

Opinnäytetyö Turun Ammattikorkeakoulu

Energia- ja ympäristötekniikka

2024

Jesse Holmberg

# Rakennusmateriaaleissa esiintyvät haitta-aineet ja niiden vaikutukset ympäristöön



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Energia- ja ympäristötekniikka

2024 | 51 sivua

Jesse Holmberg

## Rakennusmateriaaleissa esiintyvät haitta-aineet ja niiden vaikutukset ympäristöön

Työssä keskitytään Turun ammattikorkeakoulun NonHazCity- hankkeeseen. Opinnäytetyö esittelee lukijalle rakennusmateriaaleissa esiintyviä haitta-aineita, niiden vaikutuksia ympäristöön ja avaa näytteenotossa ilmenneitä tuloksia. Opinnäytetyö kerää valmiit tutkimustulokset yhteen, vertailee alueita ja analysoi niiden näytteenottotuloksia. Turun ammattikorkeakoulun vesi- ja ympäristötekniikan tutkimusryhmä suoritti näytteenoton etukäteen neljässä eri kohteessa.

Kokonaisuutena opinnäytetyössä käytettävät tutkimusmenetelmät koostuvat laadullisesta tutkimuksesta ja lähteisiin pohjautuvasta teoreettisesta viitekehystä, jotka yhdessä muodostavat kokonaisvaltaisen tutkimusprosessin. Työllä tavoitellaan selvitystä, kuinka suuri merkitys rakennusmateriaalien valinnalla on alueiden haitallisten aineiden pitoisuuksiin ja millaisia ympäristövaikutuksia niillä voi olla. Työ tehtiin, koska näytteenotto oli suoritettu etukäteen ja tarvittiin työ, joka kokoaa ja analysoi tulokset yhden tekstin alle.

Haitta-aineita esiintyy jokaisessa näytteenotosta, mutta yhdisteet ja niiden määrät vaihtelevat alueittain. Tietyistä rakennusmateriaaleista kulkeutuu ympäristöön tiettyjä haitta-aineita. Illoisten alueella esiintyy suurempia määriä torjunta-aineita, koska niitä käytetään pääasiassa pihojen ja puurakenteiden torjunta-aineena. Pääskyvuoren ja Kaarinan alueella oli puolestaan suurimmat PFAS- pitoisuudet, koska niitä esiintyy kaupunkimaisessa ympäristössä, jossa on tiiliverhoiluja, rappauksia, pinnoituksia ja rakennuskalvoja. Haitta- aineet kulkeutuvat mm. rakennusmateriaaleista sateiden mukana hulevesiin ja hulevesistä mahdollisesti ympäristöön sekä vesistöihin. Tuloksissa selviää, että rakennusmateriaalien valinta vaikuttaa alueella esiintyviin haitta-aineisiin. Erityisesti Illoisten alueen hulevedestä löytyi raja-arvot ylittävä määrä torjunta- ainetta, Diuronia. Aine luokitellaan prioriteettiaineeksi ja on vaarallinen vesiympäristölle. Seuranta tulisi jatkaa, jotta pystymme seuraamaan Diuronin määrän kehitystä hulevedessä.

Asiasanat:

Vaaralliset aineet, ympäristö, vesien saastuminen, luonnonsuojelu

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Energy and environmental engineering

2024 | 51 pages

Jesse Holmberg

## Hazardous substances in building materials and their effects on the environment

The work focuses on the Turku University of Applied Sciences' NonHazCity project. The main aim was to investigate how important the choice of building materials is to the concentrations of harmful substances and what kind of environmental impacts they may have. The thesis introduces the reader to harmful substances found in building materials specifically, their effects on the environment, and reveals the results of sampling in the project.

Overall, the research methods used in the thesis consist of qualitative research and theoretical framework, which together form a comprehensive research process. The thesis collects the research results together, compares the research locations and analyses the sampling results. Turku University of Applied Sciences carried out the sampling in advance in four different locations.

According to the results, harmful substances were present in each sample, but the compounds and their amounts varied by area. Certain building materials release certain pollutants into the environment. The Illoinen area contained higher amounts of pesticides as they are mainly used for yards and wooden structures. The Pääskyvuori and Kaarina areas had the highest PFAS concentrations as they are found in urban environments with brick cladding, plastering, coatings and building membranes. Pollutants are transferred from building materials to stormwater with rainfall, and from stormwater potentially to the environment and water bodies. The results show that the choice of building materials affects the pollutants present in the area. In particular, a pesticide, Diuron, was found in stormwater in the Illoinen area in amounts that exceeded limit values. The substance is classified as a priority substance and is hazardous to the aquatic environment.

Keywords:

Hazardous materials, conservation, environmental issue, water pollution

# Sisältö

<b>Käytetyt lyhenteet tai sanasto</b>	<b>9</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>10</b>
<b>2 NonHazCity- hankkeet</b>	<b>11</b>
<b>3 Tutkimusmenetelmät</b>	<b>12</b>
<b>4 Haitallisten aineiden kulkeutuminen ja vaikutukset ympäristöön</b>	<b>13</b>
<b>5 Kemikaaleilla on monia reittejä ympäristöön</b>	<b>14</b>
5.1 Hulevedet	14
5.2 Kaukokulkeuma	14
<b>6 Kemikaalien yhteisvaikutukset</b>	<b>16</b>
<b>7 Haitalliset aineet</b>	<b>19</b>
7.1 Ftalaatit	19
7.2 PFAS	20
7.3 Bisfenolit	21
7.4 Metallit	21
7.5 Klooratut parafiinit	22
7.6 Biosidit	23
7.7 Polyaromaattiset hiilivedyt (PAH)	23
7.8 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)	24
<b>8 Rakennusmateriaalit ja haitallisten aineiden esiintyminen rakennusmateriaaleissa</b>	<b>28</b>
8.1 Käsittelemätön puu	28
8.2 Käsitelty puu	28
8.3 Sementti (Betoni)	29
8.4 Kupari	29
8.5 Sinkki	30
8.6 PVC-muovit	30

8.7 Kierrätetty kumirouhe	31
8.8 Maalit	31
<b>9 Lainsäädäntö</b>	<b>33</b>
9.1 REACH- asetus	33
9.2 EU:n vesipuitedirektiivi	33
9.3 POP- asetus ja Tukholman yleissopimus	34
9.4 Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista	35
9.5 Biosidiasetus	35
<b>10 Tutkimusosio</b>	<b>37</b>
<b>11 Tulokset</b>	<b>40</b>
<b>12 Pohdinta</b>	<b>47</b>
<b>Lähteet</b>	<b>49</b>

## **Kuvat**

Kuva 1. Illoinen. (Turku AMK 2023)	37
Kuva 2. Kaarina. (Turku AMK 2023)	38
Kuva 3. pääskyvuori. (Turku AMK 2023)	39

## **Kuviot**

Kuvio 1. Metallit+Boori. (Vainio 2023)	40
Kuvio 2. Torjunta- aineet. (Vainio 2023)	42
Kuvio 3. PFAS- yhdisteet. (Vainio 2023)	43
Kuvio 4. Muut yhdisteet. (Vainio 2023)	44

## Taulukot

Taulukko 1. Sisämeren haitallisten aineiden pitoisuudet vuosina 2011–2016. (Ympäristö.fi 2016)	17
Taulukko 2. Yhdisteiden ominaisuudet ja vaikutukset.	25
Taulukko 3. Biosidiasetuksen keskeiset kohdat. (EU 2012.)	36

## Käytetyt lyhenteet tai sanasto

Hulevesi	Sade- ja sulamisvesiä, jotka johdetaan pois rakennetuilta alueilta. Virtaavat pintavaluna rakennusten kattoja, maanpintaa ja katuja pitkin.
Kaukokulkeuma	Aineiden leviäminen päästölähteistä pitkiä matkoja laajoille alueille.
PAH yhdisteet	Polysykliset aromaattiset hiilivedyt.
PBT-aineet	Hitaasti hajoavia, biokertyviä ja myrkyllisiä aineita
PFAS	Per- ja polyfluorattu alkylyyhdiste
PVC	Polyvinyylidikloridi, maailman yleisin kestopuovi.
VOC	Haihtuvat orgaaniset yhdisteet.

# 1 Johdanto

Rakennusmateriaalien sisältämät haitta-aineet ja niiden vaikutukset ympäristöön ovat tärkeä ja ajankohtainen aihe modernissa rakennusteollisuudessa. Rakentamisella on laajoja vaikutuksia ympäristöön koko sen elinkaaren ajan. Erityisesti rakennuselementit sisältävät monia haitta-aineita, jotka voivat kulkeutua eri reittejä ympäristöön ja vesistöihin. Nykyaikainen lainsäädäntö ja rakentaminen ovat vähentäneet haitallisia-aineita, mutta silti ihmisten tulee kiinnittää erityistä huomiota rakennusmateriaaleihin ja niiden vaikutuksiin.

Opinnäytetyö keskittyy rakennusmateriaalien haitta- aineisiin. Työssä selvitetään haitta-aineiden vaikutuksia ympäristöön sekä erityisesti keskitytään yleisimpiin haitta- aine yhdisteisiin, joita esiintyy ympäristössämme. Opinnäytetyö koostuu viidestä eri vaiheesta. Alussa työ pohjustaa aihetta monesta eri näkökulmasta, kuten haitta-aineiden kulkeutumisesta ja kemikaalien risteytymisestä, josta etenee rakennusmateriaalien esittelyyn. Kolmannessa vaiheessa työ keskittyy haitallisiin aineisiin ja etenee lainsäädännön tutkimiseen. Viimeisessä vaiheessa työ keskittyy tutkimustuloksiin ja niiden analysointiin

Opinnäytetyö vastaa tutkimuskysymyksiin:

1. Miten haitta-aineet päätyvät ympäristöön, erityisesti vesistöihin? Millaisia vaikutuksia haitta- aineilla voi olla vesiympäristöille, eliöille ja ihmisten terveydelle?
2. Mitkä ovat yleisimpiä haitta- aineita rakennusmateriaaleissa, jotka voivat kulkeutua ympäristöön ja vesistöihin?
3. Millaisia vaikutuksia haitta- aineilla voi olla vesiympäristöille, eliöille ja ihmisten terveydelle?
4. Miten rakennusmateriaalit vaikuttavat tutkimustuloksiin eri alueilla?
5. Kuinka tutkimustulokset eroavat toisistaan eri alueiden välillä?

## 2 NonHazCity- hankkeet

Opinnäytetyö on osa Turun ammattikorkeakoulun NonHazCity3 -hanketta. Hanke kuuluu NonHazCity hankeperheeseen. NonHazCity- hankkeessa on ollut aikaisemmin kaksi osaa, jotka ovat käsitelleet eri aiheita. Ensimmäinen hanke keskittyi kuntien kemikaaliviisaiden hankintojen kehittämiseen, pienyritysten kemikaalien hallintaan sekä kotitalouksien kemikaalitietoisuuden lisäämiseen. NonHazCity2- hanke oli laajennusvaiheen projekti, joka puolestaan keskittyy toteuttamaan aiemmin kehitettyjä työkaluja vaarallisten aineiden vähentämiseen eri ympäristössä (NonHazCity 2024). Hankkeet ovat Euroopan unionin rahoittamia projekteja, jotka keskittyvät kestäväan kemikaalien hallintaan kaupungeissa ja kemikaalivapaaseen kaupunkisuunnitteluun. Hankkeiden suurin tavoite on vähentää haitallisten kemikaalien käyttöä, päästöjä kaupunkiympäristöissä sekä edistää terveellisempää ja kestävämpää elinympäristöä asukkaille. (NonHazCity 2024.)

NonHazCity3- hanke keskittyy rakennustyömailla- ja materiaaleissa esiintyviin haitta-aineisiin ja ympäristön kemikaalikuormituksen vähentämiseen. Hankkeen tavoitteena on lisätä tietoisuutta rakennusmateriaaleissa esiintyvistä haitta- aineista ja niiden ehkäisemisestä, ja näin vähentää kuntien kemikaalikuormitusta. Hanke pyrkii myös vähentämään haitallisten aineiden kulkeutumista rakennusmateriaaleista ympäristöön, erityisesti vesistöihin. (Turku AMK 2023.)

NonHazCity-hankkeet yhdessä edistävät kaupunkien välistä yhteistyötä ja toimivien käytäntöjen jakamista kestäväan kemikaalinhallinnan alalla. Tavoitteena on luoda verkostoja, joissa kaupungit voivat oppia ja kehittää yhdessä kestävämpiä ratkaisuja kemikaalinhallintaan. Hanke tukee myös lainsäädännön kehittämistä ja täytäntöönpanoa, mikä edistää turvallisempia ja terveellisempiä kaupunkien ympäristöjä. Tämä voi sisältää monipuolisesti uusien standardien ja määräysten luomista kemikaalien käytölle rakennusalalla ja kaupunkiympäristöissä. Hanke on osa laajempaa pyrkimystä kohti kestävämpää ja turvallisempaa ympäristöä Euroopan alueen kaupungeissa. Sen avulla tavoitellaan kaupunkien kestäväa kehitystä, terveellisiä elinympäristöjä ja parempaa elämänlaatua kaupunkiympäristöissä. (Salomaa-Valkamo 2017.)

### 3 Tutkimusmenetelmät

Näytteenotot ja näytteenottoaikkajen valinnat suoritti Turun ammattikorkeakoulun vesi- ja ympäristötekniikan tutkimusryhmä. Sama ryhmä on muodostanut myös kuvaajat tutkimustuloksille ja kuvaukset näytteenottoaikoille. Oma työpanokseni työssä keskittyy kokoamaan valmiit osa- alueet (näytteenottotulokset, näytteenottoaikkajen kuvaukset ja kuvat) saman tekstin alle. Näiden lisäksi olen käynyt vierailemassa näytteenottoaikoilla. Näytteenottoaikoilla tutkin silmämääräisesti, minkälaisesta rakennuskannasta alueet koostuvat ja, mitä rakennusmateriaaleja alueilla on käytetty. Itse työssä muodostan lähteiden perusteella teoreettisen viitekehyksen tutkimuksen ympärille, vertailen näytteenottotuloksia alueiden kesken ja tulkiten syy- ja seuraussuhteita tulosten perusteella.

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä käytetään laadullista tutkimusta. Ensimmäinen osa koostuu teoreettisen viitekehyksen muodostamisesta, jossa käytettiin useita eri lähteitä. Lähteet koostuivat mm. sähköisistä artikkeleista, raporteista, kirjoista, tutkimuksista ja vanhoista opinnäytetöistä. Työssä käytettiin apuna myös NonHazCity-materiaaleja, kuten rakennusmateriaali- katalogia. Turun ammattikorkeakoululta saatiin valmiit tulosten kuvaajat, näytteenottoaikkajen kuvat ja kuvaukset. Teoreettisen viitekehyksen muodostaminen oli keskeinen tutkimuksen kannalta, koska sen avulla annetaan monipuolinen ymmärrys tutkimusaiheesta ja siihen liittyvistä aineistoista. Tavoitteena oli saada tietoa haitta- aineista, ympäristövaikutuksista ja rakennusmateriaaleista, jotka liittyvät tutkittavaan aiheeseen. Toisena vaiheena suoritettiin laadullinen tutkimus, jossa valmiit aineistot yhdistellään saman tekstin alle ja pyritään saamaan laaja kokonaiskäsitys aiheesta.

Kokonaisuutena opinnäytetyön tutkimusmenetelmät muodostavat yhdessä kokonaisvaltaisen tutkimusprosessin. Teoreettisen viitekehyksen avulla pyritään antamaan lukijalle valmiudet ymmärtää aihetta monipuolisesti, kun taas laadullinen tutkimus kokoaa aineistot yhteen ja antaa lukijalle kokonaiskuvan tutkittavasta aiheesta.

## 4 Haitallisten aineiden kulkeutuminen ja vaikutukset ympäristöön

Yhteiskunta ei pyöri sujuvasti ilman kemikaaleja. Kemikaaleista osa voi olla haitallisia ympäristölle ja eliöille. Kemikaaleja voi kulkeutua ympäristöön monia reittejä pitkin mm. hulevesien välityksellä. Hulevesiin kertyy ympäristölle haitallisia aineita sateiden ja sulamisvesien mukana kaduilta, maaperästä, rakennustyömailta, rakennusmateriaaleista (mm. katot), liikenteestä, viheralueiden lannoittamisesta sekä paikoin myös tulipalojen sammutusvesistä ja erilaisista onnettomuuksista. (Ympäristöministeriö 2012.) Ympäristössämme on jatkuvasti materiaaleja, jotka sisältävät haitta- aineita. Haitta- aineet yleensä haihtuvat tai kuluvat materiaalin pinnasta ja pääsevät kulkeutumaan ympäristöön sekä vesistöihin. Päästölähteenä voi toimia myös ilmalaskeuma tai maaperä. (Ympäristöministeriö 2012.)

Kemikaalien ominaisuudet eroavat toisistaan paljon ja osa aiheuttaa ympäristölle merkittäviä vahinkoja. PBT-aineet (Persistent, Bioaccumulative and Toxic) ovat erityisen ongelmallisia ympäristölle, koska ne ovat myrkyllisiä, biokertyviä ja pysyviä. Nämä aineet hajoavat luonnossa erittäin hitaasti ja aineille altistuminen voi jatkua vielä kauan, vaikka varsinainen päästöjen lähde loppuisi. Monet pysyvistä aineista voivat myös kulkeutuvat kauas alkuperäisistä päästölähteistä monilla eri tavoilla kuten ilmalaskeumana. (Ympäristö.fi 2023.)

Useilla kemikaaleilla on jo matalina pitoisuuksina negatiivisia vaikutuksia eliöihin ja ympäristöön. Osa taas aiheuttaa merkittäviä haittoja vasta sen jälkeen, kun ne kertyvät korkeina pitoisuuksina ravintoketjujen huipulle. Kemikaalista riippuen ne voivat vaikuttaa hyvin eri tavalla eliöihin ja ympäristöön. Kemikaaleista aiheutuvia haittoja ja riskejä yritetään hallita taloudellisin, lainsäädännöllisin sekä työllisyyteen perustuvien keinoin. Ympäristöhallinto valvoo ympäristön altistumista kemikaaleille. (Ympäristö.fi 2023.)

## 5 Kemikaaleilla on monia reittejä ympäristöön

Haitallisia aineita on rajoitettu nykymaailmassa, mutta silti niitä päätyy ympäristöön monia reittejä ja lähteitä pitkin. Useat jätevedenpuhdistamot joutuvat asumajätevesien lisäksi käsittelemään myös kaatopaikkojen ja teollisuuslaitosten jätevesiä sekä asutusten hulevesiä. Jätevedenpuhdistamoiden läpi kulkeutuu suuri osa kemikaaleista, koska niiden pääasiallinen käyttö on poistaa jätevedestä enimmäkseen kiintoaineita ja ravinteita. Tämän vuoksi jätevedenpuhdistamoiden läpi siirtyy ympäristöön suuri osa hajottamattomia kemikaaleja ja mikromuoveja. Aineet, jotka eivät hajoa puhdistusprosessissa sitoutuvat lietteeseen tai pääsevät ympäristöön jäteveden mukana. (Ympäristö.fi 2023.)

Ympäristöön pääsee kemikaaleja myös erilaisista päästölähteistä (luontainen tai historiallinen), jotka voivat lisätä tiettyjen yhdisteiden määrää ympäristössä. Kuten mm. telakoiden ja satamien ympärillä sijaitsevista pilaantuneista maaperistä (orgaaniset tinayhdisteet), vanhojen puunjalostusteollisuuden varrella sijaitsevat vesistöt ja erityisesti alueen maaperä (dioksiinit), jauhesammuttimista pilaantuneet maaperät (mm. PFAS-yhdisteet) tai maan mineraalien liukeneminen ympäristöön (raskasmetallit). Rakennusmateriaalit ja pitkäikäiset kuluttajatuotteet voivat myös vapauttaa monia haitta-aineita ympäristöön kielloista ja rajoituksista huolimatta. (Ympäristö.fi 2023.)

### 5.1 Hulevedet

Hulevedet ovat sade- ja sulamisvesiä, jotka muodostuvat rakennetuilla alueilla, kuten kaupungeissa ja taajamissa. Näitä vesiä kutsutaan hulevesiksi, koska ne eivät imeydy maaperään luonnollisesti, vaan virtaavat pintavalumana esimerkiksi katujen, kattojen ja asfaltin pintoja pitkin. Hulevedet voivat sisältää erilaisia epäpuhtauksia kuten rakennusmateriaalien kemikaaleja, joita ne kuljettavat mukanaan viemäriverkostoon ja lopulta vesistöihin, kuten jokiin, järviin ja meriin. (HSY 2024.) Autokannan kasvu ja ympäristön yleinen kemikalisoituminen ovat laskeneet myös huleveden laatua. Ilmastonmuutosennusteiden mukaan sääilmiöt äärimmäistyvät, joten sekä kuivien kausien että rankkasateiden arvioidaan lisääntyvän. Tällöin rankkasateet aiheuttavat helposti rakennetussa ympäristössä hulevesien tulvimista eli ns. kaupunkitulvia, jolloin kemikaalit kulkeutuvat suuremmalla todennäköisyydellä vesistöihin. (Vesi.fi 2022.)

### 5.2 Kaukokulkeuma

Kaukokulkeuma on yleisin lähde lyijylle, elohopealle ja kadmiumille. Kulkeumaa voi tapahtua huuhtoumana tai ilmasta. Myös polttamisessa syntyvät PAH-yhdisteet ja dioksiinit kulkeutuvat ilman mukana laskeumana. Laskeuma ilmasta voi olla yleistä

myös PFOS:lle, joillekin palonestoaineille, esimerkiksi bromatuille difenyyliettereille sekä haihtuville orgaanisille yhdisteille, esimerkiksi heksaklooribentseenille. Joukko laskeumasta ja ilmanpäästöistä voi olla myös seuraus vanhemmista päästöistä, jotka eivät ole vielä laskeutuneet. Raskasmetalleja sisältävä pöytäkirja ja laskeumia ja ilmanpäästöjä koskevat vähennysvaatimukset ovat osa UNECE:n yleissopimusta. Sopimuksen rajoissa EMEP arvioi tietyn ajankohdin jäsenten osuuksia päästöistä ja laskeumista. (Ympäristöministeriö 2018.)

## 6 Kemikaalien yhteisvaikutukset

Jokaisesta kemikaalin kiertovaiheesta (valmistus, käyttö ja hävitys) on mahdollisuus päätyä kemikaaleja ympäristöön. On arvioitu, että ihmisten käytössä on nykyään yli 100 000 kemiallista yhdistettä. Yleisimpiä altistusreittejä kemikaaleille ovat ruuan, ihon ja hengitysteiden kautta. Suurin osa altistumisesta tapahtuu ravinnon mukana. Eläimillä yleisin kemikaaleille altistumistapa on myös veden ja ravinnon kautta altistuminen. (Ympäristö.fi 2023.)

Yksittäisten kemikaalien haitallisia vaikutuksia tutkitaan kemikaalien riskiarvioinnissa. Kuitenkaan monien kemikaalien risteäviä vaikutuksia ei ole tutkittu tarpeeksi. Monien terveys- ja ympäristöhaittojen arvellaan johtuvat kemikaalien yhteisvaikutuksista. Ympäristössä kemikaalit voivat muodostaa samantyyppisiä haittavaikutuksia tai tehostaa yhdisteiden yhteisiä haittoja. Tällöin kemikaalien yhteiset vaikutukset kuormittavat ympäristöä enemmän kuin yksittäiset kemikaalit. (Ympäristö.fi 2023.)

Yleisesti yhdisteiden vaikutukset eliöihin ja elimistöön ovat monimutkaisia. Yksittäisten yhdisteiden heikko pitoisuus voi silti tuoda ympäristölle haittavaikutuksia, jos eri yhdisteiden yhteisvaikutukset vahvistavat toisiaan. Lisäksi haittavaikutusten tutkimista pidetään vaikeana, koska altistumista muodostuu monien eri yhdisteiden yhdistelmistä. (Tukes 2024.)

Yhdisteiden yhteisiä vaikutuksia voidaan tutkia riskiarvioinnissa. Riskinarvioinnissa arvioidaan yhdisteiden myrkyllisyyttä tai laskennallisesti arvioidaan mahdollisia yhteisvaikutuksia. Tulevaisuudessa yhteisvaikutusten ennustamiseen käytetään todennäköisesti vaikutusperäisiä biotestejä, jotka tulevat osaksi kemikaalien ympäristöriskiarviointia. (ympäristö.fi 2023.)

Pysyvien ja kertyvien kemikaalien ympäristöpitoisuuksia tutkitaan vesi- ja eliönäytteiden avulla. Pitoisuuksia otetaan jokivesistä, simpukoista sekä sisävesillä ja rannikolla ahvenista ja avomerellä silakoista. Jokivesistä tutkitaan myös monia yhdisteryhmiä kuten metalleja, alkyylifenoleita, ftalaatteja sekä PCB-, PAH- ja PFAS-yhdisteitä. Myös kasvinsuojeluaineiden pitoisuuksia seurataan säännöllisesti vedestä useilla paikoilla (Ympäristö.fi 2023). (Taulukko 1) näkyy Sisämeren haitallisten aineiden pitoisuudet vuosina 2011–2016. Taulukosta huomataan eri indikaattoreita, joista näytteet on otettu sekä raja-arvoja. Raja- arvoista voidaan päätellä, millaisessa kunnossa vesistö on.

Taulukko 1. Sisämeren haitallisten aineiden pitoisuudet vuosina 2011–2016. (Ympäristö.fi 2016)

Saaristomeri							
Hyvän tilan kriteeri	Indikaattorin elementti (aine, laji, elinympäristö, parametri, jne)	Raja-arvo(t) (tai sen laadullinen kuvaus)	Indikaattorin arvo(t) ja yksikkö	Indikaattorin suhdeluku (arvo/raja-arvo) LOG	Kuinka suuri osa alueesta on hyvässä tilassa (jos voidaan määrittää)	Trendi (ja sen ajanjakso)	Indikaattorin tila (hyvä / ei hyvä)
D8C1	elohopea (kalan lihas)	0,2 mg/kg tuorepaino	rannikko:0,10 mg/kg ahven avomeri: ei dataa	rannikko: -0,31	rannikko:		rannikko: hyvä
	kadmium (vesi)	0,2 µg/l AA-EQS	rannikko:0,02 µg/l avomeri:	rannikko:-1 avomeri:	rannikko: avomeri:		rannikko: hyvä avomeri:
	nikkeli (vesi)	8,6 µg/l AA-EQS	rannikko:1,19 µg/l	rannikko: -0,86			hyvä
	lyijy(vesi)	1,3 µg/l AA-EQS	rannikko:0,13 µg/l avomeri:	rannikko: -1 avomeri:	rannikko: avomeri:		rannikko: hyvä avomeri:
	PBDE (kalan lihas)	0,0085 µg/kg tuorepaino	rannikko:0,11425 µg/kg avomeri:0,19 µg/kg silakka	rannikko: 1,13 avomeri: 1,34			ei hyvä
	PFOS kalan lihas	9,1 µg/kg tuorepaino	rannikko:1,76 µg/kg ahven avomeri:0,16 µg/kg	rannikko: -0,71 avomeri: -1,74	rannikko:		hyvä
	HBCDD kalan lihas	167µg/kg tuorepaino	rannikko:0,16 µg/kg ahven avomeri:0,471 µg/kg silakka	rannikko: -3,01 avomeri: -2,55			hyvä
	HCB kalan lihas	10 µg/kg tuorepaino	rannikko:0,09 µg/kg ahven avomeri:0,35 µg/kg silakka	rannikko: -2,04 avomeri: -1,46			hyvä
	HCBD kalan lihas	55 µg/kg	rannikko:1 tulos ahven, 0,03 µg/kg	rannikko: -3,26	-	-	rannikko: hyvä
	PAH Bentso[a]pyreeni (simpukka)	5 µg/kg tuorepaino	rannikko:2 µg/kg	rannikko: -0,40			hyvä
	PAH fluoranteeni (simpukka)	30 µg/kg tuorepaino	rannikko:2,65 µg/kg	rannikko: -1,05			hyvä
	Dioksiinit, furaanit ja dioksiininkaltaiset PCB-yhdisteet kalan lihas	0,0065 µg/kg WHO 2005 TEQ tuorepaino	rannikko:0,00032 µg/kg avomeri: ei dataa	rannikko: -1,31			rannikko: hyvä

Joitakin tutkimuksia on tehty vuoden 2016 jälkeen, esimerkiksi vuonna 2024 tutkittiin saaristomeren ja Selkämeren PFAS- pitoisuuksia silakoissa. Pitoisuuksien määrät ylittivät annetut enimmäismäärät selvästi. Muutenkin Silakoiden pfas- pitoisuudet ovat nousseet selvästi vuodesta 2015. Taas muilla lajeilla vastaavaa pitoisuuden nousua ei ole havaittu. Erityisesti vaarallisemman yhdisteen, pfos- pitoisuudet olivat nousseet. Pfos on mm. myrkyttänyt teflontehtaiden läheisyydessä olevia pinta- ja pohjavesiä. Nykyään sen valmistus ja käyttö on rajattua. (Saavalainen 2024.)

## 7 Haitalliset aineet

### 7.1 Ftalaatit

Ftalaatit ovat joukko teollisuuskemikaaleja, joita käytetään laajalti pehmittiminä muovien joustavuuden ja kestävyuden tekemiseksi. Ryhmään kuuluu suuri määrä kemikaaleja erilaisilla ominaisuuksilla ja sovelluksilla. Ftalaattien valmistaminen on helppoa sekä vaivatonta ja tämän vuoksi niitä on käytetty lähes 100 vuotta. Niiden tuotanto on noussut ajan saatossa tasaisesti ja käyttö on yleistynyt rakennusmateriaaleissa ja teollisuudessa jo 1920-luvulta alkaen. (Kaiponen 2017).

Euroopassa ftalaattien valmistus on vähentynyt, mutta muiden muovinpehmentimien tuotantoa on lisätty. Tuotantoa on pienentänyt niiden monet haittavaikutukset, joiden seurauksena ftalaattien käyttöä on aloitettu rajoittamaan ja asettamaan luvanvaraisiksi. Rajoitusten seurauksena teollisuudessa on aloitettu tutkimaan erilaisia vaihtoehtoja yhdisteille, kuten asetyylitributyylisitraatista ja epoksidoitusta soijaöljystä. (Giovanoulis 2019.)

Ftalaatteja käytetään myös hygieniatuotteissa, mukaan lukien saippuat, shampoot, hiussuihkeet, hajuedet ja kynsilakat. Ftalaatteja sisältävää PVC:tä käytetään pakkaus-, rakennus-, huonekalu-, auto- ja tietoliikennesektoreilla. Tietyt käyttötarkoitukset tuovat merkittäviä etuja yhteiskunnalle, kuten joustavan PVC:n käyttö lääkinällisissä laitteissa, eristeenä johdoissa ja kaapeleissa, elektroniikkalaitteissa sekä rakennuksissa. Osa ftalaateista ovat kiellettyjä Euroopassa, mutta niitä ei kuitenkaan säännellä samalla tavalla EU:n ulkopuolella erilaisten sovellusten vuoksi. Tämän vuoksi näitä ftalaatteja sisältäviä tuotteita saattaa edelleen löytyä EU:n markkinoilta. (Phthalates 2023.)

On olemassa useita tapoja, joilla ihmiset voivat altistua ftalaateille. Yksi tapa on nauttia ftalaatteja sisältävissä astioissa pidettyjä ruokia ja juomia. Altistuminen voi tapahtua myös ftalaatteja sisältävien hygieniatuotteiden käytön seurauksena tai kosketuksesta näitä aineita sisältäviin kankaisiin ja lääkinällisiin aineisiin. Vähemmässä määrin ihmiset voivat myös hengittää pieniä määriä ftalaatteja sisäilmassa tai muovituotteista vapautuvaa pölyä kotona tai työpaikalla. Kun ftalaatit joutuvat ihmiskehoon, ne hajoavat metaboliiteiksi ja poistuvat elimistöstä melko nopeasti virtsan mukana. (Phthalates 2023.)

Fltalaattien terveysvaikutuksia on ryhdytty tutkimaan, koska niillä on laaja käyttö, sekä ihmiset altistuvat niille päivittäin. Tieteellisissä tutkimuksissa monien ftalaattien on todettu vaikuttavan eläinten lisääntymisjärjestelmään, ja siksi ne luokitellaan lisääntymiselle vaarallisiksi aineiksi ja hormonitasapainoa häiritseviksi aineiksi. Ne ovat haitallisia erityisesti miesten hedelmällisyydelle ja aiheuttavat koe-eläimillä mm. kivesten epämuodostumia, siemennesteen laadun heikkenemistä ja feminisaatiota.

Useissa tutkimuksissa ftalaattien on myös osoitettu häiritsevän immuunisysteemiä, metaboliaa ja neurologista kehittymistä. EU:n tekemän riskiarvion mukaan vuonna 2014 noin 5 % poikasikiöistä ja 15 % poikalapsista altistuivat ftalaateille tasolla, joka voi johtaa terveydelle haitallisiin vaikutuksiin. (THL 2024.)

EU on aloittanut toimet ftalaattien vähentämiseen. Useita ftalaatteja ei voida käyttää EU:ssa ilman lupaa tiettyihin käyttötarkoituksiin. Tiedetyt ftalaatit (DNBP, DEHP, BBZP ja DIBP) ovat kiellettyjä lastenhoitotarvikkeissa ja lelutuotteissa. Puolestaan DIDP, DINP ja DNOP ovat kiellettyjä leluissa ja lastentarvikkeissa, jotka voivat päätyä suuhun (197/2006/EY). Tiettyjen ftalaattien käyttö kuluttajatuotteissa kiellettiin EU:n markkinoilla heinäkuussa 2020. Ftalaattien käyttöä EU:ssa pyritään edelleen rajoittamaan, mutta ihmisten ftalaateille altistumista arvioitaessa huomataan, että EU:n ulkopuolelta tuodut tavarat voivat sisältää terveyttä vahingoittavia ftalaatteja, koska EU:n ulkopuolella valvonta on heikompa. Myös ennen 2020- luvun rajoituksia valmistetut vanhemmat tavarat voivat sisältää nykyään kiellettyjä ftalaatteja. (Phthalates 2023.)

## 7.2 PFAS

PFAS eli Per- ja polyfluorialkyyliyhdisteet ovat ryhmä, mihin sisältyy yli 4700 toisistaan poikkeavaa kemikaalia. PFAS yhdisteiden tuotanto kuluttajatuotteisiin ja teollisuuteen on aloitettu jo 1940- luvulla. Ennen 2000- lukua tutkijat saivat selville PFAS-yhdisteiden maailmanlaajuisen leviämisen ympäristöön ja kertymisen eliöihin. PFAS-yhdisteitä esiintyy kaikkialla ympäristössä ja jäämiä löytyy myös eläimistä ja ihmisistä. Yhdisteet ovat erittäin pysyviä ja niitä esiintyy myös kaukana päästölähteiltä. Joukko yhdisteistä rikastuu ravintoketjussa ja kerääntyy kudoksiin, jolloin ne aiheuttavat vahinkoa eläimille ja ihmisille. Tällä hetkellä EU:n alueella ja maailmassa on Toistaiseksi EU:ssa ja maailmanlaajuisesti on rajoitettu vain muutaman PFAS-yhdisteen käyttöä. (Ympäristö.fi 2023.)

PFAS- yhdisteillä on useita hyödyllisiä ominaisuuksia, niitä käytetään laajasti erilaisissa teollisuus- ja suunnittelusovelluksissa tai kulutustavaroiden valmistuksessa. PFAS:t kestävät lämpöä, säteilyä ja sääolosuhteita, ovat kemiallisesti inerttejä ja hylkivät tahroja. Näiden ominaisuuksien ansiosta niitä käytetään yleisesti pintakäsittelyissä ja teollisissa prosesseissa. Käytetään mm. materiaaleissa ja tuotteissa kuten matot ja verhoilu, puulevyt, puueristeet, sähkö- ja elektroniikkalaitteet, laminoitu muovilattia, muoviputket, eristemateriaalit, sisä- ja ulkomaalit, rappaus, pinnoitteet, tiivisteet ja rakennuskalvot. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.) PFAS ovat erittäin kestäviä hajoamista vastaan. Siksi ne tunnetaan myös nimellä "Forever Chemicals" eli suomeksi "ikuisuuskemikaalit". Tämän vuoksi PFAS-pitoisuudet ympäristössä jatkavat nousuaan. Lisäksi PFAS:t ovat liikkuvia aineita, joten ne pääsevät kaukokulkeutumaan ilman kautta laskeutumaan ympäri maailmaa. Jotkut PFAS:t ovat biokertyviä, mikä tarkoittaa, että PFAS:n pitoisuus organismeissa kasvaa ajan myötä ja saastuttaa siten ravintoketjuja. Monet PFAS:t ovat myös myrkyllisiä ja

aiheuttavat kielteisiä terveys- ja ympäristövaikutuksia. Osaa yhdisteistä (perfluorialkyylikarboksyylihapot ja perfluorialkyyლისulfonihapot) on tutkittu ja niillä on osoitettu olevan yksi tai useampi seuraavista vaikutuksista: hormonitoimintaa häiritsevä, lisääntymiselle vaarallinen, karsinogeeninen ja muut krooniset vaikutukset. Keskeinen huolenaihe pysyvyydestä koskee koko PFAS-ryhmää. PFAS-yhdisteet kerääntyvät ravintoketjujen huipulle ja kertyvät myös ihmisten elimistöön, erityisesti veren proteiineihin, munuasiin ja maksaan. Tutkimuksien mukaan PFAS-altistus voi vaikuttaa erilaisiin syöpiin, paksusuolen tulehdukseen, viivästyneeseen istukan kehitykseen ja alhaisempaan syntymäpainoon. (THL 2024.)

PFAS-yhdisteet ovat laajan käytön vuoksi levinneet maailmanlaajuisesti kaikkialle ympäristöön ja kertyneet eliöihin. Erityisesti yhdisteitä vapautuu ilmalaskeumana sekä sammutusvaahtoja sisältävästä maperästä pohja- ja pintavesiin. (Ympäristö.fi 2023.) PFAS- yhdistemääriä on löydetty mm. kaloista, maperästä, nisäkkäistä ja vesieläimistä. Pääasiassa eliöissä esiintyvät yhdisteet ovat PFOS ja PFOA.

### 7.3 Bisfenolit

Bisfenolit ovat ryhmä kemikaaleja, joista bisfenoli A (BPA) on tunnetuin. BPA ja vastaavat bisfenolit, joita käytetään korvaamaan BPA:ta (esim. BPS, BPF), ovat polykarbonaattimuovien monomeerejä ja niitä käytetään reaktiossa epoksihartsikomponenttien valmistukseen. Soveltuvat myös lämpöpaperin valmistukseen ja muiden muovien lisäaineina. Vaikka bisfenoleja käytetään pääasiassa reagensseina, reagoimattomat molekyylit jäävät lopputuotteeseen ja voivat päätyä ympäristöön sekä sisä- että ulkotiloihin. Bisfenoliyhdisteitä tuotetaan vuosittain erittäin suuria määriä. (ECHA 2021).

Bisfenoli A (BPA) on tunnettu aine, joka häiritsee hormonitoimintaa ja on haitallinen lisääntymiselle. Se aiheuttaa kielteisiä vaikutuksia ihmisten kehitykseen ja hermostoon. Moniin muihinkin bisfenoliyhdisteisiin liittyy ongelmia, kuten hormonaalisia häiriöitä, lisääntymiselle haitallisia vaikutuksia ja ihon herkistymistä. Se on lisäksi vaarallinen vedessä eläville eliöille. Vaikka se hajoaa ympäristössä nopeasti, sen laaja käyttö johtaa sen esiintymiseen monissa ympäristön osa-alueissa. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)

### 7.4 Metallit

Metallit ovat luonnossa esiintyviä alkuaineita, joita hyödynnetään laajasti erilaisissa rakennusmateriaaleissa, kuten ulko- ja sisäpinnoissa sekä kantavissa rakenteissa. Niiden ominaisuuksia ovat kestävyys, muovattavuus ja kierrätettävyys. Lisäksi metalliyhdisteitä, kuten metallisuoloja, käytetään lisäaineina kemiallisissa tuotteissa, esimerkiksi pinnoitteissa. Metalleja esiintyy monissa materiaaleissa ja tuotteissa, kuten katoissa, vesikouruissa, sadeputkissa, ikkunan karmeissa, rakennuspalkkien ja putkien

kalvoissa, betonissa, sementissä sekä pinnoitteissa. Rakennusmateriaaleissa metallit ovat usein seoksia, kuten terästä ja messinkiä, jotka saattavat sisältää raskasmetalleja, esimerkiksi lyijyä tai kadmiumia, joko lisäaineina tai epäpuhtauksina (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)

Lyijy ja kadmium, voivat olla myrkyllisiä jopa hyvin pieninä määrinä. Toisaalta myös eliöille tarpeelliset metallit, kuten sinkki, muuttuvat haitallisiksi suurina määrinä. Metallien aiheuttamia terveysongelmia ovat muun muassa vauriot keuhkoissa, maksassa ja munuaisissa, lisääntymisongelmat, akuutti myrkyllisyys sekä karsinogeeniset vaikutukset. Vesieliöille raskasmetallit voivat aiheuttaa kidusvaurioita ja muita vakavia haittoja.

Rakennusalalla raskasmetalleihin liittyvät suurimmat huolenaiheet johtuvat niiden myrkyllisyydestä ja huuhtoutumisesta ympäristöön. Esimerkiksi metallikatoilta voi rankasateiden mukana huuhtoutua metalleja, jotka päätyvät maaperään ja vesistöihin. Ihmiset voivat altistua rakennusmateriaaleissa oleville metalleille erityisesti pölyn tai savujen kautta, mikä on erityinen riski työntekijöille. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)

## 7.5 Klooratut parafiinit

Klooratut parafiinit ovat monikäyttöisiä teollisuuskemikaaleja, joita käytetään pehmittiminä, palonestoaineina ja lisäaineina monissa kemiallisissa tuotteissa, kuten maaleissa, tiivisteissä ja liimoissa. Ne koostuvat tuhansista erilaisista yhdisteistä, joilla on vaihtelevia mutta usein myrkyllisiä ominaisuuksia. Erityisen huolestuttavia ne ovat ympäristössä pysyvyytensä ja haitallisten vaikutustensa vuoksi. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)

Kloorattuja parafiineja esiintyy laajasti materiaaleissa, kuten PVC-muovissa, PVC-paneeleissa ja -lattioissa, muoveissa, kumituotteissa, liimoissa, tiivisteissä ja maaleissa. Lyhytketjuiset klooriparafiinit, jotka on kielletty Tukholman yleissopimuksessa ja EU:n POP-asetuksessa, ovat tunnetusti syöpää aiheuttavia, pysyviä, biokertyviä ja vesieliöille myrkyllisiä. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)

Keskipitkäketjuisia kloorattuja parafiineja käytetään kuitenkin yhä, koska ne korvaavat lyhytketjuisia. Nekin ovat pysyviä ja myrkyllisiä vesieliöille. Niiden laaja tuotanto ja käyttö ovat lisänneet niiden esiintymistä ympäristössä. Kloorattujen parafiinien monimutkaisuus ja lukuisat yhdisteet vaikeuttavat niiden tarkkaa analysointia ja vaarojen arviointia. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)

## 7.6 Biosidit

Biosideja käytetään laajalti esimerkiksi tuholaiсторjunnassa, desinfiointissa, puunsuojauksessa ja säilöntäaineina. Ne herättävät huolta sekä ihmisten terveyden että ympäristön kannalta, koska niiden tarkoitus on vaikuttaa eliöstöön. Monet biosidikemikaalit on kuitenkin todettu myrkyllisiksi, ja niiden käyttöä on rajoitettu juuri näiden haitallisten vaikutusten vuoksi. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)

Biosidien käyttötarkoitus on torjua vaarallisia organismeja sekä suojata valmistettuja ja luonnollisia tuotteita. Tämän vuoksi Biosidit voivat vaikuttaa vesiympäristössä eläviin eliöihin, esimerkiksi kasveihin ja leviin eli ensisijaisiin tuottajiin. Biosideihin liitetään kansainvälisiä säädöksiä, koska niiden jatkuva käyttäminen edellyttää laajaa tutkimista niiden vaarallisista ja myrkyllisistä seurauksista ympäristöön. (Tossavainen 2017.)

Osa biosidien yhdisteistä voi olla myrkyllisiä primäärille fotosynteettisille organismeille ja niiden käyttö on erityisen huolestuttavaa. Näiden Biosidien myrkyllisyysarvot ovat suuret ja ne ovat vaarallisia luonnolle. Tällaisena yhdisteenä voidaan pitää Triklosaania, joka vaikuttaa kudostaranteisiin ja on näin myrkyllinen organismeille. (Tossavainen 2017.)

Biosideja käytetään monissa rakennustuotteissa estämään materiaalien hajoamista ja mikro-organismien, kuten sienten, bakteerien, levien ja jäkälien, kasvua rakennuksen pinnoilla. Niitä löytyy esimerkiksi tiivisteistä, liimoista sekä tuotteista, jotka altistuvat kosteudelle ja biohajoavat helposti, kuten maalit ja pinnoitteet. Ulkomateriaaleissa biosideja käytetään muun muassa julkisivumaaleissa, rappauksissa, puupinnoitteissa ja suoja-aineissa. Sisämateriaaleissa niitä esiintyy vesiohenteisissa maaleissa ja lakoissa, rappauksissa ja laasteissa, vesipohjaisissa liimoissa sekä tiivisteissä. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)

Euroopan biosidivalmisteasetus (BPR) määrittelee biosidituotteen kemialliseksi aineeksi tai seokseksi, jonka tarkoitus on tuhota, estää tai muulla tavoin vaikuttaa haitallisiin eliöihin muutoin kuin pelkästään fyysisesti tai mekaanisesti. Biosideja, jotka estävät hajoamista, kutsutaan säilöntäaineiksi, ja niitä lisätään rakennustuotteisiin materiaalien kestävyuden parantamiseksi. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)

## 7.7 Polyaromaattiset hiilivedyt (PAH)

Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH-yhdisteet) ovat joukko kemikaaleja, jotka tunnetaan pysyvyydestään ympäristössä ja vakavista terveysriskeistään, kuten syöpävaarasta. PAH-yhdisteitä ei tuoteta tarkoituksella, vaan ne liittyvät fossiilisiin polttoaineisiin, kuten kivihiiileen ja raakaöljyyn. Ne syntyvät myös orgaanisen aineen

palamisen seurauksena, esimerkiksi metsäpaloissa tai öljyn ja puun palaessa. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)

PAH-yhdisteitä löytyy erilaisista rakennusmateriaaleista, kuten kivihiiliterva- ja asfalttipohjaisista emulsioista, asfaltin sideaineista, asfalttikumista, bitumikatoista, kattokalvoista ja bitumimaaleista. PAH-yhdisteet voivat olla syöpää aiheuttavia tai lisääntymiselle vaarallisia. Lisäksi jotkut niistä ovat pysyviä, biokertyviä ja myrkyllisiä eliöstölle. Altistuminen PAH-yhdisteille voi ärsyttää ihoa, silmiä ja limakalvoja. Yhdisteet kertyvät eliöiden kudoksiin ja voivat sitoutua pölyhiukkasiin, mikä voi johtaa altistumiseen sekä sisä- että ulkotiloissa. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)

PAH-yhdisteet ovat yleisiä kaupunkien hulevesissä, joiden mukana ne voivat kulkeutua ympäristöön. Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että bitumia sisältävistä rakennusmateriaaleista, kuten kattokalvoista, voi sateen mukana huuhtoutua pieniä määriä PAH-yhdisteitä. Ympäristössä ne voivat saastuttaa vesistöjä ja maaperää. Sisätiloissa PAH-yhdisteitä vapautuu usein rakennus- ja sisustusmateriaaleista, mikä lisää niiden esiintymistä sisäilmassa. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)

## 7.8 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC-yhdisteet) ovat laaja joukko kemikaaleja, jotka haihtuvat huoneenlämmössä ja voivat olla terveydelle haitallisia erityisesti rakennusmateriaaleissa. Näitä yhdisteitä käytetään usein rakennustuotteissa, esimerkiksi liuottimina ja ne vapautuvat vähitellen monista materiaaleista, saastuttaen sisäilmaa. Tämä altistaa tilojen käyttäjät mahdollisille terveysriskeille. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)

VOC-yhdisteiden päästöt voivat olla aktiivisia vuosia. VOC-yhdisteitä esiintyy esimerkiksi pinnoitteissa, liimoissa, tiivisteissä, kivi- ja muurauksittelyissä, lämpöeristeissä, puutuotteissa sekä katto- ja lattiamateriaaleissa, kuten PVC:ssä, ja laatoissa. Lisäksi niitä voi löytyä elektroniikkalaitteista. Rakennus- ja rakennusmateriaalien VOC-lähteistä on tunnistettu 52 erilaista yhdistettä. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)

Sisäilman VOC-pitoisuudet ovat erityisen korkeat, jos ilmanvaihto on heikko, mikä lisää yhdisteiden haitallisia vaikutuksia. Asunnoissa yleisimmin esiintyvät VOC-yhdisteet vaikuttavat pääasiassa hengityselimiin ja voivat herkistää käyttäjiä. Näin ollen VOC-yhdisteiden vähentäminen rakennusmateriaaleissa ja hyvä ilmanvaihto ovat keskeisiä terveellisen sisäympäristön ylläpitämisessä. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)

Taulukko 2. Yhdisteiden ominaisuudet ja vaikutukset.

Aineet	Esiintyvyys	Ympäristövaikutukset (Esimerkiksi)	Vaikutukset ihmiseen (Esimerkiksi)
<b>ftalaatit</b>	Muovien pehmitin, PVC- muovit, saippuat, hajuvedet, kynsilakat, muoviastiat. (Phthalates 2023.)	Vaikuttaa negatiivisesti eläinten lisääntymisjärjestelmään ympäristössä. (Phthalates 2023.)	Haitallisia miesten hedelmällisyydelle, häiritsee immuunisysteemiä ja neurologista kehitystä. (THL 2024.)
<b>PFAS</b>	Pintakäsittelyssä, muoviputket, pinnoitteet, maalit, puulevyt, eristemateriaalit, rappaukset. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)	Häiritsee esimerkiksi kalojen hormonitoimintaa sekä aiheuttaa kasvu- ja kehityshäiriöitä. Ovat pysyviä ja rikastuvat ravintoketjussa. (Ympäristö.fi 2023.)	Vaikuttavat myrkyllisesti munuaisin ja maksaan. Hidastavat lisääntymistä ja kehittymistä. (THL 2024.)
<b>Bisfenolit</b>	Muovien lisäaine, lämpöpaperit, epoksihartsien valmistus. (ECHA 2021).	Myrkyllistä vesieliöille. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)	Myrkyllistä lisääntymiselle, hormonaaliset häiriöt, ihon herkistyminen, negatiiviset kehitys- ja neurologiset vaikutukset. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)
<b>Metallit</b>	Rakennusmateriaalit, tukirakenteet, katot, betoni, sementti. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)	Kalojen kidusten vaurioituminen ja akuutti myrkyllisyys. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)	Keuhkojen, maksan, munuaisten ja muiden sisäelinten vauriot, karsinogeenisuus, lisääntymisongelmat. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)
<b>Klooratut parafiinit</b>	Pehmittimet, palonestoaineet, maalit, liimat, muovit, vedeneristys kalvot, puupaneelit. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)	Pysyviä, biokertyviä ja myrkyllisiä vesieliöille. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)	Aiheuttavat syöpää. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)
<b>Biosidit</b>	Hyönteismyrkyt, desinfiointiaineet, puunsuoja-aineet, maalit, suoja-aineet, liimat, puujulkisivut, puupinnoitteet. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)	Vaikuttavat negatiivisesti vesiympäristöön, erityisen myrkyllisiä primaarisille fotosynteettisille organismeille pintavesissä, erittäin myrkyllisiä ympäristölle.	Muodostaa iho-ongelmia, allergiaa ja hermostollisia ongelmia. Voi aiheuttaa myös syöpää. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)

		(EU 2013, USEPA 2008.)	
<b>Polyaromaattiset hiilivedyt (PAH)</b>	Asfaltin sideaineet, kierrätysrenkaat, bitumi, kivihiili. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)	Pysyviä, biokertyviä ja myrkyllisiä ympäristössä, kerääntyvät eliöstöön. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)	Aiheuttaa syöpää, mutageenisia tai lisääntymiselle vaarallisia, silmien ja limakalvojen ärsytys. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)
<b>Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)</b>	Pinnoitteet, liimat, tiivisteet, puutuotteet, muovituotteet, huonekalut, katto- ja lattiamateriaalit. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)		Saastuttaa sisäilmaa, vaikuttaa haitallisesti hengityselimistöön, aiheuttavat syöpää, vahingoittaa sydän- ja verisuonijärjestelmää. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)

## 8 Rakennusmateriaalit ja haitallisten aineiden esiintyminen rakennusmateriaaleissa

### 8.1 Käsittelemätön puu

Puu on luonnollinen materiaali, jota käytetään laajasti sekä kantaviiniin että kantamattomiin rakennuselementteihin. Raakapuuta jalostetaan vain rajoitetuina määrinä ja sitä käytetään pääasiassa tuotteissa kuten täyshirret, sahatut palkit ja lankut. Puutavaraa pidetään yleensä turvallisena rakennusmateriaalina, sillä käsittelemättömän puun käyttö ei aiheuta vaaraa ympäristölle. Käsittelemättömän puun ilmastovaikutus on yleensä vähäinen, sillä sen prosessointi on vähäistä ja toimitusketju on usein alueellinen, mikä vähentää kuljetusetäisyyksiä. Lisäksi puu sitoo hiiltä kasvuunsa, minkä vuoksi puutuotteet voivat toimia hiilinieluinä ja auttaa ilmastomuutoksen torjunnassa. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)

### 8.2 Käsitelty puu

Puunsuoja-aineet sisältävät kemiallisia yhdisteitä, jotka suojaavat puuta sieniltä, mikrobeilta, ja tuholaisilta. Puu voidaan pintakäsitellä suoja-aineilla, pakottamalla suoja-aineita puuhun (ns. painekäsitelty) tai ne voidaan lämpökäsitellä. Oikein valituilla rakennusratkaisuilla ja -paikoilla voidaan estää puun altistuminen liialliselle kosteudelle, mutta joissain tapauksissa painekäsitelty puu voi olla ainoa mahdollinen vaihtoehto. Käsitelystä puusta voi kuitenkin huuhtoutua haitallisia aineita ympäristöön. Vähemmän haitallinen vaihtoehto kemiallisesti käsitellylle puulle on lämpökäsitelty puu. Lämpökäsiteltyä puuta käsitellään vain lämmöllä, eikä se sisällä haitallisia- aineita.

Puu on myös yleinen rakennusmateriaali omakoti- ja kerrostaloissa, ja sitä voidaan käsitellä palonestoaineilla, jotka parantavat puun palonkestävyyssominaisuuksia. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.) Nykyään puun käsittelyssä käytetään yleisesti erilaisia kuparisuoloja. Kuparipohjaiset kyllästysaineet suojaavat puuta ja puu saattaa kestää ulkokäytössä 3–5 kertaa pitempään kuin puu, jota ei ole kyllästetty. Kyllästetty puu syttyy ja palaa myös hitaammin (Puuinfo 2020). Kun kupari huuhtoutuu kyllästetystä puusta ympäristöön, se on vaarallista vesieliöille. Noin 10–20 % kuparista oletetaan huuhtoutuvan puusta ensimmäisen vuoden aikana käsittelystä (Building material catalogue for tox- free construction 2023).

### 8.3 Sementti (Betoni)

Eri rakennustuotteisiin käytetään monia erilaisia sementtikoostumuksia, joista yleisin on "Portlandsementti". Sementin pääaineet ovat kalkki, piidioksidi (hiekkä), alumiinioksidi, magnesiumoksidi, rautaoksidi, kipsi, rikki sekä muita pienempiä aineosia. Sementin valmistusprosessi on monivaiheinen ja siinä käytetään usein myös teollisia sivutuotteita tai mineraaleja. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)

Sementtikoostumukset, kuten betoni, rappaus ja laasti, ovat emäksisiä ja märkinä voivat ärsyttää tai jopa syövyttää ihoa ja silmiä, joten niiden käsittelyssä tulee noudattaa varovaisuutta. Betoni on yksi eniten käytetyistä rakennusmateriaaleista rakennusteollisuudessa (European Commission 2019).

Kovettuneena sementti on suhteellisen inertti eikä sillä ole merkittäviä vaarallisia ominaisuuksia. Kuitenkin kuivan sementtipölyn hengittäminen, erityisesti rakennus- ja purkuvaiheessa, voi vaurioittaa hengitysteitä, joten tätä on syytä välttää. Ilmastosementti, jota käytetään monissa muurausmateriaaleissa ja sidelaasteissa, aiheuttaa suuria CO<sub>2</sub>-päästöjä valmistusprosessin aikana. Ilmastosementin osuus maailmanlaajuisista päästöistä on noin 8 %, mikä tekee siitä merkittävän ympäristökysymyksen. (Nature 2021).

### 8.4 Kupari

Maailmanlaajuisesti kuparia louhitaan pääasiassa Kongossa, Zimbabwessa, Kanadassa, Yhdysvalloissa ja Chilessä. Kupari kuormittaa voimakkaasti luontoa ja sen varannot ovat hyvin rajalliset. Se on myrkyllistä vesieliöille ja vaikka suuri määrä kierrätetään, kuparin käyttö lisää huuhtoutumista ympäristöön (Berge 2009, 80). Kuparia käytetään mm. julkisivu- ja kattomateriaalina, kupariputkissa, kaapeleissa sekä putki- ja saniteettiasennuksissa. Kupari on välttämätön ravintoaine, mutta vapaassa muodossa se on myrkyllistä vesieliöille ja altistuessaan kovalle sateelle kupari huuhtoutuu ympäristöön, varsinkin sateen ollessa hapanta (Berge 2009, 80). Tämä tekee kuparista huonosti sopivan materiaalin ulkoympäristöön, sen myrkyllisyyden ja ympäristön kannalta. Sisäympäristöstä kupari ei huuhtoudu ympäristöön, mutta kupariputkista kuparia voi huuhtoutua juomaveteen tai jäteveteen. Vaikka kuparia kierrätetään, kuparin käyttö altistaa organismit sen myrkyllisyydelle. Kaiken kaikkiaan kupari ei ole kestävä rakennusmateriaali sen myrkyllisyyden ja mahdollisen ympäristöön huuhtoutumisen takia. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)

Kuparia louhitaan erityisesti Kongossa, Zimbabwessa, Kanadassa, Yhdysvalloissa ja Chilessä. Kupari kuormittaa ympäristöä. Vaikka kuparia kierrätetään laajasti, sen käyttö lisää kuitenkin ympäristöön huuhtoutumista. Kupari on myrkyllistä vesieliöille ja voi vapautua ympäristöön, erityisesti sateiden aikana, jolloin kupari huuhtoutuu helposti,

erityisesti happamissa sääolosuhteissa. Kuparia käytetään muun muassa julkisivu- ja kattomateriaaleissa, kupariputkissa, kaapeleissa sekä putki- ja saniteettiasennuksissa. Vaikka kupari on tarpeellinen ravintoaine, sen vapaassa muodossa se on myrkyllistä vesieliöille. Kupari ei huuhtoudu ympäristöön sisätiloissa, mutta kupariputkista saattaa kulkeutua juomaveteen tai jäteveeteen. Vaikka kuparia kierrätetään, sen käyttö altistaa ekosysteemit ja organismit myrkyllisille vaikutuksille. (Building material catalogue for tox-free construction 2023.)

## 8.5 Sinkki

Sinkkiä tuotetaan suurimpia määriä Kiinassa, Perussa ja Australiassa (Kanadan hallitus 2023). Suurimmat sinkin käyttäjät löytyvät rakennus- ja infrastruktuuriteollisuudesta. Sinkkilevyjä käytetään muun muassa katoissa, julkisivuissa sekä maaleissa ja korroosiosuojauksessa. Sinkkiä käytetään korroosion estossa, mutta sitä pidetään myrkyllisenä vesieliöille. Sinkkiä sisältävät ulkomateriaalit voivat huuhtoutua sadeveden mukana hulevesiin ja vesistöihin. Sinkki on myös myrkyllinen ja haitallinen ympäristölle. (Building material catalogue for tox-free construction 2023.)

Galvanointi, joka on sinkkipinnoite teräkselle, pidentää teräsrakenteiden käyttöikää suojaamalla niitä hapelta ja korroosiolta. Yli 50 % maailmassa kulutetusta sinkistä käytetään galvanointiin (American Galvanizers Association 2023). Tämän vuoksi se soveltuu ulkoisiin rakenteisiin, kuten kattoihin, viemäreihin ja pylväisiin. Galvanoidusta pinnoitteesta voi kuitenkin myös huuhtoutua sinkkiä hulevesiin, mikä lisää ympäristölle aiheutuvia haittoja. Galvanoidun teräksen käyttöikä voi olla jopa 70 vuotta tavallisissa ilmaolosuhteissa, mutta sinkin huuhtoutuminen ympäristöön on huolenaihe. (Building material catalogue for tox-free construction 2023.)

## 8.6 PVC-muovit

PVC on yleinen muovimateriaali, jota käytetään mm. muovisena julkisivuverhouksena, ikkunoissa ja lattioissa. Sitä pidetään vähän huoltoa vaativana materiaalina, jolla on hyvät ominaisuudet, mutta tuotannossa käytetään fossiilisia polttoaineita ja se sisältää usein vaarallisia lisäaineita. PVC:tä on kahta tyyppiä; pehmeä PVC ja jäykkä PVC. Jäykkä PVC on kovempaa ja sitä käytetään mm. muoviputkissa. (Building material catalogue for tox-free construction 2023.)

PVC:n valmistuksessa käytetty monomeerivinyylidloridi on luokiteltu syöpää aiheuttavaksi aineeksi. Vaikka polymeeri ei ole vaarallinen, on havaintoja, jotka osoittavat, että joitain jäännös monomeereja saattaa löytyä PVC-materiaaleista. PVC sisältää myös lisäaineita, jotka voivat olla vaarallisia sekä terveydelle että ympäristölle, mm. ftalaatit, palonestoaineet ja raskasmetallit. Monet näistä lisäaineista voivat

vaikuttaa hormonitoimintaan, lisääntymiseen ja vesieliöihin. Palaessa voi muodostua myös myrkyllisiä dioksiineja (Health Care Without Harm Europe 2021).

Ftalaatit ja muut lisäaineet voivat kulkeutua materiaalista veteen sekä pölyyn ja aiheuttaa haitallisia terveysvaikutuksia sekä ihmisille että ympäristölle. PVC- muoviiin on lisätty eniten lisäaineena käytettäviä pehmentimiä ja stabilisattoreita ja tämän seurauksena se on markkinoiden edullisin muovi. Erilaisten arvioiden perusteella 50 % pehmittimistä käytetään PVC- muovien valmistukseen. Pääasiassa Ftalaaiteja lisätään pehmittimiksi PVC- muoveihin niiden ominaisuuksien ja edullisen hinnan vuoksi. (Muovien haitalliset ympäristö- ja terveysvaikutukset 2022.) Lainsäädännön edellyttäessä palonsuoja-aineita voidaan lisätä myös PVC- muoveihin. Muoveihin lisättyjen palonsuoja-aineiden määrä voi olla jopa puolet tuotteen painosta. Lisäaineilla on mahdollisuus kulkeutua PVC- muoveista vesistöihin, maaperään ja ilmaan. Erityisesti bromatut palonsuoja-aineet ja ftalaatit voivat kulkeutua ympäristöön. Tällainen kemikaalin kulkeutuminen ulos muovista riippuu kemikaalin ominaisuuksista ja muovin laadusta. Näistä syistä PVC ei ole hyvä materiaali sen myrkyllisyyden kannalta. (Muovien haitalliset ympäristö- ja terveysvaikutukset 2022.)

### 8.7 Kierrätetty kumirouhe

Kierrätetty kumirouhe, joka valmistetaan vanhoista renkaista, on tullut vaihtoehdoksi materiaalin polttamiselle. Esimerkiksi jalkapallokentillä ja leikkikenttien pinnoilla käytetään usein kierrätettyjä rengasrakeita. Kierrätetty kumi voi kuitenkin sisältää terveydelle ja ympäristölle haitallisia aineita, kuten PAH-yhdisteitä (polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä), haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC), puolihaihtuvia orgaanisia yhdisteitä (SVOC), ftalaaiteja, vulkanointiaineita ja raskasmetalleja. Kierrätettyjen rengasrakeiden alkuperän varmistaminen on vaikeaa, mikä voi johtaa merkittäviin eroihin materiaalin koostumuksessa. Vaikka kierrätetty kumi on kestävä ja monipuolinen materiaali, vaarallisten aineiden esiintyminen rajoittaa sen käyttömahdollisuuksia. Se ei saa olla lähellä ihmisiä tai ympäristöä, koska materiaalin myrkylliset komponentit voivat altistaa terveysriskeille ja ympäristön saastumiselle. Tämä tekee kierrätetyn kumirouheen käytön ympäristön ja terveyden kannalta haasteelliseksi, vaikka se on ympäristöystävällisempi vaihtoehto kuin polttaminen. (Building material catalogue for tox-free construction 2023.)

### 8.8 Maalit

Maaleja käytetään laajasti rakennusalalla erilaisten pintojen, kuten rapattujen seinien tai kattojen, puupintojen ja julkisivujen maalaamiseen. Maalit voivat olla joko vesi- tai liuotinpohjaisia. Liuotinpohjaiset maalit (kuten öljymaalit tai alkydiemalimaalit) soveltuvat erityisesti ulkokäyttöön. Ne tarjoavat erinomaisen suojan pintojen

suojaamiseksi sääolosuhteilta, vesivaurioilta, korroosiolta, auringon UV-säteilyltä ja muilta ympäristö- tai biologisilta vaikutuksilta. Näiden haittapuolena ovat suuret VOC-määrät, joita vapautuu maalauksen aikana. Vesiohenteisia maaleja käytetään vähemmän vaativissa ympäristöissä ja ne vapauttavat vähemmän haitallisia aineita ja ovat siten ympäristöystävällisempiä vaihtoehtoja, erityisesti sisätiloissa. (Building material catalogue for tox-free construction 2023.)

Epoksihartsipohjaiset maalit ovat yleensä kaksikomponenttisia tuotteita, jotka koostuvat hartseista ja niiden kovettimista. Epoksi-pinnoitteet ovat yleensä ympäristö- ja kemiallisia vaikutuksia kestäviä ja pitkäikäisiä. Nämä ovat liuotinpohjaisia, ja käytettäessä niistä vapautuu suuria määriä VOC-yhdisteitä. Lisäksi bisfenoli A-jäämät voivat huuhtoutua ympäristöön tai saastuttaa sisätilan. Bisfenoli A:ntiedetään olevan myrkyllinen lisääntymiselle ja häiritsevän hormonitoimintaa. (ECHA 2023.)

Lähes kaikki vesiohenteiset maalit sisältävät säilöntäaineita. Säilöntäaineet voivat huuhtoutua ympäristöön ja aiheuttaa kielteisiä vaikutuksia tai saastuttaa sisäympäristöä. Maalit voivat sisältää muita lisäaineita, kuten hartseja, dispergointiaineita, säilöntäaineita, vaahdonestoaineita, pinta-aktiivisia aineita, pehmittimiä, joista joillakin voi olla vaarallisia ominaisuuksia ympäristölle (Healthy Building Network 2023).

## 9 Lainsäädäntö

### 9.1 REACH- asetus

Reach asetuksella tavoitellaan kemikaalien riskien vähentämistä ihmisten terveydelle ja ympäristölle. Se vähentää myös eläinkokeiden määrää, edistämällä yhdisteiden vaarojen arvioimiseen tarkoitettuja vaihtoehtoisia menetelmiä. REACH- sana muodostuu englanninkielisistä termeistä kemikaalien rekisteröinti, arviointi, lupamenettely ja rajoitus. Se tuli voimaan 1. kesäkuuta 2007. (ECHA 2024.)

Periaatteessa REACH-asetusta sovelletaan kaikkiin kemiallisiin aineisiin kuten myös puhdistusaineisiin, maaleihin ja kemikaaleihin, joita on vaatteiden, huonekalujen ja sähkölaitteiden kaltaisissa tuotteissa. Asetus vaikuttaa siis useampiin EU:ssa toimiviin yrityksiin. Yrityksellä voi olla roolina valmistaja, maahantuoja tai jatkokäyttäjä REACH-asetuksen mukaisesti. Jos yritys on sijoittautunut EU:n ulkopuolelle, REACH-asetuksen velvoitteet eivät sido sitä, vaikka yritys veisi tuotteita Euroopan unionin tullialueelle. (ECHA 2024.)

Asetus keskittyy parantamaan ympäristön- ja terveydensuojelua, kehittää kemianteollisuutta Euroopan alueella, parantaa aineiden vaarojen arvioimista sekä tavaroiden liikkuvuutta EU:n markkinoilla. REACH- asetuksessa yrityksellä on vastuu, kuinka aineita käytetään ja millaisia ominaisuuksia niillä on. Tutkii aineiden vaarallisuutta ja vaikutuksia sekä ohjeistaa aineiden turvallisesta käytöstä. Euroopan kemikaalivirasto vaatii yritysten toimittavan tiedot käytettävistä kemikaaleista. (ECHA 2024.)

### 9.2 EU:n vesipuitedirektiivi

Direktiivi luo rakenteet vesistöiden suojelulle, kuten pintavesille, rannikko- ja pohjavesille sekä jokisuille. Tavoitteena on ennaltaehkäistä saastumista, parantaa vedenkäyttöä kestävän kehityksen mukaan, parantaa vesistöjen tilaa ja ympäristöä sekä minimoida haittavaikutuksia tulvien ja kuivuuden mukana. Jäsenvaltioilta vaaditaan vesienhoitosuunnitelmia luonnollisten vesistöalueiden pohjalta. Direktiivillä pyritään saavuttamaan vesistöissä luonnollinen ja kestävä tila. (Euroopan parlamentti 2023.) Vesipuitedirektiiviä tuetaan muilla alaltaan suppeammilla direktiiveillä, joita ovat muun muassa pohjavesidirektiivi, juomavesidirektiivi, uimavesidirektiivi, nitraattidirektiivi, yhdyskuntajätevesiä koskeva direktiivi, ympäristölaatu- ja tulvadirektiivi. (Euroopan parlamentti 2023.)

EU:n ympäristölaatu- ja vesidirektiivissä esiintyviä aineita, joille on asetettu vesistöissä voimassa olevat ympäristölaatu- ja vesidirektiivissä, kutsutaan prioriteettiaineiksi. Voidaan puhua

myös EQS- arvosta, joka tulee sanoista Environmental Quality Standard. Vesipuitedirektiivin mukaiseen vesistön hyvään kemialliseen tilaan vaikuttavat prioriteettiaineiden pitoisuudet pintavesissä. Kun kaikkien prioriteettiaineiden pitoisuudet ovat alle ympäristölaatumien mukaiset, vesistön kemiallinen tila on hyvä. (Arjonen 2021.) Prioriteettiaineiksi EU:n jäsenmaat ovat valinneet 45 ainetta tai aineryhmää, joiden pitoisuuksia jäsenmaat seuraavat vesiympäristössä (Haitalliset aineet Suomen vesissä). Tarkkailuaineiksi kutsutaan aineita, joita EU:n jäsenmaiden on tarkkailtava pintavesissä ja raportoitava komissiolle. Tarkkailuaineille ei ole asetettu ympäristölaatumerjeja. Euroopan komissio on tehnyt päätöksen kolmesta tarkkailulistasta, joista viimeisin lista on julkaistu 2020. (Arjonen 2021.)

### 9.3 POP- asetus ja Tukholman yleissopimus

Euroopassa Tukholman yleissopimuksen säädökset on toimeenpantu Suomessa tasavallan presidentin asetuksella (34/2004) ja POP- asetuksella (2019/1021). Pysyviksi orgaanisiksi aineiksi listattiin 12 ainetta, mutta listaa on päivitetty jatkuvasti. Valtioiden tulee aineesta riippuen suunnitella toimenpiteitä torjuakseen tai rajoittaakseen aineiden valmistusta, käyttöä ja päästöjä, Yleissopimuksen ja POP-asetuksen nojalla. (Arjonen 2021.)

POP- yhdisteet eli pysyvät orgaaniset yhdisteet (Persistent Organic Pollutant). Ne ovat pitkäikäisiä luonnossa, kertyvät eliöihin ja niistä aiheutuu haittavaikutuksia ihmisille ja eliöstölle. Yhdisteet voivat levitä laajalle alueelle monilla tavoin, kuten ilmalaskeutmana, veden mukana tai eliöstön mukana. Näin niitä voi esiintyä alueilla, joilla yhdisteitä ei pitäisi esiintyä. Riskienhallintaa hoidetaan kansainvälisesti, koska yhdisteet liikkuvat valtion rajojen yli. (ECHA 2024.)

POP-asetuksessa valvotaan POP-yhdisteiden valmistusta. Asetuksen tarkoituksena on parantaa ympäristöä ja ihmisten terveyttä. Tavoitteena on myös rajoittaa tiukasti, minimoida teollisuuden sivutuotteena muodostuvien POP- yhdisteiden ympäristöpäästöjä, varmistaa varastojen turvallinen hallinta sekä varmistaa jätteiden hävittäminen kestäväällä tavalla. (ECHA 2024)

POP- yhdisteiksi määriteltyjä aineita ovat:

- erilaiset torjunta-aineet
- teollisuudessa käytettävät kemikaalit
- teollisuudessa tahattomasti sivutuotteena syntyneet yhdisteet (hajoaminen tai palaminen)

#### 9.4 Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista

Asetus on laadittu parantamaan vesistöjen ja merivesien laatua vähentämällä pilaantumista, minkä on aiheuttanut vaaralliset ja haitalliset aineet. Asetus tavoittelee vaarallisten aineiden päästöjen ja huuhtoutumien lopettamisen sekä vähentää haitallisten aineiden pääsemistä pohjavesiin. Päästöjen vähentämisen tueksi on laadittu päästöille kieltoja, raja-arvoja ja ympäristölaatunormeja. Valvoo myös vesihuoltolaitoksen vaarallisten aineiden päästöjä. (European Commission 2012.)

Tavoitteena on lopettaa vaarallisten yhdisteiden kulkeutuminen ympäristöön. Pintavesissä voi kuitenkin esiintyä ilmalaskeumana laajalle levinneitä kiellettyjä yhdisteitä vielä monia vuosia, vaikka päästöt ympäristöön saadaan minimoitua. Asetus määrittää myös tarkkailu- ja seurantamääräyksiä. Sovelletaan vesilakiin (587/2011). Asetusta sovelletaan Suomen vesistöissä, ojissa, noroissa ja pohjavesissä. (European Commission 2012.)

#### 9.5 Biosidiasetus

Biosidiasetus on lainsäädäntö, joka säätelee biosidien käyttöä ja markkinoille saattamista EU:ssa. Biosidit ovat kemiallisia aineita tai mikro-organismeja, jotka on tarkoitettu tuhoamaan, estämään tai muulla tavoin vaikuttamaan haitallisesti eläviin organismeihin, kuten bakteereihin, viruksiin tai homeisiin. Niitä käytetään esimerkiksi desinfiointiaineina, hyönteismyrkkyinä ja säilöntäaineina. (ECHA 2024.)

EU:n biosidiasetus (EU) N:o 528/2012, jota kutsutaan myös "BPR-asetukseksi" (Biocidal Products Regulation), astui voimaan vuonna 2013 ja se korvasi aiemmat säädökset. Tämä asetus asettaa tiukat vaatimukset biosidien markkinoille saattamiselle ja käytölle. Tavoitteena on parantaa ympäristön ja ihmisten terveyden suojelua sekä parantaa sisämarkkinoiden toimintaa. (European Commission 2021.)

Taulukko 3. Biosidiasetuksen keskeiset kohdat. (EU 2012.)

<p>1. Biosidin hyväksyntämenettely: Ennen kuin biosidiä voidaan markkinoida EU:ssa, sen on läpäistävä hyväksyntämenettely. Tämä sisältää kattavan riskinarvioinnin, jossa arvioidaan biosidin tehokkuutta, turvallisuutta ja vaikutuksia terveyteen ja ympäristöön.</p>
<p>2. Käyttöön liittyvät vaatimukset: Asetus määrittelee tarkat säännöt biosidien käytöstä, mukaan lukien käyttötarkoitukset, annosteluohjeet ja mahdolliset rajoitukset.</p>
<p>3. Toimivaltaiset viranomaiset: Jäsenvaltiot nimittävät toimivaltaiset viranomaiset, jotka vastaavat biosidien hyväksyntäprosessista ja valvonnasta omalla alueellaan.</p>
<p>4. Tietojen raportointi: Asetus edellyttää tietojen jatkuvaa raportointia biosidien käytöstä ja vaikutuksista terveyteen ja ympäristöön.</p>
<p>5. Tarkastukset ja valvonta: Asetus sisältää säännöllisiä tarkastuksia ja valvontaa varmistaakseen, että biosidien käyttö ja markkinoille saattaminen tapahtuvat sääntöjen mukaisesti.</p>

## 10 Tutkimusosio

Turun ammattikorkeakoulun vesi- ja ympäristötekniikan tutkimusryhmä suoritti näytteenoton neljästä eri kohteesta Turun alueella. Länsikeskuksen alueelta tutkimusryhmä otti kaksi näytettä eri ajankohtina, mutta muilta alueilta otettiin kolme näytettä eri ajankohtina. Näytteillä tutkittiin tiettyjen yhdisteiden määriä hulevedessä. Vesi- ja ympäristötekniikan tutkimusryhmä kokosi myös näytteenottotulokset erillisiksi kuvaajiksi sekä muodosti näytteenottopaikkojen kuvaukset. Itse tutkimusosion tavoitteena on yhdistää nämä materiaalit saman tekstin alle sekä vertailla ja kuvailla saatuja tutkimustuloksia.

Ensimmäinen näytteenottopaikka sijoittuu Illoisten alueelle (Kuva 1). Alueella on pääasiassa uudehkoja pussia omakotitaloja, joissa on peltikatot. Kaikki alueen talot ovat rakennettu vuoden 2019 jälkeen ja valuma-alueen pinta-ala on n. 5 hehtaaria. Alueen rakennukset ovat samansuuruisia, kaksikerroksisia omakotitaloja isolla piha-alueella. Alueen kaavat ovat n. 13 m x 10 m. Osa alueen rakennuksista on vieläkin keskeneräisiä, esimerkiksi julkisivumaalauksia on tekemättä. Alueen ulkoverhoukset ovat pääasiassa puuta lukuun ottamatta kahta kivitaloa, jossa on rapattua julkisivua. Alueen päätiät ovat asfaltoituja, mutta talojen pihat ovat päällystämättömiä. Valuma-alueella on läpäisevät pinnat ja viheralueita. Näytteenotto on suoritettu PVC-hulevesiputkesta, joka kerää valumavedet rakennuksien piha-alueilta. Hulevesiputki ohjaa vedet läheiseen ojaan, jonka tulviessa yhdisteet voivat päätyä läheiseen vesistöön. (Turku AMK 2023.)

### Illoinen



Kuva 1. Illoinen. (Turku AMK 2023)

Toinen alueista sijaitsee Kaarinan keskustassa (Kuva 2). Valuma-alueen rakenne koostuu pääasiassa kerrostaloista, rivitaloista ja erilaisista palveluista. Alueen rakennuskanta muodostuu uudemmissa 10 viimeisen vuoden aikana valmistuneista rakennuksista sekä loppuista huomattavasti vanhemmista rakennuksista. Alueella on tehty paljon vanhempien kerrostalojen julkisivuremontointia. Julkisivuremonteissa kerrostalojen julkisivut eli pääasiassa maalipinnat on uusittu. Pääasiassa uudet rakennukset ovat kerrostaloja, joissa on tiili- tai rapattujulkisivu sekä lasitetut parvekkeet. Uudemmissa rakennuksissa kattorakenteet ovat peltiä, kun taas vanhemmissa rakennuksissa tiiltä tai muuta metallia. Kaupungintalon katolle on asennettu huomattava määrä aurinkopaneeleja. Alueella on myös paljon liikennettä sekä viheralueita. Valuma-alueen suuruus on 23 hehtaaria ja suurin osa valuma-alueen pinnoista on asfaltoituja. Tämä on näytteenottopikkojen suurin valuma-alue. Näytteet on otettu hulevesiputkesta, joka kerää keskustan alueen hulevedet yhteen. Hulevesiputki kerää valumavedet ojaan. (Turku AMK 2013.)

## Kaarinan keskusta



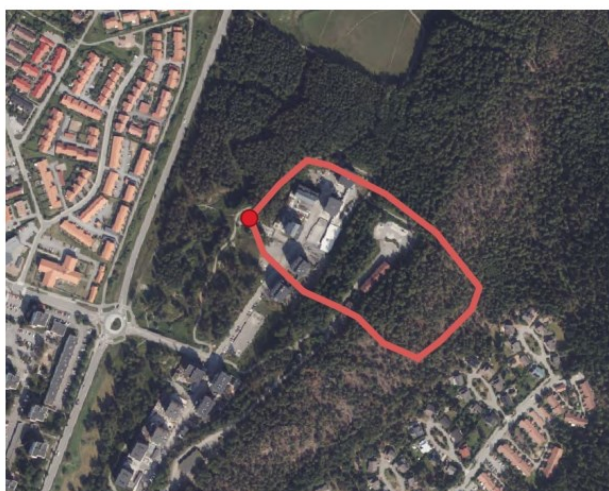
Kuva: Elsi Laine

Kuva 2. Kaarina. (Turku AMK 2023)

Kolmas alue sijaitsee Pääskyvuorella (Kuva 3). Alueelle on suunniteltu 7 kerrostaloa, joista 5 valmistui näytteenoton aikana. Alueella oli suoritettu tuolloin joitakin maanrakennustöitä, mutta loppujen rakennusten rakentamista ei ollut aloitettu. Kerrostalot ovat samantyyppisiä tiiliverhoiltuja rakennuksia, joissa on lasitetut parvekkeet sekä peltikatot. Piha-alueella on jätevajat, jotka ovat puuverhoiltuja ja niissä on viherkatot. Alueen tiestö päällystetty asfaltilla sekä valuma-alueen koko on n. 5,5 hehtaaria. Alueella on kuitenkin paljon luontoa sekä hiekkapintoja. Näytteenotto suoritettiin hulevesilammesta, joka kerää hulevedet valuma-alueelta. Hulevesilammen

vieressä virtaa Jaaninoja, johon haitta-aineet voivat kulkeutua. Jaaninojassa esiintyy mm. uhanalaista lajistoa, kuten taimen ja jokirapu. Hulevesiputken materiaalista ei ole tietoa. 1930–2012 välisenä aikana alueen yläosassa oli sotilaallista toimintaa, joka voi olla syynä maaperän pilaantumiselle. Vuonna 2018 maaperä luokiteltiin metallien ja PAH-yhdisteiden saastuttamaksi ja aineet poistettiin alueelta. 2020 alueella tehtiin maaperätutkimuksia, joista löytyi kohonneita pitoisuuksia PAH-yhdisteistä, sinkistä ja arseenista. Yhdisteet eivät ole liikkuvia ja haihtuvat heikosti. Tämän lisäksi Pääskyvuoren alueen maaperässä on havaittu rakennusjätteitä. Maaperälle on tehty massavaihtoa, rakennusjätteiden poistamiseksi. (Turku AMK 2023.)

## Pääskyvuori



Kuva: Elsi Laine

Kuva 3. pääskyvuori. (Turku AMK 2023)

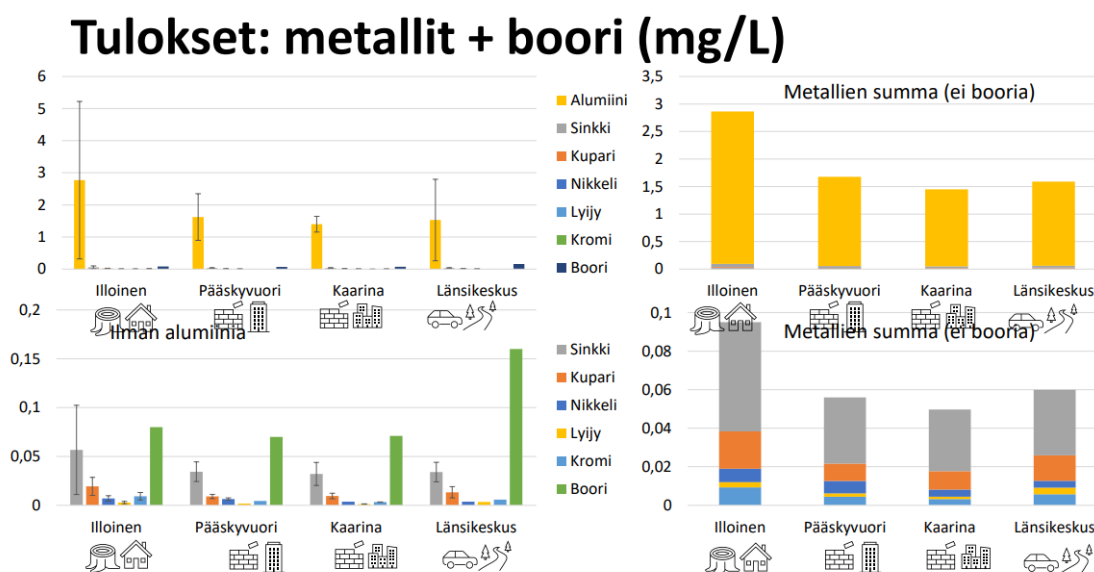
Neljäs alue sijaitsee Länsikeskuksella. Alue on kokonaan asfaltoitujen teiden ympäröimä ja vain 560 neliömetrin kokoinen. Alueen vieressä on paljon liikennettä, K-Citymarket, kaupparakennuksia sekä muutamia taloja. Näytteenottoaika poikkeaa muista paikoista ja se on valittu tutkimaan ilmakehän laskeumaa ja liikenteen vaikutuksia haitta-aineiden määrään. Hulevesiputken materiaali on osittain polypropeenaa, mutta kaikkien putkien materiaalia ei tiedetä. Hulevesi kerääntyy ojaan tien viereen. (Turku AMK 2023.)

## 11 Tulokset

Analysoituihin yhdisteryhmiin kuuluu:

- Torjunta-aineet (biosidit)
- Metallit
- PFAS-yhdisteet
- Ftalaatit
- Organofosfaattipalonestoaineet
- Lyhyt-, keski- ja pitkäketjuiset klooratut parafiinit

Haitta-aineiden yhteenvedot esitetään aineittain pylväsdiagrammissa, josta havaitaan kohteiden eroavaisuudet toisistaan. Diagrammit ovat jaettu yhdisteisiin, joita tutkitaan kuten: metallit+boori, torjunta-aineet ja PFAS- yhdisteet.



Kuvio 1. Metallit+Boori. (Vainio 2023)

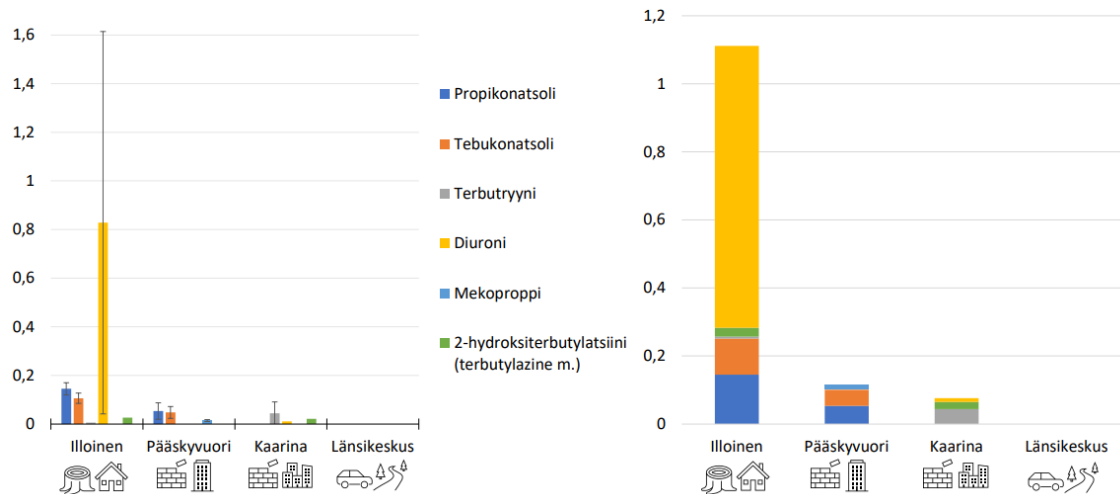
Metalleja löytyi suurin määrä Illoisten alueelta (Kuvio 1). Suurimmat pitoisuudet olivat alumiinia ja sinkkiä. Booria löytyi puolestaan eniten Länsikeskuksen alueelta. Illoisen alue koostuu pääasiassa puisista omakotitaloista, ja metalliyhdisteitä on voinut kulkeutua sateiden mukana rakennusmateriaaleista hulevesiin, esimerkiksi peltikatoista, vesikouruista ja talojen metalliosista. Pääasiassa nykyiset asennettavat katot ovat kuumasinkittyä teräspeltiä sekä muut teräsosat on voitu sinkkiä, jolloin ne

kestävät paremmin ruostetta ja korroosiota. Tämä voi selittää alueen suuremmat sinkki pitoisuudet, koska sateiden myötä sinkki voi huuhtoutua hulevesiin. Myös käsitelty puu runkomateriaalina voi olla syy erityisesti kuparin määrään, koska käsitellyssä puussa käytetään kuparisuoloja, josta 10–20 % huuhtoutuu ympäristöön ensimmäisien vuosien aikana. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)

Suuret alumiinimäärät voivat johtua maaperässä olevasta alumiinista sekä rakennusmateriaaleista. Esimerkiksi 8 % maapallon kuorikerroksesta sisältää alumiinia (Teknologiateollisuus 2024). Alumiini esiintyy yleensä luonnossa metallioksidina saveen, silttiin tai kiveen sitoutuneena. Tällöin alumiinia on voinut liueta maaperään vuosien ajan. Erityisesti happamuus lisää sen liukoisuutta. Sitä esiintyy kuitenkin myös paljon ulkorakentamisen materiaalina. Yleensä kevyet metalliosat ovat valmistettu alumiinista ja uusissa rakennuksissa sitä nähdään ovissa, ikkunoissa, katoissa, kaiteissa ja parvekkeissa. Illoisten alueella nämä ovat myös pääasiassa alumiinia, ja sateiden myötä haitta-aine on voinut päätyä hulevesiin. Muiden alueiden metallien määrät ovat pienempiä. Siihen voi vaikuttaa alueiden vanhempi rakennuskanta, jolloin alumiinia on käytetty vähemmän. Näillä alueilla metallit kuitenkin pääsevät luontoon liikenteen mukana, rakennusmateriaaleista huuhtoutumalla ja maaperästä liukenemalla.

Erityisesti suuret alumiinimäärät ovat haitallisia ja vaikuttavat vesistöihin pienentämällä lajirunsautta sekä niillä on vaikutus herkimpien lajien puuttumiseen tai häviämiseen (Toivonen-Visti 2017). Alumiini on haitallista erityisesti kaloille. Myös sinkkiä pidetään myrkyllisenä vedessä eläville organismeille. Yhteenvetona voidaan arvioida, että suuremmat metalliyhdiste pitoisuudet hulevedessä johtuvat alueen materiaalivalinnoista. Alueella käytetään enemmän peltikattoja, sinkittyjä teräsmateriaaleja ja alumiiniosia. Myös uudempi rakennuskanta saattaa lisätä haitta-aineiden huuhtoutumista luontoon, koska haitta-aineiden liukeneminen pois materiaalista voi olla runsaampaa ensimmäisten vuosien aikana. Metalleja esiintyy myös luonnossa jo valmiiksi ja maaperä voi vaikuttaa osaltaan alueiden tuloksiin.

## Tulokset: torjunta-aineet (µg/L)



Kuvio 2. Torjunta-aineet. (Vainio 2023)

Toisesta diagrammista huomaa, että torjunta-aineita esiintyy suurin määrä Illoisten alueella (Kuvio 2). Aineet kuuluvat biosidien ryhmään ja niitä löytyy yleensä puunsuoja-aineista, maaleista, puupinnoitteista ja torjunta-aineista. Erityisesti tuloksissa esiintyvää diuronia on käytetty maaleissa ja puunsuoja-aineissa. Toinen yhdiste, mitä löytyy enemmän, on propikonatsoli. Sitä löytyy puunsuoja-aineista ja se ei täytä biosidiasetuksen kriteerejä.

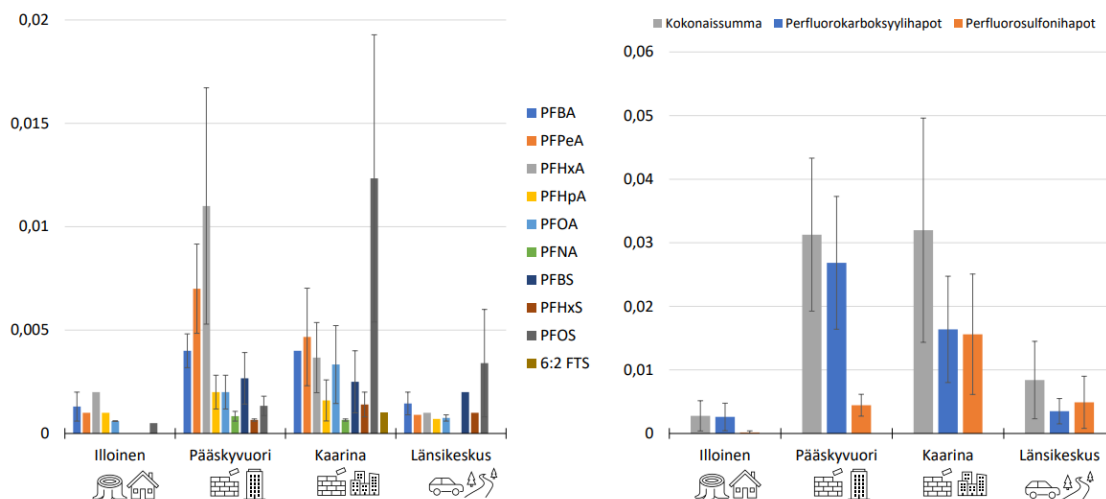
Yleensä torjunta-aineilla estetään sammaleiden, sienten, kasvien, bakteerien ja levien kasvu rakennuksien pinnoilla, katoilla tai pihoidilla. Illoisten alueella määrät ovat huomattavasti suurempia kuin muilla alueilla, ja tähän voi vaikuttaa alueen rakennuskanta. Alue koostuu pääasiassa uusista puuverhoilluista omakotitaloista, jolloin puupinnat tarvitsevat paljon suoja-aineita. Maalikerrokset sisältävät yleensä omat torjunta-aineensa riippuen maalin laadusta ja useimmissa tapauksissa pinta on kyllästetty tehtaalla puunsuoja-aineella, jotta puu kestää rasitusta paremmin. Puiset pinnat voivat sisältää siis haitta-aineita ja pesun tai sateiden yhteydessä haitta-aineet voivat päästä kulkeutumaan hulevesiin. Alueella on myös paljon piha-alueita, joista voi kulkeutua kasvien torjunta-aineita sateiden aikana huleveteen.

Muilla alueilla torjunta-aineiden osuus on vähäistä, koska siellä rakennukset ovat pääasiassa tiili/betoni valmisteisia. Näillä pinnoilla eliöstön kasvaminen on harvinaisempaa ja torjunta-aineiden käyttö on lähes olematonta. Pääskyyvuoren torjunta-aine määrät voivat johtua puunsuoja-aineista, koska pihoidilla on paljon puisia katoksia ja varastoja, jotka on voitu käsitellä puunsuoja-aineella käyttöään kasvattamiseksi. Myös erilaiset kasvien torjunta-aineet voivat liueta pihoidilta hulevesiin.

Hulevedet voivat päätyä Illoisten alueella esimerkiksi Illoistenjärveen kevät tulvien tai runsaiden sateiden aikana, jolloin diuroni voi ajan saatossa heikentää järven ekosysteemiä. Aineita kutsutaan prioriteettiaineiksi, kun niille on määrätty raja-arvot luonnossa ja diuroni kuuluu prioriteettiaineiden joukkoon. Torjunta-aine yhdisteet on

suunniteltu torjumaan eläviä organismeja. Aineet voivat olla erityisen haitallisia primaarisille fotosynteesille organismeille pintavesissä. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)

## Tulokset: PFAS-yhdisteet ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )



Kuvio 3. PFAS- yhdisteet. (Vainio 2023)

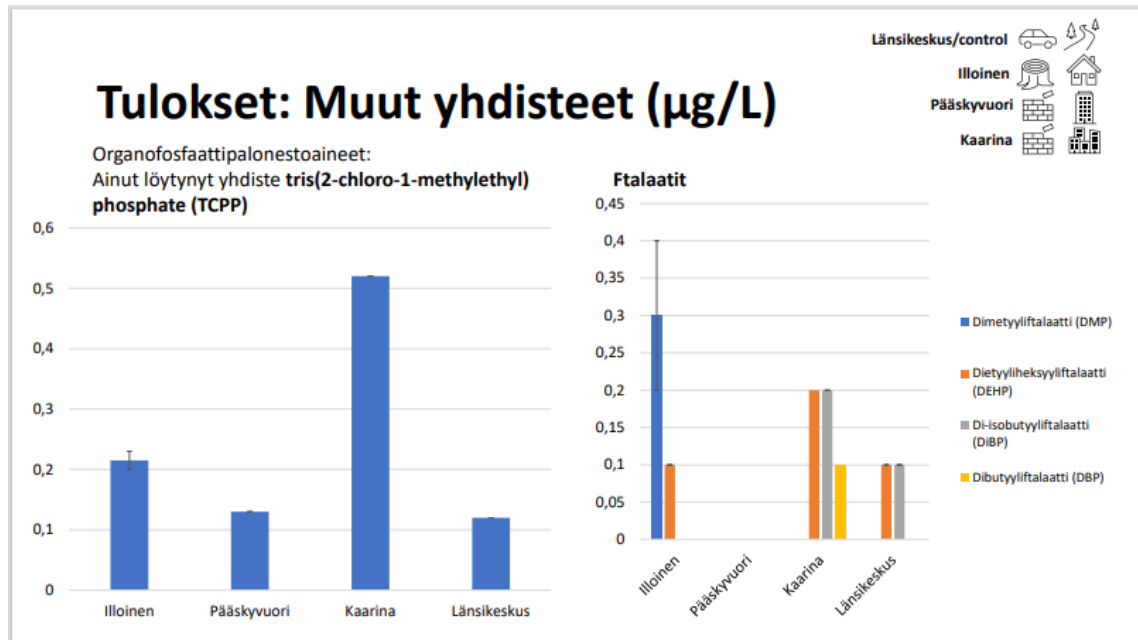
Diagrammista löytyy PFAS-yhdisteet (Kuvio 3). Näitä yhdisteitä löytyy eniten Pääskyvuoren ja Kaarinan alueilta. Yhdisteitä käytetään yleensä pintakäsittelyssä ja teollisissa prosesseissa. Käytetään mm. rappauksissa, pinnoitteissa, elektroniikassa, palonestoaineissa ja rakennuskalvoissa. Kaarinan suuret PFAS pitoisuudet voivat johtua kaupunkimaisesta ympäristöstä ja monipuolisesta rakennuskannasta. Varsinkin rappaukset ja tiiliverhoilut muodostavat alueella enemmän PFAS-yhdisteitä kuin puurakenteet, esimerkiksi Illoisen alueella.

Rakennustyömailla voi olla myös vaikutuksia PFAS- yhdisteiden kulkeutumiseen hulevesiin. Työmailla voidaan käyttää erilaisia rakennuspinnoitteita ja tiivistysaineita, jotka sisältävät yleensä PFAS- yhdisteitä. Erityisesti koko Pääskyvuoren alue on rakennettu äskettäin ja rakennustyöt voivat lisätä PFAS- yhdisteiden määriä. Myös parvekkeiden hylkivät rakennuskalvot ja tiiliverhoilut voivat tuoda oman osansa alueiden PFAS- yhdiste määriin, erityisesti Pääskyvuoren alueella. PFAS yhdisteet voivat kulkeutua hulevesiin myös ilmaskeumana ja ne voivat vaikuttaa myös tuloksiin.

PFOS käyttöä rajoitettiin 2000- luvun alussa ja se korvattiin PFAS- yhdisteillä. Ennen rajoituksia sitä käytettiin myös maaleissa, metallien pintakäsittelyssä ja lakoissa. Kaarinan alueen rakennuskannasta löytyy paljon vanhempia rakennuksia, jotka on rakennettu ennen 2000- lukua ja tämän vuoksi yhdistettä esiintyy siellä huomattavasti enemmän kuin muilla alueilla. Yhdiste on voinut huuhtoutua rakennusmateriaaleista tai kulkeutua laskeumana hulevesiin. Puolestaan PFHxA: ta käytetään enemmän

pinnotteissa ja kemikaaleissa, jotka ovat voineet päätyä hulevesiin rakennustyömaiden yhteydessä.

Varsinkin Kaarinan alueella esiintyvää PFOS- yhdistettä pidetään myrkyllisenä ja kertyvänä yhdisteenä, joka kertyy ravintoketjujen huipulle. Muuten PFAS- yhdisteet ovat biokertyviä ja näin ne saastuttavat ravintoketjuja. Yhdisteet rikastuvat ravintoketjuissa ja kerääntyvät elimistöön. Yhdisteet häiritsevät myös kalojen hormoonitoimintaa. (Building material catalogue for tox- free construction 2023.)



Kuvio 4. Muut yhdisteet. (Vainio 2023)

Viimeisestä diagrammeista (kuvio 4) löytyy muiden yhdisteiden määrät. Näytteistä löytyi Palonestoainetta (TCPP) ja ftalaatteja. TCPP on yksi eniten käytetty fosforoitu palonestoaine. Yhdistettä käytetään palonestoaineena tekstiileissä, rakennusmateriaaleissa (esim. polyuretaanivaahdot, jota käytetään eristämiseen ja tiivistämiseen) sekä elektroniikassa. Sitä voidaan käyttää myös muovinpehmittimenä tai lisäaineena hydraulikkaöljyissä. Yhdiste kulkeutuu ympäristöön tuotteiden kuluessa, haihtumalla tuotteen pinnasta tai kierrätyksen ja loppusijoituksen yhteydessä. Se voi viipyä myös ilmakehässä useita päiviä ja levitä kaukokulkeumana. (Karvonen 2022.) Palonestoaine yhdistettä löytyy eniten Kaarinan alueelta, joka voi johtua monipuolisesta rakennuskannasta, josta löytyy erilaisia palonestoaineita sisältäviä rakennusmateriaaleja kuten: talojen eristelevyjä ja sähkökaapelien kuoria. Illoisten alueen suuremmat palonsuoja-aine määrät voivat johtua puurakenteissa käytettävistä palonestoaineista. Yhdiste haihtuu tai kuluu puupinnoista ja voi päätyä sateiden mukana hulevesiin.

Dimetyyliftalaattia käytetään yleisesti muoveissa, kumipäällysteissä, torjunta-aineissa ja hyönteiskarkotteissa. Näytteissä yhdistettä löydettiin vain Illoisten alueelta. Suurin

syy tälle voi olla se, että yhdistettä löytyy torjunta-aineista ja Illoisten alueella torjunta-aineiden käyttö oli suurinta näytteenottotulosten mukaan (kuvio 5). (PubChem 2024.) Dietyyliheksyyliiftalaattia (DEHP) on valmistettu kemikaali, jolla tehdään muovista joustavampaa. Yleensä sitä käytetään PVC- muoveissa, muovimateriaaleissa, pinnoitteissa ja muovilattioissa. Sitä voi vapautua ympäristöön kuljetuksen, varastoinnin ja käsittelyn aikana. Se kertyy vesieliöihin ja korkeimmat arvot havaitaan selkärangattomilla eliöillä. (Greenfacts 2023). Yhdistettä esiintyy lähes jokaisella alueella, mutta suurin pitoisuus löytyy Kaarinan alueelta. Suuremmat pitoisuudet voivat johtua alueen monipuolisesta käytöstä. Liikennettä on enemmän, kauppoja, huoltoasemia, ravintoloita ja jne. Näiden seurauksena alueelle muodostuu varmasti enemmän DEHP yhdisteitä kuin vain asuinalueille. Muilla alueilla DEHP yhdisteet voivat päätyä hulevesiin huuhtoutumalla rakennusmateriaaleista sekä muista muovimateriaaleista.

DI-isobutyyliftalaattia (DIBP) löytyy myös Kaarinan ja Länsikeskuksen näytteistä. Yhdistettä käytetään pääasiassa pinnoitustuotteissa, kipseissa, kiteissä ja täyteaineissa. Yleisesti yhdistettä vapautuu ympäristöön materiaalien ulkokäytössä kuten pinnoitteiden ja liimojen sidosaineena, muovimateriaaleissa ja pitkäaikaisissa materiaaleissa kuten: ajoneuvojen renkaat ja jarrupalat. (ECHA 2024.) Yhdisteen suuremmat määrät Länsikeskuksella johtuvat varmasti liikenteen määrästä sekä Kaarinassa alueen monipuolisesta käytöstä ja myös liikenteen määrästä.

Ftalaatit vaikuttavat negatiivisesti eläinten lisääntymisjärjestelmään ympäristössä. Ovat Haitallisia miesten hedelmällisyydelle sekä häiritsevät immuunisysteemiä ja neurologista kehitystä.

Taulukko 4. Prioriteettiaineet ja ympäristölaatumit. (Finlex 2006.)

<b>Yhdiste</b>	<b>Näytteenotossa suurin löydetty määrä [µg/l]</b>	<b>Merivedet ja muut pintavedet, vuosikeskiarvo [µg/l]</b>	<b>Merivedet ja muut pintavedet, sallittu enimmäispitoisuus [µg/l]</b>
<b>Diuroni</b>	1,9	0,2	1,8
<b>Lyijy</b>	3,9	1,3	14
<b>Nikkeli</b>	9,8	8,6	34
<b>PFOS</b>	0,022		7,2

Valtioneuvosto on asettanut vesiympäristölle vaarallisille ja haitallisille aineille raja-arvot (taulukko 4). Asetuksen tavoitteena on vähentää vaiheittain tai lopettaa vesiympäristölle vaarallisten aineiden huuhtoumat sekä päästöt pintavesiin ja pohjavesiin. Taulukkoon on eritelty näytteenotossa löytyneet prioriteettiaineet. Ainoastaan diuronia löytyi näytteenotosta yli raja-arvon. Diuronin kohdalla määrät nousivat jokaisella näytteenotokerralla ja näytteenottoa tulisi jatkaa, jolloin saadaan selville tarkka kuva tilanteesta. Viimeisin näytteenotto voi olla vain yksittäinen piikki näytteenotossa, jolloin tulosten varmistamiseksi näytteenotto olisi hyvä uusia. Jos diuronin määrä pysyy samalla tasolla tai nousee edelleen, on mietittävä jatkotoimenpiteitä, joilla diuronin pitoisuutta hulevesissä saadaan laskettua. Muuten yhdisteellä on mahdollisuus levitä vesistöihin sateiden ja tulvien avulla. Tällöin se voi aiheuttaa negatiivisia vaikutuksia ympäristölle ja lajistolle.

## 12 Pohdinta

Rakennusmateriaalien haitta-aineiksi kutsutaan terveydelle tai luonnolle haitallisia aineita, joita on käytetty rakentamisessa tai rakennusten saneeraamisessa. Haitta-aineita esiintyy nykyään yleisesti pieniä määriä lähes kaikkialla ympäristössämme. Vuosi vuodelta on kiinnitetty enemmän huomiota haitta-aineiden lainsäädäntöön ja rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksiin. Tämän myötä ympäristön vahingoittumista on saatu vähennettyä, mutta yhdisteitä päätyy edelleen ympäristöön. Haitta-aineilla voi olla monia reittejä hulevesiin. Hulevesistä yhdisteet voivat kulkeutua vesistöihin, esimerkiksi tulvien ja sateiden vaikutuksesta. Tällöin ne voivat vahingoittaa ympäristön ekosysteemiä.

Vesi- ja ympäristötekniikan tutkimusryhmän näytteenottojen perusteella voidaan tulkita, että näytteenottoaikojen hulevesissä esiintyy useita haitallisia aineita.

Tutkimusosiosta puolestaan huomaamme, kuinka alueen rakennuskanta vaikuttaa haitta-aineiden esiintymiseen. Haitta-aineita esiintyy jokaisella tutkittavalla alueella ja alueilla käytettävillä materiaaleilla on tulosten mukaan yhteys haitta-aineiden esiintymiseen. Esimerkiksi puutaloalueiden yleisimmin esiintyvät haitta-aineet ovat torjunta-aineet. Haitalliset aineet voivat kulkeutuvat hulevesiin esimerkiksi rakennusmateriaaleista, liikenteestä, muovimateriaaleista ja torjunta-aineista. Rakennusmateriaaleista haitta-aineet haihtuvat ja kulkeutuvat pääasiassa ulkomateriaaleista, kuten katoista, ikkunoista, ovista ja jne. Yleisesti siis asutusten ja ihmisten seurauksena. Haitta-aineiden lähteiden tutkiminen vaikeutuu, kun näytteenotto siirtyy isommalle valuma-alueelle, missä rakennuskanta on monipuolinen. Tällöin alueella voi esiintyä useita haitta-aineita sekaisin.

Jo yksittäiset yhdisteet voivat vaikuttaa suurina pitoisuuksina merkittävää haittaa ekosysteemille, puolestaan useat yhdisteet ovat pysyviä ja kertyviä, jolloin pitoisuudet voivat nousta alueilla vuosi vuodelta. Yksittäisten aineiden haittavaikutuksia tutkitaan kemikaalien riskinarvioinnissa, mutta eri yhdisteiden yhteisvaikutuksia ei tunneta riittävästi. Tässäkin opinnäytetyössä keskityttiin yksittäisten aineiden vaikutuksiin ympäristössä, mutta yhdisteiden yhteisvaikutusten on arvioitu olevan monien ympäristö- ja terveyshaittojen syy. Yhdisteiden yhteisvaikutuksista ei ole vielä monia tarkkoja tutkimuksia ja tämän vuoksi työ ei pääse niitä käsittelemään.

Opinnäytetyössä on esitelty laajasti yhdisteitä, joita löytyy rakennusmateriaaleista ja, jotka voivat kulkeutua ympäristöön. Tässä työssä näytteenotossa löytyneitä prioriteettiaineita olivat diuroni, nikkeli, lyijy ja PFOS. Ainoastaan näytteenotossa löytynyt diuronin maksimiarvo ylitti sille määritellyn raja-arvon. Näytteenottoa olisi hyvä jatkaa, jolloin pääsemme näkemään tulosten kehittymisen. Näytteenottojen vähyyden vuoksi on vaikea arvioida, onko tulos vain yksittäinen piikki näytteenotossa. Myös yhdisteen määrän kehittymistä ja vaikutuksia ympäristöön, on vaikea arvioida.

Työn tavoitteena oli vastata tutkimuskysymyksiin:

1. Miten haitta-aineet päätyvät ympäristöön, erityisesti vesistöihin?
2. Mitkä ovat yleisimpiä haitta-aineita rakennusmateriaaleissa, jotka voivat kulkeutua ympäristöön ja vesistöihin?
3. Millaisia vaikutuksia haitta-aineilla voi olla vesiympäristöille, eliöille ja ihmisten terveydelle?
4. Miten rakennusmateriaalit vaikuttavat tutkimustuloksiin eri alueilla?
5. Kuinka tutkimustulokset eroavat toisistaan eri alueiden välillä?

Mielestäni työ antaa lukijalle vastaukset tutkimuskysymyksiin. Lähteisiin perustuva teoreettinen viitekehys rakentaa pohjan työlle, josta lukijan on helppo siirtyä lukemaan tutkimusosiota. Viitekehyksestä lukijalle selviää kattavasti vastaukset haitta-aineiden kulkeutumisesta ympäristöön, yleisimmistä rakennusmateriaaleista ja niiden haitta-aineista sekä vaikutuksista ympäristöön. Aiheita rajattiin keskeisimpiin näkökulmiin ja ne pidetään selkeinä, yksinkertaisina ja helppolukuisena, mutta samalla lukijaa yritetään johdattaa syvemmälle aiheeseen. Kemikaalien yhteisvaikutuksia olisi voinut käsitellä laajemmin, mutta lähteitä löytyi aiheesta rajallisesti.

Tutkimusosio antaa puolestaan vastaukset rakennusmateriaalien vaikutuksista ja eroista näytteenottoalueilla. Ainoastaan näytteenotossa löytynyt diuronin pitoisuus ylitti sille määritellyn raja-arvon. Näytteenottoja tulisi kuitenkin jatkaa, jolloin huomataan, nouseeko yhdisteen määrä, vai onko se vain ollut yksittäinen piikki näytteenotossa. Muiden haitta-aineiden tutkiminen on yleensä vaativampaa, koska kaikille aineille ei ole annettu tiettyjä raja-arvoja, milloin ne aiheuttavat merkittävää vaaraa ympäristölle.

Hulevesien haitta-aineiden ja näytteenottoaikojen rakennusmateriaalien yhteyden tutkimista on syytä jatkaa vielä laajemmin. Opinnäytetyöhön kerätyt näytteenottotulokset antavat viitteitä, millaisia haitta-aineita löytyy Turun alueen hulevesistä. Tuloksia on kuitenkin vähän, joten paremman kuvan saamiseksi näytteenottoa tulisi jatkaa monia vuosia ja näytteenottoaikoja lisätä. Mielestäni tutkimusosiota tuli selkeä ja kuitenkin monipuolinen, vaikka näytteenottoja oli suoritettu vain 2–3 kertaa. Näytteenottotuloksista selvisi myös olennaisia tietoja, esimerkiksi diuronin pitoisuuden määrä, mikä lisää työn kiinnostavuutta ja hyödyllisyyttä. Kokonaisuutena työ antaa pintaraapaisen rakennusmateriaalien haitta-aineiden vaikutuksista ympäristöön. Työn aihe oli mielenkiintoinen ja mielestäni tarvitsemme lisää samankaltaisia näytteenottoja ja tutkimuksia, jotta opimme lisää ympäristön kemikaalikuormituksesta. Tietoa käytetyistä rakennusmateriaaleista ja niiden vaikutuksista ympäristöön löytyy kuitenkin rajatusti ja aihe vaatisi perusteellista tutkimusta, jotta päästään vaikuttamaan alueellisiin riskeihin.

## Lähteet

Arjonen 2021. Haitalliset ja vaaralliset aineet lainsäädännössä. Viitattu 20.5.2024.

<https://www.lakijavesi.fi/post/haitalliset-aineet-lains%C3%A4%C3%A4d%C3%A4nn%C3%B6ss%C3%A4>

Australian government 2024. DEHP. Viitattu 24.5.2024.

<https://www.dcceew.gov.au/environment/protection/npi/substances/fact-sheets/di-2-ethylhexyl-phthalate-dehp>

Berge, B. 2009. The Ecology of Building Materials s 75-76. Viitattu 22.3.2024.

Building Material Catalogue 2023. Christiane von Knorre, Rose Schläfli. Viitattu 19.5.2024. [NHC3catalogue\\_E1\\_5\\_small.pdf](#)

ECHA 2024. Bisphenols. Viitattu 17.3.2024. <https://www.echa.europa.eu/hot-topics/bisphenols>

ECHA 2024. Diisobutyl phthalate. Viitattu 26.5.2024.

<https://echa.europa.eu/fi/substance-information/-/substanceinfo/100.001.412>

ECHA 2024. POP- yhdisteet tutuksi. Viitattu 5.4.2024.

<https://echa.europa.eu/fi/understanding-pops>

ECHA 2024. REACH- asetus tutuksi. Viitattu 5.4.2024.

<https://echa.europa.eu/fi/regulations/reach/understanding-reach>

Euroopan Komissio. Direktiivit. Viitattu 15.4.2024. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0018>

Euroopan parlamentti 2024. Vesien suojelu ja hoito. Viitattu 5.4.2024.

<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/fi/sheet/74/vesien-suojelu-ja-hoito>

European Commission 2012. Viitattu 15.11.2024. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012R0528>

Finlex 2024. Valtioneuvostonasetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista. Viitattu 15.11.2024. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20061022>

Giovanoulis G., Nguyen M., Arwidsson M., Langer S., Vestergren R., Lagerqvist A. 2019. Reduction of hazardous chemicals in Swedish preschool dust through article substitution actions. Viitattu 5.3.2024.

[https://www.researchgate.net/publication/333965992\\_Reduction\\_of\\_hazardous\\_chemicals\\_in\\_Swedish\\_preschool\\_dust\\_through\\_article\\_substitution\\_actions](https://www.researchgate.net/publication/333965992_Reduction_of_hazardous_chemicals_in_Swedish_preschool_dust_through_article_substitution_actions)

Greenfacts 2023. Diethylhexyl phthalate. Viitattu 2.12.2024.

<https://www.greenfacts.org/en/dehp-diethylhexyl-phthalate/l-3/3-effects-environment.htm>

Health Care Without Harm Europe 2021. Viitattu 22.3.2024. <https://noharm-europe.org/sites/default/files/documents-files/6807/2021-06-23-PVC-briefing-FINAL.pdf>

HSY 2023. Hulevesi. Viitattu 16.2.2024. <https://www.hsy.fi/hulevesi/>

Jukka Mehtonen, Katri Siimes, Matti Leppänen, Ville Junntila, Lauri Äystö, Emmi Vähä, Juha Karjalainen, Xiaoxuan Hu, Peter Österholm ja Miriam Nystrand 2023. Haitalliset aineet pintavesissä. Viitattu 16.3.2024.

<https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/0c5c1e8d-9d7a-42b6-a13d-4d4b622e0cb8/content>

Kaiponen T. 2017. Ftalaattien toksikologiset vaikutukset. Lisensiaatin tutkielma, Helsingin Yliopisto. Viitattu 5.3.2024. <https://docplayer.fi/69429369-Ftalaattien-toksikologiset-vaikutukset.html>

Karvonen 2022. Viitattu 20.5.2024.

<https://teknologiateollisuus.fi/fi/teknologiateollisuus/toimialaryhmat/alumiinituotteet>

Muovien haitalliset ympäristöja terveysvaikutukset 2022. Viitattu 1.4.2024.

<https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/fd678bed-688d-46dd-95fe-be864b446db1/content>

Nature 2021. Concrete needs to lose its colossal carbon footprint. Viitattu 22.3.2024.

<https://www.nature.com/articles/d41586-021-02612-5>

NonHazCity 2024. NonHazCity 2. Viitattu 2.2.2024. <https://interreg-baltic.eu/project/nonhazcity-2/>

NonHazCity 2024. NonHazCity. Viitattu 2.2.2024. <https://interreg-baltic.eu/project/nonhazcity/>

Noora Perkola, Jukka Mehtonen, Ville Junntila, Jussi Reinikainen, Heidi Ahkola, Timo Seppälä, Päivi Fjäder, Janne Juvonen 2023. PFAS- yhdisteet ympäristössä. Viitattu 16.3.2024. [https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/PFAS\\_tietopaketti.pdf](https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/PFAS_tietopaketti.pdf)

Phthalates 2023. Viitattu 15.3.2024. [https://www.hbm4eu.eu/wp-content/uploads/2021/12/Factsheet\\_Phthalates.pdf](https://www.hbm4eu.eu/wp-content/uploads/2021/12/Factsheet_Phthalates.pdf)

PubChem 2024. Dimethyl Phthalate. Viitattu 21.5.2024.

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Dimethyl-Phthalate>

Puuinfo 2020. Paineekyllästetty sahatavara. Viitattu 20.3.2024.

<https://puuinfo.fi/puutieto/sahatavara-ja-sen-jalosteet/paineekyllastetty-sahatavara/>

Saavalainen 2024. Silakoista löytyi ihmiselle vaarallisia myrkkyyä. Viitattu 20.11.2024.  
<https://www.hs.fi/alueet/art-2000010689669.html>

Siri Holma 2022. Ftalaateille altistuminen Suomessa. Viitattu 5.3.2024.  
[https://erepo.uef.fi/bitstream/handle/123456789/28541/urn\\_nbn\\_fi\\_uef-20221263.pdf?sequence=1](https://erepo.uef.fi/bitstream/handle/123456789/28541/urn_nbn_fi_uef-20221263.pdf?sequence=1)

Teknologiateollisuus 2024. Viitattu 15.5.2024.  
<https://teknologiateollisuus.fi/fi/teknologiateollisuus/toimialaryhmat/alumiinituotteet>

THL 2024. Ftalaatit. Viitattu 15.3.2024.  
<https://thl.fi/aiheet/ymparistoterveys/ymparistomyrkyt/ftalaatit>

THL 2024. PFAS-yhdisteet. Viitattu 16.3.2024.  
<https://thl.fi/aiheet/ymparistoterveys/ymparistomyrkyt/pfas-yhdisteet>

Tukes 2017. NonHazCity auttaa keventämään kemikaalikuormaa. Viitattu 2.2024.  
<https://tukes.fi/sv/-/nonhazcity-auttaa-keventamaan-kemikaalikuormaa>

Tukes 2024. kemikaalien yhteisvaikutukset. Viitattu 3.3.2024. <https://tukes.fi/koti-ja-vapaa-aika/kodin-kemikaalit/kemikaalien-yhteisvaikutukset>

Turku AMK 2023. NonHazcity3. Viitattu 2.2.2024. <https://www.turkuamk.fi/fi/tutkimus-kehitys-ja-innovaatiot/hae-projekteja/nonhazcity3-reducing-hazardous-substances-in-const/>

Vesi.fi 2022. Hulevesien ympäristöriskit. Viitattu 16.2.2024.  
<https://www.vesi.fi/vesitieto/hulevesien-ymparistoriskit/>

Ympäristö.fi 2018. Meren tilan indikaattorit. Viitattu 20.5.2024.  
<https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Haitallisten%20aineiden%20pitoisuudet%20vuosina%202011%20-%202016%20Suomen%20merialueilla.pdf>

Ympäristö.fi 2023. Kemikaalien ympäristöriskit. Viitattu 1.3.2024.  
<https://www.ymparisto.fi/fi/saasteettomuus-ja-ymparistoriskit/kemikaalien-ymparistoriskit>

ympäristöministeriö 2012. Vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annettujen säädösten soveltaminen. Viitattu 15.2.2024.  
<https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/WFD%20Monitoring%2031651.pdf>

Ympäristöministeriö 2018. Vesiympäristölle vaarallisia ja haitallisia aineita koskevan lainsäädännön soveltaminen. Viitattu 2.3.2024.  
[https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160990/YMra\\_19\\_2018\\_Vesiymparistolle\\_vaarallisiajahaitallisia.pdf](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160990/YMra_19_2018_Vesiymparistolle_vaarallisiajahaitallisia.pdf)