

Tatu Sammalisto

KALASTUSVÄLINEISSÄ KÄYTETTÄ- VIEN MATERIAALIEN EKOLOGINEN VAIKUTUS

Kandidaatintyö
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
21.1.2023

TIIVISTELMÄ

Tatu Sammalisto: Kalastusvälineissä käytettävien materiaalien ekologinen vaikutus
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Teknisten tieteiden koulutus, Materiaalitekniikka
Tammikuu 2023

Kalastus on ollut yksi ihmisen tärkeimmistä ravinnonhankintamenetelmistä jo kymmeniä tuhansia vuosia. Teollistumisen myötä kalastukseen aiemmin soveltuneet luonnonmateriaalit on korvattu ihmisen valmistamilla materiaaleilla, kuten metallisella lyijyllä ja synteettisillä polymeereillä, jotka saattavat olla ympäristölle haitallisia.

Tässä työssä perehdytään kalastusvälineissä nykyään käytettävien materiaalien ekologisuuteen. Työssä tarkastellaan lyijyn, polyamidin ja polyeteenin ympäristövaikutuksia ja niitä sisältävien kalastusvälineiden vaikutusta ekosysteemeihin sekä perehdytään pidemmäksi aikaa luontoon jääneiden ja hajoavien lyijyn, polyamidin ja polyeteenin synnyttämiin ympäristövaikutuksiin. Lisäksi työssä tarkastellaan lyijypainojen sekä polymeeristen siimojen ja verkkojen vaikutusta erilaisiin eliöihin.

Työssä käydään läpi myös kalastusvälineiden mahdollisia hajoamismekanismeja, joiden vuoksi materiaalia päätyy luontoon esimerkiksi mikromuovin muodossa. Mikromuovien vaikutusta erilaisiin eliöihin on myös selvitetty. Lisäksi työssä pohditaan erilaisia vaihtoehtoja lyijypainoille ja tutkitaan synteettisten polymeerien korvaavien materiaalien mahdollisuuksia.

Lyijyä on käytetty eri tarkoituksiin jo tuhansia vuosia, ja nykyään sen haittavaikutukset tunnetaan. Lyijy aiheuttaa eliöissä keskushermoston vahingoittumista ja muita ongelmia, kuten kehityshäiriöitä. Lyijyä vapautuu kalastuksessa käytettävistä painoista luontoon vuosittain erittäin suuria määriä, joten materiaali olisi hyvä korvata jollakin muulla, kuten volframilla. Polyeteeniä ja polyamidia on hyödynnetty kalastusvälineissä käytettäviin synteettisiin kuituihin jo useita vuosikymmeniä, sillä kyseiset materiaalit soveltuvat hyvin kalastuksen käyttötarkoituksiin. Markkinoilla on vaihtoehtoisia materiaaleja verkkoihin ja siimoihin käytettäväksi, mutta niiden toimivuudessa on paljon vajeita polyamidiin ja polyeteeniin verrattuna. Luonnonmateriaalien kehitys kuitenkin jatkuu – ympäristöystävällisempiä ja toimivampia materiaaleja sekä vaihtoehtoja ilmestyy jatkuvasti.

Lyijypainot voivat aiheuttaa eliöille nieltyinä jopa kuolemia, joten niiden käyttöä tulisi rajoittaa jo tästä syystä. Painoja on vaikeaa kerätä takaisin luonnosta, sillä ne vajoavat lähes aina pohjaan ja leviävät suurelle alalle. Polyeteenistä ja polyamidista valmistetut verkot ja siimat aiheuttavat ongelmia, sillä niistä irtoava mikromuovi saattaa joutua ulkopuolisten eliöiden elimistöön ja aiheuttaa esimerkiksi ravinnonsaannin, yhteyttämisen tai kasvamisen häiriöitä. Myös koukut aiheuttavat ongelmia eliöille: eläinten elimistöihin joutuessaan terävät koukut johtavat elinvahinkoihin.

Avainsanat: kalastusvälineet, lyijy, polyamidi, polyeteeni, ympäristövaikutukset

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
2.	KALASTUSVÄLINEET	2
2.1	Käytettävät materiaalit	3
2.2	Rakenteet ja kemialliset koostumukset	5
2.3	Mekaaniset ja fysikaaliset ominaisuudet	8
3.	MATERIAALIEN VAIKUTUS EKOSYSTEEMEIHIN	11
3.1	Lyijy	12
3.2	Polyamidi.....	14
3.3	Polyeteeni.....	16
4.	KALASTUKSESSA KÄYTETTÄVIEN RAKENTEIDEN VAIKUTUS ELÄIMIIN	18
4.1	Lyijypainot	20
4.2	Verkot ja siimat.....	21
5.	YHTEENVETO.....	23
	LÄHTEET	25

1. JOHDANTO

Erilaiset kalastusvälineet aiheuttavat nykyään paljon ekologisia ongelmia. Jäädessään luontoon ne aiheuttavat ongelmia sekä sellaisenaan että hajotessaan pienempiin osiin. Maailman vesistöihin päätyy vuosittain erittäin suuria määriä muovia, jonka aiheuttamista ongelmista on puhuttu julkisuudessa jo kauan. Lyijyn käyttöä on rajoitettu jo pitkään, mutta eliöille vaarallisia lyijypainoja päätyy luontoon silti suuria määriä vuosittain.

Kalastus on kaupallisesti merkittävää liiketoimintaa, joten materiaali itse määrittää sen, onko sitä kannattavaa käyttää kyseiseen käyttökohteeseen. Hyväksi havaittuja materiaaleja, kuten polymeereistä valmistettuja kuituja ja lyijystä valmistettuja painoja on vaikeaa korvata, sillä korvaavan materiaalin tulisi olla ympäristöystävällisyyden ohella ominaisuuksiltaan samantyyppinen, jotta käyttökokemus säilyisi samanlaisena. Markkinoilla on jo vaihtoehtoisia materiaaleja vähemmän ympäristöystävällisille kalastusvälineille, ja niiden kehitys jatkuu koko ajan.

Tässä työssä keskitytään kalastusvälineiden ja niissä käytettävien aineiden ekologisuuteen sekä välineiden että materiaalien tasolla. Työn tarkoitus on selvittää, miten kalastusvälineet ja niissä käytettävät materiaalit vaikuttavat eri tavoin ympäristöön ja eliökuntaan sekä sellaisinaan että hajotessaan pienempiin osiin. Lisäksi työssä selvitetään vaihtoehtoisia materiaaleja, joilla lyijyn voisi korvata painoissa.

Luvussa kaksi tarkastellaan kalastuksen historiaa ja kalastusvälineissä käytettäviä rakenteita, kalastusvälineissä käytettävien materiaalien kemiallisia koostumuksia sekä niiden mekaanisia ja fysikaalisia ominaisuuksia. Luvussa kolme tarkastellaan materiaalien ympäristövaikutuksia niiden jäädessä luontoon pidemmäksi aikaa ja hajotessa pienempiin osiin. Luvussa neljä käsitellään kalastusvälineiden ekologisia vaikutuksia sellaisinaan, kuten verkkojen ja siimojen vaikutusta ulkopuolisiin eliöihin sekä lyijypainojen ja koukkujen haittavaikutuksia hengitys- tai ruuansulatuselimistöön joutuessaan.

2. KALASTUSVÄLINEET

Vedenelävät ovat olleet osa nykyihmisen ruokavaliota vähintään noin 40 000 vuoden ajan. [1] Tuhansia vuosia sitten kalastusvälineisiin käytettiin ainoastaan luonnollisia raaka-aineita, jotka olivat helposti saatavilla, kuten luonnonkuituja, kiveä ja luuta. Esimerkiksi luusta valmistettuja keihäitä ja koukkuja sekä luonnonkuiduista valmistettuja siimoja ja verkkoja käytettiin yleisesti. Muinaiset ihmiset osasivat käyttää erilaisia innovaatioita monipuolisesti, mikä mahdollisti sen aikaiset yksityiskohtaiset kalastustekniikat, joissa on hyvin paljon samoja piirteitä kuin nykypäivänkin kalastuksessa. Kuvassa 1 on esitetty 15 000 vuoden takainen kalastusväline, jossa on luonnollisista materiaaleista valmistetut koukku, siima ja paino. Koukku on valmistettu työstämällä luuta, siima on jonkinlaista luonnonkuitua ja paino on valmistettu kivistä. [2]



Kuva 1: Rekonstruktio Israelista löytyneestä, noin 15 000 vuoden takaa peräisin olevasta koukusta. [3]

Teknologian kehittyessä luonnolliset materiaalit ja siten myös ympäristöystävällisemmät välineet ovat jääneet vähemmälle käytölle, sillä muut välineisiin soveltuvat materiaalit ovat muilta ominaisuuksiltaan parempia kalastuskäyttöön. Esimerkiksi lyijy soveltuu painoihin kiveä paremmin edullisen hintansa, muovattavuutensa ja tiheydensä vuoksi. Moderneilla, synteettisillä siimoilla on paremmat mekaaniset ominaisuudet kuin aikaisemmin käytetyillä luonnonkuitusiimoilla, joita ei nykypäivänä käytetä juuri lainkaan.

Kalastusvälineitä käytettäessä on väistämätöntä, että kalustoa katoaa jatkuvasti. Esimerkiksi siiman katkeaminen tai jonkin muun komponentin hajoaminen voi johtaa välineen tai sen osan menettämiseen, mikä aiheuttaa ekologisia ongelmia. Irronneet koukut voivat joutua eläinten hengitys- tai ruuansulatuselimistöön, ja kadonneet verkot voi-

vat aiheuttaa eläinten tappavan kietoutumisen niihin. Biohajoavat verkot olisivat erinomainen ratkaisu vesistöihin päätyvän muovin vähentämiseksi, mutta niiden kehittäminen voi olla erittäin vaikeaa.

Ekologisten ongelmien lisäksi taloudellista harmia aiheuttaa myös aavekalastus, jolla tarkoitetaan kalastajan hallinnan ulkopuolella olevan kalastusvälineen toiminnan jatkumista, mikä johtuu useimmiten välineen katoamisesta tai menetyksestä. Jo pyydystetty saalis häviää pohjaan vajoavan kalastusvälineen mukana ja houkuttelee kuoltuaan lisää mereneläviä, jotka ovat alttiita syöttiin takertumiselle. Tämä saattaa aiheuttaa muutoksia kalojen ruokailutottumuksissa, sillä pohjakalat voivat käyttää ravinnokseen kadotetun, pohjaan vajonneen välineen syöttejä eikä niiden tarvitse siksi etsiä aktiivisia pyydäksiä. [4]

2.1 Käytettävät materiaalit

Kalastusvälineissä ja niiden komponenteissa tarvitaan runsaasti erilaisia materiaaleja, sillä niitä sovelletaan useisiin erilaisiin käyttökohteisiin. Erilaiset rakenteet ja toimintamallit vaativat materiaaleilta vaihtelevia ominaisuuksia, jotta lopputulos olisi mahdollisimman tehokas. Esimerkiksi käytettävien siimojen ja verkkojen tulee olla riittävän lujia ja tiheitä, jotta ne soveltuisivat kalastukseen parhaalla mahdollisella tavalla eivätkä hajoaisi käytössä. Muovattavuus on myös tärkeää, sillä se helpottaa materiaalinvalmistusta merkittävästi. Painojen tulee olla riittävän tiheitä, jotta kalastustehokkuus säilyisi. Nykyään yleisiä materiaaleja kalastusvälineiden vedessä käytettävissä osissa ovat lyijy, polyeteeni ja polyamidi, joihin tässä työssä pääosin keskitytään.

Lyijyä käytetään painoissa yleisesti. Kalastuksessa painon tehtävä on helpottaa siiman käsittelyä. Siimaan kiinnitetty lyijypaino nopeuttaa siiman uppoamista, parantaa sen ankkuroitumista paikoilleen ja helpottaa sen heitettävyyttä. Lyijy soveltuu kyseiseen käyttötarkoitukseen erittäin hyvin, sillä sitä pystyy helposti muovaamaan, se on suhteellisen edullista metalliksi ja sen tiheys on korkea. Kaikki edellä mainitut ominaisuudet ovat hyödyllisiä, sillä painon tulee parhaimmillaan olla kompakti ja kiinnitettävissä siimaan helposti itse.

Nykyään lyijypainoille on hyvin saatavilla erilaisia vaihtoehtoja, jotka ovat mekaanisilta ominaisuuksiltaan soveltuvia painoiksi ilman yhtä merkittäviä ympäristöhaittoja. Esimerkiksi volframipainot ovat yleistyneet hyvin paljon ja soveltuvat kalastustarkoituksiin erinomaisesti korkean tiheydensä ansiosta. Volframi on kuitenkin kalliimpaa kuin lyijy, mikä osaltaan hidastaa volframipainojen yleistymistä. Se on myös kovempaa kuin lyijy, mikä

vaikuttaa siitä valmistettujen painojen kiinnittämistä siimaan. Lyijypainot ovat edullisempia kuin volframipainot, mutta volframipainojen korkeampi tiheys mahdollistaa jopa paremman kalastustuntuman, sillä kalastaja tietää paremmin, mitä siiman toisessa päässä tapahtuu. [5]

Polyeteeniä käytetään kalastusvälineissä yleisesti verkkoihin ja siimoihin. Polyeteeni sopii käytettäväksi kalastusvälineisiin, sillä korkealujuuksinen polyeteeni kestää hyvin kulumista, on edullista ja helposti työstettävää [6]. Polyeteenin korvaaminen kalastusvälineissä on hankalaa, sillä ympäristöystävällisempien vaihtoehtojen valmistaminen ja kehittäminen vastaavilla ominaisuuksilla on haasteellista. Polyeteenistä ja muista polymeereistä irtoaa yleisesti mikromuovia, joten vaihtoehtoisen materiaalin tulisi olla jotakin muuta kuin synteettistä polymeeriä. Esimerkiksi jokin biopohjainen polymeeri voisi olla ympäristöystävällisempi vaihtoehto, mutta niiden kestävyysominaisuuksien hallitseminen voi olla vaikeaa.

Polyamidia käytetään siimoissa ja verkoissa yleisesti, sillä se on hinta-laatusuhteeltaan yksi parhaista vaihtoehdoista kalastuskäyttöön tarkoitetuissa kuiduissa [7]. Polyamidin venyvyys ja sitkeys ovat verrattain korkeat polymeeriseksi materiaaliksi. Kyseisten ominaisuuksien vuoksi verkko tai siima pystyy reagoimaan siihen kohdistuviin voimiin hajoamatta tai muuttumatta merkittävän paljoa plastisesti, ja siksi polyamidi sopiikin hyvin kalastusvälineissä käytettäväksi. Polyamidi on synteettisesti valmistettu muovi, joten siitä päätyy vesistöön väistämättä mikromuovia, minkä vuoksi markkinoilla onkin jo ympäristöystävällisempiä materiaalivaihtoehtoja, jotka yleistyvät jatkuvasti. Luonnonmateriaaleista, kuten mikrolevistä pyritään kehittämään ympäristöystävällisempiä kalastusverkkoja [8].

Norjassa vuonna 2018 tehdyssä tutkimuksessa vertailtiin polyamidista ja biohajoavasta materiaalista valmistettujen ajoverkkojen toiminnallisuutta ja ominaisuuksia. Biohajoavalla verkolla saatiin tutkimuksen aikana 21 % vähemmän saalista. Vähäisempi saalis määrä saattaa johtaa kalastuksen kannattavuuden alenemiseen ja laskea kalastajien kiinnostusta vaihtaa välineensä biohajoaviin vaihtoehtoihin. Vaikka polyamidista valmistetuilla verkoilla saatiin enemmän saalista ja verkot pysyivät paremmassa kunnossa, biohajoavan vaihtoehdon havaittiin kuitenkin olevan potentiaalinen materiaali tulevaisuuden kalastamiselle esimerkiksi lainsäädännön tiukentuessa. Materiaali vaatii silti vielä kehittämistä ja tutkimustyötä, jotta se olisi kannattava vaihtoehto polyamidi-verkoille. [9]

2.2 Rakenteet ja kemialliset koostumukset

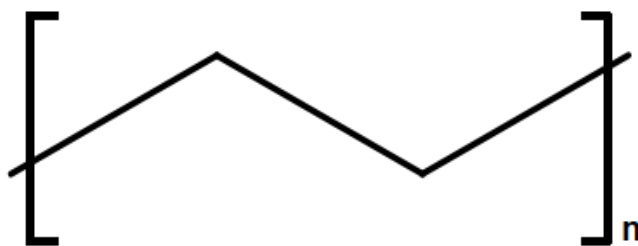
Kalastusvälineissä käytetään koostumukseltaan ja rakenteeltaan hyvin erityyppisiä materiaaleja, sillä käyttökohteita ja -tarkoituksia on monia. Rakenteilla ja niissä olevilla erilaisilla alkuaineilla voidaan esimerkiksi säädellä kokonaisuuden mekaanisia ominaisuuksia ja siten saada aikaiseksi paras mahdollinen materiaali tiettyyn tarkoitukseen. Esimerkiksi siiman kohdalla kuitujen lujuusominaisuuksien ja paksuuden helppo säätely mahdollistaa erilaisille siimoille monipuolisten käyttötarkoitusten ja -ympäristöjen yksilöimisen. Ympäristövaikutusten voimakkuus riippuu ennen kaikkea materiaalista kokonaisuutena, eikä välttämättä niin paljoa rakenteessa olevista alkuaineista. Kalastusvälineissä käytettävien materiaalien ja koostumusten tulisi parhaimmillaan olla mahdollisimman inerttejä, jotta välineistä ei irtoaisi ympäristöön mitään sinne kuulumattomia aineita. Tämänkaltaisten materiaalien valmistus ja soveltaminen kalastusvälineisiin käytettävillä ominaisuuksilla ja rakenteilla voi kuitenkin olla vaikeaa ja kallista. Esimerkiksi siimoissa ja verkoissa materiaalin tulisi olla riittävän sitkeää sekä venyvää, ja sen muovattavuusmahdollisuuksien tulisi olla hyvät. Kaikkien edellä mainittujen ominaisuuksien yhdistäminen ympäristöystävällisyyteen voi olla haasteellista. Inertit materiaalit aiheuttavat myös suurempaa haittaa eliöille sellaisinaan, sillä ne säilyvät muuttumattomina luonnossa eivätkä hajoa kemiallisesti lainkaan.

Lyijypainoissa käytettävä lyijy on yleensä lähes puhdasta, eikä siihen ole seostettu muita alkuaineita. Lyijy ja sen yhdisteet ovat tunnetusti raskasmetalleja, mikä tarkoittaa poikkeuksetta ympäristöhaittoja. Raskasmetallit säilyvät ympäristössä pitkään muuttumattomina, joten niitä päätyy esimerkiksi elintarvikkeista myös ihmisen elimistöön. Puhdasta lyijyn tiheys on korkea, mikä aiheuttaa erilaisia ympäristöhaittoja eliöiden keskukskermostoissa. Esimerkiksi ihmisellä lyijyaltistus saattaa aiheuttaa hedelmättömyyttä tai keskenmenon sekä vahingoittaa kromosomeja [10]. Kuvassa 2 on esitetty erilaisia lyijypainoja kalastuskäyttöön. Painot ovat useimmiten pieniä, eikä niiden ulkonäköön ole nähty hirveästi vaivaa, sillä ainoastaan muotoilulla ja massalla on väliä.



Kuva 2: Erilaisia lyjypainoja. [11]

Polyeteeniä $[(C_2H_4)_n]$ käytetään kalastussiimoissa ja -verkoissa usein sellaisenaan, sillä sen muodonanto on helppoa, se on kalastuksen käyttötarkoituksiin kestävä ja polymeeriksi suhteellisen edullista. Polyeteeni on rakenteeltaan polymeeri, jossa kaksi hiiliatomia ja neljä vetyatomia muodostavat toistuvan ketjun. Polyeteeni on maailman eniten valmistettu muovi: sitä valmistettiin vuonna 2017 yli 100 miljoonaa tonnia, joka oli noin 34 % koko maailman muovituotannosta [12]. Kuvasta 3 on nähtävissä, että polyeteeni on erittäin yksinkertainen materiaali – maailman yksinkertaisin polymeeri.

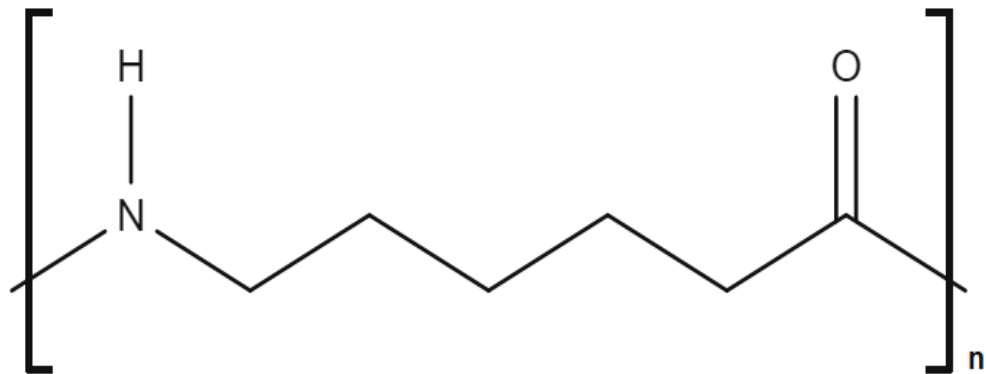


Kuva 3: Polyeteenin rakenteessa toistuva monomeeri.

Polyamidi on koko modernien kalastussiimojen historian aikana yksi eniten käytetyistä synteettisistä materiaaleista. Siimoissa ja verkoissa erityisen paljon hyödynnetty polyamidi on erinomainen materiaali kalastuksessa käytettäville ohuille kuiduille. Kalastuksessa käytetään laajalti polyamidin eri tyyppisiä. Polyamidi 6, polyamidi 12, polyamidi

6,6 ja polyamidi 6,12 ovat yleisiä polyamidirakenteita kalastuksessa käytettäviin polymeereihin [13]. Tässä työssä keskitytään enimmäkseen yksinkertaisen polyamidi 6 - materiaalin tarkasteluun, sillä eri polyamidityyppien ominaisuudet ovat suhteellisen samanlaiset.

Polyeteeniin verrattuna polyamidilla on hyvin paljon samankaltaisia kalastuksen kannalta hyödyllisiä ominaisuuksia. Mikrorakenteen tasolla eroavaisuus materiaalien välillä on kuitenkin melko mittava. Kuvan 4 mukaisesti polyamidi 6 koostuu toistuvasta monomeeristä, jossa on kuuden hiiliatomin mittainen ketju, jonka toisessa päässä on karbonyyliryhmä ja toisessa päässä typpiätomia, joka korvaa yhden hiiliatomin. Polyamidikuidulla on erinomaisia kalastukseen liittyviä ominaisuuksia, kuten edullisuus, saataavuus sekä kulumisen- ja iskunkestävyys [6]. Polyeteenin kaltaisesti polyamidin valmistus ja muovaus on todella helppoa, joten tästäkin materiaalista voidaan valmistaa helposti erityyppisiä kuitumaisia rakenteita siimoihin ja verkkoihin sopivaksi. Lisäksi polyamidin värjääminen on helppoa, joten siimojen ja verkkojen valikoimaa voidaan kasvat-
taa erilaisilla väri vaihtoehdoilla.



Kuva 4: Polyamidi 6 -rakenteessa toistuva monomeeri.

Synteettiset polymeerit aiheuttavat merkittäviä ympäristöhaittoja. Erityisesti ongelmia tuottavat materiaalien ja niiden valmistuksen alhaiset kustannukset ja niiden mukana tuleva yleisyys, jotka johtavat usein materiaalin hävittämiseen asiaankuulumattomilla tavoilla. Toisaalta polymeerejä on äärimmäisen vaikeaa korvata jollakin toisella materiaalilla, sillä niillä on useita hyödyllisiä ominaisuuksia. Esimerkiksi rakenteiden keveys aiheuttaa kuljetuksen aikana vähemmän kustannuksia ja päästöjä kuin raskaampien materiaalien kuljetus. Lisäksi polymeerien muovattavuus on erittäin suuri etu materiaalisuunnittelussa. [14] Lyijypainojen osalta tilanne on yksinkertaisempi. Materiaali on sellaisenaan yksinkertaista, eikä sen mahdolliselle korvaajalle ole yhtä suuria vaatimuksia

kuin polymeeristen materiaalien korvaajille, sillä erilaisia ominaisuuksia ja suorituskykyä tarvitaan huomattavasti vähemmän.

2.3 Mekaaniset ja fysikaaliset ominaisuudet

Materiaalien mekaaniset ominaisuudet vaikuttavat hyvin oleellisesti useiden erilaisten kalastusvälineiden valintaan. Esimerkiksi perinteisen siiman tulee joka tapauksessa olla jäykkää, lujaa ja ohutta toimiakseen, mikä rajoittaa materiaalivaihtoehtoja merkittävästi. Synteettisten materiaalien kestävyyttä ja sopivuutta tiettyihin käyttötarkoituksiin säädellään laajalti erilaisilla lisäaineilla, jotka parantavat mekaanisia ominaisuuksia. Lisäaineiden vaikutus on läsnä vielä tuotteen elinkaaren loppupuolella, jolloin kestävyys aiheuttaa ainoastaan harmia, sillä etenkin prosessoitujen muovien biohajoavuus on todella alhainen. Fysikaaliset ominaisuudet tiheys ja kovuus ovat painojen materiaalissa mekaanisia ominaisuuksia tärkeämpiä suureita, sillä painoihin ei tarkoituksenmukaisessa käytössä kohdistu merkittäviä voimia.

Taulukko 1: *Siimoissa ja verkoissa käytettävien materiaalien mekaanisia ominaisuuksia ja hintoja.* [6]

	Kimmomoduli (GPa)	Myötölujuus (MPa)	Murtolujuus (MPa)	Hinta (€/kg)
Korkeatiheyksinen-polyeteeni	0,915—0,961	19—27	22,2	1—1,06
Polyamidi 6	0,94—2,04	39—64	42—72	3,02—4,45

Taulukosta 1 on havaittavissa, että polyeteenin ja polyamidi 6:n mekaaniset ominaisuudet eroavat toisistaan hieman. Materiaalien jäykkyyttä kuvaava kimmomoduli voi olla samansuuruinen, mutta polyamidin kimmomodulin arvo voidaan kohottaa yli kaksinkertaiseksi verrattuna polyeteeniin. Materiaalien myötö- ja murtolujuudet ovat esimerkiksi teräksiin verrattuna alhaiset, mutta polyamidin arvot myötö- ja murtolujuudelle voivat olla noin kaksin- tai kolminkertaiset polyeteeniin verrattuna. Polyamidin ominaisuuksilla esiintyy siis enemmän vaihtelua, ja niiden arvot ovat korkeammat kuin polyeteenin vastaavilla ominaisuuksilla. Taulukossa 1 esitetyt ominaisuudet ovat hyödyllisiä kalastusvälineissä, joten ominaisuuksien paremmuus näkyy materiaalien hinnoissa. Polyamidin kilohinta on noin 3—4 kertaa korkeampi kuin polyeteenin.

Taulukko 2: Painoissa käytettävien materiaalien fysikaalisia ominaisuuksia ja hintoja.

[6]

	Tiheys (kg/m³)	Kovuus (HV)	Hinta (€/kg)
Lyijy	11300—11400	4—7	1,69—2,39
Volframi	16900—18600	268—419	53,7—57,5
Ruostumaton teräs	7610—7870	170—438	2,71—2,91
Messinki	8070—8480	60—150	4,7—5,29
Tina	7280—7310	3—5	17,5—19,5
Vismutti	9740—9800	5—10	9,04—17,8

Taulukosta 2 on havaittavissa, että painojen vaihtoehtoisten materiaalien ominaisuudet ja hinnat vaihtelevat runsaasti. Lyijypainot soveltuvat kalastustarkoituksiin hyvin, joten vaihtoehtoisen materiaalin ominaisuuksien tulisi olla mahdollisimman lähellä lyijyn ominaisuuksia, jotta käyttökokemus säilyisi samanlaisena kuin lyijypainoja käytettäessä. Samankaltainen käyttökokemus voidaan kuitenkin saada aikaiseksi erikokoisilla rakenteilla. Tiheämmästä materiaalista valmistetun painon koon tulisi olla pienempi kuin lyijypainon, jotta painon massa säilyisi mahdollisimman muuttumattomana.

Lyijyn tiheyteen ja kovuuteen verrattuna ominaisuuksiltaan lähimpänä materiaaleista on vismutti. Vismutin kovuus ei poikkea kovinkaan paljoa lyijystä, eikä sen tiheys ole merkittävästi alhaisempi. Vismuttia käytettäessä rakenne voitaisiin säilyttää samantyyppisenä, ja käyttökokemus pysyisi suhteellisen samanlaisena. Volframi on vielä runsaasti tiheämpää kuin lyijy, joten se soveltuu hyvin painoksi siiman päähän. Se on kuitenkin useita kymmeniä kertoja kovempaa, joten sitä ei voi liittää siimaan perinteisillä keinoilla painamalla sitä sen ympärille. Volframipainon tulisi olla kiinnitettynä siimaan esimerkiksi solmulla tai koneellisesti. Ruostumaton teräs ja messinki ovat samalla tavalla ongelmallisia kuin volframikin. Ne ovat merkittävästi kovempia kuin lyijy, joten niiden kiinnittäminen siimaan ei onnistu lyijypainojen tavalla. Ne ovat kuitenkin tiheydeltään soveltuvia painoiksi. Tinan alhainen kovuus soveltuisi kiinnitettävyytensä puolesta painoihin erinomaisesti, mutta sen tiheys on suhteellisen alhainen lyijyyn verrattuna.

Kaikki taulukossa esitetyt materiaalit ovat kalliimpia kuin lyijy. Seikka korostuu entisestään, kun otetaan huomioon se, että kaikkia materiaaleja paitsi volframia tarvittaisiin painoihin enemmän alhaisempien tiheyksiensä vuoksi. Volframi on kuitenkin kymmeniä kertoja kalliimpaa kuin lyijy, joten kustannukset olisivat silti suuremmat saman käyttökokemuksen saavuttamiseksi. Jokainen vaihtoehtoinen ratkaisu korottaisi yhden painon hintaa, mikä nostaisi väistämättä käyttökustannuksia.

Painon puristaminen kiinni siimaan on kuitenkin ratkaisu vain yhdenlaisille painoille. Muihin käyttötarkoituksiin alhaisia kovuusominaisuuksia ei juurikaan tarvita, sillä paino

liitetään välineeseen tarkoituksenmukaisesti eri tavalla. Painossa voi esimerkiksi olla rengasmaisen aukko, josta siima voidaan pujottaa läpi. Tämänkaltaisissa sovelluksissa materiaalille ei ole niin paljon vaatimuksia, ja lyijy on helposti korvattavissa vaihtoehtoisilla ratkaisuilla kuten volframilla.

3. MATERIAALIEN VAIKUTUS EKOSYSTEEMEI- HIN

Ihmisen toiminnan vuoksi luontoon päätyy merkittävä määrä erilaisia materiaaleja ja yhdisteitä, joista suurin osa aiheuttaa ympäristöhaittoja. Esimerkiksi National Geographicin mukaan valtameriin päätyy vuosittain miljoonia kiloja muovia [15]. Suurin osa valtamerissä olevista roskista on muovia tai muovista peräisin olevaa jäännöstä. Luontoon päätyy jatkuvasti ihmisen toiminnan vuoksi aineita, jotka ovat haitallisia ympäristölle ja eliöille, mukaan lukien ihmiselle itselleen. Esimerkiksi ilmansaasteet aiheuttavat vammoja elimissä ja nostavat jopa kuolleisuutta synnynnäisten sairauksien, kasvuhäiriöiden tai heikentyneiden immuunijärjestelmien muodossa [16]. Teollisen vallankumouksen jälkeen hiilidioksidipäästöt ovat nousseet fossiilisten polttoaineiden yleistymisen myötä jatkuvasti. Kalastusvälineiden päätyminen luontoon ei ole kokonaisvaltaisessa ympäristöajattelussa vertailtavissa hiilidioksidipäästöihin, mutta yksikään luontoon päätyvä tavanomainen kalastusväline ei aiheuta ympäristölle muuta kuin haittaa.

Polymeerisistä materiaaleista irtoaa mikromuoveja, jotka ovat nyky maailmassa laaja ongelma, sillä ne yleistyvät jatkuvasti ja aiheuttavat terveysriskejä. Polymeereistä valmistetuista kalastusvälineistä irtoavat mikromuovit voivat aiheuttaa vesistöihin erittäin laajoja haittoja. Mikä tahansa uhka vesistöjen ravintoketjun perustaville planktonlajeille voi aiheuttaa merkittäviä ongelmia vesistöissä, sillä planktonlajit saattavat niellä mikromuoveja ja näin myrkyllisten yhdisteiden siirtyminen eteenpäin eri ravintoketjuissa on todennäköistä [17].

Mikromuoveille altistuminen vaikuttaa useiden erilaisten, pienien ja suurien, merenelävien elintoimintoihin. Esimerkiksi mikrolevien fotosynteesi passivoituu ja kasvu hidastuu. Myös useiden selkärangattomien, kuten hankajalkaisten ja suolalehtijalkaisten, selviytymismahdollisuudet pienenevät mikromuovin vuoksi. Kaloissa mikromuovit aiheuttavat ruokailunopeuden alenemista, sisäelintukoksia ja aineenvaihdunnan häiriöitä. [18]

Raskasmetalleja on käytetty ihmisen toimesta runsaasti, sillä niistä on valmistettu erilaisia hyödykkeitä, kuten lämpömittareita elohopeasta ja akkuja lyijystä. [19] Nykyään kuitenkin raskasmetalleista valmistettujen tuotteiden valmistusta ja kierrätystä osataan säädellä paremmin, joten haittavaikutukset ovat vähentyneet runsaasti. Lyijyn ja elohopean päästöt olivat laskeneet vuonna 2020 noin puoleen vuoden 2005 määrästä [20]. Nykyään lyijyn käyttäminen useissa esineissä on kiellettyä. Esimerkiksi maaleissa ja viinipullojen korkeissa ei käytetä Suomessa lyijyä enää lainkaan.

3.1 Lyijy

Lyijyä on käytetty ihmisen toimesta jo muinaisessa Egyptissä, ja viime vuosisatojen aikana sen käyttö on lisääntynyt entisestään. Merelliset ekosysteemit ovat alltiita maanpäällisille päästöille, mistä merelliset lyijyesiintymät myös johtuvat. Lyijy säilyy biohajomattomana ilmakehässä, maaperässä sekä vesistöissä ja johtaa ekologisiin ongelmiin aiheuttamalla haittavaikutuksia selkärangattomille, jotka ovat tärkeä osa ravintoketjua. Lyijyaltistumisen vuoksi selkärangattomien kasvu saattaa häiriintyä tai loppua kokonaan, hedelmällisyys voi laskea ja eliö saattaa vammautua itse tai saada vahingoittuneita jälkeläisiä. [21] Kuvassa 5 on esitetty lyijynvalmistuksen historiaa.



Kuva 5: Suurpiirteinen kuvaaja lyijyn valmistusmääristä eri aikakausina. Mukailtu [22].

Kuvassa 5 on kuvattu lyijyn valmistusmääriä eri aikakausina vuoteen 1980 asti. Metallien valmistuksessa käytettävä kupellointi löydettiin noin 5000 vuotta sitten, joten lyijyn valmistusmäärät alkoivat olla merkittäviä vasta tuolloin. Suurin piirtein logaritminen kasvu jatkui yli 2000 vuotta, kunnes rahanlyönnin keksimisen myötä lyijystä alettiin valmistaa kolikoita. Noin 2000 vuotta sitten Rooman valtakunnan lyijykaivokset ehtyivät ja valmistusmäärät lähtivät laskuun. Hieman yli 1000 vuotta sitten hopean valmistusmäärät lähtivät nousuun, mikä lisäsi osaltaan lyijyn käyttöä, sillä hopeaa löytyy usein lyijyä sisältävistä mineraaleista. Teollinen vallankumous alkoi noin 300 vuotta sitten, jolloin lyijynkäyttö kasvoi entistä suuremmalla nopeudella. [22]

Ihminen on vaikuttanut ympäristön lyijymäärään merkittävästi. Merellisissä ekosysteemeissä esiintyvä lyijymäärä johtuu enimmäkseen ihmisen toiminnasta eikä niinkään

luonnollisista syistä. Vuonna 2019 julkaistussa tutkimuksessa on esitetty mitattuja arvoja kalojen ja selkärangattomien kudoksissa esiintyvistä lyijymääristä ihmisen kannalta syrjäisissä ekosysteemeissä Chilen Patagoniassa ja Antarktisen niemimaalla. Tutkitut selkärangattomat olivat esimerkiksi sienieläimiä, rapuja ja äyriäisiä. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, kuinka lyijy esiintyy kaukaisissa, eteläisissä ekosysteemeissä, joiden ekosysteemeihin ihminen on vaikuttanut suhteellisen vähän verrattuna maapallon muihin merellisiin ekosysteemeihin. Saadut tulokset olivat lähellä toisiaan, mutta Antarktiselta mitatut tulokset olivat keskiarvoltaan hieman pienempiä. Verrattaessa tutkimuksen avulla mitattuja lyijymääriä Etelä-Kiinassa tehdyn tutkimuksen tulosten kanssa ilmeni, että lyijymäärät ovat huomattavasti pienempiä. [23] Etelä-Kiinan ekosysteemit ovat altistuneet ihmisen toiminnalle huomattavasti enemmän, joten tulos on ennen kaikkea odotettu. Eliöissä esiintyvä lyijy on haitallista myös ihmiselle, sillä lyijy sisältävän ravinnon mukana lyijy siirtyy itse syöjään.

Lyijyä ja sen ympäristövaikutuksia ajateltaessa yksi merkittävämmistä asioista on myrkyjen rikastuminen eliöissä. Tämä rikastuminen tarkoittaa sitä, että eliöissä esiintyvät myrkyt kerääntyvät ravintoketjussa korkeammalla olevien eliöiden elimistöihin. Toisin sanoen kuljettaessa ravintoketjua ylöspäin myrkkymäärät lisääntyvät jatkuvasti. Loppujen lopuksi ympäristömyrkyt päätyvät ihmiseen, jos ravintoketjuun kuuluvaa lajia käytetään ravintona.

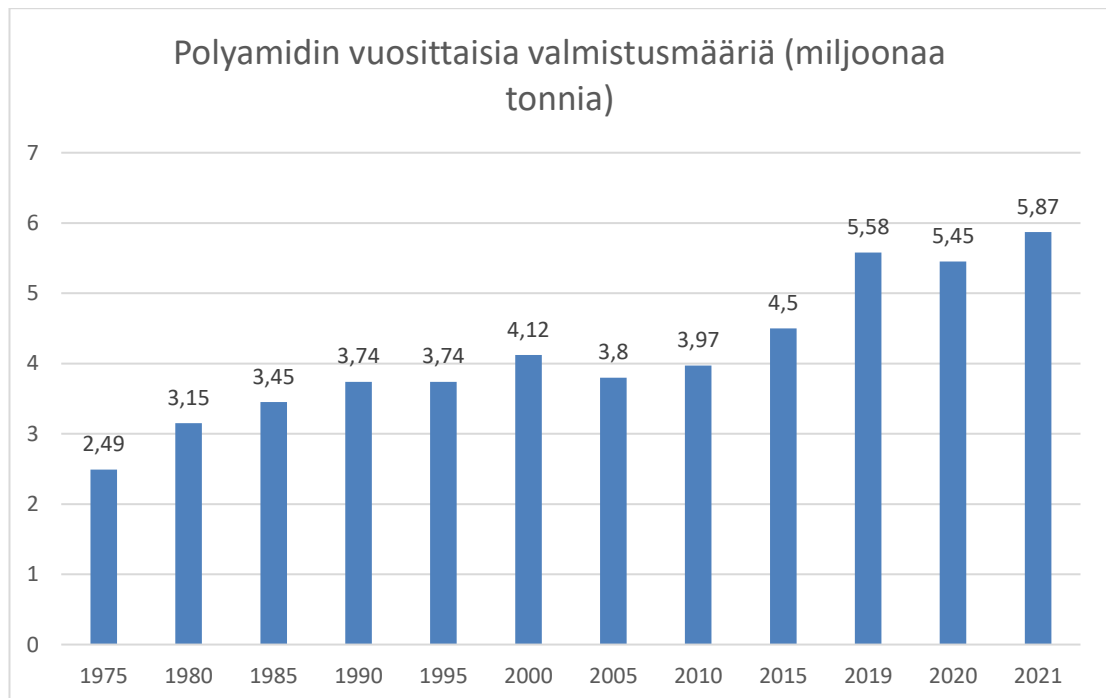
Vuonna 2011 julkaistu Meksikossa suoritettu tutkimus todistaa, että lyijy rikastuu eliöissä. Lyijylle altistettuja selkärangattomia syöneitä yksilöitä vertailtiin itse lyijyaltistettujen yksilöiden kanssa. Tulokset osoittivat, että ravintoketjuun osallistuneiden yksilöiden lyijymäärä oli yli 13-kertainen, mikä viittasi vahvasti lyijyn rikastumiseen eliöiden välillä. Vaikka tutkimuksessa tutkittiin lyijyn rikastumista ainoastaan selkärangattomien keskuudessa, havainto on joka tapauksessa merkittävä. Myös ihminen käyttää ravintonaan runsaasti selkärangattomia, joten tutkimus on merkityksellinen jokapäiväisesti selkärangattomia ravintonaan käyttämille ihmisille. [24]

Vuoden 2001 tutkimuksen [25] perusteella Ruotsissa hävisi vuosittain luontoon pelkästään jokialueiden lohenkalastuksen vuoksi 100–200 tonnia lyijyä kalastukseen tarkoitettujen lyijypainojen muodossa. Kokeellisen kenttätutkimuksen perusteella lyijyn liukenemisnopeus vuosittain on noin 20 milligrammaa neliösenttimetriä kohden. Hajoaminen tapahtuu nopeammin suuremmalla nopeudella juoksevissa vesistöissä. Korroosion vuoksi lyijyä päätyy veteen ja siksi sitä esiintyy myös juomavedessä. Lyijy aiheuttaa tunnetusti haittoja eläimille, etenkin vesilinnuille. Esimerkiksi kyhmyjoutsenten kuolemat ovat monesti olleet liitettävissä painojen nielaisemiseen ja niistä aiheutuneeseen lyijymyrkytykseen.

EU on rajoittanut lyijyhaalien käyttöä merkittävästi, mutta kalastuskäyttöön soveltuvia lyijypainoja koskien rajoitukset ovat jääneet ehdotusten ja suositusten tasolle [26]. Tämä koskee kuitenkin koko unionin laajuista säädöstä, sillä jotkin valtiot ovat jo aikaisemmin kieltäneet kalastuksen lyijypainot osittain tai kokonaan itse.

3.2 Polyamidi

Polyamidia käytetään teollisuudessa laajalti ominaisuuksiensa takia. Materiaalia käytetään esimerkiksi tekstiili-, sähkölaite- ja pakkausteollisuudessa. Polyamidi sietää hyvin kemikaaleja. [27] Polyamidikuidun rakenne kestää erittäin hyvin mekaanista ja termistä rasitusta, ja se on yksi venyvimmistä ja elastisimmista lääketieteellisiin tarkoituksiin käytettävistä tekstiilimateriaaleista [28]. Polyamidi on yleisesti käytetty materiaali myös monikäyttöisyytensä vuoksi, ja siitä voidaan valmistaa paljon erityyppisiä kappaleita. Sitä käytetään ominaisuuksiensa vuoksi kalastusvälineiden ohella merkittävän paljon myös useissa muissa käyttökohteissa, kuten aiemmin mainituissa tekstiileissä, sähkölaiteissa ja pakkauksissa. Polyamidista voidaan valmistaa kuitumaisten ja kalvomais- ten materiaalien ohella myös suurempia kappaleita, kuten keittiövälineitä tai autonosia.



Kuva 6: Mukailtu taulukko polyamidin vuosittaisista valmistusmääristä. [29]

Kuvassa 6 on esitetty polyamidin valmistusmääriä vuodesta 1975 vuoteen 2021. Kuvasta on havaittavissa, että polyamidin valmistusmäärä on yli kaksinkertaistunut, kun

verrataan vuosien 1975 ja 2021 valmistusmääriä. Polyamidin tuotanto jatkaa yleistymistään, mikä kertoo materiaalin monikäyttöisyydestä ja hyödyllisyydestä teollisuuden käyttökohteissa, kuten kalastusvälineissä.

Polyamidista irtoaa ympäristöön mikromuovia, mikä aiheuttaa ekologisia ongelmia. Mikromuovien ympäristövaikutuksia ei vielä tunneta täysin, mutta niiden ominaisuuksia ja vaikutuksia tutkitaan koko ajan enemmän. Kaloissa ja muissa merenelävissä mikromuovien uskotaan aiheuttavan ravinnonsaannin heikkenemistä, kasvun hidastumista tai oksidatiivista stressiä [18]. Oksidatiivisella stressillä tarkoitetaan elimistön tilaa, jossa antioksidanttien ja elimistölle vaurioita aiheuttavien vapaiden radikaalien suhde ei ole tasapainossa. Oksidatiivinen stressi voi vahingoittaa soluja ja DNA:ta. Mikromuovia joutuu erilaisten eläinten vatsaan tai hengityselimiin siksi, että ne eivät välttämättä erota muovia ja saalista toisistaan. Osa mikromuoveista häviää eläinten elimistöistä aineenvaihdunnan seurauksena, mutta osa jää elimistöön pysyvästi ja aiheuttaa edellä mainittuja haittavaikutuksia.

Suuri osa polyamidista esiintyy vesistöissä mikromuovien muodossa. Vuonna 2022 julkaistussa [30] tutkimuksessa selvitettiin polyamidista peräisin olevien mikromuovien myrkyllisyyttä ja niiden aiheuttamia pitkäaikaisia haittoja *microcystis aeruginosa* -syanobakteerissa, eli sinilevässä. Tutkimuksen tulokset osoittivat, että polyamidin mikromuovit voivat rajoittaa leväkukinnon kasvua, estää yhteyttämistä ja tuhota solukalvoja. Tutkimuksen perusteella mikromuovit aiheuttivat myös häiriötä geenien ilmentymisessä ja proteiinisynteesissä.

Vuonna 2017 julkaistussa [31] tutkimuksessa pyrittiin selvittämään polymeeristen köysien hajoamista meriolosuhteissa tutkimalla muutoksia niiden massoissa sekä mekaanisissa ominaisuuksissa. Erityisen haastava ongelma muovijätteen osalta on polymeerien pitkä kestoikä, joka johtuu korkeasta molekyyli­massasta ja vahvoista sidoksista polymeerin sisällä. Muovien hajoaminen pienempiin osiin voi johtua sekä suorasta vahingosta että polymeerin rakenteen heikentymisestä. Polyamidia tutkittiin 12 kuukauden ajan 10 metrin syvyydessä benttisissä, eli pohjanläheisissä olosuhteissa 50 mm pituisina näytteinä. Tutkimuksen tulokset osoittavat, että polyamidin massa laski keskimäärin 1,02 % kuukaudessa, mikä tarkoittaa, että polyamidi hajoaa merellisissä olosuhteissa ja siitä irtoaa materiaalia vesistöön. Tutkimuksessa havaittiin myös, että polyamidin murtopitenämä ja vetolujuus laskivat. Tutkimuksen perusteella on havaittavissa, että polyamidi heikentyy ja menettää mekaanisia ominaisuuksiaan merellisissä olosuhteissa. Hajoaminen voi johtua esimerkiksi altistumisesta auringonvalolle tai mekaaniselle hankaukselle. Myös pienet äyriäiset, kuten katkat voivat hajottaa köyttä syödessään sen pinnalle muodostunutta levää. Polymeerin heikkeneminen perustuu sidosten

katkeamiseen pääketjussa. Useat reaktiot, kuten hydrolyysi ja vapaiden radikaalien muodostuminen, voivat aiheuttaa sidosten katkeamista ja heikentää polymeeriä.

3.3 Polyeteeni

Monikäyttöinen polyeteeni on yksi käytetyimmistä muoveista. Kalastusvälineissä käytettävien komponenttien lisäksi polyeteeniä käytetään suurissa määrin pakkaustarkoituksiin ja erilaisiin muoviesineisiin. Siitä valmistetaan esimerkiksi pulloja, pusseja ja leluja. Merkittävä etu polyeteenin käytössä on alhainen taipumus reagointiin muiden aineiden kanssa, mikä laajentaa käyttöympäristöjä ja tekee materiaalista monikäyttöisempää.

Muovijäte on nykymaailmassa merkittävästi merellisiin ympäristöihin vaikuttava ongelma. Kalastusvälineiden käyttöikä on suhteellisen lyhyt, minkä vuoksi niitä saatetaan hylätä tai heittää pois suhteellisen matalalla kynnyksellä. Muoviset kalastusvälineet ovatkin yksi suurimmista muovijätteen aiheuttajista valtamerissä. Kalastusvälineiden osuus rannoilta ja rannikoilta löytyneestä jätteestä on noin 27 %. Polyeteenisten verkkojen kierrätysprosessissa ne altistuvat rankoille olosuhteille, kuten UV-säteilylle ja korkeille lämpötiloille, jotka heikentävät niiden mekaanisia ominaisuuksia ja alentavat kierrätyspotentiaalia. Kierrätyksen jälkeisten rakenteiden epäpuhtaudet aiheuttavat kierrätetyn materiaalin mekaanisissa ominaisuuksissa suurta hajontaa, eikä se välttämättä sovellu kovin hyvin uusien kalastusverkkojen materiaaliksi. [32]

Kalastusvälineissä käytetään yleisesti korkeatiheyksistä polyeteeniä, eli HDPE:tä. Materiaalin tulee kestää mekaanista rasitusta, joka aiheutuu kalan uimessa kiinni verkkoon. Lisäksi materiaalin tulee säilyttää kestävyytensä erilaisissa olosuhteissa, kuten eri lämpötiloissa ja veden liikkumisnopeuden vaihdellessa. Verrattuna matalatiheysiseen polyeteeniin HDPE:n vetolujuuden, kemikaalinsietokyvyn ja jäykkyyden arvot ovat korkeammat [33]. Kyseiset ominaisuudet ovat kalastukseen tarkoitetuille materiaaleille pitkäaikaisessa käytössä tärkeitä etenkin, jos kalastusvälineitä ei säilytetä tai ylläpidetä asiaankuuluvilla tavoilla. Lisäksi HDPE:n käyttöikä on pidempi kuin muilla polyeteeneillä.

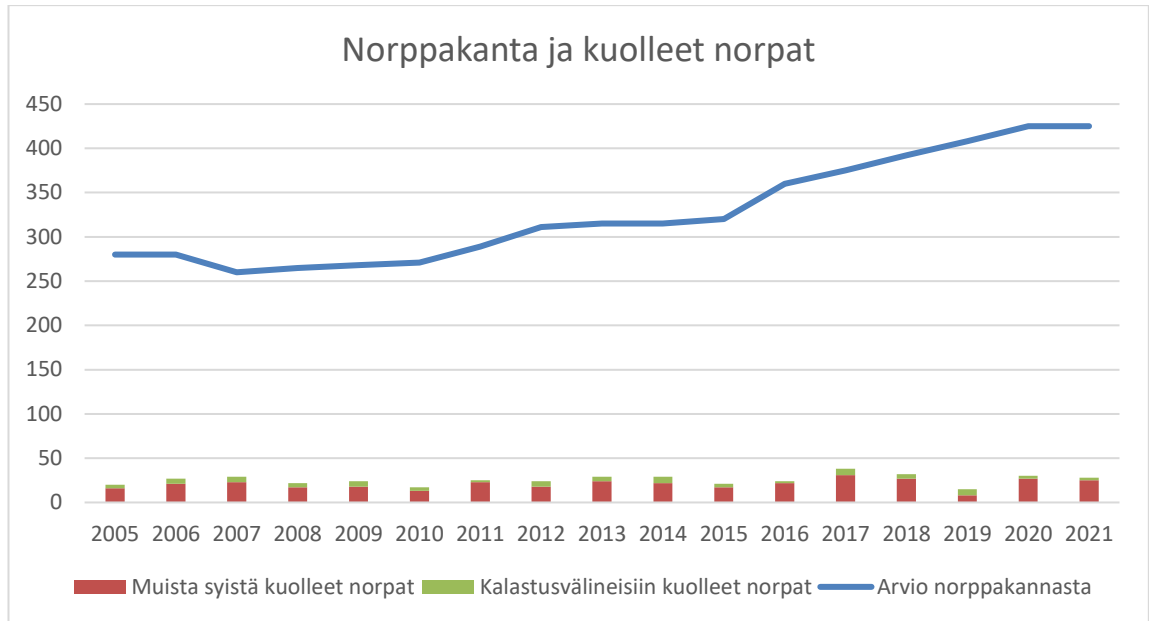
Vuonna 2017 julkaistussa [31] tutkimuksessa määritettiin polyeteenin hajoamista meriolosuhteissa. Kymmenen metrin syvyydessä 12 kuukauden ajan ollutta polyeteenistä valmistettuja 50 mm pituisia köysiä tutkittiin kuukausittain. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään muutoksia narujen massoissa ja vetoon ja jännitykseen liittyvissä ominaisuuksissa. Tulokset osoittavat, että meriolosuhteissa mikromuovien irtoamista esiintyy

suhteellisen alhaisesta valohajoamisesta huolimatta. Polyeteenin massa laski kuukausittain keskimäärin 0,45 %, mikä tarkoittaa sitä, että polyeteenistä irtoaa materiaalia vesisistöön. Tutkimuksen mukaan polyeteenin murtopitenämä ja vetolujuus laskivat kokeen aikana, ja polyeteenin mekaaniset ominaisuudet laskivat merkittävästi. Polyeteeniköyden heikkeneminen johtuu samoista syistä kuin polyamidisenkin köyden. Altistuminen UV-valolle tai hankaukselle johtaa materiaalin heikkenemiseen. Lisäksi äyriäiset voivat levää syödessään vahingoittaa köyden pintaa. Polyeteenin heikkeneminen johtuu pääketjun sidosten katkeamisesta. Katkeamisen voi aiheuttaa esimerkiksi hydrolyysi tai helposti reagoivien vapaiden radikaalien muodostuminen.

4. KALASTUKSESSA KÄYTETTÄVIEN RAKENTEIDEN VAIKUTUS ELÄIMIIN

Kalastusvälineet ovat luonnollisesti vaarallisia eläimille, sillä niiden ainoa käyttötarkoitus on pyydystää kaloja. Todellinen ongelma koskee kuitenkin kalastusta ajatellen ulkopuolisia eläimiä, joiden pyydystäminen ei ole kalastusvälineen haltijankaan kannalta toivottua. Monet muutkin eläimet voivat esimerkiksi sotkeutua verkkoihin, saada kalastusvälineiden osia hengitys- tai ruuansulatuselimistönsä tai mahdollisesti vammautua koukun vaikutuksesta. Esimerkiksi hylkeet, linnut tai kilpikonnat saattavat kietoutua verkkoihin, mikä onkin aiheuttanut useiden lajien uhanalaistumista. Suomessa konkreettinen esimerkki on erittäin uhanalainen saimaannorppa, joka on altis kalapyödyksiin jumittumiselle. Tämä on johtanut kalastuksen rajoituksiin Saimaalla norppien vaarantumisen ehkäisemiseksi [34].

Linnun, hylkeen tai jonkin muun eläimen kietoutuminen kalastusverkkoon aiheuttaa väistämättömän kuoleman, jos se ei pääse irti verkosta itse tai ihmisen avustamana. Etenkin happensa ilmasta saavat eläimet kuolevat erittäin todennäköisesti sotkeuduttuaan verkkoon. Vieras, kalastusvälineistä peräisin oleva materiaali ei ole koskaan hyväksi eläimelle. Lyijyn joutuminen eläimen elimistöön voi aiheuttaa kuoleman tai vakavia, pitkäaikaisia haittoja [35]. Hengityselimistöön jouduttuaan siiman- tai verkonpätkät voivat aiheuttaa tukehtumisen tai muita haittoja. Ruuansulatuselimistöön joutuneet siimojen ja verkkojen osat voivat jäädä jumiin eläimen elimistöön, aiheuttaa ongelmia sen elintoiminnoissa ja tuottaa kipua. Valekarettikilpikonnien ruuansulatuselimistöistä on löydetty myös kalastuksessa käytettäviä koukkuja [36]. Koukut voivat aiheuttaa terävyytensä vuoksi vakavia vammoja joutuessaan eläimen hengitys- tai ruuansulatuselimistöön.



Kuva 7: *Norppakanta ja kalastusvälineistä sekä muista syistä johtuvien kuolemien osuus.* [37]

Kuvassa 7 on esitetty arvio norppakannasta. Lisäksi siinä esitetään kuolleiksi todettujen norppien määriä vuosina 2005–2021. Kuvassa on sekä kalastusvälineisiin että muihin syihin kuolleiden norppien määrät. Kuvasta on havaittavissa, että norppakanta on ollut nousussa viimeisen viidentoista vuoden aikana. Joinakin vuosina arviota kannan suuruudesta ei ollut tiedossa, joten taulukkoon on merkitty lineaarinen muutos seuraavaan arvioon saakka. Todellisuudessa saimaannorppien kuolleisuus on suurempi kuin ilmoitettu luku, sillä kaikkia ruhoja on mahdotonta löytää. Syntyvyyden ja kannan koon muutosten perusteella on arvioitu, että vuosina 1995–2020 kuolleisuudesta on havaittu vain alle puolet. [37] Kuvasta huomataan, että kalastusvälineisiin kuolleiden norppien osuus on suhteellisen pieni. Poikkeuksena on vuosi 2019, jolloin lähes puolet todistetusti kuolleista norpista olivat menehtyneet kalastusvälineen vuoksi.

Kalastusvälineistä johtuvien kuolemien lukumäärä on säilynyt suhteellisen vakiona, vaikka kuolemien määrä on vaihdellut eri vuosina paljonkin. Kalastusvälineistä johtuvien vuosittaisten kuolemien lukumäärä on vaihdellut 2–7 välillä, ja kaikkien todistettujen kuolemien lukumäärä on vaihdellut 8–31 välillä.

Lyijypainot pysyvät luonnossa suhteellisen muuttumattomina, joten ne aiheuttavat välittömiä ongelmia ainoastaan nieltyinä. Lyijyn nieleminen aiheuttaa poikkeuksetta komplikaatioita ja voi olla eläimelle jopa tappavaa. Lyijypainojen lisääntyminen ympäristössä aiheuttaa väistämättä uusia nielemistapauksia ja vahinkoa eläimille, mikä on johtanut lyijypainojen käyttörajoituksiin. Painojen saaminen takaisin pois ympäristöstä voi olla

hyvin ongelmallista, sillä ne ovat usein pieniä ja leviävät usein laajalle alalle [38]. Lyijypainot vajoavat useimmiten tiheydensä vuoksi pohjaan. Pohjamutaan vajonneesta lyijypainosta on epätodennäköisemmin haittaa eliöille, sillä se ei ole helposti löydettävissä.

Ulkopuolisten eläinten vahingoittumista pyritään estämään nykyään mahdollisimman hyvin, mutta siihen liittyy haasteita. Verkoilla kalastettaessa niihin tarttuu usein eläimiä, jotka eivät ole ensisijaisesti toivottua saalista. Usein ylimääräinen saalis, kuten arvottomat kalat tai muut eläimet heitetään takaisin mereen, mikä vahingoittaa ekosysteemejä [39]. Verkkokalastuksessa verkon silmäkokoa voi kasvattaa tai laskea tiettyä saalista ajatellen, jotta muut kuin tarkoituksenmukaiset saaliskalat eivät jäisi yhtä helposti kiinni niihin. Silmäkoon vaihtamisella ei kuitenkaan ole merkittävää vaikutusta muiden kuin kalojen kietoutumisen ehkäisemiseen. Myös erilaiset säännöt pyrkivät ehkäisemään ulkopuolisten eläinten tarkoituksetonta pyydystämistä. Esimerkiksi Uudessa-Seelannissa verkkoihin ei saa kiinnittää syöttejä, mikä osaltaan ennaltaehkäisee ei-toivottujen lajien kiinnittymistä niihin [40].

4.1 Lyijypainot

Lyijy on tunnetusti myrkyllinen metalli, sillä se vahingoittaa elintoimintoja reagoimalla elimistön kanssa ja vaikeuttamalla tavallisia elintoimintoja, kuten aiheuttamalla häiriöitä aivotoiminnassa. Lyijy on haitallista eläinten ohella myös ihmiselle, mikä on johtanut lyijynkäytön rajoittamiseen tai lopettamiseen maailmanlaajuisesti joissakin käyttökohteissa.

Vesilintujen metsästyksessä on käytetty aikaisemmin yleisesti lyijyhauleja, jotka ovat kokonsa ja muotonsa puolesta verrattavissa kalastuksen lyijypainoihin. Suomessa vesilintujen metsästykseseen käytetyt lyijyhauelit kiellettiin kokonaan vuonna 1996, sillä yksikin hauli voi olla nieltynä tappavan myrkyllinen pienelle vesilinnulle [41]. Helmikuussa 2023 astuu voimaan EU-asetus, joka kieltää painoprosenttiltaan yli 1 % lyijyä sisältävien haulien ampumisen kosteikkoalueilla kaikissa jäsenvaltioissa [42].

Vuonna 2004 Kaliforniassa rantautuneella naaraskirjohylkeellä esiintyi heikkoutta, hämmentyneisyyttä sekä kohtauksia, jotka johtivat sen kuolemaan neljän päivän päästä löytymisestä hoidoista huolimatta. Patologisissa tutkimuksissa hylkeen vatsasta löydettiin lyijypaino, joka oli aiheuttanut muutoksia hylkeen elimissä lyijymyrkytyksen muodossa. [43]

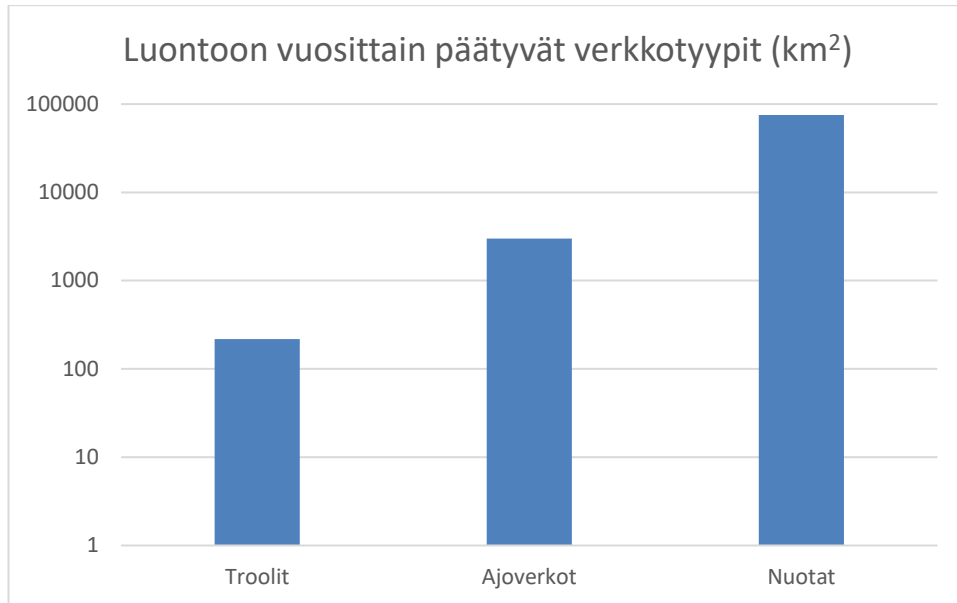
Lyijypainoja jää vuosittain luontoon maailmanlaajuisesti erittäin suuria määriä, mikä johtaa lyijymäärän kasvamiseen luonnossa. Kanadan hallituksen vuonna 2018 julkaise-

massa [38] artikkelissa arvioitiin, että ainoastaan Kanadan luontoon vapautuu vuosittain noin 460 tonnia painoihin ja jigeihin käytettyä lyijyä, josta lyijypainojen osuus on noin 350 tonnia. Vuotuinen lyijymäärä maailmanlaajuisesti on siis todennäköisesti erittäin suuri. Yksikin lyijypaino voi olla eläimelle tappava tai haitallinen, joten jokainen luontoon päätyvä paino voi aiheuttaa ongelmia. Lisäksi pienet lapset voivat niellä rannoilta löytyneitä lyijypainoja ja saada vakavia komplikaatioita.

4.2 Verkot ja siimat

Verkot aiheuttavat ongelmia, sillä ne on suunniteltukin nappaamaan saalis kiinni ilman välitöntä kuolemaa. Elävä kala säilyy parempilaatuisena ja tuoreena pidempään, mikä on kaupallinen etu. Takertuneen eläimen välittömän kuoleman ehkäiseminen aiheuttaa myös eettisiä ongelmia, sillä eläimet jäävät helposti kitumaan verkkoihin ja kärsivät ennen kuolemaansa. Toisaalta tämä pätee myös kaloihin, jotka jäävät kiinni verkkoihin, joita ei käydä tarkistamassa tarpeeksi usein. Verkkojen toimintaperiaate voi olla jopa vaarallisempi kaloista poikkeaville eläimille, sillä esimerkiksi vesilinnuilla ja kilpikonnilla on enemmän ulkonevia kehonosia, jotka altistavat kietoutumiselle enemmän. Verkot ovat tunnetusti aiheuttaneet myös ihmisten kuolemia, sillä verkkoon voi jumittua myös sen laskuvaiheessa.

Monofiilisiimat aiheuttavat vahinkoa myös koralleille. Maaliskuussa 1998 Havaijilla siimaa löydettiin yli 60 %:ssa pocillopora meandrina -koralliyhdyskunnista. 80 % koralliyhdyskunnista oli osittain tai kokonaan kuollut. Kuolleen korallin suhteellinen osa oli suurempi niissä yhdyskunnissa, joista löytyi siimaa. Olisi tärkeää suojella ympäristöä kalastuksesta johtuvien ekosysteemimuutosten ohella myös vahingolliselta kalastukselta, jonka vuoksi siimaa päätyy ympäristöön vahingoittamaan eliöitä. [44]



Kuva 8: Luontoon vuosittain päätyvien verkkojen määriä. [45]

Kuvassa 8 on esitetty erilaisten kalastusverkkotyyppien vuosittaisia luontoon päätyviä määriä. Luontoon päätyy vuosittain trooleista peräisin olevaa verkkoa noin 218 neliökilometriä. Ajo verkkojen osuus on lähes 3000 neliökilometriä. Luontoon päätyvän materiaalin määrä nuotista peräisin olevasta verkosta on noin 75 000 neliökilometriä. Lisäksi luontoon päätyy vuosittain noin 740 000 kilometriä pitkänsiiman selkäsiimaa. Luontoon päätyvien koukkujen vuosittaisen lukumäärän on arvioitu olevan noin 14 miljardia kappaletta. [45]

5. YHTEENVETO

Tässä työssä tarkasteltiin erilaisten kalastusvälineiden ja niissä käytettävien materiaalien ekologisia vaikutuksia. Kirjallisuusselvityksestä ilmeni, että nykyään käytettäviin kalastusvälineisiin liittyy hyvin paljon erilaisia ongelmia, joita on vaikeaa ratkaista, sillä kalastus on ollut jo pitkään merkittävän suuri liiketoiminnan ala. Kalastusvälineisiin liittyvät ongelmat perustuvat sekä materiaalin hajoamiseen että välineiden sellaisinaan aiheuttamiin ekologiin haittavaikutuksiin.

Työssä esiteltiin kalastusvälineissä yleisesti käytettäviä materiaaleja ja niiden ominaisuuksia sekä ympäristövaikutuksia. Lyijyn, polyamidin ja polyeteenin ominaisuuksia ja ympäristövaikutuksia pohdittiin sekä materiaalien että kalastusvälineiden tasolla. Lyijy aiheuttaa useita erilaisia ongelmia eliöissä, mukaan lukien ihmisessä, minkä vuoksi sen käyttöä on rajoitettu jo vuosikymmeniä. Synteettisten polymeerien haittavaikutuksista etenkin vesistöissä on keskusteltu mediassa jo vuosia, mutta niiden käyttö jatkuu silti yhä erittäin laajalti. Työstä tuli ilmi, että polymeerikuiduista irtoavat mikromuovit aiheuttavat haittavaikutuksia useissa eri eliöissä ja vaikuttavat merkittävästi merellisiin ravintoketjuihin.

Kalastusvälineissä lähinnä painoissa käytettävä lyijy aiheuttaa vakavia haittoja eliöille, kuten hermoston häiriöitä tai jopa kuoleman. Nieltynä lyijypaino voi olla hengenvaarallinen hylkeelle tai vesilinnulle. Ympäristöön jääneistä painoista liukenee korroosion myötä vesistöihin lyijyä, mikä voi aiheuttaa ekologisia ongelmia, sillä lyijy on haitallista kaikille eliöille myös pieninä määrinä. Synteettisistä polymeereistä, polyeteenistä ja nailonista valmistetut kuidut hajoavat luonnossa hitaasti. Niistä irtoaa mikromuovia materiaalien hajotessa, mikä aiheuttaa ekologisia ongelmia kuten eliöiden kuolemia ja vammautumisia. Luontoon jääneet siimat ja verkot aiheuttavat maailmanlaajuisesti ulkopuolisten eläinten kuolemia, mikä osaltaan aiheuttaa myös eettisiä haasteita.

Kalastusvälineissä käytettävät materiaalit ovat säilyneet suhteellisen ennallaan jo useita vuosikymmeniä, joten niiden korvaaminen on vaikeaa etenkin kalastajien tottumusten vuoksi. Markkinoilla on kuitenkin jo ympäristöystävällisempiä materiaaleja, ja nykyaikana niiden kehittämiseen käytetään paljon resursseja.

Lyijypainoille on useita korvaavia vaihtoehtoja, jotka voisivat olla käytettävyydeltään hyvin samanlaisia. Painoissa voidaan käyttää lyijyn sijasta esimerkiksi volframia, messinkiä, tinaa, ruostumatonta terästä tai vismuttia. Kyseiset materiaalit muuttaisivat etenkin siimaan kiinnitettävien painojen toimintatapoja, mutta saattaisivat toimia yhtä hyvin tai

jopa paremmin kuin lyijy. Polyeteenistä ja polyamidista valmistettujen verkkojen ja siimojen osalta tilanne on monimutkaisempi. Yhtä hyvillä kalastukseen liittyvillä ominaisuuksilla varustettuja ympäristöystävällisiä materiaaleja on erittäin vaikeaa kehittää. Parhaimmillaan verkon tai siiman tulisi kestää kulutusta hyvin, mihin biohajoava verkko ei todennäköisesti kykene yhtä hyvin kuin polyeteenistä tai polyamidista valmistettu verkko. Ympäristöystävällisten ja luonnollisista materiaaleista valmistettujen kuitujen kehittäminen jatkuu koko ajan, ja vaihtoehtoisia materiaaleja ilmestyy jatkuvasti.

LÄHTEET

- [1] Y. Hu, W. Liu, O. Nehlich, M. P. Richards, H. Shang, O. Tong, E. Trinkhaus, C. Wang, J. Yu, C. Zhao, Stable isotope dietary analysis of the Tianyuan 1 early modern human, *The Proceedings of the National Academy of Sciences*, osa/vuosik. 106, nro 27, pp. 10971-10974, 2009.
- [2] E. Cristiani, N. Munro, A. Pedergrana, G. Sharon, F. Valletta, Early line and hook fishing at the Epipaleolithic site of Jordan River Dureijat (Northern Israel), *PLOS ONE*, osa/vuosik. 16, nro 10, p. e0257710, 2021.
- [3] E. Cristiani, N. Munro, A. Pedergrana, G. Sharon, F. Valletta, CC BY-SA 4.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>, via Wikimedia Commons. Haettu [17.1.2023].
- [4] C. Burke, W. MacDougall, K. Macleod, Sustainable Fishing Gear, *Sea Technology*, osa/vuosik. 63, nro 9, pp. 30-32, 2022.
- [5] Tungsten Vs. Lead Weights: What's the Difference?, *Hooked in Fishing*, [Nettisivu]. Saatavilla: <https://hookedinfishing.com/tungsten-vs-lead-weights/>, [Haettu 8. 1. 2023].
- [6] Ansys GRANTA EduPack software, ANSYS, Inc., Cambridge, UK, 2022, saatavilla: www.ansys.com/materials, [Haettu 18. 1. 2023].
- [7] Van Isle Marina, Different Types of Fishing Lines and Their Uses. [Nettisivu]. Saatavilla: <https://vanislemarina.com/types-of-fishing-lines/>, [Haettu 19. 1. 2023]
- [8] No more haunting by 'ghost nets': bio-based and biodegradable nets could be the solution, *SEALIVE*, 20. 5. 2021. [Nettisivu]. Saatavilla: https://sealive.eu/wp-content/uploads/2021/05/SEALIVE_European-Maritime-Day_2021_short-version_EN_V2.pdf, [Haettu 8. 1. 2023].
- [9] H. M. Føre, E. Grimaldo, B. Herrmann, R. B. Larsen, L. Olsen, B. Su, I. Tatone, J. Vollstad, Comparison of fishing efficiency between biodegradable gillnets and conventional nylon gillnets, *Fisheries Research*, osa/vuosik. 213, nro 5, pp. 67-74, 2019.
- [10] S. Kumar, Occupational and Environmental Exposure to Lead and Reproductive Health Impairment: An Overview, *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, osa/vuosik. 22, nro 3, pp. 128-137, 2018.
- [11] Raboe001, "Wikimedia Commons," 2005. [Nettisivu]. Saatavilla: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Angeln_zubehoer_grundblei_01.jpg, [Haettu 11. 1. 2023].

- [12] O. M. Basmage, M. S. J. Hashmi, Plastic Products in Hospitals and Healthcare Systems, tekijä: Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials, Dublin, Elsevier, 2020, pp. 648-657.
- [13] M. J. Allen, C. J. Chuck, S. Hongthong, H. S. Leese, Assessing the Conversion of Various Nylon Polymers in the Hydrothermal Liquefaction of Macroalgae, Environments, osa/vuosik. 8, nro 4, 2021.
- [14] A. A. Horton, Plastic pollution: When do we know enough?, Journal of Hazardous Materials, osa/vuosik. 422, nro 2, p. 126885, 2022.
- [15] L. Parker, The world's plastic pollution crisis explained, National Geographic, 7. 7. 2019. [Nettisivu]. Saatavilla: <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/plastic-pollution>, [Haettu 10. 12. 2022].
- [16] E. Castanas, M. Kampa, Human health effects of air pollution, Environmental Pollution, osa/vuosik. 151, nro 2, pp. 362-367, 2008.
- [17] A. L. Andrady, Microplastics in the marine environment, Marine Pollution Bulletin, osa/vuosik. 62, nro 8, pp. 1596-1605, 2011.
- [18] K. Nanthini devi, P. Raju, P. Santhanam, Impacts of microplastics on marine organisms: Present perspectives and the way forward, The Egyptian Journal of Aquatic Research, osa/vuosik. 48, nro 3, pp. 205-209, 2022.
- [19] J. O. Duruibe, J. N. Egwurugwu, M. O. C. Ogwuegbu, Heavy Metal Pollution and Human Biotoxic Effects, International Journal of Physical Sciences, osa/vuosik. 2, nro 5, pp. 112-118, 2007.
- [20] European Environment Agency, Heavy metal emissions in Europe, 22. 11. 2022. [Nettisivu]. Saatavilla: <https://www.eea.europa.eu/ims/heavy-metal-emissions-in-europe>, [Haettu 10. 12. 2022].
- [21] A. Botté, J. Guery, V. Leignel, J. Nahrgang, C. Seguin, M. Zaidi, Lead in the marine environment: concentrations and effects on invertebrates, Ecotoxicology, osa/vuosik. 31, nro 2, pp. 194-207, 2022.
- [22] C. C. Patterson, D. M. Settle, Lead in albacore: guide to lead pollution in Americans, Science, osa/vuosik. 207, nro 4436, pp. 1167-1176, 1980.
- [23] R. Barra, J. E. Celis, G. Chiang, P. R. Dorneles, W. Espejo, R. A. Gonçalves, O. Malm, D. Oliveira, J. A. Padilha, Accumulation and potential sources of lead in marine organisms from coastal ecosystems of the Chilean Patagonia and Antarctic Peninsula area, Marine Pollution Bulletin, osa/vuosik. 140, nro 3, pp. 60-64, 2019.

- [24] R. Rico-Martínez, I. Rubio-Franchini, Evidence of lead biomagnification in invertebrate predators from laboratory and field experiments, *Environmental Pollution*, osa/vuosik. 159, nro 7, pp. 1831-1835, 2011.
- [25] M. Byström, G. Jacks, L. Johansson, Lead emissions from lost fishing sinkers, *Boreal environment research*, osa/vuosik. 6, nro 3, pp. 231-236, 2001.
- [26] European Chemicals Agency, ECHA's scientific committees support limiting lead use for outdoor shooting and fishing, 30. 11. 2022. [Nettisivu]. Saatavilla: <https://echa.europa.eu/fi/-/echa-s-scientific-committees-support-limiting-lead-use-for-outdoor-shooting-and-fishing>, [Haettu 8. 1. 2023].
- [27] P. Vagholkar, Nylon (Chemistry, Properties and Uses), *International Journal of Scientific Research*, osa/vuosik. 5, nro 9, pp. 349-351, 2016.
- [28] B. S. Gupta, Manufacture, types and properties of biotextiles for medical applications, tekijä: *Biotextiles as Medical Implants*, Woodhead Publishing Series in Textiles, 2013, pp. 3-47.
- [29] Statista, Production of polyamide fibers worldwide from 1975 to 2021, 10/2022. [Nettisivu]. Saatavilla: <https://www.statista.com/statistics/649908/polyamide-fiber-production-worldwide/>, [Haettu 17. 1. 2023].
- [30] X. Cao, Z. Fan, H. Huang, J. Li, Y. Li, X. Liu, Z. Wang, Y. Yuan, L. Zhang, X. Zheng, Toxicity mechanism of Nylon microplastics on *Microcystis aeruginosa* through three pathways: Photosynthesis, oxidative stress and energy metabolism, *Journal of Hazardous Materials*, osa/vuosik. 426, nro 5, p. Article 128094, 2022.
- [31] P. R. Cowie, N. A. Welden, Degradation of common polymer ropes in a sublittoral marine environment, *Marine Pollution Bulletin*, osa/vuosik. 118, nro 1-2, pp. 248-253, 2017.
- [32] C. Domínguez, S. Galera, R. A. Garcia-Muñoz, R. Juan, B. Paredes, N. Robledo, Challenges and Opportunities for Recycled Polyethylene Fishing Nets: Towards a Circular Economy, *Polymers*, osa/vuosik. 13, nro 18, p. Article 3155, 2021.
- [33] Vem Tooling, LDPE Versus HDPE, [Nettisivu]. Saatavilla: <https://www.vem-tooling.com/ldpe-vs-hdpe/>, [Haettu 17. 1. 2023].
- [34] FINLEX, Valtioneuvoston asetus eräistä kalastusrajoituksista Saimaalla, 14. 4. 2016. [Nettisivu]. Saatavilla: <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20160259>, [Haettu 9. 1. 2023].
- [35] B. R. Blakley, Lead Poisoning in Animals, 11/2022. [Nettisivu]. Saatavilla: <https://www.msdivetmanual.com/toxicology/lead-poisoning/lead-poisoning-in-animals#v54076727>. [Haettu 9. 1. 2023].

- [36] A. Crovace, A. Di Bello, F. Staffieri, C. Valastro, CONTRAST RADIOGRAPHY OF THE GASTROINTESTINAL TRACT IN SEA TURTLES, *Veterinary Radiology & Ultrasound*, osa/vuosik. 47, nro 4, pp. 351-354, 2006.
- [37] Metsähallitus, Saimaannorpan kanta 2005–2021, 22. 12. 2022. [Nettisivu]. Saatavilla: https://www.metsa.fi/wpcontent/uploads/2022/04/Saimaannorppakanta_2005_2021.pdf. [Haettu 18. 1. 2023].
- [38] Government of Canada, Lead sinkers and jigs: executive summary, 29. 3. 2018. [Nettisivu]. Saatavilla: <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/management-toxic-substances/list-canadian-environmental-protection-act/lead/using-more-lead-free-fishing-tackle/lead-sinkers-jigs-executive-summary.html>. [Haettu 11. 1. 2023].
- [39] OCEANA, Discards & Bycatch, [Nettisivu]. Saatavilla: <https://europe.oceana.org/discards-bycatch/>, [Haettu 9. 1. 2023].
- [40] Ministry for Primary Industries, Rules for fishing gear, methods, and measuring, 17. 09. 2021. [Nettisivu]. Saatavilla: <https://www.mpi.govt.nz/fishing-aquaculture/recreational-fishing/fishing-rules-for-gear-methods-and-species/rules-for-fishing-gear-methods-and-measuring/>, [Haettu 3. 1. 2023].
- [41] Tukes, Lyijyhaalien käyttö kielletään kosteikkoalueilla, 18. 8. 2022. [Nettisivu]. Saatavilla: <https://tukes.fi/-/lyijyhaalien-kaytto-kielletaan-kosteikkoalueilla#0e9b61b3>, [Haettu 17. 12. 2022].
- [42] Euroopan unionin komission asetus 2021/57, 25. 1 2021. [Nettisivu]. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R0057&from=FI>, [Haettu 17. 12. 2022].
- [43] P. A. Conrad, F. M. D. Gulland, M. Haulena, L. J. Lowenstine, B. Puschner, T. S. Zabka, Acute Lead Toxicosis in a Harbor Seal (*Phoca vitulina richardsi*) Consequent to Ingestion of a Lead Fishing Sinker, *Journal of Wildlife Diseases*, osa/vuosik. 42, nro 3, pp. 651-657, 2006.
- [44] K. Asoh, T. Yoshikawa, Entanglement of monofilament fishing lines and coral death, *Biological Conservation*, osa/vuosik. 117, nro 5, pp. 557-560, 2004.

- [45] Phys.org 740,000 km of fishing line and 14 billion hooks lost at sea each year, 13. 10. 2022. [Nettisivu]. Saatavilla: <https://phys.org/news/2022-10-km-fishing-line-billion-lost.html>, [Haettu 17. 1. 2023].