



Kuva: Aarne Lauerma

Itämeren tilan seuranta – sinisimpukat raskasmetallien bioindikaattorina

Teksti on kirjoitettu ja julkaistu Turun yliopiston Technology Outreach -kurssilla projektityönä. Kurssin avaintemana on tiedon kerääminen, prosessoiminen ja esittäminen.

Teksti: Iida Turpeinen, biotekniikan opiskelija

Itämeri on ekosysteeminä äärimmäisen herkkä ja altis erilaisille ympäristön muutoksille. Sen erityispiirteet tekevät siitä poikkeuksellisen alttiin ravinnekuormitukselle ja haitallisille aineille, kuten raskasmetalleille. Itämeri on jatkuvan seurannan ja tutkimuksen kohteena, jotta voidaan ymmärtää paremmin, miten erilaiset ympäristöön kohdistuvat paineet vaikuttavat sen ekosysteemiin ja miten haittavaikutuksia voidaan minimoida.

Raskasmetallien vaikutukset Itämeren ekosysteemiin ovat huolestuttavia, sillä ne voivat kertyä eliöihin ja vaikuttaa negatiivisesti niihin. Tämän vuoksi on tärkeää hyödyntää menetelmiä, kuten bioindikaattoreita, raskasmetallien seurantaan. Näin voidaan arvioida Itämeren tilaa ja tehdä tarvittavia ympäristönsuojelutoimia.

Raskasmetallit Itämeressä

Itämeri, maailman toiseksi suurin murtovesiallas, on ainutlaatuinen ekosysteemi, joka on erityisen herkkä ympäristömuutoksille sen mataluuden ja pienen vesitilavuuden vuoksi. Sen valuma-alue on noin neljä kertaa suurempi kuin meri itse, mutta samalla se on hyvin matala, keskisyvyydeltään vain 56 metriä. Itämerta rasittavat pahiten mereen aiemmin päässeet ja edelleen pääsevät valtavat ravinnekuormat ja niistä aiheutuvat rehevöityminen sekä useat haitalliset aineet, jotka kertyvät ja

rikastuvat meren ekosysteemeissä. Veden hitaan vaihtumisen vuoksi kaikki mereen päätyvät aineet, kuten raskasmetallit ja orgaaniset myrkyt jäävät Itämereen pitkiksi ajoiksi. Pysyvät vaaralliset aineet voivat aiheuttaa Itämeren muutenkin herkälle lajistolle ongelmia. Toisin kuin valtamerillä, joissa myrkyt ja kemikaalit sekoittuvat suuren vesimäärän sekaan, Itämereen haitta-aineet kertyvät suurempina pitoisuuksina [1,2].

Raskasmetalleista tärkeimpiä ovat nikkeli, kadmium, elohopea ja lyijy, joita pääsee Itämereen enimmäkseen teollisuudesta. Raskasmetallit kulkeutuvat Itämereen pääasiassa suoraan teollisuuden päästöistä, mutta myös laajalle leviävänä hajakuormituksena. Teollisuuden raskasmetallipäästöt vaikuttavat erityisesti niiden läheisiin rannikkovesiin, kun taas jokivesien mukana tuleva raskasmetallikuormitus leviää laajemmalle alueelle ja on moninkertainen verrattuna teollisuuden päästöihin. Raskasmetallit kerääntyvät merenpohjan sedimentteihin ja kerrostumiin, mistä ne voivat palata Itämeren ravintoketjuun. Esimerkiksi laivaväylien ja satama-alueiden ruoppaustoimenpiteet voivat siirtää pohjaan kerääntyneitä raskasmetalleja takaisin vesiympäristöön. Ne vaikuttavat merieläinten kasvuun, lisääntymiseen ja aktiivisuuteen. Haitallisimpia aineita ekosysteemille ovat hitaasti hajoavat ja kertyvät yhdisteet, jotka kasaantuvat erityisesti ravintoverkon yläpäähän, eli vesilintuihin, kaloihin ja hylkeisiin [3,4].

Itämeren eri osissa kuten Pohjanlahdella, Itämeren keskiosassa ja Länsi-Itämerellä, raskasmetallien keskimääräiset pitoisuudet vaihtelevat merkittävästi. Pohjanlahden sedimenteissä on havaittu keskimäärin alhaisimmat pitoisuudet, kun taas Länsi-Itämeren sedimenteissä korkeimmat pitoisuudet. Itämeren raskasmetallipitoisuuksien on huomattu kasvavan 1800-luvun alusta 1970-luvulle saakka, minkä jälkeen pitoisuudet ovat laskeneet. Vaikka Itämeren tila on parantunut viime vuosikymmeninä tehtyjen toimien ansiosta, metallipitoisuudet ovat yhä korkeammalla tasolla kuin ennen teollistumista. Useimpien haitallisten metallien, kuten elohopean, kadmiumin, kuparin, lyijyn ja sinkin pitoisuudet ovat vähentyneet, mikä viittaa siihen, että Itämeren tila on parantunut teollisuuden päästöjen vähenemisen ja ympäristönsuojelutoimien myötä. Toisaalta etenkin elohopea- ja kadmiumpitoisuudet ovat edelleen suhteellisen korkeita monilla alueilla, ja erityisesti Perämerellä korkeat arseenipitoisuudet saattavat uhata alueen lajistoa [5,6].

Itämeren raskasmetallipitoisuuksien seuranta sinisimpukoiden avulla

Itämeren ekosysteemin tilan seuranta ja arviointi ovat välttämättömiä toimenpiteitä, sillä ne mahdollistavat ympäristöön kohdistuvien uhkien tunnistamisen ja arvioinnin. Tämä on erittäin tärkeää, kun otetaan huomioon, että Itämeri on altis monille saasteille, kuten myös raskasmetalleille. Seurannan avulla voidaan kehittää erilaisia toimenpiteitä näiden uhkien hallitsemiseksi ja minimoida niiden vaikutukset herkälle meriympäristölle [7].

Itämeren sinisimpukka on Itämeren avainlaji, jota on usein kuvailtu ”Itämeren supersuodattajaksi”. Sinisimpukat suodattavat merivedestä ravinteita, ympäristömyrkyjä ja raskasmetalleja. Tässä prosessissa sinisimpukat sitovat itseensä veteen liuenneita aineita, mukaan lukien raskasmetalleja, kuten elohopeaa, kadmiumia ja lyijyä. Tämän ansiosta sinisimpukoita voidaan siis käyttää bioindikaattorina raskasmetallien pitoisuuksien seuraamiseen Itämeressä. Bioindikaattorilla tarkoitetaan lajia, jonka esiintyvyyden tai kunnon perusteella saadaan tietoa ympäristön laadusta tai muutoksista ympäristössä. Ne ovat hyödyllisiä, koska ne reagoivat herkästi ympäristönsä muutoksiin, jolloin niiden avulla saadaan kerättyä tietoa ympäristön tilan muutoksista [8]. Sinisimpukoiden käyttö raskasmetallien bioindikaattoreina perustuu niiden kykyyn kerryttää

metallipitoisuuksia koko sen elämän ajan. Sinisimpukat ovat hyviä metallipitoisuuksien mittauksiin, koska ne ovat paikallaan pysyviä, helppoja kerätä ja riittävän suuria kudostutkimuksiin. Lisäksi ne ovat pitkäikäisiä, niillä on herkkä biologinen vaste ympäristön aiheuttamaan stressiin, bioakkumulaatiokyky, sekä niitä esiintyy usein runsaasti samalla alueella [9].

Biomarkkerit ovat biologisia mittareita, jotka voivat olla geneettisiä, molekyyllisiä, biokemiallisia tai fysiologisia muutoksia eliössä. Biomarkkerien kautta saadaan tietoa altistuksesta tietyille ympäristövaikutuksille, kuten raskasmetalleille [10]. Kun sinisimpukat altistuvat vedessä oleville raskasmetalleille, niissä tapahtuu muutoksia, jotka voidaan havaita biomarkkereiden avulla. Yksi tärkeä sinisimpukoista löytyvä biomarkkeri on metallotioneiini, jota on simpukoiden kiduksissa. Metallotioneiinit ovat proteiineja, jotka sitovat raskasmetalleja samalla suojaten simpukan soluja raskasmetallien haitallisilta vaikutuksilta. Näiden proteiinien ilmentymisen lisääntyminen viittaa siihen, että simpukat ovat altistuneet raskasmetalleille [11].

Raskasmetallipitoisuuksien mittausta varten sinisimpukat voidaan kerätä joko luonnosta, tai niitä voidaan myös kasvattaa häkeissä kontrolloidusti. Luonnosta kerättyjen sinisimpukoiden ja häkeissä kasvatettujen sinisimpukkojen biomarkkereissa on mitattu vaihtelua, joka on usein ollut yhteydessä niiden pehmytkudoksesta mitattuihin haitallisten aineiden pitoisuuksiin. Simpukoiden kasvattaminen häkeissä on hyödyllistä alueilla, joilta luontaiset simpukkapopulaatiot puuttuvat. Tämän menetelmän avulla voidaan seurata tiettyjä alueita asettamalla häkkeihin samasta populaatiosta peräisin olevia simpukoita. Tämä vähentää mahdollisia mittausvirheitä, jotka voivat syntyä yksilöiden välisistä eroista ravitsemustilassa, sekä kudoksiin jo kertyneiden saasteiden pitoisuuksista. Lisäksi menetelmällä saadaan poistettua mahdolliset vaikutukset, jotka johtuvat pitkäaikaisesta sopeutumisesta saastuneeseen ympäristöön, mikä voi muuttaa geneettistä koostumusta tai fysiologiaa [9].

Yleensä raskasmetallit kertyvät tehokkaimmin simpukan pehmytkudoksiin, joista mittauksia yleisimmin tehdään, mutta myös kuorien tutkiminen on hyödyllistä. Niistä voidaan saada tietoa metallipitoisuuksien säilymisestä pidemmällä aikavälillä, sillä kuoret kasvavat simpukan koko eliniän ajan. Kuorissa on vähemmän vaihtelua metallipitoisuuksissa kuin pehmytkudoksissa. Pehmytkudosten raskasmetallipitoisuudet voivat vaihdella vuodenaikojen ja simpukan fysiologisen tilan mukaan [12].

Raskasmetallien mittaaminen sinisimpukoista tapahtuu analysoimalla näytteitä laboratorioolosuhteissa. Metallipitoisuudet määritetään usein käyttämällä spektrometrisiä menetelmiä, kuten atomiabsorptiospektrometriaa (AAS). Näiden menetelmien avulla voidaan tarkasti määrittää metallipitoisuuksia simpukan eri osista [12].

Sinisimpukoiden rooli ekosysteemissä

Sinisimpukoiden merkitys ekosysteemille ulottuu kuitenkin paljon pidemmälle kuin pelkästään niiden kykyyn toimia raskasmetallien indikaattoreina. Raskasmetallit kertyvät simpukoiden kudoksiin, mikä saattaa vaikuttaa niiden solujen toimintaan ja vahingoittaa biologisia prosesseja, vaikuttaen niiden lisääntymiskykyyn ja elinvoimaisuuteen. Sinisimpukat ovat tärkeä osa ravintoketjua ja niiden tila vaikuttaa suoraan muihin lajeihin. Haahkakannat kärsivät, jos sinisimpukoiden määrä vähenee, ja raskasmetallit kertyvät ravintoketjussa ylöspäin, kuten kampeloihin, jotka syövät sinisimpukoita [13]. Eri lajit reagoivat raskasmetalleihin eri tavoin. Eläimillä taas raskasmetallit vaurioittavat tyypillisimmin maksaa, munuaisia tai hermostoa. Kaloille

voi aiheutua hermoston vaurioita ja lisääntymiskyvyn heikkenemistä. Kalojen lisäksi raskasmetallit vaikuttavat vesilintuihin, jotka ovat ravintoketjun huipulla ja siksi alttiita suurille raskasmetallipitoisuuksille [14].

Sinisimpukoiden rooli Itämeren ekosysteemissä on merkittävä sekä biologisen monimuotoisuuden tukijana, että myös vesistön tilan indikaattorina. Niiden kyky suodattaa ja puhdistaa vettä, poistaen siitä ravinteita, ympäristömyrkkyjä ja raskasmetalleja, on tärkeää koko meren ekosysteemille. Simpukoiden suojelu ei ole siis tärkeää vain sinisimpukoiden itsensä, vaan myös koko meren eliöstön ja ihmisen hyvinvoinnin kannalta. Raskasmetallien kertyminen sinisimpukoihin ja niiden vaikutukset ravintoketjuun korostavat tarvetta rajoittaa meriympäristöön päätyvien haitallisten aineiden määrää. Kestävien toimintatapojen lisääminen, ympäristön saastuttamisen vähentäminen ja meriekosysteemien suojelu ovat tärkeitä, jotta voidaan varmistaa sinisimpukoiden ja muiden merialueen lajien terve ja elinvoimainen tulevaisuus.



Kuva: Aarne Lauerma

Lähteet

[1] Keskinen, E. (n.d.). Ainutlaatuinen Itämeri. https://www.ostersjon.fi/fi-FI/Luonto_ja_sen_muutos/Ainutlaatuinen_Itameri

[2] Dippner, J.W., Vuorinen, I., Daunys, D., Flinkman, J., Halkka, A., Köster, F.W., Lehikoinen, E., MacKenzie, B.R., Möllmann, C., Møhlenberg, F., Olenin, S., Schiedek, D., Skov, H., & Wasmund, N. (2008). Climate-related Marine Ecosystem Change. In *Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin* (pp. 309-377). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-72786-6_5

[3] Bruun, J.-E. (n.d.). Itämeri.fi, Haitallisten aineiden tilanarvio. https://www.ostersjon.fi/fi-FI/Luonto_ja_sen_muutos/Itameren_tila/Haitalliset_aineet/Haitallisten_aineiden_tilanarvio

[4] Itämerihaaste. (n.d.). Materiaalipankki: Itämeren tilaan vaikuttavat tekijät. <https://itamerihaaste.fi/>

[5] Shahabi-Ghahfarokhi, S., Åström, M., Josefsson, S., Apler, A., & Ketzer, M. (2021). Background concentrations and extent of Cu, As, Co, and U contamination in Baltic Sea sediments. *Journal of Sea Research*, 176, 102100. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2021.102100>

- [6] Vallius, H. (2014). Heavy metal concentrations in sediment cores from the northern Baltic Sea: Declines over the last two decades. *Marine Pollution Bulletin*, 79(1-2), 359-364. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.017>
- [7] Bruun, J.-E. (n.d.). Itämeren tilan seuranta. https://itameri.fi/fi-FI/Tutkimus_ja_menetelmat/Itameren_tilan_seuranta
- [8] HSY (n.d.). Bioindikaattoriseuranta. <https://www.hsy.fi/ilmanlaatu-ja-ilmasto/bioindikaattoriseuranta/>
- [9] Turja, R., Höher, N., Snoeijls, P., Baršienė, J., Butrimavičienė, L., Kuznetsova, T., Kholodkevich, S. V., Devier, M.-H., Budzinski, H., & Lehtonen, K. K. (2014). A multibiomarker approach to the assessment of pollution impacts in two Baltic Sea coastal areas in Sweden using caged mussels (*Mytilus trossulus*). *Science of The Total Environment*, 473–474, 398-409. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.12.038>
- [10] Tieteen termipankki. (n.d.). Biologia: biomarkkeri. <https://tieteentermipankki.fi/wiki/Biologia:biomarkkeri>
- [11] Lemoine, S., & Laulier, M. (2003). Potential use of the levels of the mRNA of a specific metallothionein isoform (MT-20) in mussel (*Mytilus edulis*) as a biomarker of cadmium contamination. *Marine Pollution Bulletin*, 46(11), 1450-1455. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(03\)00283-2](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(03)00283-2)
- [12] Protasowicki, M., Dural, M., & Jaremek, J. (2008). Trace metals in the shells of blue mussels (*Mytilus edulis*) from the Poland coast of Baltic Sea. *Environmental Monitoring and Assessment*, 141(1-3), 329–337. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9899-4>
- [13] Beyer, J., Green, N. W., Brooks, S., Allan, I. J., Ruus, A., Gomes, T., Bråte, I. L. N., & Schøyen, M. (2017). Blue mussels (*Mytilus edulis* spp.) as sentinel organisms in coastal pollution monitoring: A review. *Marine Environmental Research*, 130, 338-365. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2017.07.024>
- [14] Pandey, G., & Madhuri, S. (2014). Heavy Metals Causing Toxicity in Animals and Fishes. *Research Journal of Animal, Veterinary and Fishery Sciences*, 2(2), 17-23. https://facultystaff.richmond.edu/~sabrash/110/Chem%20110%2001%20Spring%202021%20Homework%20Articles/Jacobs_GP-Heavymetalstoxicityinanimals-RJAVFS.pdf