaltionsa koolle käsittelemään kaikkia merenkulun aiheuttamia ympäristöongelmia. Konferenssin pohjalta syntyi MARPOL 73 –yleissopimus, jota täydennettiin vuonna 1978, ja nykyään se tunnetaan MARPOL 73/78 -yleissopimuksena. Sopimus tuli voimaan 2.10.1983, jolloin astui voimaan sen ensimmäinen liite. (IMO Publication, MARPOL)

Aluksi sopimus koski öljy- ja kemikaalilastien sekä pakattujen tavaroiden kuljetusta sekä alusten jätevesiä ja talousjätteitä. Vuonna 1997 sopimukseen lisättiin alukselta tulevia ilmansaasteita koskeva osia. (IMO Publication, MARPOL)

Vuoden 1973 konferenssin päätöslauselmassa 18 todettiin alusten painolastivesien aiheuttavan ympäristöongelmia. IMO:a sekä maailman terveysjärjestöä WHO:ta

pyydettiin tutkimaan asiaa, kuitenkin vain ihmiselle vaarallisten taudinaiheuttajien osalta. (IMO Resolution A.774, 1993)

4.1.2 Kansainvälinen painolastivesisopimus (BW-convention)

IMO:n alaisessa ympäristöasioita käsittelevässä merisuojauskomiteassa Marine Environmental Protection Commiteessa (MEPC) hyväksyttiin vuonna 2004 alusten painolastivesiä koskeva sopimus (Convention for the Control and Management of Ship's Ballast Water and Sediments). Sopimuksen tarkoituksena on estää haitallisten tulokaslajien kulkeutuminen uusiin elinympäristöihin. Sopimus astuu voimaan 12 kuukauden kuluttua sen jälkeen, kun sen on ratifioinut 30 valtiota, jotka edustavat vähintään 35:tä prosenttia maailman kauppalaivatonnistosta. Lokakuussa vuonna 2010 sopimuksen oli ratifioinut 27 valtiota, jotka edustavat maailman kauppalaivaston tonnistosta 24:ää prosenttia. (IMO Publication 2004)

1.1.2009 jälkeen rakennettujen alusten, joiden painolastitilavuus on alle 5000 m³, on käsiteltävä painolastivetensä eliöt hävittävin laittein. Vuodesta 2012 alkaen myös painolastikapasiteetiltaan yli 5000 m³ alukset tulee varustaa painolastiveden käsittelylaittein. Viimeinen aikamääre täyttyy vuonna 2016, jolloin kaikki alukset riippumatta painolastikapasiteetistaan tulee varustaa painolastiveden käsittelylaitteistolla. (IMO Publication 2004)

Yleissopimus ei voinut astua voimaan vuoden 2009 alusta, sillä tyyppihyväksytyjä painolastiveden käsittelylaitteita ei ollut vielä riittävästi saatavilla. Tämän vuoksi syksyllä 2007 IMO:n päätöslauselmassa (A.1005(25)) painolastin käsittelyvaatimuksia lykättiin vuoteen 2012. Lykkäys koskee kuitenkin vain aluksia, jotka on rakennettu vuonna 2009 ja joiden painolastikapasiteetti on alle 5000 m³. MEPC:n arvon mukaan vuoteen 2011 mennessä riittävä määrä laitteita ja laitevalmistajia kuitenkin löytyy (TraFi, painolasti).

Taulukko 1. Painolastivesisopimuksen voimaantulo

Aluksen rakennusvuosi	Painolastivesi m ³	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<2009	1500-5000	D1/D2									D2		
		D2											
<2009	<1500, >5000	D1/D2											
≥2009	<5000										D2		
		D2											
≥2009 <2012	≥5000	D1/D2						D2					
≥2012	≥5000										D2		

D1-standardi: Painolastiveden vaihto (tilavuuden vaihto vähintään 95-prosenttisesti), tai jos käytetään läpivirtausmenetelmää, jokaisen tankin läpi on pumpattava vettä vähintään kolme kertaa niin paljon kuin tankissa on vettä (IMO Publication 2004, regulation D-1).

Kun alus suorittaa painolastiveden vaihdon, tulee sen olla merialueella, jonka etäisyys lähimmästä rannikosta on vähintään 200 meripeninkulmaa ja jonka veden syvyys on vähintään 200 metriä (IMO Publication 2004).

Mikäli edellä mainitut kriteerit eivät täyty, on painolastiveden vaihto tehtävä mahdollisimman kaukana rannikosta, kuitenkin vähintään 50 meripeninkulman päässä rannasta ja vähintään 200 metriä syvässä vedessä (IMO Publication 2004).

D2-standardi: Hallinnon hyväksymä painolastiveden käsittelyjärjestelmä, jonka käytön jälkeen vedessä on vähemmän kuin kymmenen pienimmältä mitaltaan alle 50 mikrometrin suuruista elinkelpoista organismia kuutiometrissä, ja vähemmän kuin kymmenen pienimmältä mitaltaan alle 50 mikrometrin ja yli kymmenen mikrometrin suuruista elinkelpoista organismia millilitrassa (IMO Publication 2004, regulation D-2).

Lisäksi purettava painolastivesi ei saa sisältää kolerabakteereja enempää kuin 1 pmy/100 ml tai 1 pmy/1 gr (pmy, pesäkkeen muodostava yksikkö), E-kolibakteeria

250 pmy/100 ml ja suolistoperäisiä enterokokkeja 100 pmy/100 ml (IMO Publication 2004).

4.1.3 Painolastin vapaaehtoinen vaihtaminen Koillis-Atlantilla ja Itämerellä

Koska IMO:n painolastivesisopimus ei ole vielä tullut voimaan, laativat Koillis-Atlantin merellisen ympäristön suojelua koskevan yleissopimuksen (OSPAR) ja Itämeren merellisen ympäristön suojelua koskevan yleissopimuksen (HELCOM) sopimusosapuolet vuoden 2008 toukokuussa väliaikaisen ohjeiston vapaaehtoisista toimenpiteistä vieraslajien leviämisen vähentämiseksi Koillis-Atlantilla ja Itämerellä (Merenkulkulaitos 2008).

Ohjeistossa pyydetään OSPAR:n ja HELCOM:n merialueille saapuvia aluksia vapaaehtoisesti noudattamaan IMO:n painolastivesisopimuksen mukaista painolastiveden vaihtovaatimusta. Ohjeistuksen tarkoituksena ei ole korvata painolastivesisopimusta, eikä se ole enää voimassa sen jälkeen, kun kansainvälinen painolastivesisopimus on ratifioitu (Merenkulkulaitos 2008).

4.1.4 Laivojen myrkyllisten pohjamaalien käytön kieltävä yleissopimus

Kiinnittymisenestomaalien käytön rajoittaminen on puhuttanut jo vuodesta 1988. Erityisesti orgaaniset tinayhdisteet ovat olleet huolenaiheena, ja niiden käyttö aluksissa ja vedenalaisissa rakenteissa onkin nykyään kielletty kokonaan EU-maissa (TraFi, pohjamaalit).

Laivojen myrkyllisten pohjamaalien käytön kieltävä AFS-yleissopimus (International Convention on the Control of Harmful Antifouling Systems) hyväksyttiin 2001, ja se tuli voimaan 2009 (IMO Publication. 2001).

TBT eli tributyyliini on orgaaninen tinayhdiste, jolla estetään eliöiden tarttuminen alusten pohjiin. Se on edullinen, mutta erittäin haitallista eliöstölle jo pieninä pitoisuuksina (Valtion ympäristöhallinto, tributyyliini).

Orgaanisia tinayhdisteitä sisältävien pohjamaalien käyttö on ollut kiellettyä vuoden 2003 alusta. Vuoden 2008 alkuun mennessä ympäristölle vaaralliset pohjamaalit tuli poistaa tai peittää siten, että niistä ei liukene veteen orgaanisia tinayhdisteitä. Määräykset koskevat kaikkia aluksia ja lisäksi aluksilla, joiden vetoisuus on yli 400, tulee olla kansainvälinen antifouling-todistuskirja (International Antifouling System Certificate) (Merenkulkulaitos 2003).

4.2 Helsingin komissio (HELCOM)

Vuonna 1974 seitsemän Itämeren ympärysvaltiota (Itä- ja Länsi-Saksa, Neuvostoliitto, Puola, Ruotsi, Suomi ja Tanska) allekirjoittivat Itämeren alueen merellistä ympäristöä koskevan yleissopimuksen, Helsingin sopimuksen (Helsingin sopimus, 1974). Sopimus tuli voimaan 3.5.1980 (HELCOM). Sen toteuttamista varten allekirjoittajavaltiot perustivat Itämeren merellisen ympäristön suojelukomission – Helsingin komission. Komissio antaa suosituksia, jotka jäsenvaltiot sisällyttävät lainsäädäntöönsä, ja valvoo, että sen antamia suosituksia ja Helsingin sopimusta noudatetaan. Tähän mennessä HELCOM on antanut noin 200 suositusta Itämeren suojelemiseksi (HELCOM).

Helsingin sopimusta uudistettiin vuonna 1992 tehdyllä, aiempaa sitovammalla, uudella sopimuksella, jonka allekirjoittivat kaikki Itämeren rannikkovaltiot ja Euroopan yhteisö. Se tuli voimaan 17.1.2000 (HELCOM).

Sopimus kattaa koko Itämeren alueen, sisävedet mukaan lukien, Itämeren meriveden ja merenpohjan (HELCOM). Se velvoittaa sen jäsenvaltiot vähentämään kaikista päästölähteistä tulevaa kuormitusta, suojelemaan meriluontoa ja säilyttämään lajien monimuotoisuutta (Helsingin sopimus 1992).

4.2.1 Baltic Sea Action Plan

Marraskuussa 2007 hyväksyttiin HELCOM:n Itämeren suojelun toimintaohjelma, jonka tavoitteena on parantaa Itämeren ekologista tilaa vuoteen 2021 mennessä.

Ohjelmaan sisältyy Itämeren biodiversiteetti, luonnonsuojelu, pahimmat ympäristöongelmat kuten rehevöityminen ja meriympäristön kemiallinen saastuminen sekä merenkulusta aiheutuvat uhat (BSAP 2007, 2-5).

4.3 EU

Euroopan unionilla on käytössä vuonna 2006 hyväksytty biologista monimuotoisuutta koskeva toimintasuunnitelma, jossa tuodaan esiin haitallisten vieraslajien ongelma. Vuonna 2008 Euroopan komissio antoi tiedonannon, jonka tavoitteena on luoda koko EU:n laajuinen strategia haitallisten vierasperäisten lajien leviämisen ehkäisemiseksi. Strategian on määrä valmistua vuonna 2011 (EU-julkaisutoimisto).

4.3.1 MARTOB

MARTOB-projekti oli EU:n tukema tutkimushanke alusten painolastivesien mukana kulkeutuvien eliöiden leviämisen estämiseksi ja matalarikkisiä polttoaineita koskevien yksityiskohtien selvittämiseksi. Hanke toteutettiin vuosina 2001 – 2004, ja siinä oli mukana 24 yhteistyökumppania. Suomesta tutkimukseen osallistuivat VTT ja Åbo Akademi (MARTOB).

Projektin päähuomio keskittyi laivalla tapahtuvien painolastiveden puhdistustekniikoiden testaamiseen, tekniikoiden tehokkuuden ja turvallisuuden parantamiseen, ympäristönäkökohtiin ja taloudellisuuteen. Hankkeessa testattiin laboratorio- ja täysmittakaavakokeissa useita menetelmiä painolastivedessä olevien eliöiden tuhoamiseksi, mm. lämpökäsittelyä, hapenpoistoa, ultraviolettisäteilyä, ultraääntä ja eri menetelmien yhdistelmiä (MARTOB 2004, 2-3).

Projektissa kokeillut menetelmät osoittautuivat pääosin toimiviksi aluksella tapahtuvaan painolastiveden hallintaan. Lisäksi projektin päätyttyä MARTOB antoi suosituksia EU:lle ja MEPC:lle. Niissä ehdotettiin mm. painolastinkäsittelylaitteiden tyyppihyväksyntää, menetelmiä käsitellyn painolastiveden tarkkailuun, satamille painolastiveden vastaanottokeskuksia ja sellaisten alusten suunnittelua, jotka tarvit-

sevat mahdollisimman vähän tai ei ollenkaan painolastia (MARTOB 2004, 19 – 22).

5 TULOKASLAJIEN LEVIÄMISEN ESTOMENETELMÄT

Painolastin mukana kulkeutuvien eliöiden, virusten ja bakteerien aiheuttamista ongelmista on oltu tietoisia jo pitkään. Itämerellä tulokaslajien aiheuttamiin ongelmiin alettiin kiinnittää huomiota vasta 1990-luvun alussa. Aiheutuneiden tuhojen korjaus on hyvin vaikeaa tai jopa mahdotonta, ja se vaatii paljon taloudellista panostusta. Paras keino tuhojen ehkäisemiseksi on estää tuhoa aiheuttavien eliöiden pääsy alueelle.

Ongelman ratkaiseminen ei ole aivan yksinkertaista. Taso, jolle painolastinkäsittelymenetelmien tulisi ylittää, on määritelty kansainvälisessä painolastivesisopimuksessa säännössä D-2.

Painolastivesisopimuksessa määriteltyjen arvojen lisäksi menetelmien tulee olla turvallisia alukselle ja sen miehistölle, ympäristöystävällisiä, helppoja ja käytännöllisiä toteuttaa aluksen operoidessa ja taloudellisia. Tällä hetkellä taloudellisin ja tehokkain keino estää vierasperäisien lajien kulkeutuminen uusille alueille on merellä tapahtuva painolastiveden vaihto. Sen toteuttaminen käytännössä ei kuitenkaan ole mahdollista Itämerellä.

Useilla kymmenillä menetelmillä, joissa käytetään tässä työssä jäljempänä mainittuja tekniikoita tai niiden yhdistelmiä, on jo IMO:n lopullinen hyväksyntä tai lippuvaltioiden tai luokituslaitosten tyyppihyväksyntä. Helmikuussa 2010 27 valmistajaa oli ilmoittanut asentaneensa kehittämänsä laitteiston alukseen (Helavuori 26.6.2010). Liitteessä 2 on vertailtu muutamien eri tekniikoihin perustuvien valmiiden laitteiden kustannuksia.

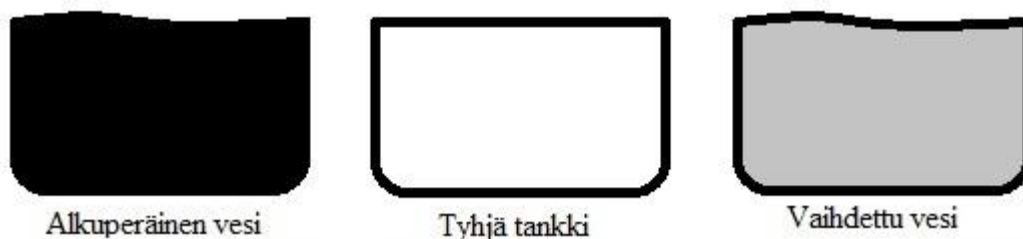
Ensimmäinen suomalainen alus, johon on asennettu painolastiveden käsittelyjärjestelmä, on ESL Shippingin M/S Pasila. Pasilassa oleva järjestelmä perustuu suodatuksen ja UV-käsittelyn yhdistelmään (ASPO Oyj).

5.1 Painolastiveden vaihtaminen

Painolastiveden vaihtaminen on tällä hetkellä laajimmin käytössä oleva ja käytännössä ainut mahdollinen ratkaisu, myös vanhoille aluksille, estää ei-toivottujen vieraslajien siirtyminen alueelta toiselle. Sopimus painolastiveden vaihtamisesta hyväksyttiin IMO:ssa vuonna 2004, mutta se ei ole vielä voimassa (IMO publication 2004). Voimaan tullessaan se edellyttää, että kaikki alukset vaihtavat painolastinsa merimatkinsa aikana, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Sopimusta on käsitelty tarkemmin 4. luvussa sopimukset. Nykyisillä menetelmillä on kaksi tapaa, joilla painolasti on mahdollista vaihtaa merellä.

5.1.1 Tankkien tyhjentäminen ja uudelleen täyttäminen

Tämä sekventiaalinen menetelmä tarkoittaa sitä, että tankki tai tankkipari tyhjenetään ensin niin tyhjäksi kuin mahdollista ja täytetään sen jälkeen uudelleen merivedellä yhtä täyteen. Sama operaatio toistetaan jokaisen tankin kohdalla. Operaation läpiviennistä vastaa yleensä aluksen yliperämies. Hänen apunaan voi kuitenkin toimia esimerkiksi konemestarit aluksen konehuoneessa.

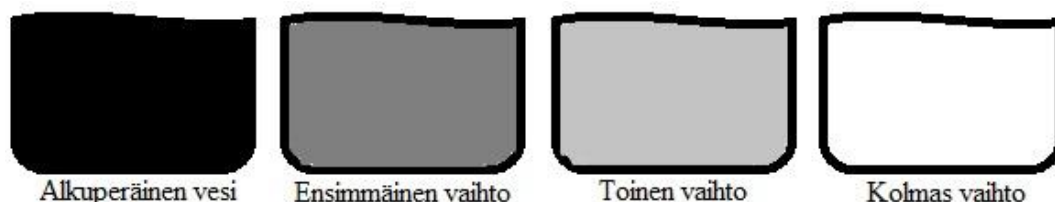


Kuva 12. Painolastiveden vaihto, tyhjennys- ja uudelleentäyttömenetelmä

Tankkien tyhjennysjärjestyksellä ei niinkään ole merkitystä, mutta painolastiveden vaihto-operaatiosta vastaavan henkilön tulee kuitenkin varmistaa, että aluksen turvallisuus tulee säilyä vakavuuden ja rungon rasitusten osalta koko operaation ajan. Kaikille aluksille tämä vaihtotapa ei välttämättä edes sovi. Esimerkkinä on alus, jonka keulassa sijaitsevien painolastitankkien tyhjennys muuttaa keulasyväystä niin paljon, että bulbi nousee pintaan. Vastaavasti perätankkien tyhjennys saattaa saada aikaan sen, että potkuri nousee liian lähelle pintaa, mikä varsinkin jäissä altistaa potkurin vaurioille.

5.1.2 Tankkien huuhtelu

Tätä menetelmää käytettäessä aluksen kaikkia painolastivesitankkeja täytetään samanaikaisesti. Tankit täytetään pohjalta siten, että tankin annetaan tulvia yli sen täytyttyä. Operaatiossa uusi merivesi korvaa vanhan kun riittävä vesimäärä on pumpattu tankin läpi. Tutkimukset ovat osoittaneet, että käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että vähintään kolme kertaa painolastikapasiteetin verran vettä on pumpattava tankkien läpi ((IMO publication 2004).

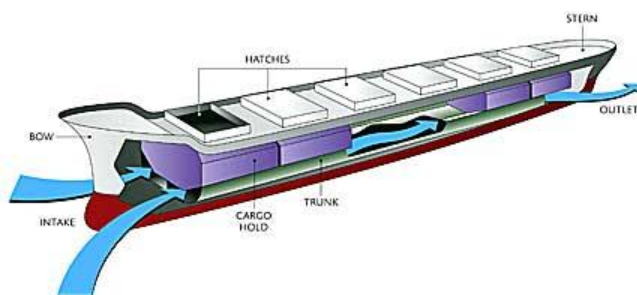


Kuva 13. Painolastiveden vaihto, tankkienhuuhtelumenetelmä

Kansainvälisen painolastivesisopimuksen mukaan vaatimuksena on, että painolastia vaihdettaessa vähintään 95 prosenttia painolastista tulee vaihdettua. Tätä läpivirtausmetodia käytettäessä voidaankin poiketa siitä, että aluksen pitää pumpata kolme kertaa tankkien tilavuuden verran, mikäli voidaan osoittaa, että vähintään 95 prosenttia painolastivedestä tulee vaihdetuksi vähemmällä pumppauksella (IMO 2004, Regulation D-1).

5.1.3 Ballast-free ship (jatkuva läpivirtaus)

Vuonna 2004 patentoitu ballast-free ship-konsepti saattaa tulevaisuudessa ratkaista painolastivesiin liittyviä ongelmia. Konsepti on kehitetty uudisrakennuksia varten, sillä niissä painolastitankit ovat täysin uudenlaiset. Painolastivesi kulkee koko laivan mitan jatkuvalla virtauksella. Varsinaista painolastiveden vaihtoa ei siis tarvita. Virtausaukot voidaan myös sulkea ja tankit tyhjentää käyttäen painolastipumppuja esimerkiksi lastattaessa.



Kuva 14. Ballast-free konsepti (UM)

Tietokonelaskelmat ja pienoismallikokeet ovat osoittaneet idean olevan teknisesti ja taloudellisesti mahdollinen aluksilla, jotka operoivat normaalilla nopeudella. Idean toteuttamisen edellytyksenä on kuitenkin, että laivanrakennusteollisuus säästää uuden konseptin. Parhaimmillaan se syrjäyttää kalliit painolastivedenkäsittelylaitteet ja -kemikaalit sekä voi alentaa jopa 7,3 prosenttia potkurin voiman tarvetta ja sitä kautta aluksen polttoainekulutusta. (Reabic 2009, 556)

5.2 Mekaaninen käsittely

Mekaanisissa menetelmissä painolastivesi pyritään puhdistamaan joko suodattamalla tai separoimalla. Menetelmiä käytetään otto- tai purkuvaiheessa tai molemmissa. Ongelmana menetelmässä on ollut käsiteltävän veden suuri määrä ja veden

virtausnopeus. Laitteet itsessään ovat yksinkertaisia ja ne ovat aluksen miehistön huollettavissa.

5.2.1 Suodatus

Painolastiveden suodattaminen joko sisäänotto- tai purkuvaiheessa on ympäristöystävällinen ja taloudellinen ratkaisu painolastivedenkäsittelyyn. Menetelmän suurin ongelma on käsiteltävän veden määrässä ja suuressa virtausnopeudessa. Menetelmällä ei myöskään voida poistaa kaikkein pienimpiä vedessä olevia eliöitä. Se tarvitsee rinnalleen jonkun toisen menetelmän näiden tuhoamiseen, esimerkiksi ultraääni- tai ultraviolettisäteilykäsittelyn. Suodattimet itsessään ovat kuitenkin halpoja, yksinkertaisia käyttää ja aluksen miehistön huollettavissa. (Reabic 2009, 524 – 526)

5.2.2 Separointi

Painolastiveden separointi on suodatuksen ohella ympäristöystävällinen ja taloudellinen ratkaisu painolastiveden käsittelyyn. Siinä ei tarvita ylimääräisiä aineita eliöiden tuhoamiseen. Separattori poistaa vedestä sitä raskaammat ja kevyemmät eliöt keskipakovoimaa hyväksi käyttäen. Ongelmaksi muodostuvat eliöt, joiden ominaispaino on lähellä veden ominaispainoa, joten myös separoinnin yhteydessä on käytettävä jotain toista painolastivedenkäsittelymenetelmää. (Reabic 2009, 526 – 527)

Separattoreita on jo nyt käytössä laivoilla polttoaineen ja öljyn puhdistuksessa, joten tekniikan käyttöönotto ei aiheuttaisi ongelmia miehistölle.

5.3 Kemiallinen käsittely

Kemiallinen menetelmä perustuu siihen, että painolastiveden joukkoon lisätään eliöiden torjuntaan käytettäviä aineita, biosideja. Menetelmä on ollut käytössä jo pitkään mm. vedenpuhdistuslaitoksissa ja tehtaissa. Toinen yleinen käytössä oleva

menetelmä on lisätä veden joukkoon hapettavia, eliöiden torjuntaan käytettäviä aineita, kuten jauhemaista natriumhypokloriittia tai kalsiumhypokloriittia.

Vedenkäsittelyssä käytetään paljon epäorgaanisia yhdisteitä, joiden käyttöön liittyy myös rajoitteita tietyillä alueilla. Ne ovat myös kalliita, joten ne eivät sovellu suurissa määrin tehokkaaksi painolastinkäsittelymenetelmäksi. Suurten määrien säilöminen aluksella on myös epäkäytännöllistä ja lisäksi niihin liittyy terveys- ja turvallisuusriskejä.

5.3.1 Hapenpoisto

Rikkioksidilla ja natriumsulfiitilla voidaan poistaa vedestä happea. Näillä aineilla saadaan aikaan anaerobinen tila, joka vaikuttaa organismien eloon jäämiseen. Menetelmä toimii kuitenkin vain osittain, sillä hapenpuute ei todennäköisesti vaikuta leviin, anaerobisiin bakteereihin ja viruksiin. Rikkipitoisen veden pumppaaminen mereen ei myöskään ole ympäristön kannalta suotuisaa. Happea voidaan poistaa painolastitankeista myös jatkuvalla inert-kaasun käytöllä. Estomenetelmä on melko taloudellinen; sen kustannukset ovat vain noin 0,06 US\$/tonni painolastivettä. (Reabic 2009, 548)

5.3.2 Klooraus

Kloori on voimakas hapetin. Sen tehokkuus desinfioinnissa on riippuvainen lämpötilasta ja ajasta, jonka sen annetaan vaikuttaa. Alhaisissa lämpötiloissa tulokaslajien kuolleisuus vähenee huomattavasti. Klooraus on ollut käytetty menetelmä veden desinfioinnissa jo pitkään. Menetelmä olisi myös helppo toteuttaa, mutta se aiheuttaa ympäristöongelmia (Matheickal & Raaymakers 2003).

5.3.3 Otsonointi

Otsoni (O_3) on tehokas hapetin, mutta pysymätön, sillä se hajoaa nopeasti happikaasuiksi. Se tuhoaa tehokkaasti viruksia ja bakteereita desinfioimalla. Veden ol-

lessa likaista tai pH-arvon ollessa korkea otsonin tehokkuus kuitenkin heikkenee. Laboratoriotutkimuksissa on tutkittu, että otsoni ei tehoa kaikkiin organismeihin (Reabic 2009, 541-542).

Otsoni on erittäin myrkyllinen kaasu ja vaatii käytettäessä erittäin tarkat turvallisuusjärjestelmät. Sen HTP-arvo on 0,2 ppm/8 h tai 0,05 ppm/15 min. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009) ja sen voi haistaa pitoisuuden ollessa 0,01 ppm. Kaasun vaarallisuus tekeekin siitä epäkäytännöllisen laivakäyttöä ajatellen. Lisäksi sen käyttö saattaa aiheuttaa nopeaa korroosiota painolastivesijärjestelmässä. Otsonin säilöminen ei vaadi kuitenkaan paljon tilaa, sillä sitä voidaan valmistaa ilmasta alukselle asennetuilla järjestelmillä. Otsonin käyttökustannukset ovat 0,28–0,32 US\$/ tonni painolastivettä. (Reabic 2009, 541-542)

5.3.4 Vetyperoksidi

Vetyperoksidi (H_2O_2) on yleinen jäädytysvesijärjestelmien kemikaali. Se on hinnaltaan edullista. Vetyperoksidi hajoaa täysin vedeksi ja hapeksi, mikä tekee siitä ympäristöystävällisen. Huonona puolena voidaan pitää, että hyvän tuloksen saamiseksi tarvitaan suuri määrä ainetta, mikä pienentää aluksen lastikapasiteettia. Vetyperoksidi voisi olla kuitenkin vaihtoehto jonkin toisen menetelmän rinnalla, jolloin tarvittaisiin laimeampia seoksia ainetta. (Reabic 2009, 542-543)

5.3.5 Painolastitankin tai pohjan myrkkymaalaus

Myrkkymaaleilla pyritään lähinnä estämään levien ja simpukoiden tarttuminen tankkien pintoihin. Maalien teho on parhaimmillaan kuitenkin liikkuvassa edessä, ja siksi niillä päästään harvoin hyviin tuloksiin tankeissa, joissa vesi ei ole kunnolla liikkeessä. Kovemmat myrkkymaalit ovat sen sijaan kiellettyjä AFS-yleissopimuksessa purkaussatamien ympäristöseikkojen takia.

5.3.6 pH-arvon muunteleminen

Moni organismi ei selviä pH-arvon muutoksesta. Veden pH-arvoa voidaan nostaa tai laskea painolastitankeissa alkaleilla tai peruskemikaaleilla. pH-arvon laskemisella on kuitenkin haittapuolensa. Alhainen pH-arvo aiheuttaa korroosiota tankeissa, kun taas pH-arvon nostaminen saa vedestä kemiallisesti epästabiilin. Käsittelymenetelmä vaatii myös suurehkoja kemikaalivarastoja ja se lisää turvallisuusriskiä aluksella. PH-arvoltaan liian korkean tai liian alhaisen veden pumppaaminen pois aluksesta vaatii myös veden muuttamista takaisin neutraaliksi. (Reabic 2009, 549)

5.3.7 Suolapitoisuuden säätely

Yksinkertainen organismien estomenetelmä on suolapitoisuuden muuttaminen hyvin korkeaksi tai päinvastoin laskeminen matalaksi. Yleistyessään menetelmä tosin vaikuttaisi purkaussatamien veden suolapitoisuuteen merkittävästi ja sitä kautta alkuperäislajeihin, varsinkin jos alus purkaisi erittäin suolaista vettä vähemmän suolaiseen veteen. Vähäinen painolastiveden suolaus ei ole tehokas estomenetelmä. Menetelmä voisi kuitenkin toimia aluksilla, jotka kuljettavat pieniä määriä painolastivettä. Estomenetelmänä se on kuitenkin kallis. (Reabic 2009, 549)

5.4 Fysikaalinen käsittely

Fysikaaliset menetelmät tarkoittavat, että painolastivettä sterilisoidaan gammasäteilyn, ultraviolettivalon, mikroaaltojen tai ultraäänen avulla. Vettä voidaan myös lämmittää tai jäähdyttää eri keinoin, siirtää magneettisten kenttien läpi tai veteen voidaan johtaa sähköpulsseja. Fysikaalisia menetelmiä testattaessa on päästy varsin hyviin tuloksiin, mutta menetelmien yleisenä ongelmana on niiden hitaus.

5.4.1 Gammasäteilytys

Gammasäteily on ionisoivaa sähkömagneettista säteilyä. Sen käyttöä on tutkittu jätevedenkäsittelyä varten. Sitä on ehdotettu myös käytettäväksi painolastiveden kä-

sittelyyn, mutta tämän hetken tekniikalla toteutettuna sen käyttö ei ole järkevää laivaympäristössä suuren energiankulutuksen, kalliiden asentamis- ja käyttökustannuksien vuoksi (Reabic 2009, 531). Se myös vaatisi tarkkoja tutkimuksia miehistön suojaamiseksi säteilyltä. Gammasäteilytyksestä ei kuitenkaan ole haittaa ympäristölle.

5.4.2 Mikroaallot

Mikroaallot ovat sähkömagneettisia aaltoja, joiden aallonpituus on yhden millimetrin ja yhden metrin välillä ja taajuus vastaavasti 300 MHz – 300 GHz. Myös mikroaaltojen käyttöä on tutkittu käytettäväksi jätevedenpuhdistukseen ja laivojen painolastivedenpuhdistukseen. Niiden etu tavallisiin lämmitysmenetelmiin on nopea ja tehokas lämmitys. Mikroaalloilla vesi saadaan muutamassa minuutissa lämmitettyä 89 asteeseen. Yhdessä jonkun muun lämmitysmenetelmän kanssa veden lämpötila saadaan jopa yli 100 asteeseen. (Reabic 2009, 530)

Yksin järjestelmä on kuitenkin liian kallis toteutettavaksi laivaympäristössä. Yhdessä muiden vedenlämmitysmenetelmien kanssa käytettynä sillä voidaan kuitenkin lisätä niiden tehoa kohtuullisin kustannuksin.

5.4.3 UV-säteilytys

Ultraviolettisäteilyä on gammasäteilyn ja mikroaaltojen ohella tutkittu käytettäväksi painolastiveden käsittelyyn. Sen asentamis- ja käyttökustannukset ovat paljon kahta edellä mainittua tekniikkaa pienemmät, mikä tekee siitä houkuttelevamman vaihtoehdon alusten painolastivesien käsittelyyn.

UV-säteily on valoenergiaa, joka jaetaan kolmeen eri aallonpituuteen UV-A 315 - 400 nm, UV-B 280 - 315 nm ja UV-C 200 - 280 nm. Näistä lyhin (UV-C) on tehokkain tuhoamaan vedessä olevia bakteereja ja viruksia. Ultraviolettisäteilyä on käytetty pitkään jäte- ja juomaveden desinfiointiin. UV-valo aiheuttaa mikro-

organismeissa valokemiallisia muutoksia tuhoamalla näiden DNA-ketjujen sidoksia. (Sassi, Viitasalo, Rytönen & Leppäkoski 2005, 38)

Menetelmä perustuu siihen, että UV-säteily läpäisee ohi virtaavan veden, joten jotta menetelmä toimisi tehokkaasti, pitää vesi esikäsitellä joko suodattamalla tai separoimalla. Esikäsitelyllä pitää pystyä poistamaan 20 µm suuremmat eliöt ja sedimentin osat (Sassi ym. 2005, 20)

UV-säteilystä ei ole vaaraa miehistölle, alukselle tai ympäristölle, mutta hajoavasta UV-lampusta voi vapautua myrkyllistä elohopeaa käsiteltävään veteen ja sitä kautta aiheutua haittaa meriympäristölle. Myös UV-säteiden aiheuttamat DNA-muunnokset saattavat aiheuttaa mutaatiota käsittelystä selvinneille eliöille.

Yhdistettyä suodatus ja UV-tekniikkaa on jo käytössä varsinkin risteilyaluksissa, jotka vaativat vain vähän painolastia, mm. MV Coral Princess ja MV Regal Princess.

5.4.4 Lämpötilan muuttaminen

Korkeita lämpötiloja käytetään yleisesti veden sterilisointiin. Nostamalla painolastiveden lämpötila riittävän korkeaksi pystytään tappamaan kaikki siellä olevat eliöt. Kustannusten kannalta on edullisinta käyttää laivan koneiden tuottamaa hukkalämpöä veden lämmitykseen lämmönvaihtimen avulla. Laivoilla tehtyjen kokeilujen mukaan tällä menetelmällä saadaan trooppisissa oloissa painolastivesi lämmitettyä 38 – 45 asteeseen (Reabic 2009, 528). Jo tässä lämpötilassa kuolee suurin osa eliöistä. Kaikkien pieneliöiden tuhoamiseen tarvitaan kuitenkin korkeampia lämpötiloja, joiden tuottamiseen vaaditaan erillinen lämpökattila, mikä nostaa kustannuksia.

Järjestelmän etuja ovat turvallisuus ja yksinkertaisuus (eivät vaadi koulutettua henkilökuntaa) sekä hinta. Veden lämmittämisestä hukkalämmön avulla ei synny yli-

määräistä kuormaa ympäristölle. Lämmittäessään vettä kuumenee samalla veden mukana tuleva sedimentti. Sedimentissä olevat eliöt eivät kestä kuumuutta vaan tuhoutuvat.

Ongelmia aiheuttaa lämmitettävän veden määrä varsinkin suuremmilla aluksilla sekä veden lämpötilan saaminen riittävän korkeaksi. Nämä ongelmat voidaan ratkaista ylimääräisellä lämmityskattilalla, mutta silloin järjestelmän kokonaiskustannukset nousevat. Myös järjestelmän asentaminen vanhempiin aluksiin saattaa aiheuttaa arvaamattomia vaikutuksia lämpölaajenemisen ja korroosion muodossa.

Myös painolastiveden jäädyttäminen lähelle jäätympistettä voisi olla ratkaisu tulokaslajiongelmaan. Sitä ei kuitenkaan ole vielä tutkittu tulokaslajien tuhoamiseksi. Järjestelmä vaatisi paljon energiaa, jäädytyslaitteiston ja -putkiston asennuksia ja se tuskin tuhoaisi kaikkia organismeja. Menetelmä voisi olla mahdollista toteuttaa jäädytyslaivoilla, joilla on valmiina laitteistot veden jäädyttämiseen.

5.4.5 Sähköiset menetelmät ja magnetointi

Sähkö- ja plasmapulssien käyttöä tulokaslajien ehkäisyyn tutkitaan menetelmien tehokkuuden vuoksi. Teknologia on tehokasta tuhoamaan eliöitä vedestä, mutta vielä ei tiedetä, onko se tehokas tapa vierasperäisten lajien tuhoamiseen etenkin suolaisesta painolastivedestä.

Sekä sähkö- että plasmapulssien toiminta perustuu lyhyisiin energian purkauksiin, jotka suunnataan käsiteltävään veteen. Vedessä olevat eliöt saavat sähköiskun ja kuolevat. Erona on se, kuinka energia luodaan. Sähköpulssiteknologiassa vesi johdetaan kahden elektrodin väliin, jolloin lyhyt ja voimakas energiapurkaus kulkee veden läpi tappaen siinä olevat eliöt. Plasmapulssiteknologiassa voimakas energiapulssi johdetaan käsiteltävässä vedessä olevaan laitteeseen, josta syntyy plasmakaari. Plasmakaaresta vapautuva energia tuhoaa eliöt. (PWSRCAC, Fact sheet 14)

Molemmat teknologiat ovat tehokkaita tuhomaan jopa kaikki painolastivedessä olevat tulokaslajit, ja niiden teho on suoraan verrannollinen käytetyn energian määrään. Tutkimusten mukaan panssarisiimaeliöt kuolevat jo viiden sekunnin altistumisesta $5\text{V}/\text{cm}^2$ jännitteelle (Hallegraeff, 305). Hyvän lopputuloksen saamiseksi saatetaan kuitenkin tarvita vielä veden esikäsittelyä esimerkiksi suodattamalla.

Sähkömagneettista ionisaatiota käytetään jätevedenpuhdistamoilla. Teknologiaa voitaisiin käyttää myös painolastiveden käsittelyyn, koska sillä saadaan tehokkaasti tuhottua hyvin pieniä hiukkasia. Se vaatii kuitenkin veden esikäsittelyä poistamaan suuremmat partikkelit esimerkiksi suodattamalla. (PWSRCAC, Fact sheet 14)

Painolastiveden käsittely sähkömagneettisella ionisaatiolla vaatii useita peräkkäisiä vaiheita. Käsittely saa vedessä olevat partikkelit saostumaan, ja ne erotellaan vedestä magneettisella erottelusuodattimella.

Teknologialla ei ole vaikutusta ympäristöön, eikä sen käytöstä ole suuria riskejä käyttäjille. Se vaatii kuitenkin suuria investointeja laivalle ja henkilökunnan koulutukseen.

5.4.6 Ultraääni

Ultraääneksi kutsutaan ääntä, jonka taajuus on ihmisen kuuloalueen yläpuolella. Se on atomien mekaanista liikettä ja tarvitsee edetäkseen väliaineen. Ultraääni etenee hyvin nesteissä ja kiinteissä aineissa. Kaasuissa ultraääni vaimenee nopeasti (Gröngroos 2010, 17-18).

Ultraääntä käytetään ruoanjalostusteollisuudessa ja vedenkäsittelylaitoksissa tuhoamaan pieneliöitä. Toimiakseen tehokkaasti se vaatii 15 – 100 kHz:n taajuuden, myös käsittelyalueen muodolla on vaikutusta käsittelyn tehokkuuteen, joten menetelmän käyttö laivoissa vaatii jo suunnitteluvaiheessa tehtäviä ratkaisuja painolastitankkien ja putkistojen osalta (Sassi ym. 2005, 48-49).

Ultraäänimenetelmä perustuu paineen vaihteluihin käsiteltävässä painolastivedessä ja sen teho määräytyy käytettävän taajuuden, intensiteetin, altistumisajan sekä veden fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien mukaan (Sassi ym. 2005, 48) .

Suurimmat ongelmat ultraäänen käytössä liittyvät käsiteltävän veden määrään ja hintaan. Ultraäänellä voidaan tuhota suurin osa pieneliöistä, mutta se ei sovellu kehittyneempien eliöiden tuhoamiseen, joten sen yhteydessä olisi käytettävä myös jotain toista menetelmää, esim. suodatusta tai separointia. Myös laitteen käyttö vaatii koulutettua henkilöstöä. Ultraäänen käytöllä ei kuitenkaan ole ympäristö- tai sivuvaikutuksia, eikä siitä jää mitään jäännöksiä.

6 LOPPUPÄÄTELMÄT

Tämän merikapteenityön tavoitteena oli koota merenkulkijalle tietopaketti Itämerestä ja sitä uhkaavista vaaroista, joita painolastivedet tuovat tullessaan. Työssä esitellään pääpiirteittäin estomenetelmiä ja laitteistoja, joilla uhkia on mahdollista hallita. Lisäksi tuodaan esiin määräyksiä ja säännöksiä, joilla painolastivesien vaihtoa ja käsittelyä pyritään tehostamaan.

Tulokaslajien aiheuttamat ongelmat Itämerellä eivät ole saaneet samanlaista julkiisuutta kuin esimerkiksi öljystä aiheutuvat ympäristöongelmat. Uudet lajit Itämerellä eivät ole vielä aiheuttanut samanlaista ympäristökatastrofia kuin Mustallamerellä, Suurilla järvillä tai Australian rannikolla. Niiden aiheuttamat ongelmat ovat melko näkymättömiä, joten tiedotusvälineetkään eivät ole suuremmin kiinnostuneet asiasta.

Itämeri on pieni meri, jonka vesimassa vaihtuu noin 40 vuodessa. Se tekee siitä helposti saastuvan ja haavoittuvan. Kasvavan liikennemäärän vuoksi merenkulkijoiden täytyy suojella tätä arvokasta merta käsittelemällä tai vaihtamalla painolastivetensä ja käyttämällä vähäpäästöisiä polttoaineita. Suojeluun tarvitaan kuitenkin panostusta myös maanviljelijöiltä, kalataloudelta ja teollisuudelta. Tärkeintä olisi,

että riittävän moni valtio ratifioisi IMO:n sopimuksen painolastiveden vaihtamisesta, jotta määräykset astuisivat voimaan mahdollisimman pian.

Painolastivedenkäsittelymenetelmiä on tutkittu ja testattu jo yli kymmenen vuotta, mutta turvallisen, taloudellisen ja tehokkaan painolastivesien käsittelyjärjestelmän keksiminen laivoolosuhteisiin sopivaksi on myös haastava tehtävä. Mikään menetelmä tuskin yksin pystyy ratkaisemaan tulokaslajiongelmia, mutta yhdistämällä kaksi tai useampia menetelmiä on päästy hyviin tuloksiin. Ballast-free -konsepti saattaa tulevaisuudessa olla ratkaisu, joten myös laivanrakennusteollisuudella tulee olemaan suuri merkitys tulokaslajien leviämisen ehkäisemisessä. Jotkut varustamot ovat vapaaehtoisesti asentaneet painolastiveden käsittelyjärjestelmiä aluksiinsa, mutta vielä tällä hetkellä painolastiveden vaihtaminen on toimivin ratkaisu uusien lajien leviämisen estämiseksi.

Kun uusi laji on saanut riittävän vahvan jalansijan valloittamalleen alueelle sen hävittäminen sieltä on käytännössä mahdotonta. Ainut ratkaisu on pyrkiä estämään lajien pääseminen uusille alueille.

6.1 Luotettavuuden tarkastelua

Työssä käytetty tieto pyrittiin rajaamaan aihetta tutkineiden asiantuntijoiden ja järjestöjen 2000-luvulla julkaisemiin raportteihin vanhentuneen ja epäolennaisen tiedon pois sulkemiseksi. Tilanne niin maailman merillä kuin Itämerelläkin elää koko ajan ja painolastivedenkäsittelymenetelmät kehittyvät. Kokonaisuutena työstä selviää Itämeren, sen tulokaslajien ja painolastivedenkäsittelymenetelmien sekä niihin vaikuttavien kansainvälisten sopimusten tämän hetkinen tilanne.

6.2 Jatkotutkimusaiheita

Jatkotutkimuksen tarvetta painolastivedenkäsittelymenetelmille voisi ilmetä, kun kansainvälinen painolastivesisopimus astuu voimaan ja painolastivedenkäsittelymenetelmät ovat kehittyneet edelleen. Tietoa painolastivesiin liittyvistä asioista oli-

si aiheellista antaa merenkulkijoille jo opiskeluaikana. Painolastivesien vaikutuksista ympäristöön ja sen käsittelymahdollisuuksista olisi myös syytä tutkia tulevaisuudessa lisää.

LÄHTEET

ASPO Oyj. Lehdistöiedote 1.9.2010

Birnbaum, C. 2006. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Dreissena polymorpha*. Saatavissa: http://www.nobanis.org/files/factsheets/Dreissena_polymorpha.pdf. [viitattu 25.5.2008].

BSAP. 2007. HELCOM – Baltic Sea Action Plan.

Bonsdorff, E., Bäck, S., Eriksson, A., Hallanaro, E-L., Kuikka, S., Ollikainen, M., Viitasalo, M., & Walls, M. (toim.) 2010. Itämeren tulevaisuus. Tampere: Tammerprint.

Didžiulis, V. 2006. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Marezzelleria neglecta*. Saatavissa: http://www.nobanis.org/files/factsheets/Marezzelleria_neglecta.pdf. [viitattu 30.5.2008].

Didžiulis, V. 2007. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Teredo navalis*. Saatavissa: http://www.nobanis.org/files/factsheets/Teredo_navalis.pdf. [viitattu 30.5.2008].

EU-julkaisutoimisto. 2009. EU-julkaisutoimisto. Haitalliset vieraslajit, toukokuu 2009. Saatavissa: http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/Invasive%20Alien%20Species/Invasive_Alien_FI.pdf. [viitattu 20.9.2010].

Främmande arter i svenska hav. 2005. *Cercopagis pengoi*. Saatavissa: http://www.frammandearter.se/0/2english/pdf/Cercopagis_pengoi.pdf. [viitattu 26.5.2008].

Främmande arter i svenska hav. 2006. *Gammarus tigrinus*. Saatavissa: http://www.frammandearter.se/0/2english/pdf/Gammarus_tigrinus.pdf. [viitattu 30.5.2008].

Furman, E., Dahlström, H. & Hamari, R. 1998. Itämeri – luonto ja ihminen. Keuruu: Otava kustannusosakeyhtiö.

Gollasch S., Gruszka, P., Leppäkoski, E., Ojaveer, H., Olenin, S. & Panov, V. 2002. The Baltic – a sea of invaders

Gollasch, S. 2006. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Eriocheir sinensis*. Saatavissa: http://www.nobanis.org/files/factsheets/eriocheir_sinensis.pdf. [viitattu 25.6.2008].

Gorokhova, E. 2006. *Cercopagis pengoi*. Saatavissa: <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?fr=1&si=118>. [viitattu 26.5.2008].

Grönroos, A. 2010. VTT Tiedote 734. Ultrasonically Enhanced Disintegration

Hallegraeff, GM. 1998. Transport of toxic dinoflagellates via ships' ballast water: bio-economic risk assessment and efficacy of possible ballast water management strategies.

Helavuori, Markus. TraFi. Sähköpostikeskustelu 14.6.2010

HELCOM. HELCOM:in kotisivut Saatavissa: http://www.helcom.fi/helcom/en_GB/aboutus/#org. [viitattu 15.6.2010].

Helsingin sopimus. 1974. Convention on the Protection of the Marine Environment of the Baltic Sea area, 1974

Helsingin sopimus. 1992. Convention on the Protection of the Marine Environment of the Baltic Sea area, 1992

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2007. Tutki ja kirjoita. 13. painos. Keuruu: Otava kustannusosakeyhtiö.

IMO. IMO:n kotisivut. Saatavissa: <http://www.imo.org/About/Pages/Default.aspx>. [viitattu 20.10.2010].

IMO Publication, MARPOL. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto

IMO Publication 2001. International Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems on Ships

IMO Publication 2002. Ballast Water Update – 2002. Saatavissa: http://www.imo.org/includes/blastDataOnly.asp/data_id%3D8596/Raaymakers-IMOBallastWaterUpdate.pdf. [viitattu 23.2.2009].

IMO Publication 2004. International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments

IMO Resolution A.774, 1993.

International Chamber of Shipping., 2010. Shipping, World Trade and the Reduction of CO₂ Emissions. Saatavissa: http://www.imo.org/includes/blastDataOnly.asp/data_id%3D29552/CO2.pdf. [viitattu 7.6.2010].

Itämeriportaali 2008. Suomenlahden syvien pohjien happitilanne on heikentynyt, rannikkoalueiden pohjien tila on edellisvuosia parempi. Saatavissa:

http://www.itameriportaali.fi/fi/ajankohtaista/mtl_uutisarkisto/2008/fi_FI/combine3/. [viitattu 22.9.2009].

Kaartokallio, H., Knuuttila, S., Pitkänen, H. & Ekholm, P. 2010. Rehevöityminen. Saatavissa: http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/uhat/rehevoityminen/fi_FI/rehevoityminen/. [viitattu 2.2.2010].

Kotilainen, A. 2010. Itämeren geologia. Saatavissa: http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/yleiskuvaus/geologia/fi_FI/geologia/. [viitattu 6.6.2010].

Kuisma, J., Tervonen, J., Happonen, K., Kovasin, M & Pokela, J. 2007. Laivaliikenne ja sen vaikutukset Itämerellä.

Laine, A & Savolainen, M. Itämeriportaali - Itämeren uusi simpukkalaji - *Mytilopsis leucophaeata*. Saatavissa: http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/uhat/tulokaslajit/fi_FI/ita_uusimaa/. [viitattu 2.2.2010].

Leppäkoski, E. 2002. Harmful Non-Native Species in the Baltic Sea – An Ignored Problem

Lumiaro, R. 2002. Itämeren uusi tulokaslaji monisukasmato, *Marenzelleria* on levinnyt räjähdysmäisesti koko Pohjanlahdelle – Aranda palasi Pohjanlahden seurantamatkaltaan. Saatavissa: http://www.itameriportaali.fi/fi/ajankohtaista/mtl_uutisarkisto/2002/fi_FI/39/. [viitattu 23.6.2010]

MARTOB. MARTOB-projektin kotisivut.

Saatavissa: <http://martob.ncl.ac.uk/Home.htm>. [viitattu 24.6.2010].

MARTOB 2004. MARTOB - Final Publishable Report: On Board Treatment of Ballast Water (Technologies Development and Applications) and Application of Low-sulphur Marine Fuel. Saatavissa: <http://martob.ncl.ac.uk/public%20docs/ESWP6/Final%20Publishable%20Report.pdf>. [viitattu 25.6.2010].

Matheickal, J. & Raaymakers, S. 2003. 2nd International Ballast Water Treatment

MEPC 2005. Resolution MEPC.136(53) - Designation of the Baltic Sea Area as a Particularly Sensitive Sea Area

Merenkululaitos 2003. Merenkululaitoksen tiedotuslehti 6/10.11.2003

Merenkululaitos 2008. Merenkululaitoksen tiedotuslehti 5/23.5.2008

Merentutkimuslaitos, 2004. Suomenlahdelta löytyi uusi katkalaji. Saatavissa: http://www.fimr.fi/fi/ajankohtaista/mtl_uutisarkisto/2008/fi_FI/tiikerikatka/. [viitattu 22.5.2008].

Olsonen, R. (toim.) 2008. MERI – Report Series of the Finnish Institute of Marine Research No. 62, 2008

Pajanen, K., Soulanto, M. & Sikk, E. (toim.) 2005. Suomenlahti – alkumerestä nyky-
mereksi. Helsinki: Sarmala Oy & Helsingin kaupungin

Pertola, S. 2006. Diffusive and ship-mediated spread of dinoflagellates in the Baltic
Sea with *Prorocentrum minimum* as a special case. Helsingin yliopisto. Väitöskirja.
Saatavissa: <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/bio/bioja/vk/pertola/>. [viitattu 20.9.2009].

PWSRCAC 2005. Prince William Sound Regional Citizens' Advisory Council. Ballast
water treatment methods: Fact Sheet 14 Saatavissa: <http://www.pwsrcac.org/docs/d0018200.pdf>. [viitattu 11.9.2010].

Raateoja, M., Myrberg, K., Flinkman, J., & Vainio, J., 2008. Kotimeri – Itämeri ym-
päriilmämme. Helsinki: Edita.

Reabic 2006. Aquatic Invasions (2006) Volume 1, Issue 1

Reabic 2008. Aquatic Invasions (2008) Volume 3, Issue 2

Reabic 2009. Aquatic Invasions (2009) Volume 4, Issue 3

Ryhänen, E-L. (toim.) 2003. Itämeri. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Sassi, J., Viitasalo, S., Rytönen, J. & Leppäkoski, E. 2005. VTT Tiedote 2313. Expe-
riments with ultraviolet light, ultrasound and ozone technologies for onboard ballast
water treatment

Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö 2009. HTP-arvot 2009. Julkaisuja 2009:11

TraFi, painolasti. Painolastivesien haitallisia vaikutuksia rajoittava yleissopimus 2004,
NS. BALLAST-yleissopimus Saatavissa: http://www.trafi.fi/merenkulku/ympariston_suojelu/painolastivesien_haitalliset_vaikutukset. [viitattu 20.9.2010].

TraFi, pohjamaalit. Laivojen myrkyllisten pohjamaalien käytön kieltävä sopimus. Saa-
tavissa: http://www.trafi.fi/merenkulku/ympariston_suojelu/myrkylliset_pohjamaalit.
[viitattu 15.9.2010].

UM. University of Michigan. Saatavissa: <http://www.ns.umich.edu/index.html?Releases/2008/Mar08/ballast>. [viitattu 24.9.2010].

USGS. United States Geological Survey.

Valtion ympäristöhallinto, Itämeri. Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. Itäme-
ri. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/itameri>. [viitattu 3.9.2010].

Valtion ympäristöhallinto, tributyylitina. Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu.
SY16/2006 Tributyylitina (TBT) maaympäristössä. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=214879&lan=FI>. [viitattu 23.9.2010].

Walls, M. & Rönkä, M. 2004. Veden varassa – Suomen vesiluonnon monimuotoisuus. Helsinki: Edita.

Lajin nimi	Alkuperä	Ensimmäinen havainto Itämeressä	Kulkeutumismuoto
Amerikkakampameetti (<i>Mnemiopsis leidyi</i>)	Pohjois-Amerikka	2006	Laivat
Amerikan monisukamato (<i>Marenzelleria viridis</i>)	Pohjois-Amerikka	1985	Laivat
Laivamato (<i>Teredo navalis</i>)	Kiinan meri	1853	Laivat
Panssaripiimalevä (<i>Prorocentrum minimum</i>)	Välimeri	1981	Laivat
Petovesikirppu (<i>Cercopagis pengoi</i>)	Ponto-Kaspian alue	1992	Laivat
Tiikerikatka (<i>Gammarus tigrinus</i>)	Pohjois-Amerikka, itäraunikko	1975	Laivat
Vaeltäjäsiimpukka (<i>Dreissena polymorpha</i>)	Ponto-Kaspian alue	1800-luvun alku	Laivat ja kanavat
Valekirjosimpukka (<i>Mytilopsis leucophaea</i>)	Pohjois-Amerikka, Meksikonlahti / Afrikan luoteisraunikko	1930-luku	Laivat
Villsaksisirsu (<i>Eriocheir sinensis</i>)	Kiinan meri	1926	Laivat

Valmistaja	Menetelmä(t)	Kapasiteetti m ³ /h	Asennuskustannukset \$ Laitte 200 m ³ /h	Käyttökustannukset \$/m ³	Asennettuna aluksiin kpl
Ecochlor Inc.	Klooraus	10 000	500 000	80	2
HiTech Marine Pty Ltd	Lämmitys	600	150 000	0, hukkalämmöllä	0
Hyde Marine	Suodatus+UV	1 500	230 000	15 - 20	15
Marenco Technology	Suodatus+UV	1 000	145 000	0.6 - 1	1
M H Systems Inc.	Hapenpoisto	tankissa	500 000	60	0
NEI Treatment Systems	Hapenpoisto+kavitaatio	> 10 000	249 000	130	6
NK Co. Ltd	Otsonointi	> 10 000	250 000	7	4
Pinnacle Ozone Solutions	Suodatus+otsonointi	250 – 10 000	200 000	13	0
Severn Trent De Nora	Suodatus+sähkö	> 10 000	600 000	20	2
Techcross	Sähkö	> 10 000	200 000	3	13
Lloyd's Register - Ballast water treatment technology, February 2010					