

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

RAKENNUSTEN SANEERAUKSESSA JA PURKAMISESSA SYNTYVÄT POP-JÄTTEET

TEKIJÄ Kaisa Kolkka

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Kaisa Kolkka	
Työn nimi Rakennusten saneerauksessa ja purkamisessa syntyvät POP-jätteet	
Päiväys 6.10.2024	Sivumäärä/Liitteet 41/2
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Pohjois-Savon Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus	
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa POP-jätteiden käsittelyn velvoitteita ja nykytilaa saneerauksessa ja purkamisessa syntyvien jätteiden näkökulmasta sekä tutkia POP-jätteiden esiintymistä purkujätteissä. POP-yhdisteiden pitoisuusrajoja jätteissä tiukennettiin vuonna 2023. Vaikka POP-yhdisteiden haitallisuus terveydelle ja ympäristölle tunnetaan, liittyy niiden käsittelyyn ja tunnistamiseen vielä haasteita.</p> <p>Opinnäytetyössä tarkasteltiin saneerauksessa ja purkamisessa syntyviä jätteitä sekä niissä yleisimmin esiintyviä POP-yhdisteitä. Työssä selvitettiin POP-jätteiden käsittelyn periaatteet. POP-jätteiden esiintymistä purkujätteissä tutkittiin Kuopiossa purettavasta Puijonlaakson palvelukeskuksesta otetuista näytteistä. Tutkittavissa näytteissä painottuivat potentiaalisesti uudelleenkäytettävät tuotteet.</p> <p>Otetuista näytteistä betonielementin saumaussmassan todettiin sisältävän SCCP-yhdistettä pitoisuusrajan ylittävinä pitoisuuksina, jolloin sitä koskevat POP-jätteen käsittelyä koskevat velvoitteet. Tutkimustulos mukailee ympäristöministeriön suositusta betonielementtien saumaussmassaa sisältävän jätteen käsittelystä 1960–1990-luvulla valmistuneiden rakennusten kohdalla. POP-yhdisteiden esiintymistä eri jätevirroissa sekä POP-jätteiden käsittelyn nykytilaa on tarpeen selvittää laajemmin. Kehittämistarpeena on myös tietoisuuden lisääminen POP-jätteistä viestinnällisin ja koulutuksellisin keinoin.</p>	
Avainsanat pysyvät orgaaniset yhdisteet, POP-jäte, rakennusjäte, purkujäte, uudelleenkäyttö	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	POP-YHDISTEET.....	6
3	POP-YHDISTEITÄ KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ	7
3.1	Tukholman yleissopimus.....	7
3.2	POP-asetus.....	7
3.3	Jätelaki.....	7
3.4	Valtioneuvoston asetus jätteistä	7
3.5	Kemikaalilaki.....	8
3.6	Ympäristönsuojelulaki.....	8
4	SANEERAUKSESSA JA PURKAMISESSA SYNTYVÄT JÄTTEET	9
4.1	Rakennus- ja purkujätteet Suomessa	9
4.2	Rakennus- ja purkujätteiden käsittely	10
5	YHDISTEET RAKENNUSTEN SANEERAUKSESSA JA PURKAMISESSA SYNTYVISSÄ JÄTTEISSÄ .	13
5.1	POP-jäte.....	13
5.2	Yleisimmät rakennuspurkujätteessä esiintyvät POP-yhdisteet.....	14
5.2.1	PCB	14
5.2.2	SCCP	14
5.2.3	HBCDD	15
5.2.4	BDE	15
5.2.5	HBB	16
6	POP-JÄTTEIDEN HUOMIOINTI SANEERAUS- JA PURKUKOHTEIDEN JÄTTEIDEN KÄSITTELYSSÄ.....	17
6.1	POP-jätteille sallitut käsittelymenetelmät	17
6.2	Selvilläolovelvollisuus	20
6.3	Kirjanpitovelvollisuus.....	20
6.4	Siirtoasiakirjavelvollisuus	20
6.5	Käsittely- ja tarkkailusuunnitelma.....	20
6.6	POP-jätteiden lajittelu	21
6.7	POP-yhdisteiden tunnistaminen.....	22
6.7.1	Kemiallinen tunnistaminen	22
6.7.2	Tunnistaminen alkuaineen perusteella.....	22

7	SANEERAUS- JA PURKUKOHTTEIDEN TUOTTEIDEN UUELLEENKÄYTTÖ.....	25
7.1	Uudelleenkäyttö.....	25
7.2	Uudelleenkäyttö rakentamisessa ja purkamisessa.....	25
7.3	POP-yhdisteitä sisältävien tuotteiden uudelleenkäyttö.....	25
8	POP-JÄTTEIDEN KÄSITTELYN NYKYTILA JA HAASTEET	27
9	TUTKIMUS POP-YHDISTEIDEN ESIINTYMISESTÄ PURKUKOHTTEESSA	28
9.1	Tutkimuskohde	28
9.2	Purkukartoitus	28
9.2.1	Asbesti- ja haitta-ainetutkimus	28
9.2.2	Purkumateriaaliselvitys.....	29
9.3	Kohteesta syntyvät materiaalivirrat, jotka todennäköisesti sisältävät POP-yhdisteitä	30
9.3.1	Purkujäte	30
9.3.2	Sähkö- ja elektroniikkalaiteromu	31
9.3.3	Tekstiili	31
9.3.4	Sammutusvaaho.....	31
9.4	Tutkimus POP-yhdisteiden esiintymisestä kohteessa.....	31
9.5	Näytteenotto ja analysointi	32
9.6	Tulokset	33
10	JOHTOPÄÄTÖKSET	34
11	POHDINTA.....	36
	LÄHTEET	38
	LIITE 1: PURKUKOHTTEESTA KERÄTYT TUTKITTAVAT MATERIAALIT.....	42
	LIITE 2: TUTKIMUSTULOKSET PURKUKOHTTEESTA OTETUISTA NÄYTTEISTÄ	48

KUVALUETTELO

Kuva 1	Rakentamisen jätteiden määrä vuosina 2017–2021. Muut jätteet -luokitukseen on sisällytetty myös kotitalous- ja muut sekalaiset jätteet, eläin- ja kasvijätteet, lietteet, paperi- ja pahvijätteet sekä kemialliset jätteet. (Tilastokeskus 2023a.)	10
Kuva 2	Jätelain mukainen etusijajärjestys (Häkkinen 2023).....	11
Kuva 3	Rakennusten purkujätteet, jotka todennäköisesti sisältävät POP-yhdisteitä ja jotka tulisi sellaisina käsitellä, mikäli ei ole muuta tietoa käytettävissä (Ympäristöministeriö 2023, 28).....	13
Kuva 4	Jätteen käsittely POP-yhdisteen pitoisuuden perusteella (Ympäristöministeriö 2024)	18
Kuva 5	Puijonlaakson palvelukeskus (Savon Sanomat 2022)	28

1 JOHDANTO

Pysyvät orgaaniset yhdisteet (POP-yhdisteet) ovat ympäristölle ja terveydelle erittäin haitallisia yhdisteitä. Ne ovat hyvin pysyviä ja kaukokulkeutuvia, minkä lisäksi ne kertyvät eliöihin. Haittojen vuoksi POP-yhdisteiden käyttöä on rajoitettu ja niitä sisältävien jätteiden käsittelyä on säännelty kansainvälisellä sekä kansallisella lainsäädännöllä, joista keskeisimpiä ovat Tukholman sopimus sekä siihen pohjautuva EU:n POP-asetus. Sääntelyä on tiukennettu viime vuosien aikana, ja rajoitukset ja velvoitteet koskevat yhä laajempaa joukkoa yhdisteitä. Myös POP-jätteen pitoisuusrajoja on matallettu, millä on vaikutusta jätevirtojen käsittelyyn. Ympäristöministeriö on julkaissut hiljattain POP-jätteiden tunnistamista ja käsittelyä koskevat oppaat.

Opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa POP-jätteitä, joita syntyy purkamisen ja saneerauksen seurauksena. Työssä perehdytään yleisimpiin näissä muodostuviin jätteisiin sekä jätevirtoihin, joissa voi esiintyä POP-yhdisteitä. Työssä tarkastellaan POP-jätteiden käsittelyn käytäntöjä sekä yhdisteiden tunnistamiseen liittyviä menetelmiä. POP-yhdisteitä lähestytään lisäksi rakennuksista purettavien tuotteiden ja materiaalien uudelleenkäytön näkökulmasta. Työssä tarkastellaan, kuinka POP-yhdisteet vaikuttavat uudelleenkäytön toteuttamiseen.

POP-yhdisteiden esiintymistä selvitetään ottamalla näytteet ja tutkimalla materiaaleja purettavasta Puijonlaakson palvelukeskuksesta. Tutkittavien materiaalien valinnassa huomioidaan erityisesti tuotteiden uudelleenkäyttöpotentiaali. Palvelukeskuksen purku-urakan yhteydessä kohteessa toteutettiin uudelleenkäyttöön tähtäävää esipurkua Elävä säätiön toimesta. Elävä säätiö on Pohjois-Savon alueella työllistämistoimintaa tarjoava voittoja tavoittelematon säätiö, jonka toiminta keskittyy kiertotalouteen ja kierrätystuotteiden uudelleenkäyttöön (Elävä säätiö sr 2024).

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Pohjois-Savon ELY-keskus. Alueelliset ELY-keskukset vastaavat valtionhallinnon toimeenpano- ja kehittämistehtävistä, jotka muodostuvat seuraavista vastuualueista: 1) elinkeinot, työvoima ja osaaminen 2) liikenne ja infrastruktuuri 3) ympäristö ja luonnonvarat. Pohjois-Savon ELY-keskus, kuten suurin osa ELY-keskuksista, vastaa kaikista edellä mainituista osa-alueista. (ELY-keskus 2023.) Lisäksi sen vastuulla on tie- ja liikenne- sekä maahanmuuttoasioissa myös Pohjois-Karjalan ja Etelä-Savon maakunnat. Pohjois-Savon ELY-keskuksen tehtäviin kuuluu muun muassa teiden kunnossapito, ympäristönsuojelu sekä ympäristön tilan seuranta, ympäristötiedon tuottaminen ja tietoisuuden edistäminen sekä luonnon monimuotoisuuden suojelu ja kestävä käyttö. (ELY-keskus 2022.) ELY-keskusten tehtävänä on huolehtia valtakunnalliseen jätesuunnitelmaan kirjatusta vastuualueistaan (Ympäristöministeriö 2022).

2 POP-YHDISTEET

POP-yhdisteet eli pysyvät orgaaniset yhdisteet (Persistent Organic Pollutants) ovat ympäristölle ja terveydelle haitallisia, erittäin pysyviä ja myrkyllisiä orgaanisia yhdisteitä. Ne ovat kaukokulkeutuvia, eli leviävät ilman, veden tai eliöiden välityksellä pitkiäkin matkoja ja aiheuttavat siten haittoja kaukanakin alkuperäisestä päästölähteestään. Yhdisteet säilyvät pitkään muuttumattomina ja voivat aiheuttaa haittoja jo pieninä pitoisuuksina. (Ympäristöministeriö 2023, 15; Ympäristöministeriö 2024, 18.) POP-yhdisteiden käyttöä on rajoitettu merkittävästi, mutta yhdisteitä vapautuu siitä huolimatta ympäristöön jatkuvasti, minkä lisäksi ympäristöön jo aiemmin päässeet aineet aiheuttavat pitkäaikaista haittaa (Ramboll 2019, 37). Ilmastonmuutoksen myötä kiellettyjä yhdisteitä voi päästä uudelleen kiertoonsa esimerkiksi jäätiköiden sulassa, minkä vuoksi myös on tärkeää varmistaa, ettei enempää yhdisteitä pääse ympäristöön (Kauppi, Bachér, Laitinen, Kiviranta, Suomalainen, Turunen, Kautto, Mannio, Räisänen, Lautala, Porras, Rantio, Salminen, Santonen, Seppälä, Teittinen & Wahlström 2019, 122).

Monet POP-yhdisteet ovat rasvaliukoisia, minkä vuoksi ne kertyvät erityisesti kuluttajiin ravintoketjun yläpäässä. Yhdisteille altistuminen voi aiheuttaa monenlaisia haittoja sekä ihmisten että eläinten terveydelle. Niillä on arvioitu olevan yhteys esimerkiksi kehitys- ja lisääntymishäiriöihin sekä hormoni-toiminnan häiriöihin. Osa yhdisteistä on mahdollisesti syöpävaarallisia. Niiden yhteis- ja pitkäaikaisvaikutuksista tarvitaan vielä lisää tietoa. (Kauppi ym. 2019, 122; Suomen ympäristökeskus 2024; Ympäristöministeriö 2023, 15; Ympäristöministeriö 2024, 18.)

POP-yhdisteitä on käytetty vuosikymmenten aikana erilaisissa tarkoituksissa. Niillä on ominaisuuksia, joilla on voitu parantaa tuotteiden käytettävyyttä ja käyttöturvallisuutta palonsuojaominaisuuksien tai rasvan- ja kosteudenkestävyyden myötä (Myllymaa, Moliis, Häkkinen & Seppälä 2015, 7). Yhdisteitä on käytetty laajasti esimerkiksi torjunta-aineina, palonestoaineina ja erilaisissa teollisuuskemikaaleissa. Niitä esiintyy rakennusmateriaaleissa, kuten tiivisteissä ja sauma-aineissa, tekstiileissä ja huonekaluissa, maaleissa, sähkö- ja elektroniikkalaitteissa sekä ajoneuvoissa. Lisäksi niitä ilmenee erilaisina epäpuhtauksina. POP-yhdisteitä voi syntyä myös hajoamisen tai palamisen sivutuotteena. (European Chemicals Agency julkaisuaika tuntematon; Myllymaa ym. 2015, 7; Ympäristöministeriö 2023, 15; Ympäristöministeriö 2024, 18.)

3 POP-YHDISTEITÄ KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ

Koska POP-yhdisteiden aiheuttamat haitat ovat merkittävät ja ne ulottuvat yli valtiorajojen, on niihin pyritty vaikuttamaan kansainvälisin sopimuksin. Tässä keskeisimpiä ovat maailmanlaajuinen Tukholman sopimus sekä EU-maita velvoittava POP-asetus. POP-yhdisteisiin liittyvistä rajoitustoimista säädetään lisäksi kansallisella lainsäädännöllä.

3.1 Tukholman yleissopimus

Pysyviä orgaanisia yhdisteitä koskeva Tukholman yleissopimus on kansainvälinen yleissopimus, jonka tarkoituksena on vähentää ja poistaa POP-yhdisteistä aiheutuvia haittoja rajoittamalla yhdisteiden tuotantoa, käyttöä, kauppaa ja päästöjä. Sen tavoitteena on ennaltaehkäisevästi suojella ihmisten terveyttä ja ympäristöä POP-yhdisteiltä. (Pysyviä orgaanisia yhdisteitä koskeva Tukholman yleissopimus 34/2004, 1 artikla, 3 artikla.)

Tukholman yleissopimus koski voimaan tullessaan 12 POP-yhdistettä, joista suurin osa oli torjunta-aineita. Tällä hetkellä sopimukseen on kirjattu 31 yhdistettä. Sopimukseen alun perin kirjatuista 12 POP-yhdisteestä aiheutuvien päästöjen vähentämiseen on sitoutunut kaikkiaan 186 maata. (Suomen ympäristökeskus 2024.)

3.2 POP-asetus

Tukholman yleissopimus on laitettu EU:n jäsenvaltioissa käytäntöön Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksella pysyvistä orgaanisista yhdisteistä, niin sanotulla POP-asetuksella. Asetuksen liitteeseen I on kirjattu POP-yhdisteet, joiden valmistus, markkinoille saattaminen ja käyttö on kielletty. POP-asetuksessa määritellään toimenpiteet näiden tavoitteiden saavuttamiseksi. Lisäksi siinä määritellään POP-yhdisteiden varastointia sekä POP-jätteiden käsittelyä koskevat velvoitteet. Asetus kattaa Tukholman yleissopimukseen kirjatut yhdisteet, ja sitä täydennetään tarvittaessa vastaamaan Tukholman sopimuksen sisältöä. (Asetus 2019/1021/EU: Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus pysyvistä orgaanisista yhdisteistä, 1 artikla, 3 artikla.)

3.3 Jätelaki

Jätelain tarkoituksena on jätteistä ja jätehuollosta terveydelle ja ympäristölle aiheutuvan vaaran ja haitan ehkäisy. Lisäksi lailla pyritään edistämään kiertotaloutta sekä vaikuttamaan jätteiden määrään ja haitallisuuteen. (Jätelaki 2011/646, 1 §.)

Uudistetussa jätelaissa sovelletaan POP-asetukseen kirjattuja säädöksiä koskien POP-yhdisteitä sisältävien jätteiden käsittelyä. Jätelain uudistuksen yhteydessä lakiin kirjattiin velvoitteet koskien POP-jätteiden kirjanpitoa, tiedonantoa sekä siirtoasiakirjoja. (Laki jätelain muuttamisesta 2021/714, 121 §).

3.4 Valtioneuvoston asetus jätteistä

Valtioneuvoston asetus jätteistä täydentää jätelakiin kirjattuja jätehuoltoa koskevia velvoitteita. Jäteasetuksessa säädetään jätehuollon eri toiminnoista kuten jätteen keräämisestä, käsittelystä ja valvonnasta. Siihen on lisäksi kirjattu määräykset muun muassa kirjanpito- ja tiedonantovelvoitteista koskien myös POP-jätteitä. (Valtioneuvoston asetus jätteistä 2021/978, 10 §, 14–16 §, 33 §.)

3.5 Kemikaalilaki

POP-yhdisteistä ja niihin liittyvistä viranomaisvelvoitteista säädetään kemikaalilaissa. Lain tavoitteena on suojella terveyttä ja ympäristöä kemikaalien aiheuttamilta vaaroilta ja haitoilta. Laissa on määritelty muun muassa Turvallisuus- ja kemikaaliviraston, Suomen ympäristökeskuksen sekä Tullin velvollisuudet koskien POP-asetuksen mukaisia kieltoja ja rajoituksia. Lisäksi laissa säädetään ELY-keskuksen ja kunnan ympäristönsuojeluviranomaisen velvollisuudesta valvoa POP-asetuksen noudattamista. (Kemikaalilaki 2013/599, 1 §8 §, 9 §, 11 §, 13 §.)

3.6 Ympäristönsuojelulaki

Ympäristönsuojelulain tarkoituksena on suojella ympäristöä pilaantumiselta sekä ennaltaehkäistä ja vähentää päästöjä. Lailla pyritään lisäksi poistamaan pilaantumisesta aiheutuvia haittoja sekä torjumaan ympäristövahinkoja. Lain tavoitteena on jätteiden määrän ja haitallisuuden vähentäminen. Lakia sovelletaan ympäristön pilaantumista aiheuttavaan toimintaan tai tilanteissa, joissa on riski pilaantumiselle. Se koskee myös kaikkea toimintaa, jossa syntyy jätettä sekä jätteenkäsittelyä. (Ympäristönsuojelulaki 2014/527, 1 §, 2 §.)

4 SANEERAUKSESSA JA PURKAMISESSA SYNTYVÄT JÄTTEET

4.1 Rakennus- ja purkujätteet Suomessa

Jätelain (5 §) mukaan jätteellä tarkoitetaan ainetta tai esinettä, jonka sen haltija on poistanut, poistamassa tai on velvollinen poistamaan käytöstä. Rakennus- ja purkujätteellä puolestaan tarkoitetaan uudis- ja korjausrakentamisessa, maa- ja vesirakentamisessa sekä muissa rakennus ja purkutoiminnoissa syntyvä jätettä (Jätelaki 6 §).

Kaikesta EU:n alueella syntyvästä jätteestä valtaosa, vuonna 2014 lähes 380 miljoonaa tonnia, on rakennus- ja purkujätettä (European Environment Agency 2023). Suomessa rakentamisessa syntyi vuonna 2021 yhteensä 13,3 miljoonaa tonnia jätettä. Rakennus- ja purkujäte oli jätelajeista toiseksi suurin (11 % kaikista jätteistä). Enemmän jätettä syntyi ainoastaan kaivostoiminnasta ja louhinnasta. (Tilastokeskus 2023a.) Merkittävimmät purkamisessa syntyvät jätelajit ovat betonijäte, tiili-jäte, metallit, puujäte, kipsilevyt, lasi, muovit, eristeet, kattuhuopa sekä maa- ja kiviainekset (Lehtonen 2019, 65).

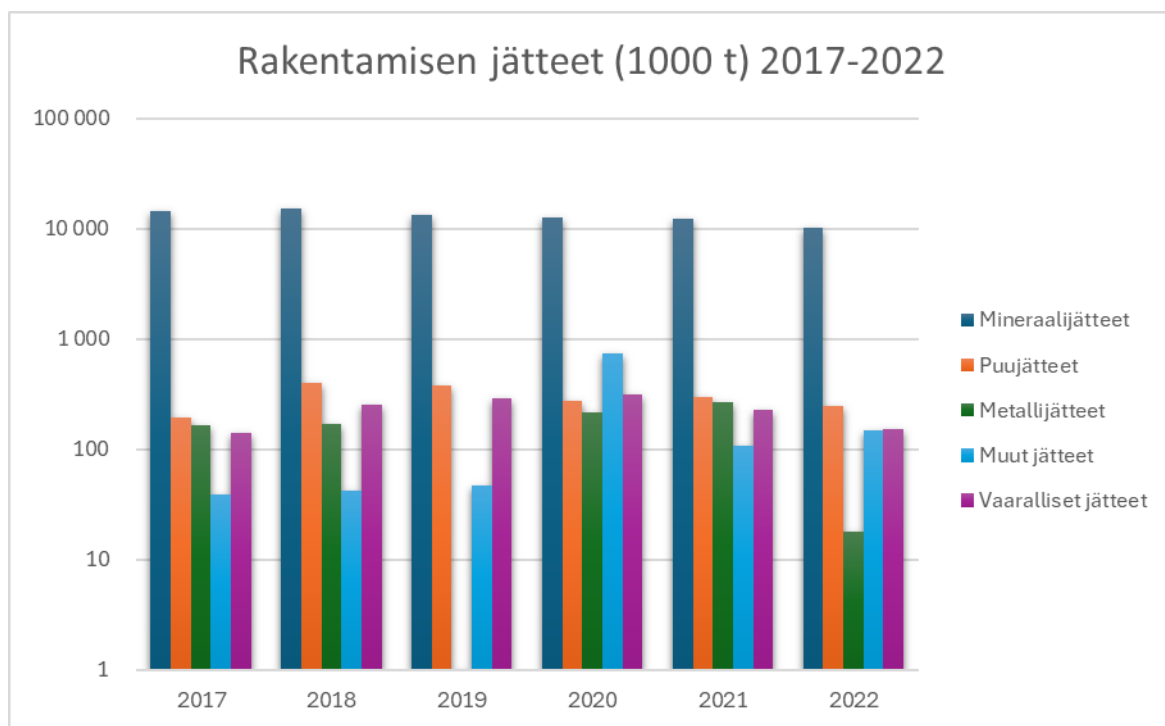
Rakennusjätteen sisältämät jäteluokat sekä niiden määrät vuodelta 2021 ovat nähtävissä taulukossa 1. Rakennusjätteestä valtaosa muodostuu mineraalijätteestä. Seuraavaksi suurimmat ryhmät ovat puu-, metalli- ja vaarallinen jäte. Loput jätejakeet muodostavat alle prosentin osuuden kaikista rakennusjätteistä. Muut jätteet sisältävät lasin sekä muovin/kumin. (Tilastokeskus 2023a.)

Taulukko 1. Rakennusjätteiden määrät vuonna 2021 (Tilastokeskus 2023a)

Jäteluokka	Jättemäärä 1000 tonnia
Mineraalijätteet	12 386
Puujätteet	295
Metallijätteet	264
Vaarallinen jäte	224
Lietteet	57
Muut jätteet	36
Kotitalous- ja muut sekalaiset jätteet	14
Paperi- ja pahvijätteet	1
Kemialliset jätteet	0
Eläin- ja kasvijätteet	0
Yhteensä	13 277

Rakennusjätteen määrä on ollut laskusuuntainen viimeisten vuosikymmenten aikana. Vuonna 2007 jätettä syntyi vielä noin 25 miljoonaa tonnia, kun vuoteen 2021 mennessä määrä oli lähes puolittunut. Sekä mineraalijätteen että toiseksi suurimman jäteluokan, puujätteen, määrä on vähentynyt 2000-luvun aikana. (Laaksonen, Merilehto, Pietarinen & Salmenperä 2017, 38.) Kuvasta 2 käy ilmi

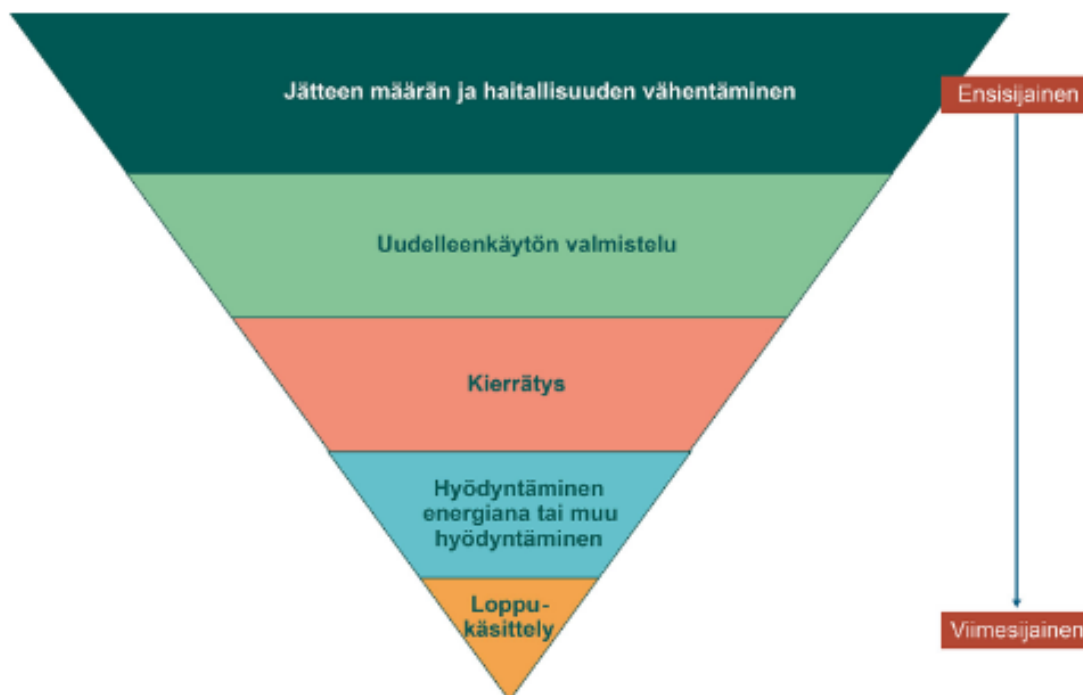
rakentamisen jätemäärät vuosina 2017–2022. Merkittävin ja selkein muutos on tapahtunut mineraalijätteen määrässä, joka on vähentynyt kyseisellä ajanjaksolla neljä miljoonaa tonnia.



Kuva 1. Rakentamisen jätteiden määrä vuosina 2017–2021. Muut jätteet -luokituksen on sisällytetty myös kotitalous- ja muut sekalaiset jätteet, eläin- ja kasvijätteet, lietteet, paperi- ja pahvijätteet sekä kemialliset jätteet. (Tilastokeskus 2023a.)

4.2 Rakennus- ja purkujätteiden käsittely

Kaikkea jätehuoltoa ohjaa jätelain mukainen etusijajärjestys, jota noudattaen on ensisijaisesti pyrittävä vähentämään syntyvän jätteen määrää ja haitallisuutta (Kuva 1). Mikäli jätettä syntyy, tulee se ennen muuta valmistella uudelleenkäyttöä varten. Jos uudelleenkäyttö ei ole mahdollista, on jäte kierrätettävä tai toissijaisesti hyödynnettävä muulla tavoin, kuten energiana. Loppukäsittely eli sijoittaminen kaatopaikalle on sallittua ainoastaan, mikäli hyödyntäminen millään muulla tavoin ei ole mahdollista. (Jätelaki 8 §.)



Kuva 2. Jätelain mukainen etusijajärjestys (Häkkinen 2023)

Vaarattomasta rakennus- ja purkujätteestä vähintään 70 % tulisi uudelleenkäyttää, kierrättää tai muulla tavoin hyödyntää materiaalina. Tavoite on kirjattu Suomen ja EU:n lainsäädäntöön sekä ympäristöministeriön julkaisemaan Valtakunnalliseen jättesuunnitelmaan. (Ympäristöministeriö 2022, 60; Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi jätteistä ja tiettyjen direktiivien kumoamisesta 2008/98/EY, 11 artikla; Asetus 2021/978 27 §.) Lisäksi rakennushankkeiden suunnittelussa ja toteutuksessa tulee huomioida jätteiden haitallisuuden minimointi (Asetus 2021/978 25 §).

Etusijajärjestyksen toteutuminen edellyttää, että rakentamisen ja purkamisen yhteydessä syntyvät jätteet lajitellaan lajin ja laadun mukaan erilleen. Erilliskeräyksen tavoitteena on estää erilaisten jätteiden sekoittuminen. Rakennus- ja purkujätteen haltijan tulee järjestää erilliskeräys vähintään seuraaville jätelajeille:

- betoni, tiili, kivennäislaatat ja keramiikka
- asfaltti
- bitumi ja kattuhuopa
- kipsi
- kyllästämätön puu
- metalli
- lasi
- muovi
- paperi ja kartonki
- mineraalivillaeriste
- maa- ja kiviaines (Asetus 2021/978 26 §.)

Uusi rakentamislaki tulee voimaan vuoden 2025 alusta. Siinä säädetään, että purkuhankkeeseen ryhtyvän on liitettävä rakentamis- ja purkamislupahakemukseen purkumateriaali- ja rakennusjätteselvitys. Selvitykseen kirjataan arviot hankkeessa syntyvistä purkumateriaalien määristä, mikäli määrät eivät ole vähäiset. Purkuhankkeen päätyttyä selvitys päivitetään ajantasaisilla tiedoilla toteutuneista jätteiden määristä, toimituspaikoista ja käsittelystä ja tiedot välitetään Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämään tietokantaan. (Rakentamislaki 16 §.) Purkulupaa hakevan tulee huolehtia jätteiden asianmukaisesta käsittelystä sekä siitä, että käyttökelpoiset rakennusosat uudelleenkäytetään (Rakentamislaki 56 §). Lain velvoittamaa purkumateriaali- ja rakennusjätteselvitystä tullaan täsmentämään erillisellä asetuksella, jonka lopullista muotoa ei ole vielä julkaistu (Ympäristöministeriö julkaisuaika tuntematon b). Uuden lain myötä selvityksestä tulee pakollinen, kun tähän saakka purkuhankkeiden yhteydessä tehtävä purkukartoitus on ollut vapaaehtoinen. Purkukartoitus on sisältänyt purkumateriaaliselvityksen, joka kattaa arvion vaarattomien jätteiden sekä uudelleenkäytettävien ja kierrätettävien materiaalien määrästä. Lisäksi siinä on annettu ohjeita näiden käsittelyyn. Purkukartoitukseen on kuulunut myös haitta-ainekartoitus ja -tutkimukset, joiden avulla voidaan tunnistaa purkukohteissa olevat haitalliset aineet sekä antaa suosituksia niiden purkamiseen ja käsittelyyn. (Hradil, Wahlström, Teittinen & Lehtonen 2019, 13.)

5 YHDISTEET RAKENNUSTEN SANEERAUKSESSA JA PURKAMISESSA SYNTYVISSÄ JÄTTEISSÄ

5.1 POP-jäte

Kaikki POP-yhdisteitä sisältävät jätteet eivät ole automaattisesti POP-jätteitä, vaan luokittelun ja jätteen käsittelytavan kannalta yhdisteiden pitoisuus jätteessä on merkittävä (Ympäristöministeriö 2024, 20). Jätteiden käsittelyn kannalta merkittävät yhdisteet ja niihin sovellettavat pitoisuusrajat on määritellyt POP-asetuksen liitteessä IV. POP-jätteeksi katsotaan jätteet, jotka sisältävät kyseisiä yhdisteitä vähintään liitteeseen kirjattujen alempien pitoisuusrajojen mukaisina pitoisuuksina (Jätelaki 6 §). POP-jätteiden tunnistaminen on tärkeää, koska niiden kierrättäminen on kielletty (Asetus 2019/1021/EU, artikla 7). Pitoisuusrajat ohjaavat POP-jätteiden käsittelyä, tätä käsitellään tarkemmin luvussa 6.

Ympäristöministeriön laatiman POP-jätteiden tunnistusoppaan mukaan rakennusten purkujätteet ovat yksi yleisimmistä POP-yhdisteitä sisältävistä jätevirroista. POP-yhdisteitä voi esiintyä myös sähkö- ja elektroniikkalaiteromussa, romuajoneuvoissa, tekstiilijätteissä, sammutusvaahdoissa, valokuvaustuotteiden jätteissä sekä jätteiden mekaanisessa käsittelyssä syntyvät jätteissä. (Ympäristöministeriö 2023, 27). Kuvasta 3 käy ilmi ne purkamisessa syntyvät jätteet, jotka tulisi kuitenkin aina vailla parempaa tietoa yhdisteen pitoisuudesta lähtökohtaisesti käsitellä todennäköisinä POP-jätteinä.

POP-yhdisteitä todennäköisesti sisältävä rakennusten purkujäte	Mahdollinen POP-yhdiste	Jäteluettelon jätenimike
Betonielementtien sekä ikkunoiden ja ovien saumaussmassat:		
<ul style="list-style-type: none"> • 1950–1970-luvuilla rakennetuista ja julkisivusaneeratuista rakennuksista 	PCB	17 09 02*
<ul style="list-style-type: none"> • 1960–1990 luvuilla rakennetuista ja julkisivusaneeratuista rakennuksista 	SCCP	17 06 03*, 17 06 04
EPS- ja XPS-eristeet (lukuun ottamatta routaeristeitä) 1980–2017 rakennetuista rakennuksista	HBCDD	17 06 03*, 17 06 04, (sandwich-elementit: 17 01 01)
Rakennuksista puretut muut muovit:		eristeet: 17 06 03*, 17 06 04 sähkö- ja elektroniikkalaitteiden muoviosat: 16 02 15*, 16 02 16 muut muovit: 17 02 03, 17 02 04*
<ul style="list-style-type: none"> • 1970–2020 rakennetuista rakennuksista: <ul style="list-style-type: none"> - Muoviset eristemateriaalit; esimerkiksi lämpöeristeet (muut kuin EPS ja XPS), lämmitysputkien ja ilmastointijärjestelmien eristeet - Puuta matkivat materiaalit - Äänieristeet - Sähköjohtojen ja kaapelien läpivientkanavat, ilmanvaihtokanavat 	BDE-yhdisteet	
<ul style="list-style-type: none"> • Rakennusten sähkö- ja elektroniikkalaitteiden muoviosat, kuten johdot ja jakorasiat 	BDE-yhdisteet HBCDD	
<ul style="list-style-type: none"> • Rakennusten sähkö- ja elektroniikkalaitteiden PVC-muovista valmistetut osat, ennen vuotta 2013 valmistetut 	SCCP	
Ennen vuotta 2016 valmistetut teollisuuden hihnakuljettimet (erityisesti kaivosteollisuudesta)	SCCP	16 02 13*, 16 02 14
Patotiivisteet (ennen vuotta 2016 valmistetut)	SCCP	17 06 03*, 17 06 04

Kuva 3. Rakennusten purkujätteet, jotka todennäköisesti sisältävät POP-yhdisteitä ja jotka tulisi sel-
laisina käsitellä, mikäli ei ole muuta tietoa käytettävissä (Ympäristöministeriö 2023, 28)

POP-yhdisteitä voi päätyä saneerauksessa ja purkamisessa syntyviin jätteisiin vielä pitkään siitä huolimatta, että niiden tuotantoa ja käyttöä on rajoitettu. Rakennus- ja purkujätteissä, sähkö- ja elektroniikkaromussa sekä esimerkiksi tekstiilijätteissä on havaittu korkeita POP-yhdistepitoisuuksia. Pitkän käyttöiän omaavilla rakennustuotteilla viive yhdisteiden poistumiseen voi olla vuosikymmeniä, kun taas tekstiilijätteestä POP-yhdisteiden määrän on arvioitu vähenevän nopeammin. Jotta yhdisteiden leviämistä voidaan ehkäistä, tulee POP-yhdisteitä sisältävien haitallisten materiaalin pääsy kierrätykseen estää. (Myllymaa ym. 2019, 7; Ramboll 2019, 61; Ympäristöministeriö 2023.) Haitallisia aineita sisältävät materiaalit tulisi poistaa muun purettavan materiaalin joukosta purkutyön alkaessa (Lehtonen 2019, 35).

5.2 Yleisimmät rakennuspurkujätteessä esiintyvät POP-yhdisteet

POP-yhdisteitä sisältäviin purkujätteisiin lukeutuu erilaisia rakennusmateriaaleja ja -osia, kuten eristeitä ja saumausmassoja sekä esimerkiksi elektroniikkaa. Purettavat rakennukset, etenkin julkisissa tiloissa, voivat sisältää myös tekstiilejä, joissa on käytetty POP-yhdisteitä. (Ympäristöministeriö 2023, 27–28, 39.) Seuraavissa alaluvuissa on käsitelty tavallisimpia purkujätteistä löytyviä POP-yhdisteitä.

5.2.1 PCB

Polykloorattuja bifenyylejä eli PCB:tä on käytetty 1950–1970-lukujen aikana rakennettujen tai julkisivusaneerattujen kohteiden betonielementtien sekä ikkunoiden ja ovien saumausmassoissa. Käyttökohteita ovat olleet maalit, lakat, liimat ja tiivisteet. PCB:tä voi löytyä Suomessa valmistetuista betonielementeistä. Sitä esiintyy myös kondensaattoreissa ja muuntajissa. (Kauppi ym. 2019, 151; Ympäristöministeriö 2023).

PCB:t ovat hyvin pysyviä ja hitaasti hajoavia yhdisteitä, joten päästessään ympäristöön niiden saastuttavat vaikutukset ovat pitkäaikaisia. Elimistöön ne joutuvat ihon, ruoansulatuskanavan tai hengitysteiden välityksellä tai ravinnon kautta. Niiden puoliintumisaika elimistössä on jopa vuosia. PCB-yhdisteet on luokiteltu todennäköisesti syöpää ihmiselle aiheuttaviksi yhdisteiksi. Yhdisteet voivat lisäksi aiheuttaa kehityshäiriöitä ja haitata immuuni- ja hormonitoimintaa. Haitat edellyttävät todennäköisesti pidempiaikaista altistumista PCB:lle. (Valtioneuvosto 2022, 82; Kauppi ym. 2019, 43; Tähinen, Mahiout, Rantio, Isokääntä & Santonen 2022, 82; Työterveyslaitos julkaisuaika tuntematon b.)

5.2.2 SCCP

SCCP eli lyhytketjuinen klooriparafiini on monikäyttöinen kemikaali, jolla on korvattu PCB:n käyttöä. SCCP:tä on käytetty PCB:n tavoin esimerkiksi maaleissa, liimoissa, lakoissa ja saumausmassoissa sekä tekstiileissä, palonestoaineena ja muoveissa. Sitä käyttämällä on tuotteille saatu veden-, sään- ja korroosionkestävyyttä. Suomessa käyttökohteita ovat olleet esimerkiksi rakennusten betonipinnat sekä erilaiset metallipinnat. (Ympäristöministeriö 2023; Kauppi ym. 2019, 152; Junttila 2017b.) SCCP:tä havaitaan uusissa muovituotteissa nykyäänkin (Junttila 2017b). Koska SCCP:tä on käytetty hyvin pitkäikäisissä tuotteissa, kuten saumausmassoissa, on todennäköistä, että sitä esiintyy purkujätteessä vielä vuosien ajan (Kauppi ym. 2019, 88).

SCCP:tä pääsee luontoon pääasiassa tuotteiden valmistuksen yhteydessä, mutta myös käytön ja hävityksen myötä esimerkiksi kaatopaikoilta. SCCP-yhdisteet voivat säilyä hapettomissa oloissa vuosikymmeniä, ja ne kertyvät eliöihin. Ihmiselle altistumisesta voi seurata silmien ja ihon ärtymistä. (Junttila 2017b.) Eläinkokeissa SCCP:n on todettu vaikuttavan esimerkiksi maksaan, munuaisiin ja kilpirauhaseen, ja se on mahdollisesti syöpävaarallinen yhdiste. (Kauppi ym. 2019, 31, 48).

5.2.3 HBCDD

Heksabromisyklododekaani (HBCDD) on bromattu palonsuoja-aine, ja sitä on käytetty Suomessa ja Euroopassa erityisesti EPS- ja XPS-eristeiden palonsuojauksessa. HBCDD:tä voi siten löytyä seinä-, julkisivu-, välipohja- ja kattoeristeistä. Tämän lisäksi yhdistettä voi esiintyä muun muassa pakkausmateriaaleissa, sähkö- ja elektroniikkalaitteiden muovikoteloissa, jakorasioissa sekä sisustustekstiileissä. (Ympäristöministeriö 2023, 28, 34, 39; Viskari, Kauranen, Nieminen, Nippala, Tuominen & Honkala 2018, 11; Ympäristöministeriö 2024, 48.) Heksabromisyklododekaani on tullut markkinoille 1960-luvulla ja sen käyttö on ollut kielletty vuodesta 2013. Suomessa sitä on käytetty 1980-luvulta 2010-luvun puoliväliin saakka. (Viskari ym. 2018, 11.) Rakennuksissa olevia eristeaineita, jotka sisältävät HBCDD:tä, päätyy purkujätteen mukana jätehuoltoon todennäköisesti vielä vuosien ajan (Kauppi ym. 2019, 88). Ympäristöön HBCDD:tä joutuu valmistuksen sekä käytön aikana esimerkiksi kulumisen seurauksena (Valtioneuvosto 2013).

Kuten monet muutkin POP-yhdisteet, myös HBCDD on rasvaliukoinen. Se aiheuttaa haittaa lintujen lisääntymiselle, minkä lisäksi sen on todettu altistavan ihmisiä ja muita nisäkkäitä muun muassa lisääntymis-, kehitys- sekä kilpirauhasaineenvaihdunnan häiriöille. HBCDD:llä on myös vaikutuksia maksan, hermoston ja immuunipuolustusjärjestelmän toimintaan. (Valtioneuvosto 2013; Kauppi ym. 2019.)

5.2.4 BDE

Bromidifenyylieetteri-yhdisteitä (BDE) on käytetty palonsuoja-aineena laajasti 1960-luvulta lähtien. Käyttökohteita ovat olleet muun muassa puu-muovikomposiitit, muoviset eristeet sekä muoviset rakennustuotteet, kuten putket sekä sähkö- ja elektroniikkalaitteiden muoviosat. (Ympäristöministeriö 2023, 31–32.) BDE-yhdisteet voidaan jaotella niissä olevien klooriatomien lukumäärän mukaan (tetra-, penta-, heksa- ja hepta- ja deka-BDE) (Ramboll 2019, 52; Ympäristöministeriö 2023, 31).

Muiden BDE-yhdisteiden käyttö rakennustuotteiden palonsuoja-aineena päättyi Suomessa vuonna 2004, mutta deka-BDE oli käytössä vielä vuoteen 2019 saakka. Sähkölaitteissa sitä ei puolestaan ole käytetty vuoden 2008 jälkeen. (Ympäristöministeriö 2023, 32.) Dekka-BDE:tä on käytetty pääasiassa palonsuoja-aineena muoveissa ja tekstiileissä sekä tiivistysaineissa ja liimoissa (Ympäristöministeriö 2023; Junttila 2017a; Ramboll 2019, 58). Sitä voi esiintyä myös esimerkiksi tietokoneissa ja televisiokaapeleissa. Dekka-BDE on yhä käytössä maailmanlaajuisesti, mutta EU:ssa sitä on korvattu muilla palonestoaineilla. (Junttila 2017a; Ramboll 2019, 58).

Ympäristöön Dekka-BDE pääsee enimmäkseen käytön aikana tai jätteiden välityksellä. Dekka-BDE:n ei arvioida kertyvän eliöihin, mutta se vaikuttaa haitallisesti esimerkiksi vesieliöiden lisääntymiskykyyn ja hormonitoimintaan. Lisäksi se voi muuntua ympäristölle haitallisemmiksi alemman bromausasteen

PBDE-yhdisteiksi. Ihmiselle DekabDE voi aiheuttaa esimerkiksi psyykkisiä ja hermostollisia kehityshäiriöitä, ja altistuminen tapahtuu kosketuksen tai ravinnon välityksellä. (Junttila 2017a.)

5.2.5 HBB

Polybromattuihin bifenyyleihin kuuluva heksabromibifenyylä (HBB) on 1970-luvulla palonsuoja-aineena käytetty yhdiste. 1980-luvulle tultaessa HBB korvattiin bromidifenyylieettereillä, ja sen käyttö kiellettiin kokonaan. (Ympäristöministeriö 2024, 114; Seppälä & Munne 2017.) HBB:tä voi löytyä lämpökestoista muoveista, elektroniikkatuotteista, autoteollisuuden päällysteistä ja polyuretaanivaahdoista sekä lakoista (Ympäristöministeriö 2024, 114).

Käyttökiellon takia HBB:lle altistumisen arvioidaan olevan tänä päivänä harvinaista. Se on kuitenkin erittäin pysyvä ja kaukokulkeutuva yhdiste, joka sitoutuu maaperään, sedimenttiin ja eloperäiseen ainekseen. Sitä on havaittu esimerkiksi kaloissa ja nisäkkäissä, ja ihmisen altistuminen HBB:lle tapahtuu lähinnä ravinnon kautta. HBB vaikuttaa hormonitoimintaan ja aiheuttaa muun muassa iho- ja hermostovaurioita sekä synnynnäisiä epämuodostumia. Se on myös potentiaalisesti syöpää aiheuttava yhdiste. (Seppälä & Munne 2017.)

6 POP-JÄTTEIDEN HUOMIOINTI SANEERAUS- JA PURKUKOHTEIDEN JÄTTEIDEN KÄSITTELYSSÄ

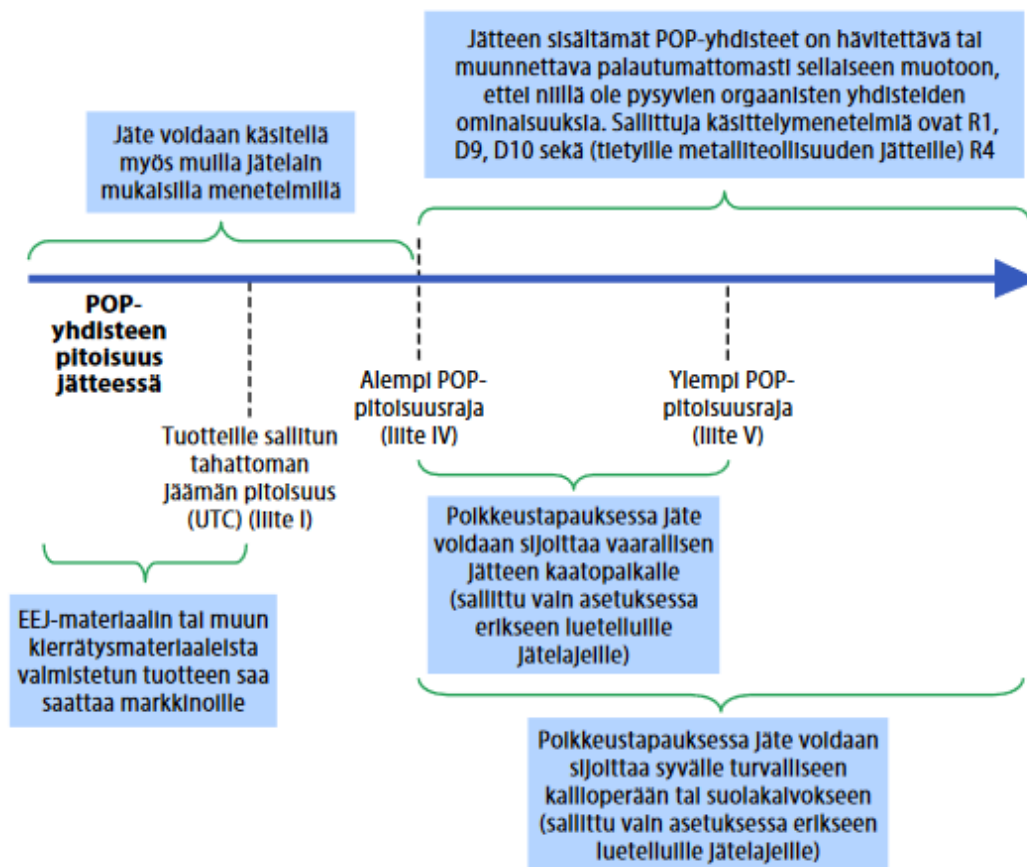
6.1 POP-jätteille sallitut käsittelymenetelmät

POP-jätteiden käsittelystä säädetään POP-asetuksella. Velvoitteita ja rajoituksia sovelletaan asetuksen liitteessä IV lueteltuihin POP-yhdisteisiin. Liitteessä määritellyt pitoisuusrajat ohjaavat jätteiden käsittelyä. Mikäli jäte sisältää muita, kuin kyseisessä liitteessä mainittuja POP-yhdisteitä, voidaan jäte käsitellä muilla jätelain mukaisilla menetelmillä. (Asetus 2019/1021/EU, 7 artikla.) Liitteeseen kirjattujen yhdisteiden pitoisuusrajoja on tiukennettu 10.6.2023 alkaen (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus pysyvistä orgaanisista yhdisteistä annetun asetuksen (EU) 2019/1021 liitteiden IV ja V muuttamisesta 2022/2400/EU, 3 artikla). Taulukossa 2 on esitetty yleisimpien saneeraus- ja purkukohteiden jätteissä esiintyvien POP-yhdisteiden pitoisuusrajat. Pitoisuusrajoja on alennettu SCCP:n (aiemmin 10 000 mg/kg), HBCDD:n (aiemmin 1 000 mg/kg) sekä BDE-yhdisteiden (aiemmin 1 000 mg/kg) osalta. HBCDD:n pitoisuusrajaa tullaan edelleen tarkastelemaan ja tarvittaessa alentamaan viimeistään vuoden 2027 lopulla. BDE-yhdisteiden alemmat pitoisuusrajat tulevat alenemaan vuosien 2025 ja 2027 aikana. (Asetus 2019/1021/EU, liite IV; Asetus 2022/2400/EU.)

Taulukko 2. Pitoisuusrajat yleisimmille saneeraus- ja purkukohteiden jätteissä esiintyville POP-yhdisteille (Asetus 2019/1021/EU, liite IV)

POP-yhdiste	Alempi pitoisuusraja mg/kg	Ylempi pitoisuusraja mg/kg
PCB	50	50
SCCP	1 500	10 000
HBCDD	500	1 000
BDE	500	10 000
	350 29.12.2025	
	200 30.12.2027	
HBB	50	50

Kuvassa 4 on esitetty, kuinka POP-yhdisteen pitoisuus vaikuttaa jätteen käsittelymenetelmiin. Mikäli POP-yhdisteen pitoisuus jätteessä ylittää liitteessä IV ilmoitetun alemman pitoisuusrajan, jätettä ei saa hyödyntää, kierrättää, ottaa talteen tai uudelleenkäyttää sellaisenaan. Jätteet tulee käsitellä joko siten, että POP-yhdisteet hävitetään kokonaan tai ne muunnetaan palauttamattomasti niin, ettei jäljelle jäävillä yhdisteillä tai päästöillä ole POP-yhdisteiden ominaisuuksia. Asetuksen liitteessä V on puolestaan määritelty osalle yhdisteistä ylemmät pitoisuusrajat, joiden ylittämisestä seuraa POP-jätteiden käsittelyn kannalta lisärajoituksia. (Asetus 2019/1021/EU, artikla 7, liite IV, liite V.)



Kuva 4. Jätteen käsittely POP-yhdisteen pitoisuuden perusteella (Ympäristöministeriö 2024)

Sallitut loppukäsittely- ja hyödyntämismenetelmät POP-yhdisteiden hävittämiseksi tai muuntamiseksi palautumattomasti ovat kemiallinen tai fysikaalinen käsittely (D9), polttaminen (R1 tai D9) tai metallien ja metalliyhdisteiden kierrätys tai talteenotto (R4) (Asetus 2019/1021/EU, liite IV).

Loppukäsittelymenetelmistä yleisin on POP-yhdisteiden hävittäminen polttamalla (Myllymaa ym. 2015, 61). Polttolämpötila riippuu POP-yhdisteiden sisältämien halogenoitujen orgaanisten yhdisteiden (fluorin, kloorin tai bromin) pitoisuudesta. Jos pitoisuus on enemmän kuin yksi prosentti kloorina ilmaistuna tai jäte on luokiteltu vaaralliseksi jätteeksi, lämpötilan tulee olla vähintään 1 100 °C vähintään kahden sekunnin ajan. Polttolämpötilana tulee olla vähintään 850 °C, mikäli halogenoitujen orgaanisten aineiden pitoisuus vaarallisessa jätteessä on alle yhden prosentin kloorina ilmaistuna tai jäte on luokiteltu vaarattomaksi jätteeksi. (Myllymaa ym. 2015, 61; Ympäristöministeriö 2024, 69.)

POP-yhdisteiden palautumaton muuntaminen voidaan saavuttaa erilaisin fysikaalis-kemiallisin käsittelyin. Menetelmän soveltuvuus vaihtelee yhdisteen mukaan, ja siihen vaikuttavat myös esimerkiksi yhdisteen pitoisuus jätteessä tai jätteen olomuoto. Yli- ja alikriittisen veden avulla tapahtuvaa hape- tusta voidaan tämänhetkisen tiedon mukaan hyödyntää kaikille POP-yhdistelle, samoin kuin

kaasufaasin kemiallista pelkistystä. Molemmat menetelmät soveltuvat myös eri olomuodon omaaville jätteille. Alkalimetallipelkistystä, emäskataloitua hajottamista sekä katalyyttistä kloorinpoistoa vedyn avulla käytetään muun muassa PCB:tä sisältävien jätteiden käsittelyyn. (Ympäristöministeriö 2024, 76–77.)

POP-jätteiden kierrättäminen on sallittu ainoastaan tietyille raudan- ja teräksenvalmistuksessa syntyville jätteille. Tällaisia ovat esimerkiksi savukaasujen käsittelyssä ja suodatuksessa muodostuvat pölyt ja lietteet sekä kuparisulattamoiden kaasunpuhdistusjärjestelmistä tulevat pölyt. Kierrättäminen edellyttää jätteenpolttoasetuksen mukaisia laitteistoja, minkä lisäksi sovellettavissa prosesseissa tulee tapahtua raudan, rautaseosten ja värimetallien talteenottoa. (Asetus 2019/1021/EU, liite V.)

Pysyvä varastointi on sallittua poikkeustapauksissa, mikäli POP-yhdisteiden hävittäminen tai palautumaton muuntaminen ei ole mahdollista ja on ympäristön kannalta haitallisempi vaihtoehto, kuin pysyvä varastointi. POP-jätteet voidaan varastoida pysyvästi syvälle turvalliseen kallioperään, suolakai-voksiin tai vaarallisille jätteille tarkoitetuille kaatopaikoille. Poikkeusmenettely edellyttää viranomais-luvan. Pysyvä varastointi vaarallisen jätteen kaatopaikalle on sallittua, mikäli POP-asetuksen liit-teessä V säädetty yhdisteen ylempi pitoisuusraja ei ylitä. (Asetus 2019/1021/EU, liite V.)

POP-jätteen esikäsittely on mahdollista, kunhan liitteessä IV mainitut aineet erotetaan jätteestä esi-käsittelyn aikana ja loppukäsittellään jollakin edellä mainituista menetelmistä. Erottelu voidaan tehdä esimerkiksi murskaamalla, höyrystämällä tai mekaanisella erottelulla. Jätteen laimentaminen tai muulla tavoin pitoisuuden alentaminen on kielletty. Esikäsittelyn menetelmiä voidaan hyödyntää myös ylemmän pitoisuusrajan ylittävillä jätteillä. (Asetus 2019/1021/EU, liite V; Ympäristöministeriö 2024, 65.)

POP-jätettä voidaan varastoida tilapäisesti, mikäli se on tarpeen ennen esikäsittelyä tai sallittuja lop-pukäsittelymenetelmiä. Varastoinnin tulee tapahtua erillään muista jätteistä tai materiaaleista kui-vassa ja vettä läpäisemättömässä tilassa. Jäte tulee pakata sen olomuodon edellyttämällä tavalla siten, ettei siitä saa aiheutua päästöjä veteen, ilmaan tai maaperään. (Ympäristöministeriö 2024, 64–65.)

Määriteltäessä, onko POP-yhdisteitä sisältävä jäte vaarallista jätettä, sovelletaan valtaosaan yhdis-teistä POP-asetuksen alemmaa pitoisuusrajaa. Vaarallisella jätteellä tarkoitetaan jätettä, jolla on tie-tyt vaaraominaisuudet, kuten terveydelle ja ympäristölle vaarallinen tai tartuntavaarallinen (Jätelaki 6 §). Osalle POP-yhdisteistä vaarallisen jätteen pitoisuusrajaksi on määritelty yleinen vaarallisen ai-neen pitoisuusraja jätteissä, ja tämä koskee HBCDD:tä, SCCP:tä sekä BDE-yhdisteitä (tetra-, penta-, heksa-, hepta- ja dekabromidifenyylieetterit). Esimerkiksi HBCDD:llä alempi pitoisuusraja on 500 mg/kg, mutta vaarallisen jätteen pitoisuusraja 30 000 mg/kg. Vaikka jäte luokiteltaisiin pitoisuusra-jan perusteella vaarattomaksi jätteeksi, mutta alempi pitoisuusraja ylittyy, tulee jäte käsitellä POP-jätteen edellyttämällä tavalla. (Ympäristöministeriö 2024, 46, 48, 153–156.)

Mikäli POP-yhdisteitä sisältävien kierrätysmateriaalien tai -tuotteiden jätteeksi luokittelu päättyy, so-velletaan näihin EEJ (ei enää jätettä) -materiaaleihin POP-asetuksen liitteeseen I määriteltyjä tahat-tomien jäämien pitoisuusrajoja. Materiaali tai tuote voidaan edelleen saattaa markkinoille, mikäli ky-seiset pitoisuusrajat alittuvat. Pitoisuusrajat on määritelty muun muassa HBCDD:lle, SCCP:lle, BDE-

yhdisteille, mikä lisäksi pitoisuusrajaa ollaan valmistelemassa esimerkiksi PCB:lle. (Ympäristöministeriö 2024, 30–31, Asetus 2019/1021/EU 4 artikla.)

6.2 Selvilläolovelvollisuus

Jätelain mukaan jätteen haltijalla on velvollisuus olla selvillä niistä jätteen ominaisuuksista, joilla on merkitystä jätehuollon järjestämisen kannalta. Jätteen haltijan tulee olla tietoinen jätteen ja jätehuollon ympäristö- ja terveysvaikutuksista. Selvilläolovelvollisuutta sovelletaan POP-jätteisiin, koska ne vaikuttavat oleellisesti jätehuollon toteutukseen. Jätteen haltijalla tarkoitetaan sitä tahoa, jonka hallussa jäte on, joten velvollisuus koskee vuorollaan eri tahoja jätehuollon eri vaiheissa. Ensisijaisesti velvollisuus kuitenkin koskee jätteen tuottajaa. Saneeraus- ja purkukohteissa POP-jätteet tulisi selvittää hankkeen suunnitteluvaiheessa purkukartoituksen yhteydessä. (Jätelaki 12 §, Ympäristöministeriö 2024, 39.)

Myös ympäristönsuojelulain mukaan toiminnanharjoittajalla on selvilläolovelvollisuus toimintansa ympäristövaikutuksista ja -riskeistä. Toiminnanharjoittajan on toiminnassaan huomioitava ympäristön pilaantumisen ennaltaehkäisy ja rajoittaminen. Toiminnasta aiheutuvia päästöjä on seurattava, ja tarpeelliset päästö- sekä kemikaali ja jätetiedot on toimitettava viranomaiselle. Kemikaalien käytöstä ei saa aiheutua merkittävää ympäristön pilaantumisen vaaraa. (Ympäristönsuojelulaki 6 §.)

6.3 Kirjanpitovelvollisuus

Toiminnasta, jossa syntyy POP-jätettä, tulee jätelain 118 §:n mukaisesti pitää kirjaa. Kirjanpitovelvoite koskee jätteen tuottajaa, kuljettajaa, välittäjää ja kerääjää sekä jätteiden ammattimaisia tai laitospäiväisiä käsittelylaitoksia ja tahoja, jotka tarvitsevat toimintaansa ympäristöluvan. Kirjanpitovelvollisuus ei koske kotitalouksia. (Jätelaki 118 §, Ympäristöministeriö 2024, 41.) Kirjapidosta tulee käydä ilmi jätteen määrä, jätenimike ja kuvaus jätelajista, jätteen tyyppi sekä alkuperä ja toimituspaikka. POP-jätteestä tulee kirjata sen sisältämät POP-yhdisteet. (Asetus 2021/978, 33 §.)

6.4 Siirtoasiakirjavelvollisuus

Jätteen kuljetus ja käsittely on dokumentoitava lain edellyttämin siirtoasiakirjoin. Jätteen haltija on velvollinen laatimaan siirtoasiakirjan POP-jätteiden kuljettamista varten. Siirtoasiakirja on laadittava ennen siirron aloitusta ja luovutettava siirron jälkeen jätteen lainmukaiselle vastaanottajalle. Sen tulee sisältää valvonnan ja seurannan kannalta tarvittavat tiedot: jätteen laji, laatu, määrä, alkuperä, toimituspaikka ja -päivämäärä, käsittelytapa sekä kuljettaja. (Jätelaki 121 §.)

Siirtoasiakirja tulee jätelain mukaan laatia sähköisenä. Kaikilla jätteen siirtoon osallistuvilla tulee olla pääsy siirtoasiakirjan tietoihin, ja sen tulee olla luettavissa siirron aikana. Jätteen haltija vastaa siirtoasiakirjassa olevien tietojen oikeellisuudesta sähköisellä allekirjoituksella. Samoin jätteen kuljettaja ja vastaanottaja vahvistavat oman toimintansa. Mikäli siirtoasiakirjaan tehdään muutoksia, tulee ne olla havaittavissa jälkikäteen, eikä alkuperäisiä tietoja saa hävittää. (Jätelaki 121 §.)

6.5 Käsittely- ja tarkkailusuunnitelma

Jätelain mukaan jätteen ammattimaisesta tai laitospäiväisestä käsittelystä vastaavan toiminnanharjoittajan on säännöllisesti ja suunnitelmallisesti seurattava ja tarkkailtava järjestämäänsä jätehuoltoa.

Toiminnanharjoittajan tulee esittää ympäristöviranomaiselle ympäristöluvanvaraisen jätteen käsittelyä koskeva käsittely- ja tarkkailusuunnitelma. (Jätelaki 120 §.) Suunnitelman tulee sisältää muun muassa tiedot käsiteltäväksi vastaanotetuista jätteistä sekä jätteiden laadun POP-jätteiden tunnistamiseksi. Siinä tulee kuvata käsittelyyn liittyvät mahdolliset häiriö-, vaara- ja poikkeustilanteet sekä tarkkailun kannalta keskeiset käsittelyvaiheet. (Asetus 2021/978 41 §).

Toiminnanharjoittajalla on POP-jätteitä koskeva kirjanpito- ja tiedonantovelvollisuus. Kirjanpitovelvoite koskee toiminnassa syntynyttä, kuljetettua, välitettyä tai käsiteltyä jätettä. Kirjapidosta tulee käydä ilmi jätteen laji, laatu, määrä, alkuperä ja toimituspaikka. Myös jätteen kuljetus ja käsittely on dokumentoitava lain edellyttämin siirtoasiakirjoin. POP-jätteiden kuljettamista varten jätteen haltija on velvollinen laatimaan siirtoasiakirjan. Siirtoasiakirja on laadittava ennen siirron aloitusta ja luovutettava siirron jälkeen jätteen lainmukaiselle vastaanottajalle. Sen tulee sisältää valvonnan ja seurannan kannalta tarvittavat tiedot eli jätteen lajin, laadun, määrän, alkuperän, toimituspaikan ja -päivämäärän, käsittelytavan sekä kuljettajan. (Jätelaki 2011.)

Tiedonsaantioikeus tarkoittaa sitä, että valvontaviranomaisella, ympäristöministeriöllä ja Suomen ympäristökeskuksella tai tämän määräämällä virkamiehellä tai viranhaltijalla on oikeus pyynnöstä saada valvonnan sekä lain täytäntöönpanon kannalta tarpeelliset tiedot jätteen haltijalta. Lisäksi valvontaviranomaisilla ja niiden määräämillä virkamiehillä on muun muassa oikeus tehdä tarkastuksia ja tutkimuksia, toteuttaa mittauksia ja ottaa näytteitä sekä tarkkailla toiminnan ympäristö- ja terveysvaikutuksia. (Jätelaki 2011.)

Ympäristönsuojelulain mukaan toiminnanharjoittajalla on selvilläolovelvollisuus toimintansa ympäristövaikutuksista ja -riskeistä. Toiminnanharjoittajan on toiminnassaan huomioitava ympäristön pilaantumisen ennaltaehkäisy ja rajoittaminen. Toiminnasta aiheutuvia päästöjä on seurattava, ja tarpeelliset päästö- sekä kemikaali ja jätetiedot on toimitettava viranomaiselle. Kemikaalien käytöstä ei saa aiheutua merkittävää ympäristön pilaantumisen vaaraa. (Ympäristönsuojelulaki 2014.)

6.6 POP-jätteiden lajittelu

Koska POP-jätteiden käsittely eroaa muista jätteistä, tulisi POP-jätteet pystyä lajittelemaan erilleen heti syntypaikalla, jotta ne eivät pääse saastuttamaan muita jätteitä käsittelyn myöhemmissäkään vaiheissa (Ympäristöministeriö 2024, 39). On tärkeää varmistaa, että POP-yhdisteitä sisältävät jätteet eivät ohjaudu kierrätykseen. Lajittelun jälkeen muut saman jakeen jätteet on mahdollista käsitellä niille soveltuvilla menetelmillä, kuten kierrättämällä. Erottelua ei tarvita, mikäli kaikki kyseiset jätteet tullaan polttamaan. (Ympäristöministeriö 2024, 84, 95.)

POP-jätteiden erottelu muusta jätteestä voidaan tehdä manuaalisesti tai koneellisesti murskatusta jätteestä. Ennen murskausta jätteestä tulisi lajitella erilleen mahdollisuuksien mukaan tunnistetut POP-jätteet. (Ympäristöministeriö 2024, 88.) Erottelua on mahdollista tehdä kokemustiedon perusteella, mutta siinä olisi suositeltavaa hyödyntää POP-yhdisteiden tunnistamiseen soveltuvia laitteita (Ympäristöministeriö 2024, 89). POP-yhdisteiden tunnistamista on käsitelty seuraavassa alaluvussa.

6.7 POP-yhdisteiden tunnistaminen

Käsiteltäessä jätteitä, jotka voivat todennäköisesti sisältää POP-yhdisteitä, tulisi jätteen tuottajilla, ammattimaisilla kerääjillä, vastaanottajilla ja käsittelijöillä olla POP-jätteiden tunnistamiseen suunnitelma ja menettelyt (Ympäristöministeriö 2024, 39). POP-yhdisteitä voidaan tunnistaa erilaisin menetelmin, mutta niiden käyttöön ja soveltuvuuteen liittyy haasteita. Laboratoriomenetelmien käyttö on kallista, eikä niitä ole saatavilla kaikille yhdisteille. Lisäksi laboratorioanalyysien hitaus rajoittaa niiden käytettävyyttä, minkä vuoksi ne soveltuvat parhaiten yksittäisiin pistokoemaisiin tutkimuksiin. Jätteiden heterogeeninen koostumus vaikeuttaa osaltaan POP-yhdisteiden määrällistä tutkimista. Kemiallisen tunnistamisen lisäksi POP-yhdisteitä on pyritty tunnistamaan myös niiden sisältämien alkuaineiden perusteella, mutta tällöin alkuaineen alkuperän varmistamiseen liittyy epävarmuutta. Tunnistamisessa voidaan hyödyntää myös käyttöturvallisuustiedotteita. (Ympäristöministeriö 2023, 46.)

POP-jätteiden tunnistamisessa tulee noudattaa ympäristönsuojelulain mukaisia vaatimuksia koskien mittausten ja tutkimusten laadunvarmistusta. Valittujen menetelmien tulee olla tarkoituksenmukaisia ja näytteenottajan riittävän perehtynyt. (Ympäristönsuojelulaki 209 §.) Näytteenotto pätevyyden voi osoittaa vapaaehtoisella henkilösertifikaatilla. Tutkimuslaboratoriolla tulee olla osoitettu pätevyys menetelmien suorittamiseen sekä voimassa oleva laatujärjestelmä. POP-yhdisteiden tunnistamista ja analysointia ohjataan lisäksi standardein. (Ympäristöministeriö 2023, 47–48.)

6.7.1 Kemiallinen tunnistaminen

POP-yhdisteet voidaan tunnistaa luotettavimmin kemiallisia analyysimenetelmiä käyttäen (Myllymaa ym. 2015). Osalle yhdisteistä, kuten PCB:lle, PBDE-yhdisteille, HBCDD:lle ja SCCP:lle, on julkaistu niiden tunnistamista ohjaavia standardeja.

Kaasukromatografia-massaspektrometri (GC-MS) on yleisimmin POP-yhdisteiden tunnistamiseen käytetty menetelmä (Myllymaa ym. 2015). Kromatografiassa yhdisteen tunnistaminen tapahtuu tutkimalla aineen kulkeutumista suhteessa liikkuvaan faasiin, johon puolestaan liikkumaton faasi vaikuttaa. Kaasukromatografiassa tutkittava näyte höyrystetään ja liikkuvana faasina on kaasu, niin sanottu kantajakaasu, joka kuljettaa näytettä. Kaasukromatografi soveltuu kaasujen, nesteiden ja kiinteiden aineiden tutkimiseen. (Mäkinen 2018, 2, 7–8.) Kaasukromatografilla erotellut aineet voidaan tunnistaa käyttäen massaspektrometriä. Massaspektrometri ilmaisee yhdisteen massan, jonka avulla voidaan tunnistaa eri molekyyliä. (Agilent julkaisuaika tuntematon.) GC-MS on käytössä muun muassa SCCP:n, HBCDD:n sekä PBDE-yhdisteiden tunnistamiseen. Kaasukromatografiaa sovelletaan lisäksi PCB:n analysoinnissa. (Ympäristöministeriö 2023, 49–52.)

6.7.2 Tunnistaminen alkuaineen perusteella

Röntgenfluoresenssi (XRF) mahdollistaa POP-yhdisteiden tunnistamisen niissä olevien alkuaineiden perusteella. Tutkittavan tuotteeseen kohdistetaan röntgensäteilyä käsikäyttöisellä XRF-analysaattorilla, mikä saa alkuaineissa aikaan säteilyä, jonka perusteella alkuaine voidaan tunnistaa. Menetelmää voidaan soveltaa tuotteiden yksittäiseen analysointiin esimerkiksi sähkö- ja elektroniikkalaitteiden purkamisen yhteydessä, ja se antaa tuloksen nopeasti (3–60 sekunnissa). (Ympäristöministeriö 2023, 53; Ympäristöministeriö 2016, 68.)

XRF-analysaattoria käytetään erityisesti muovituotteissa olevien alkuaineiden mittaamiseen, mutta se soveltuu myös esimerkiksi tekstiilien ja maalien tutkimiseen. Laitteella voidaan mitata bromipitoisuuksia SE-laitteiden muoviosista sekä EPS- ja XPS-eristeistä sekä muovituotteiden klooripitoisuuksia. (Ympäristöministeriö 2023, 53; Ympäristöministeriö 2016, 68.) HBCDD:n tunnistaminen eriste-materiaaleista on myös mahdollista (Viskari ym. 2018, 9).

POP-yhdisteiden tunnistaminen SSS-spektroskopian (sliding spark spectrometry, kipinäherätteinen optinen spektrometri) avulla perustuu niin ikään alkuaineiden lähettämän säteilyn mittaamiseen. Menetelmässä näytettä höyrytämällä ja valokaarikipinän avulla saadaan aikaan säteilyä, josta käsikäyttöinen spektrometri tunnistaa alkuaineen. (Ympäristöministeriö 2023, 54–55; Ympäristöministeriö 2016, 69.) SSS-spektroskopia soveltuu bromin, fluorin ja kloorin mittaamiseen muoveista. Bromin määräysraja on 1 000 mg/kg, mutta luotettavana on pidetty 10 000 mg/kg määräysrajaa. Menetelmällä on voitu tunnistaa jätteestä SCCP, mutta pitoisuusrajojen tiukennuttua ei tätä voi enää luotettavasti tehdä. (Ympäristöministeriö 2023, 54–55.)

Upotus-kellutuksella voidaan erotella eri tiheyden omaavia materiaaleja toisistaan. Se soveltuu esimerkiksi bromattujen palonestoaineiden tunnistamiseen muovijätteestä. Menetelmässä murskattu jäte laitetaan väliaineeseen, esimerkiksi suolaliuokseen, jolloin liuoksen tiheyttä kevyemmät kappaleet kelluvat ja tiheydeltään suuremmat uppoavat pohjaan. (Ympäristöministeriö 2023 55; Ympäristöministeriö 2016, 69.)

Röntgentransmissio (XRT, X-ray transmission) tunnistaa eri jättemateriaaleja niiden optisen tiheyden perusteella, mikä pohjautuu bromipitoisuuksien erotteluun. Menetelmää käytetään automatisoiduissa linjastoissa esimerkiksi SER-jätteiden käsittelyssä. (Ympäristöministeriö 2023, 55; Ympäristöministeriö 2016, 69).

LIB-spektroskopia (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy) perustuu tutkittavasta tuotteesta lähtevän säteilyn havaitsemiseen. Siinä tutkittavaan tuotteeseen kohdistetaan laserpulsssi, joka saa aikaan plasmapiilven, josta säteilevä valo hajautetaan spektrometrissä ja tutkitaan kuva-anturilla. LIB-spektroskopiolla voidaan potentiaalisesti tunnistaa ja mitata kaikkia alkuaineita. Sitä käytetään muovien ja sähkö- ja elektroniikkalaiteromun tutkimiseen. (Norin, Oskarsson, Brodin, Halling & Sallermo 2020, 14.)

NIR-spektroskopia (Near-Infrared Region of the Electromagnetic spectrum) eli lähi-infrapuna-analyysi erottaa eri muovilaadut sen perusteella, miten eri muovipolymeerit imevät ja heijastavat infrapunavaloa. Menetelmää käytetään kierrätysteollisuudessa erityisesti muovien tunnistamiseen, ja sen avulla voidaan erottaa POP-yhdisteitä todennäköisesti sisältävät muovit. NIR soveltuu myös muille materiaaleille, kuten rakennus- ja purkujätteille sekä tekstiileille. (Ympäristöministeriö 2016, 69; Norin ym. 2020, 11.)

FTIR-spektroskopiassa (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) eli muunnosinfrapunaspektroskopiassa molekyylin kemialliset sidokset tunnistetaan infra-puna-absorptiospektriä käyttäen. Sitä käytetään teollisuudessa eri muovilajien lajitteluun ja sitä voidaan hyödyntää bromattujen palonsuojaineiden tunnistamiseen muoveista. Menetelmää olisi mahdollista hyödyntää myös tekstiilien lajittelussa. FTIR-spektroskopian käyttö ei vahingoita tutkittavaa materiaalia. (Norin ym. 2020, 12.)

Raman-spektroskopiassa tunnistus tapahtuu laserilla molekyyli­rakenteiden perusteella. Menetelmällä mitataan näytteen pinnasta siroavaa valoa. Raman-spetroskopiassa näytteitä voidaan tutkia niitä vahingoittamatta. Muihin menetelmiin verrattuna se on kuitenkin kalliimpi ja hankalampi käyttää. Sillä voidaan kuitenkin tuottaa lisäarvoa infrapuna-analyyseillä tehtäviin mittauksiin. (Norin ym. 2020, 15.)

7 SANEERAUS- JA PURKUKOHTEIDEN TUOTTEIDEN UUELLEENKÄYTTÖ

7.1 Uudelleenkäyttö

Jätelain (6 §) mukaan uudelleenkäytöllä tarkoitetaan tuotteen tai sen osan käyttämistä alkuperäisessä käyttötarkoituksessaan. Uudelleenkäyttö on kiertotalouden mukaista toimintaa, jolla säästetään luonnonvaroja verrattuna uuden tuotteen valmistukseen. Samalla vähennetään jätteiden ja niiden käsittelystä aiheutuvan ympäristökuormituksen määrää. (Suomen ympäristökeskus 2023). Uudelleenkäytöllä voidaan varmistaa, että tuotteen koko elinkaaren aikana muodostunut arvo säilyy mahdollisimman pitkään (Seppälä, Sahimaa, Honkatukia, Valve, Antikainen, Kautto, Myllymaa, Mäenpää, Salmenperä, Alhola, Kauppila & Salminen 2016, 23).

Uudelleenkäytön valmistelu tarkoittaa toimia, joilla käytöstä poistettu tuote voidaan saattaa käyttöön uudelleen ilman muuta esikäsittelyä. Valmistelu sisältää tuotteen tarkistamisen, puhdistamisen ja korjaamisen. (Jätelaki 6 §.) Jätettä keräävän tahon tulee mahdollistaa uudelleenkäytön valmistelua harjoittaville yrityksille ja yhteisöille (Jätelaki 11 §).

7.2 Uudelleenkäyttö rakentamisessa ja purkamisessa

Rakentamisen vaikutukset ympäristöön ovat huomattavat. Rakennukset ja rakentaminen kuluttavat globaalisti noin puolet kaikista luonnonvaroista ja aiheuttavat noin kolmanneksen kasvihuonekaasupäästöistä. Myös lähes kolmasosa kaikesta jätteestä syntyy rakennusalalla. (Ympäristöministeriö julkaisuaika tuntematon a.) Saneeraus- ja purkuhankkeiden suunnittelussa onkin tärkeää huomioida rakennusosien ja materiaalien mahdollinen uudelleenkäyttö, jotta voidaan vähentää rakennusjätteen määrää sekä tarvetta uusien tuotteiden valmistukselle. (Lehtonen 2019, 21.)

Uudelleenkäytettävien rakennusosien ja -materiaalien uudelleenkäytössä on otettava huomioon tuotteiden turvallisuus ja terveellisyys sekä ihmiselle että ympäristölle (Zhu, Mäntylä & Lahdensivu 2022, 40.) Terveydelle uhkaa aiheuttavat etenkin sellaiset aineet, joiden käyttö on tänä päivänä kielletty, mutta joille voi altistua esimerkiksi rakennusten purkamisen ja purkuosien uudelleenkäytön yhteydessä. Uudelleenkäytettävien tuotteiden turvallisuus riippuu niiden sisältämistä haitta-aineista ja niiden määrästä. Myös tuotteen käyttökohteella ja -tarkoituksella on merkitystä mahdollisten altistumisreittien kannalta. (Tähtinen, Mahiout, Rantio, Isokääntä & Santonen 2022, 76.) Myös rakennuslaki (33 §) velvoittaa käyttämään rakentamisessa tuotteita, joista ei aiheudu terveydelle tai ympäristölle haittaa.

Itse purkutyö tulee suunnitella siten, että uudelleenkäytettävien tuotteiden irrottaminen, käsittely sekä mahdollinen varastointi ovat toteutettavissa. Jotta tuotteet voidaan uudelleenkäyttää, tulee ne irrottaa ehjänä, mikä vie enemmän aikaa ja vaatii perinteisestä purkutyöstä poikkeavia menetelmiä. Uudelleenkäyttö tulee huomioida purkuhankkeissa varhaisessa vaiheessa. (Lahdensivu, Teittinen & Raimovaara 2022, 37–38.)

7.3 POP-yhdisteitä sisältävien tuotteiden uudelleenkäyttö

Vaikka POP-yhdisteiden käyttöä on rajoitettu, voidaan niitä sisältävien tuotteiden käyttöä edelleen tietyin ehdoin jatkaa. POP-yhdistettä sisältävän tuotteen uudelleenkäyttö on mahdollista, mikäli tuotetta ei missään välissä luokitella jätteeksi. Uudelleenkäyttö edellyttää kuitenkin sitä, etteivät POP-

yhdistepitoisuudet ylitä POP-asetuksessa säädettyjä pitoisuusrajoja. Uudelleenkäytön kannalta on olennaista myös yhdistettä koskevan kiellon tai rajoituksen voimaantulon ajankohta. Jos tiettyä yhdistettä sisältävä tuote on jo ollut käytössä silloin, kun kyseistä yhdistettä koskeva kiello tai rajoitus on tullut voimaan, ei tuotetta tarvitse poistaa käytöstä. (POP-asetus; Ympäristöministeriö 2024.)

Vaikka POP-yhdisteitä sisältävän tuotteen uudelleenkäyttö olisi sallittua, tulee siinä huomioida yhdisteiden mahdollisesti aiheuttamat riskit. Riskejä voi ilmetä erityisesti, mikäli tuotteen käyttökohde merkittävästi muuttuu, esimerkiksi ulkotiloissa käytössä ollut tuote siirretään sisäkäyttöön. Uudelleenkäytettäviin tuotteisiin olisikin aiheellista merkitä tiedot niiden sisältämisestä POP-yhdisteistä, jotta ne osataan huomioida uusissa käyttökohteissa. Tieto POP-yhdisteistä on oleellinen jätehuoltoa varten myös siinä vaiheessa, kun tuotteesta tulee jätettä. (Ympäristöministeriö 2024.)

Tuotteiden käyttökielto tulee kyseeseen tiettyjen PCB:tä sisältävien tuotteiden kohdalla. Osa PCB:tä sisältävistä laitteista, kuten muuntajia, ei ole saanut käyttää 1990-luvun lopun jälkeen. Käyttökielto ulottuu jatkossa laajempaan osaan PCB-laitteita, joiden PCB-pitoisuus on yli 0,005 % ja joissa on PCB:tä yli 0,05 dm³ (aiemman rajan ollessa 5 dm³). Kyseiset PCB:tä sisältävät muuntajat, kondensaattorit tai muut nesteitä sisältävät säiliöt tulee poistaa käytöstä vuoden 2025 loppuun mennessä, eikä niiden uudelleenkäyttöön ohjaamista ennen tuota ajankohtaa enää suositella. (Ympäristöministeriö 2024.)

Osa POP-yhdisteistä on kirjattu REACH-asetukseen niin sanottuina erityistä huolta aiheuttavina aineina (SVCH, Substance of Very High Concern), mikä tulee huomioida myös uudelleenkäytön yhteydessä. Näitä SVCH-aineita koskee tiedonanto- ja ilmoitusvelvollisuus. (Ympäristöministeriö 2024.)

8 POP-JÄTTEIDEN KÄSITTELYN NYKYTILA JA HAASTEET

Opinnäytetyötä varten haastateltiin kolmea purkualalla toimivaa yritystä heidän kokemuksistaan POP-jätteiden käsittelystä purkuprosesseissa. Haastateltavien mukaan POP-yhdisteet näkyvät purku-kohteista tehdyissä haitta-ainekartoituksissa ja -tutkimuksissa vaihtelevasti. Osasta kartoituksia POP-yhdisteet puuttuvat kokonaan, ja haitta-ainekartoituksissa nähtiin kokonaisuudessaan kehitettävää POP-yhdisteiden huomioimisen osalta. Haastatelluista toimijoista yksi ilmoitti tutkineensa PCB-pitoisuuksia käsittelemistään jätteistä. Tähän saakka ainoastaan asbestikartoitus on ollut pakollinen purettaville ja saneerattaville rakennuksille, mutta muihin haitta-aineisiin ei ole kohdistunut lakisääteisiä velvoitteita. Suosituksena on ollut, että haitta-aineet kartoitetaan laajemmin ennen vuotta 1995 rakennetuista ja pinta-alaltaan yli 100 m² rakennuksista. Kartoituksessa on suositeltu huomioimaan muun muassa PCB ja bromatut palonestoaineet. (Hradil ym. 2019, 17, 30–31.) On arvioitu, että POP-yhdisteet tullaan huomioimaan laajemmin tulevassa purkumateriaali- ja rakennusjätteselvitystä koskevassa asetuksessa (Ympäristöministeriö 2024, 44).

Tietoisuutta ja tietoa POP-yhdisteistä tulee lisätä eri toimijoiden keskuudessa. Alalla toimiville yrityksille tulisi järjestää mahdollisuuksia kouluttautumiseen samoin kuin tietoa POP-yhdisteistä tulisi sisällyttää eri koulutusasteiden opintosisältöihin. Tietoa tulisi olla saatavilla matalalla kynnyksellä ja eri tarpeet huomioiden. (Kauppi ym. 2019, 124.) Myös haastatellut purkualan edustajat kokivat, että tiedottamista ja koulutusta POP-jätteistä tarvitaan lisää, jotta POP-jätteet osataan käsitellä oikein ja purkumateriaaleihin ja -prosesseihin liittyvät riskit pystytään tunnistamaan. Esimerkiksi asbestin käsittelyyn liittyvät prosessit koetaan tänä päivänä vakiintuneiksi, mutta POP-jätteiden kohdalla käytäntöjen selkeyttäminen ja juurtuminen kuvautuu olevan vielä kesken.

Keskusteluissa purkualan toimijoiden kanssa nousi esille purkuhankkeiden tilaajan ja kilpailuttajan vastuu tehtävien purkukartoitusten laajuudesta ja sitä kautta haitta-ainetutkimusten kattavuudesta. Purkutyön laajuus ja siten hinnoittelu perustuvat tehtyyn haitta-ainekartoitukseen, joka ohjaa myös purkutyötä toteuttavan toimijan prosesseja. Onkin tärkeää, että tiedonkulkua tuotteiden sisältämistä haitallisista aineista kehitetään tuotteen elinkaaren ja jätehuollon eri vaiheissa, jotta eri toimijat voivat huomioida ne päätöksenteossaan (Kauppi 2019, 134).

9 TUTKIMUS POP-YHDISTEIDEN ESIINTYMISESTÄ PURKUKOHTTEESSA

9.1 Tutkimuskohde

Tutkittavana kohteena on Kuopiossa (Sammakkolammentie 12) sijaitseva Puijonlaakson palvelukeskus (Kuva 3). Rakennus on valmistunut vuosien 1979–1981 aikana. Palvelukeskuksen on arvioitu tulleen elinkaarensa päähän, ja se on päätetty purkaa. (Kuopion kaupunki 2022.)



Kuva 5. Puijonlaakson palvelukeskus (Savon Sanomat 2022)

Rakennuksen tilat ovat neljässä kerroksessa. Ensimmäisessä kerroksessa sijaitsee muun muassa toimistoja, suurkeittiö, liikuntasali, uima-allas sekä muita yhteisiä tiloja. Osa ensimmäisen kerroksen tiloista oli otettu pois käytöstä. Toinen ja kolmas kerros ovat osatiloja, joissa on asukkaiden huoneistoja sekä muun muassa henkilökunnan tiloja. Neljännessä kerroksessa ovat häkkivarastot sekä rakennuksen ilmanvaihtokoneet.

9.2 Purkukartoitus

Sitowise Oy on tehnyt alkuvuodesta 2024 palvelukeskusta koskevan purkukartoituksen, johon on sisällytetty haitta-ainekartoitukset sekä materiaalien inventaario. Haitta-ainekartoitus perustuu kohteessa tehtyihin kenttätutkimuksiin. (Sitowise Oy 2024, 4.)

9.2.1 Asbesti- ja haitta-ainetutkimus

Asbestia on käytetty muun muassa palonsuoja-aineena, eristeenä sekä lisäämään materiaalien kuluksenkestoa. Asbesti aiheuttaa vakavia keuhkosairauksia, ja sen uusikäyttö on ollut kielletty Suomessa vuodesta 1993. Myös asbestia sisältävien tuotteiden uudelleenkäyttö on kielletty. (Työterveyslaitos julkaisuaika tuntematon a.) Rakennuksessa otetuissa näytteissä oli todettu asbestimateriaaleja. Esimerkiksi rakennuksen julkisivun maalipinta sekä IV-kanavien liitososien liima sisälsivät asbestia. (Sitowise Oy 2024, 5.)

Betonista ja tiilestä otetuista näytteistä oli tutkittu muiden haitta-aineiden lisäksi PCB-yhdisteiden pitoisuudet. Nämä pitoisuudet alittivat kummassakin näytteessä POP-asetuksen liitteen IV pitoisuusrajan. (Sitowise Oy 2024, liite 2).

Rakennuksessa oli todettu olevan raskasmetalleja vaarallisen jätteen raja-arvon ylittävinä pitoisuuksina. Lisäksi oli havaittu haitallisiksi katsottuja tuotteita, jotka tulee huomioida jätteidenkäsittelyssä, kuten loisteputkia, sytyttämiä, elektroniikkaromua ja kyllästettyä puuta. (Sitowise Oy 2024, 5.)

9.2.2 Purkumateriaaliselvitys

Purkukartoituksen mukaan rakennuksesta syntyy 4 500 tonnia betonijätettä sekä 1 210 tonnia tiilijätettä. Betonin osuus koko purkumassasta on noin 75 % ja tiilen 20 %. Osana kartoitusta oli tutkittu sekä betonin että tiilen hyötykäyttökelpoisuutta. Tutkimusten perusteella rakennuksen purkamisessa syntyvää betonijätettä voi ensisijaisesti hyötykäyttää kaikissa maanrakentamiskohteissa, jotka on määritelty valtioneuvoston asetuksessa eräiden jätteiden hyödyntämisestä maanrakentamisessa. (Sitowise Oy 2024, 5, 8, 13.) Tällaisia kohteita ovat väylät, kentät, vallit ja näiden rakennekerrokset sekä teollisuus- ja varastorakennusten pohjarakenteet (Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maanrakentamisessa 2017/843 3 §). Ennen hyötykäyttöä tulee varmistaa betonin kelpoisuus maanrakennuskäyttöön murskatusta betonista otettavilla laadunvarmistusnäytteillä. Haitalliset aineet ja niiden raja-arvot on määritelty niin sanotussa MARA-asetuksessa. (Sitowise Oy 2024, 8; Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maanrakentamisessa 2017/843, liite 2). Tämän lisäksi betoni tulee erotella muista materiaaleista, kuten muovista, kumista ja eristemateriaaleista (Sitowise Oy 2024, 8). Betonijäte voidaan sijoittaa tavanomaisen tai vaarallisen jätteen kaatopaikalle. Sijoittaminen pysyvän jätteen kaatopaikalle on kielletty. (Sitowise Oy 2024, 5.) Pysyvällä jätteellä tarkoitetaan jätettä, josta ei aiheudu vaaraa terveydelle tai ympäristölle esimerkiksi liukenemisen, hajoamisen, huuhtoutumisen tai fysikaalisten, kemiallisten tai biologisten muutosten takia (Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 2013/331 3 §).

Tiilestä otetuissa näytteissä oli havaittu vanadiinin ja molybdeenin pitoisuuksia, jotka ylittävät asetuksen 2017/843 maanrakennuskelpoisuuden edellyttämät raja-arvot, minkä vuoksi rakennuksesta syntyvä tiilijäte ei ole soveltuva hyödynnettäväksi maanrakennuskohteissa. Tiilestä mitattu PCB-pitoisuus on alle pitoisuusrajojen. Myös tiilijäte soveltuu sijoitettavaksi tavanomaisen tai vaarallisen jätteen kaatopaikalle, ei pysyvän jätteen kaatopaikalle. (Sitowise Oy 2024, 6, 8.) Tiilet on mahdollista purkaa kokonaisina, jolloin ne voidaan uusiokäyttää esimerkiksi kivetyksissä, mutta tämä edellyttäisi käsin tehtävää purkua (Sitowise Oy 2024, 8).

Rakennuksesta syntyy kaakelijätettä arviolta 48 tonnia. Kaakelinnoitetta on käytetty esimerkiksi keittiöissä sekä pesu- ja WC-tiloissa. Osa rakennuksen WC-istuinista ja altaista on arvioitu uudelleenkäyttökelpoisiksi. Kaakelijäte on suositeltu hyödynnettäväksi ensisijaisesti betonimurskeen seassa edellyttäen, että kaakelit saadaan eroteltua pohjamateriaalista. (Sitowise Oy 2024, 9.)

Puujätteen määräksi on arvioitu noin 20 tonnia. Puuta on rakennuksen ikkuna- ja ovirakenteissa sekä alakatoissa. Puujäte lajitellaan käsittelemättömään, sekalaiseen ja kyllästettyyn puuhun, joka on vaarallista jätettä. Sekalainen puu käsittää puiset levyt ja kalusteet sekä maalatun puun. Puu on suositeltu kierrätettäväksi eli hyödynnettäväksi materiaalina. Mikäli kierrättäminen ei ole mahdollista, voidaan se hyödyntää energiana. (Sitowise Oy 2024, 10.)

Eristemateriaalia rakennuksessa on noin 81 tonnia, josta suurin osa mineraalivillaa tai EPS-eristettä. Mineraalivilla lajitellaan loppusijoitettavaksi kaatopaikalle tai muuhun rakennusjätteeseen. (Sitowise

Oy 2024, 10.) EPS-eristeet, samoin kuin XPS-eristeet, jotka ovat peräisin 1980–2017 valmistuneista rakennuksista, tulee käsitellä todennäköisenä POP-jätteenä, ellei saatavilla ole muuta tietoa (Ympäristöministeriö 2023, 23).

Lasijätteen määräksi on arvioitu noin 90 tonnia. Lasi voidaan kierrättää materiaalina esimerkiksi uuden lasin tai vaahtolasin valmistukseen. Lasijätteen kierrätyskelpoisuudesta tulee varmistua. Rakennuksen ikkunat eivät kuntosaa puolesta ole uudelleenkäyttökelpoisia. (Sitowise Oy 2024, 23.)

Rakennuksessa purkamisessa syntyy arviolta noin 90 tonnia metallijätettä. Tämä muodostuu esimerkiksi lämpöpattereista, kylpyhuonekalusteista, kaiteista sekä metallikalusteista. Purkamisen yhteydessä metallit lajitellaan ja ohjataan kierrätettäväksi. (Sitowise Oy 2024, 23.)

Muovijätteen määräksi on arvioitu kahdeksan tonnia, joka syntyy muovimatoista ja -tapeteista sekä vinyylilaatoista. Muovitapeteissa todettiin olevan raskasmetalleja (sinkki) yli vaarallisen jätteen raja-arvon ylittävänä pitoisuuksina, eivätkä ne siten ole kierrätettävissä. Muovien kierrätyksen haasteena on lisäksi eri muovilajien tunnistaminen. Mikäli kierrättäminen ei ole mahdollista, lajitellaan ne joko energia- tai purkujätteeseen tai käsitellään vaarallisena jätteenä. (Sitowise Oy 2024, 10–11.)

Kumibitumikermejä ja bitumisivelyä on käytetty ala-, väli- ja yläpohjissa, sokkeleissa sekä kumibitumikermejä vesikatteen ja yläpohjan höyrynsulkuna. Näiden arvioitu kokonaismäärä on noin 25 tonnia. Bitumi voidaan kierrättää materiaalina asfaltin raaka-aineena. (Sitowise 2024, 11.)

9.3 Kohteesta syntyvät materiaalivirrat, jotka todennäköisesti sisältävät POP-yhdisteitä

Rakennusten purkamisen yhteydessä syntyvät POP-yhdisteitä mahdollisesti sisältävät jätevirrat muodostuvat varsinaisista rakennuspurkujätteistä, kuten saumausmassoista ja maaleista, minkä lisäksi rakennuksista voidaan purkaa sähkö- ja elektroniikkaromua sekä tekstiilijätettä. Purettavissa rakennuksissa voi lisäksi olla POP-yhdisteitä sisältäviä sammutusvaahtoja, mikä tulee huomioida purettavia rakennuksia tyhjennettäessä. (Ympäristöministeriö 2023, 27.) Seuraavassa tarkastellaan Puijolaakson palvelukeskuksen purkamisen yhteydessä syntyviä todennäköisesti POP-yhdisteitä sisältäviä materiaalivirtoja.

9.3.1 Purkujäte

Palvelukeskus on betonielementtitalo. Rakennusvuotensa perusteella elementtien saumausmassoissa on voitu käyttää SCCP:tä. Yhdistettä voi esiintyä myös rakennuksen ikkunoiden ja ovien tiivisteissä. Myös PCB:tä on käytetty vielä 1970-luvulla rakennettujen rakennusten saumausmassoissa, ikkunoiden lämpölasien lasiliimoissa ja tiivistysmassoissa. (Ympäristöministeriö 2023, 28–29.) Saumausmassoja uusitaan, minkä takia niiden pitoisuudet pienenevät vuosien saatossa (Ympäristöministeriö 2023, 29).

Rakennuksessa käytetyssä EPS-eristeessä voi olla HBCDD:tä. Sitä voi esiintyä vuosien 1980–2017 välillä valmistuneissa rakennuksissa. (Ympäristöministeriö 2023, 28, 31.) BDE-yhdisteitä voi esiintyä rakennuksen lämmitysputkien ja ilmastointijärjestelmien eristeissä sekä sähköjohtojen ja kaapelien läpivientikanavissa että ilmanvaihtokanavissa. (Ympäristöministeriö 2023, 28.)

Maaleissa voi esiintyä SCCP:tä, jota on käytetty palonsuoja-aineena eri pinnoitteissa. Niillä on saatu myös elastisuutta sekä veden-, sään- ja korroosionkestoa. Sitä on käytetty esimerkiksi puupintojen ja julkisivujen maaleissa. Sitä on käytetty myös uima-altaiden maaleissa. PCB-yhdisteitä voi esiintyä rakennuksen betonipinnoilla. (Ympäristöministeriö 2023, 30.) POP-yhdisteitä sisältävillä maaleilla ja muilla pinnoitteilla käsiteltyjä materiaaleja ei toistaiseksi käsitellä todennäköisenä POP-jätteenä (Ympäristöministeriö 2023, 29).

9.3.2 Sähkö- ja elektroniikkalaiteromu

Sähkö- ja elektroniikkalaiteromulla (SER) tarkoitetaan jätelain 5 §:n mukaisesti käytöstä poistettua tai poistettavaa sähkö- ja elektroniikkalaitetta. Myös laitteeseen kuuluneet osat, osakokoonpanot ja kulutusosat ovat SER-jätettä. (Valtioneuvoston asetus sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta 2014/519.)

Rakennuksen purkamisen yhteydessä syntyy erilaista sähkö- ja elektroniikkalaiteromua, joka voi sisältää POP-yhdisteitä. Muoviosat, kuten johdot ja jakorasiat, sisältävät mahdollisesti BDE-yhdisteitä. Vastaavissa HIPS-muovia sisältävissä osissa voi lisäksi olla HBCDD:tä. Ennen vuotta 2013 valmistetuissa PVC-muovia sisältävissä SE-laitteiden osissa, kuten kaapeleissa ja jakorasioissa, voi olla SCCP:tä. Edellä mainittu sähkö- ja elektroniikkalaiteromu sisältää todennäköisesti POP-yhdisteitä ja tulee siksi käsitellä POP-jätteenä, ellei toisin ole todennettu. (Ympäristöministeriö 2023, 28, 33.)

POP-yhdisteitä voi esiintyä lisäksi esimerkiksi jääkaapeissa olevissa HIPS-muovista valmistetuissa osissa. Näissä on voitu käyttää okta- ja deka-BDE:tä. Jääkaappien eristeinä olevassa polyuretaanissa voi puolestaan olla penta-BDE:tä. (Ympäristöministeriö 2023, 34.)

9.3.3 Tekstiili

Julkisissa tiloissa, kuten sairaaloissa ja vanhainkodeissa, on käytetty palonsuojattuja tekstiilejä. Niiden käyttökohteita voivat olla esimerkiksi huonekalujen verhoilut sekä niiden polyuretaani- ja polystyreenitäytteet, verhot, matot ja patjat. Käytettyjä yhdisteitä ovat deka-BDE, HBCDD, SCCP sekä penta-BDE. Rakennusvuoden perusteella näiden yhdisteiden käyttö on mahdollista, koska sekä HBCDD:n, deka-BDE:n että SCCP:n käyttö on ollut sallittua vielä 2010-luvulla. (Ympäristöministeriö 2023, 39.)

9.3.4 Sammutusvaahdot

Tietyissä sammutusvaahdoissa on käytetty POP-yhdisteitä, minkä vuoksi ne tulee lähtökohtaisesti käsitellä POP-jätteenä käytöstä poiston yhteydessä. Tällaisia ovat B-luokan sammutusvaahdot, jotka voivat sisältää PFOS-yhdisteitä, sekä sammutusvaahdot. (Ympäristöministeriö 2023, 41.) Sammutusvaahdot jaetaan luokkiin A-F sammutettavan materiaalin perusteella. B-luokan sammutusvaahdot soveltuu neste- ja öljypaloille. (Presto Oy julkaisuaika tuntematon.) Puijonlaakson palvelukeskuksessa on käytetty B-luokituksen omaavia sammutusvaahdot.

9.4 Tutkimus POP-yhdisteiden esiintymisestä kohteessa

POP-yhdisteiden esiintyvyyttä tutkittiin kaikkiaan kolmestatoista Puijonlaakson palvelukeskuksessa olevasta tuotteesta. Yhteenvedo tuotteista sekä näistä tutkitut yhdisteet on esitetty taulukossa 3.

Tutkittavien kohteiden valinnassa huomioitiin tuotteiden uudelleenkäytettävyys, määrä sekä POP-yhdisteiden potentiaalinen esiintyvyys. Tutkimuskohteissa painottuivat potentiaalisesti uudelleenkäyttöön ohjautuvat tuoteryhmät, kuten irtaimisto, kiintokalusteet ja sähkölaitteet.

Rakennuspurkumateriaalien uudelleenkäyttöä Pohjois-Savossa kehittävä Elävä säätiön hallinnoima Kieppu-hanke (EAKR) kartoitti Puijonlaakson palvelukeskuksesta uudelleenkäytettäviä tuotteita ja materiaaleja. Hankkeen tekemä uudelleenkäyttökartoitus käsitti 1200 tuotetta. Uudelleenkäytettäviksi arvioidut tuotteet ja materiaalit esipurettiin kohteesta Elävä säätiön toimesta. Tutkimuskohteiden valinnassa huomioitiin hankkeen toteuttaman uudelleenkäyttökartoituksen sisältö.

Taulukko 3. Tutkittavat tuotteet sekä niistä analysoitavat POP-yhdisteet

Tuote	Tutkittava yhdiste
Betonielementtien saumausmassa	SCCP
Kaapinovi	SCCP, BDE
Paljeovi	SCCP
Tuoli kangasverhoilu	SCCP, BDE, HBCDD
Tuoli keinonahkaverhoilu	SCCP, BDE, HBCDD
Tuoli pehmuste, kangasverhoilu	SCCP, BDE, HBCDD
Tuoli pehmuste, keinonahkaverhoilu	SCCP, BDE, HBCDD
Valokytkin	BDE
Pistorasia	BDE
Sähkökaapeli	BDE, HBCDD
Antennijohto	BDE, HBCDD
Loisteputkivalaisin katto	BDE
Loisteputkivalaisin kph	BDE

Betonielementtien saumausmassa on POP-yhdisteiden osalta riskimateriaali palvelukeskuksen rakennusvuosi huomioiden. Vuonna 1981 valmistuneen rakennuksen saumausmassojen voidaan olettaa sisältävän SCCP:tä, ellei toisin voida todeta. Näyte otettiin rakennuksen julkisivun betonisaumasta.

SCCP- sekä BDE-yhdisteiden pitoisuudet tutkittiin maalatusta lastulevykaapista otetusta näytteestä. Kaappeja oli kohteen 2. ja 3. kerroksen huoneistojen kylpyhuoneissa, ja niitä irrotettiin esipurun aikana uudelleenkäyttöön 35 kappaletta.

Kohteessa oli 80 paljeovea, joista seitsemän purettiin uudelleenkäyttöä varten. Paljeövet olivat alkuperäiset ja ne olivat maalattua lastulevyä, joiden nivelosa sisälsi kumia/muovia. Paljeovista tutkittiin SCCP-pitoisuus.

9.5 Näytteenotto ja analysointi

Näytteet kerättiin palvelukeskuksella toteutetun esipurkutyön yhteydessä huhtikuun 2024 aikana poikkeuksena näyte saumausmassasta, joka otettiin kesäkuussa 2024. Tutkittavat tuotteet pakattiin irrotuksen jälkeen yksittäin ilmatiiviisiin pusseihin, ja isompien kappaleiden kohdalla leikattiin näytepala käyttäen puhdistettuja työvälaineitä. Näytteiden analysointi tapahtui Eurofins-laboratorion kautta. Näytteet on analysoitu käyttäen kaasukromatografi-massaspektrometriä (GC-MS).

9.6 Tulokset

Taulukko 4. Tulokset Puijonlaakson palvelukeskuksesta otetuista näytteistä

Yhdiste	Yksikkö	Tutkittava näyte												
		Saumaus- massa	Kaapinovi	Paljeovi	Tuoli kangas- verhoilu	Tuoli nahka- verhoilu	Tuoli pehmuste (kangas- verhoilu)	Tuoli pehmuste (keino- nahka- verhoilu)	Valo- kytkin	Pistorasia	Sähkö- kaapeli	Antenni- johto	Loiste- putki- valaisin katto, kokooma	Loiste- putki- valaisin kph, kokooma
SCCP	mg/kg	330 000	<50	<50	<50	<50	<50	<50	-	-	-	-	-	-
tri-BDE	mg/kg	-	<10	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
penta-BDE	mg/kg	-	<10	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
heksa-BDE	mg/kg	-	<10	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
hepta-BDE	mg/kg	-	<10	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
okta-BDE	mg/kg	-	<10	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
nona-BDE	mg/kg	-	<10	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
deka-BDE	mg/kg	-	<10	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
mono-BDE	mg/kg	-	<10	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
di-BDE	mg/kg	-	<10	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
HBCDD	mg/kg	-	-	-	<10	<10	<10	<10	-	-	<10	<10	-	-

Puijonlaakson palvelukeskuksesta otettujen näytteiden tulokset on esitetty taulukossa 4 sekä liitteessä 2. Betonielementin saumausmassasta mitattu SCCP-pitoisuus (330 000 mg/kg) ylitti POP-asetuksen liitteen IV pitoisuusrajan. Kaikkien muiden näytteiden tutkitut POP-yhdistepitoisuudet olivat alle alemman pitoisuusrajan.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Puijonlaakson palvelukeskuksesta betonielementin saumaussmassasta todettu SCCP-pitoisuus on 220-kertainen POP-asetuksen liitteen IV alemmaan pitoisuusrajaan nähden. Tutkimustulos ei poikkea ympäristöministeriön laatiman POP-jätteiden tunnistusoppaan suosituksesta, jonka mukaan kyseisellä aikavälillä rakennetuista taloista purettavat betonielementtien sekä ikkunoiden ja ovien saumaussmassat tulisi aina käsitellä POP-jätteenä, ellei käytettävissä ole muuta tietoa (Ympäristöministeriö 2023, 28). Saumaussmassajätettä koskevat siis POP-asetuksen mukaiset jätehuoltoon koskevat velvoitteet. SCCP:tä sisältävää saumaussmassan hyödyntäminen, kierrättäminen tai talteen ottaminen on kielletty, ja se tulee hävittää tai muuntaa palautumattomasti. Saumaussmassajätteen pysyvä varastointi on myös kielletty. (Asetus 2019/1021/EU 7 artikla, liite IV, liite V.) Basel Conventionin (2023) mukaan SCCP:tä sisältävien jätteiden käsittelytekniikoiksi soveltuvat tämänhetkisen tiedon mukaan vaarallisen jätteen polttolaitokset, rinnakkaispoltto sementtiuunissa tai modernit yhdyskuntajätteen polttolaitokset. Lisäksi sopivia menetelmiä ovat yli- ja alikriittisen veden avulla tapahtuva hapetus sekä kaasufaasin kemiallinen pelkistys. (Ympäristöministeriö 2024, 68.)

Jotta betonielementit voitaisiin kierrättää, tulisi saumaussmassat, kuten muutkin betonimurskeeseen kuulumattomat materiaalit, erotella elementeistä ja poistaa kierrosta. Epäpuhtauksia voidaan poistaa mekaanisesti, minkä lisäksi erottelussa voidaan hyödyntää myös esimerkiksi paineilmaa. (Lehtonen 2018, 12.) Riskinä on lajittelun onnistumisen epävarmuus ja haitta-aineiden sekoittuminen betonimurskeeseen. On tärkeää, että haitta-aineet tunnistetaan ennen purkutyön aloittamista, jotta ne voidaan huomioida betonin murskaus- ja lajitteluprosessissa.

Palvelukeskuksesta otetuista näytteistä kaikkien muiden paitsi saumaussmassasta otetun näytteen POP-yhdistepitoisuudet olivat alle POP-asetuksen liitteen IV alemman pitoisuusrajan. POP-yhdisteitä ei löytynyt tutkituista kiintokalusteista, irtaimistosta tai sähkölaitteista ja tarvikkeista. POP-jätteitä koskevat rajoitukset ja velvoitteet eivät siis koske kyseisiä tuotteita, eivätkä vaikuta niiden uudelleenkäyttöön, kierrättämiseen tai hävittämiseen. Vaikka pienen otannan vuoksi ei voi vielä tehdä johtopäätöksiä POP-yhdisteiden esiintymisestä vastaavissa tuotteissa muissa purkukohteissa, on tieto kuitenkin huojentava näiden uudelleenkäyttöön esipurettujen tuotteiden kohdalla.

Jätteiden sisältämien yhdisteiden tunnistaminen on keskeistä jätteiden asianmukaisen käsittelyn toteutumiseksi. Valtakunnalliseen jätesuunnitelmaan on kirjattu tavoitteita ja toimenpiteitä jätteiden haitallisuuden vähentämiseksi sekä kiertotalouden mukaisen jätehuollon kehittämiseksi. Valtakunnallisen jätehuoltosuunnitelman mukaisesti POP-yhdisteiden tunnistamista ja käsittelyä tulisi tehostaa. Keinona on lisätä tutkimus- ja kokeilurahoitusta POP-yhdisteiden tunnistamiseen sekä kierrätysteknologioiden kehittämiseen. Painopisteenä on erityisesti POP-yhdisteitä mahdollisesti sisältävä SE-laiteromu. (Ympäristöministeriö 2022, 56, 66.) Rakennusjätteiden osalta tavoitteena on lisätä rakentamisen jätteiden laadukasta hyödyntämistä, mihin liittyen kehityskohteena on saumaussmassoissa olevien haitta-aineiden tunnistaminen. Jätesuunnitelman mukaan saumaussmassojen SCCP-pitoisuuksia tulisi selvittää erityisesti 1970–1990-luvuilla rakennettujen rakennusten purkamisen yhteydessä. (Ympäristöministeriö 2022, 64.) Myös tämän opinnäytetyön tutkimustulos betonielementtien saumaussmassasta osoittaa, että toimenpide on aiheellinen.

Rakennus- ja purkujätteelle on asetettu 70 % kierrätystavoite (Asetus 2021/978 27 §). Vuonna 2020 kierrätysaste oli 56 % (Tilastokeskus 2023b). Tavoite on siis vielä täyttymättä. On kuitenkin tärkeää, että POP-jätettä sisältävät materiaalivirrat poistetaan kierrosta, vaikka se vähentäisi kierrätykseen päätyvien materiaalien määrää (Kauppi ym. 2019. 122).

11 POHDINTA

Pääsääntöisesti POP-yhdisteet eivät aiheuta toimenpiteitä vielä siinä vaiheessa, kun yhdisteitä sisältävä tuote on alkuperäisessä käytössään. Haastavaksi tilanne muuttuu silloin, kun tuote siirtyy haltijalta toiselle tai sitä ollaan poistamassa käytöstä. Tuotteen haltijan tulisi olla tietoinen, sisältääkö omistamansa tuote POP-yhdisteitä. Tämän lisäksi tarvitaan vielä tieto yhdisteen pitoisuudesta. Nämä tiedot ovat olennaisia erityisesti siinä vaiheessa, kun tuotteen käyttöikä on tullut päähänsä ja tuotetta ollaan hävittämässä. Tuotteen haltijan tulisi myös olla perillä, mikäli tuotteen käyttöä ei käyttökiellon vuoksi saa missään tilanteessa jatkaa. Koska erilaisia POP-yhdisteitä on paljon ja POP-jätteitä sisältäviä virtoja syntyy moninaisista kohteista, on niiden tunnistaminen ja seuranta kuitenkin haastavaa. Jotta POP-yhdisteitä sisältävät jätteet voidaan käsitellä asianmukaisesti, tulisi jokaisen toimijan tiedostaa POP-jätteisiin liittyvät velvoitteensa. Käytännössä tämän toteutuminen on vaikeaa, koska POP-yhdisteiden tunnistamiseen liittyvä analytiikka ei ole vielä tänä päivänä helposti ja edullisesti kaikkien saatavilla. Kuluttajilla ei käytännössä ole edellytyksiä täyttää selvilläolovelvollisuuteen liittyviä vaatimuksia. Saneerausta ja purkamista ammattimaisesti toteuttavien tahojen pitäisi kuitenkin pystyä tunnistamaan ja erottelamaan POP-jätteet. Velvoitteet voivat myös tarkentua tulevassa purku- ja rakennusjäteselvitystä koskevassa asetuksessa. Lisäksi voidaan myös pohtia, tulisiko jätteitä vastaanottavilla tahoilla olla nykyistä paremmat edellytykset seuloa POP-jätteet vastaanottamistään jätteistä.

Rakentamiseen kulumien luonnonvarojen sekä sen aiheuttamien ympäristö- ja ilmastovaikutusten vuoksi on tärkeää, että rakentamisessa käytettävien tuotteiden ja materiaalien käyttöikä voidaan pidentää. Rakennustuotteiden uudelleenkäyttöön liittyy kuitenkin vielä kielteisiä asenteita ja ennakkoluuloja, jotka voivat liittyä esimerkiksi totuttuihin tapoihin ja toisaalta tuotteiden turvallisuuteen. Käyttökelpoisetkin käytetyt rakennustuotteet voivat sen vuoksi jäädä alihyödyntämättä. Samalla on kuitenkin huomioitava, että uudelleenkäyttö tehdään turvallisesti ja mahdollisimman läpinäkyvästi, eikä uudelleenkäyttöön päädy siihen soveltumattomia tai kiellettyjä tuotteita.

POP-yhdisteiden aiheuttamien haittojen vähentämiseksi on olennaista lisätä esimerkiksi rakennus- ja ympäristöalalla toimivien ammattilaisten osaamista koskien POP-yhdisteitä ja -jätteitä. Tarve koulutautumiselle ja tietoisuuden lisäämiselle nousi esiin myös purkualan edustajien kanssa käydyissä keskusteluissa. Uudelleen- ja uusiokäyttöä ammattimaisesti toteuttavien kiertotaloustoimijoiden, kuten kierrätyskeskusten, olisi myös aiheellista olla tietoisia POP-yhdisteistä ja niihin liittyvistä velvoitteista. Materiaalivirtojen moninaisuus hankaloittaa edellytyksiä tunnistaa POP-yhdisteitä kyseisten toimijoiden keskuudessa, mutta toiminnassa olisi mahdollista ottaa huomioon potentiaaliset riskimateriaalit ja niitä koskevat ohjeistukset. Edellä mainitut kiertotaloustoimijat voisivat jo tämän perusteella osaltaan tehdä kuluttajille kohdistettua ohjausta ja viestintää. Opinnäytetyöprosessin aikana kävi ilmi, että POP-yhdisteet ovat monille yhä verrattain vieras käsite.

POP-jätteiden käsittelyn nykytilaa sekä käytännöstä nousevia tarpeita ja haasteita olisi tarpeen selvittää laajemmin. Näin voidaan tunnistaa pullonkaulat, mikä mahdollistaa toiminnan kehittämisen sekä koulutuksellisten ja viestinnällisten toimenpiteiden kohdentamisen oikein. Tietoisuuden lisääminen on edellytys prosessien toimivuudelle sekä lakien ja asetusten noudattamiselle.

Vaikka POP-yhdisteiden käyttöä on rajoitettu ja Tukholman sopimukseen sekä POP-asetukseen on vuosien aikana lisätty uusia yhdisteitä, tulevat yhdisteiden haittavaikutukset ulottumaan vielä pitkälle tulevaisuuteen. POP-yhdisteiden yhteis- ja pitkäaikaisvaikutuksista tultaneen myös saamaan tulevaisuudessa lisää tietoa. Jotta haitalliset vaikutukset voidaan minimoida, tulee ymmärrystä POP-yhdisteistä lisätä.

LÄHTEET

- Agilent julkaisuaika tuntematon. Gas Chromatography/Mass Spectrometry Fundamentals. https://www.agilent.com/en/product/gas-chromatography-mass-spectrometry-gc-ms/gcms-fundamentals?srltid=AfmBOoqdxorObF_SpAlWx4MqfZwoCjlnOwyTcRPWvt0-w0qRkTk0XhzP. Viitattu 25.8.2024.
- ELY-keskus 2022. Tehtävät ja toiminta – Pohjois-Savo. <https://www.ely-keskus.fi/ely-pohjois-savo-tehtavat-ja-toiminta>. Viitattu 3.1.2024.
- ELY-keskus 2023. ELY-keskukset ja niiden tehtävät. <https://www.ely-keskus.fi/ely-keskukset>. Viitattu 3.1.2024.
- Elävä säätiö sr 2024. Mikä on Elävä säätiö? <https://elava.fi/mika-on-elava-saatio/>. Viitattu 6.10.2024.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus pysyvästä orgaanisista yhdisteistä annetun asetuksen (EU) 2019/1021 liitteiden IV ja V muuttamisesta 2022/2400/EU. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/2400/oj?locale=fi>. Viitattu 18.5.2024.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi jätteistä ja tiettyjen direktiivien kumoamisesta. 2008/98/EY. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008L0098#d1e1086-3-1>. Viitattu 6.5.2024.
- European Environment Agency 2023. Construction and demolition waste: challenges and opportunities in a circular economy. <https://www.eea.europa.eu/publications/construction-and-demolition-waste-challenges>. Viitattu 6.1.2024.
- Hradil Petr, Wahlström Margareta, Teittinen Tuuli & Lehtonen Katja 2019. Purkukartoitus – opas laattijalle. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:30. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161883/YM_2019_30.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Viitattu 18.8.2024.
- Häkkinen Eevaleena 2023. Jätelainsäädäntö – opas keraamisten materiaalien kierrättäjille. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 32/2023. <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/91a51d8e-c463-466e-ba0a-a00607212f45/content>. Viitattu 24.5.2024.
- Junttila, Ville 2017a. Dekabromidifenyylietteri (deka-BDE). Suomen ympäristökeskus. Julkaistu 21.4.2017.
- Junttila Ville 2017b. Lyhytketjuiset klooriparafiinit (SCCP). Suomen ympäristökeskus. Julkaistu 8.6.2017.
- Kauppi Sari, Bachér John, Laitinen Sirpa, Kiviranta Hannu, Suomalainen Kati, Turunen Topi, Kautto Petrus, Mannio Jaakko, Räisänen Milja, Lautala Katri, Porrás Simo, Rantio Tiina, Salminen Jani, Santonen Tiina, Seppälä Timo, Teittinen Tuuli & Wahlström Margareta 2019. Kestävä ja turvallinen kiertotalous - Selvitys POP-yhdisteiden ja SVHC-aineiden hallinnasta kiertotaloudessa. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161838/VNTEAS_19_58.pdf. Viitattu 9.5.2024.
- Kemikaalilaki 2013/599. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130599>. Viitattu 5.1.2024.

Kuopion kaupunki 2022. Puijonlaakson palvelukeskuksen hankesuunnitelma. Pöytäkirja 27.4.2022. <https://publish.kuopio.fi/kokous/2022833704-5.PDF>. Viitattu 11.8.2024.

Laaksonen Johanna, Merilehto Kirsi, Pietarinen Aino & Salmenperä Hanna 2017. Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2023. Taustaraportti. Suomen ympäristö 3/2017. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79699/SY_03_2017.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Viitattu 24.5.2024.

Lehtonen Katja 2018. Betonimurskeohje. Betonimurskeen käyttö infrarakentamisessa Lahden ja Hololan alueella. Ohje 1. versio.

Lehtonen Katja 2019. Purkutyöt – opas tekijöille ja teettäjille. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:29. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161884/YM_2019_29.pdf?sequence=4&isAllowed=y. Viitattu 16.8.2024.

Maankäyttö- ja rakennusasetus 1999/895. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990895>. Viitattu 8.9.2024.

Myllymaa Tuuli (toim.), Moliis Katja, Häkkinen Eveliina & Seppälä Timo 2015. Pysyvien orgaanisten yhdisteiden (POP) esiintyvyys, tunnistaminen ja erottaminen muovijätteistä. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/157416/YMra_25_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Viitattu 16.4.2024.

Mäkinen Tuomas 2018. Aromaattisten ja syklisten hiilivety-yhdisteiden kvantitointi GC x GC-MS-FID -laitteistolla. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto. <https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/59425/URN%3aNBN%3afi%3ajyu-201809044017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Viitattu 25.8.2024.

Norin Helena, Oskarsson Hanna, Brodin Malin, Halling Maja & Sallermo Rickard 2020. Control of Substances of Very High Concern in Recycling. <https://www.naturvardsverket.se/globalassets/media/publikationer-pdf/6900/978-91-620-6938-4.pdf>. Viitattu 13.6.2024.

Presto Oy julkaisuaika tuntematon. Paloluokat. <https://www.presto.fi/paloluokat>. Viitattu 30.8.2024.

Ramboll 2019. Study to support the review of waste related issues in Annexes IV and V of Regulation (EC) 850/2004, Final report. Ramboll Environment & Health GmbH. Viitattu 14.8.2024.

Seppälä Jyri, Sahimaa Olli, Honkatukia Juha, Valve Helena, Antikainen Riina, Kautto Petrus, Myllymaa Tuuli, Mäenmää Ilmo, Salmenperä Hanna, Alhola Katriina, Kauppila Jussi & Salminen Jani 2016. Kiertotalous Suomessa – toimintaympäristö, ohjauskeinot ja mallinnetut vaikutukset vuoteen 2030. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79586/Kiertotalous%20Suomessa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Viitattu 9.5.2024.

Seppälä Timo, Häkkinen Eevaleena, Munne Päivi, Vikström Liisa, Pyy Outi, Jouttijärvi Timo, Mehtonen Jukka & Johansson Maria 2012. Pysyviä orgaanisia yhdisteitä koskevan Tukholman yleissopimuksen velvoitteiden kansallinen täytäntöönpanosuunnitelma (NIP). Kansallinen tahattomasti tuotettujen POP-yhdisteiden päästöjen vähentämisuunnitelma. <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/e5d22b8c-5995-464b-a0c3-ed73c0a3417d/content>. Viitattu 15.4.2024.

Seppälä Timo & Munne Päivi 2017. Heksabromifenyylä HBB. Suomen ympäristökeskus.

Sitowise Oy 2024. Purkukartoitusraportti. Puijonlaakson palvelukeskuksen purkaminen. Viitattu 18.8.2024.

Suomen ympäristökeskus 2023. Uudelleenkäyttö. <https://www.ymparisto.fi/fi/kestava-kierto-ja-biotalous/uudelleenkayttö>. Viitattu 9.5.2024.

Suomen ympäristökeskus 2024. Pysyvät orgaaniset yhdisteet (POP). <https://www.ymparisto.fi/fi/saasteettomuus-ja-ymparistoriskit/kemikaalien-ymparistoriskit/pysyvät-orgaaniset-yhdisteet-pop>. Viitattu 5.5.2024.

Tilastokeskus 2023a. Jätteiden synty toimialoittain muuttujina Toimiala 2008, Vuosi, Tiedot ja Jäteluokka. https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__jate/stat-fin_jate_pxt_12qw.px/table/tableViewLayout1/. Viitattu 24.5.2024

Tilastokeskus 2023b. Kiertotalouden edistyminen vaatii tuekseen tietoa jätemäärien kehityksestä – mutta edistäminen edellyttää aktiivista toimintaa. <https://stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2023/kiertotalouden-edistyminen-vaatii-tuekseen-tietoa-jatemaarien-kehityksesta-mutta-edistaminen-edellyttaa-aktiivista-toimintaa>. Viitattu 14.9.2024

Työterveyslaitos julkaisuaika tuntematon a. Asbesti. <https://www.ttl.fi/teemat/tyoturvallisuus/altistuminen-tyoympariston-haittatekijoille/kemiallisten-tekijoiden-hallinta-tyopaikalla/kemikaalit-ja-tyo-altistumistietosivusto/asbesti>. Viitattu 18.8.2024.

Työterveyslaitos julkaisuaika tuntematon b. PCB ilmassa, rakennusmateriaaleissa ja pinnoilla <https://www.ttl.fi/palvelut/laboratoriopalvelut/naytteenotto-ohjeet/pcb-ilmassa-rakennusmateriaaleissa-ja-pinnoilla>. Viitattu 14.8.2024.

Tähtinen Katja, Mahiout Selma, Rantio Tiina, Isokääntä Päivi & Santonen Tiina 2022. Rakennusosien uudelleenkäytön terveellisyys ja turvallisuus sisäympäristöissä. Julkaisussa Purkumateriaalien kelpoisuus eri käyttökohteisiin turvallisuuden ja terveellisyyden näkökulmasta. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoimikunnan julkaisusarja 2022:15. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163832/VN_Teas_2022_15.pdf. Viitattu 16.8.2024.

Valtioneuvosto 2013. Palonsuoja-aine HBCD kielletään maailmanlaajuisesti. <https://valtioneuvosto.fi/-/palonsuoja-aine-hbcd-kielletaan-maailmanlaajuisesti>. Viitattu 9.4.2024.

Valtioneuvoston asetus jätteistä 2021/978. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210978#Pidm46651396453200>. Viitattu 5.5.2024.

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 2013/331. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130331#L2>. Viitattu 18.8.2024.

Valtiosta toiseen tapahtuvaa ilman epäpuhtauksien kaukokulkeutumista koskevaan vuoden 1979 yleissopimukseen liittyvä pysyviä orgaanisia yhdisteitä koskeva pöytäkirja 2003/68. https://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/2003/20030068/20030068_2. Viitattu 9.5.2024.

Viskari Eeva-Liisa, Kauranen Hannu, Nieminen Mika, Nippala Eero, Tuominen Eeva-Leena & Honkala Inka 2018. Palonsuoja-aine HBCD rakennuseristeissä ja pakkausmateriaaleissa – esiintyminen, tunnistaminen ja turvallinen käsittely. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/356226/HBCD-valmis_3.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Viitattu 18.3.2024.

Ympäristöministeriö 2016. Pysyviä orgaanisia yhdisteitä sisältävien jätteiden käsittelyvaatimukset. EU:n POP-asetuksen jätteitä koskevat määräykset ja niiden soveltaminen sähkölaiteromuun ja romuajoneuvoihin. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75462/OH_4_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Viitattu 16.4.2024.

Ympäristöministeriö 2022. Kierrätyksestä kiertotalouteen. Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2027. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163978/YM_2022_13.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Viitattu 6.5.2024.

Ympäristöministeriö 2023. POP-jätteen tunnistusopas. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164548/YM_2023_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Viitattu 8.3.2024.

Ympäristöministeriö 2024. POP-jätteen käsittelyopas. Ympäristöministeriön julkaisuja 2024:24. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/165706/YM_2024_24.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Viitattu 3.8.2024.

Ympäristöministeriö julkaisuaika tuntematon a. Rakentamisen kiertotalous. <https://ym.fi/rakentamisen-kiertotalous>. Viitattu 16.8.2024.

Ympäristöministeriö julkaisuaika tuntematon b. Ympäristöministeriön asetus purkumateriaali- ja rakennusjätteselvityksestä. <https://ym.fi/hankesivu?tunnus=YM030:00/2023>. Viitattu 8.9.2024.

Ympäristönsuojelulaki 2014/527. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>. Viitattu 11.3.2024.

Zhu Ying, Mäntylä Anne-Marie & Lahdensivu Jukka 2022. Rakennusosien uudelleenkäyttö ja tuotehyväksyntä. Julkaisussa Purkumateriaalien kelpoisuus eri käyttökohteisiin turvallisuuden ja terveellisuuden näkökulmasta. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoimikunnan julkaisusarja 2022:15. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163832/VN_Teas_2022_15.pdf. Viitattu 16.8.2024.

LIITE 1: PURKUKOORTEESTA KERÄTYT TUTKITTAVAT MATERIAALIT



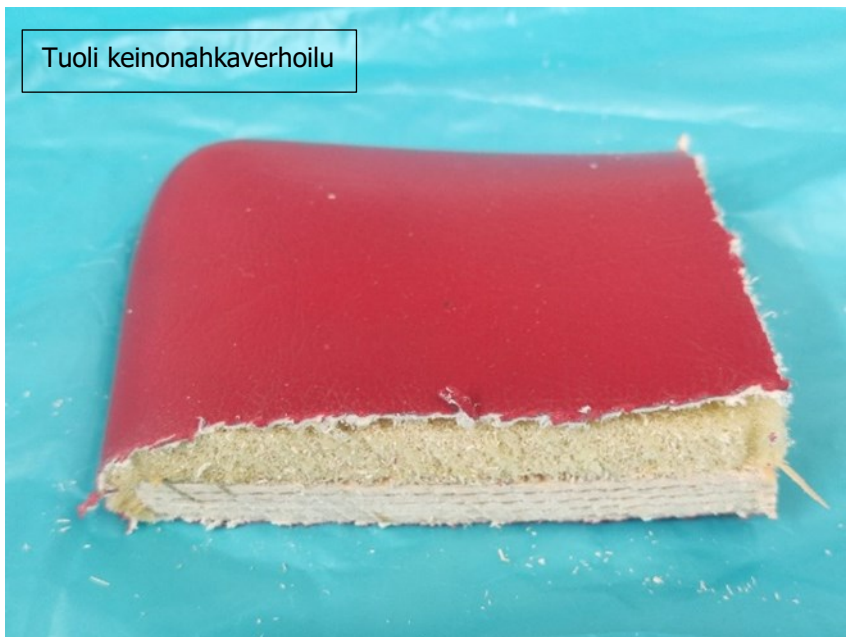
Paljeovi



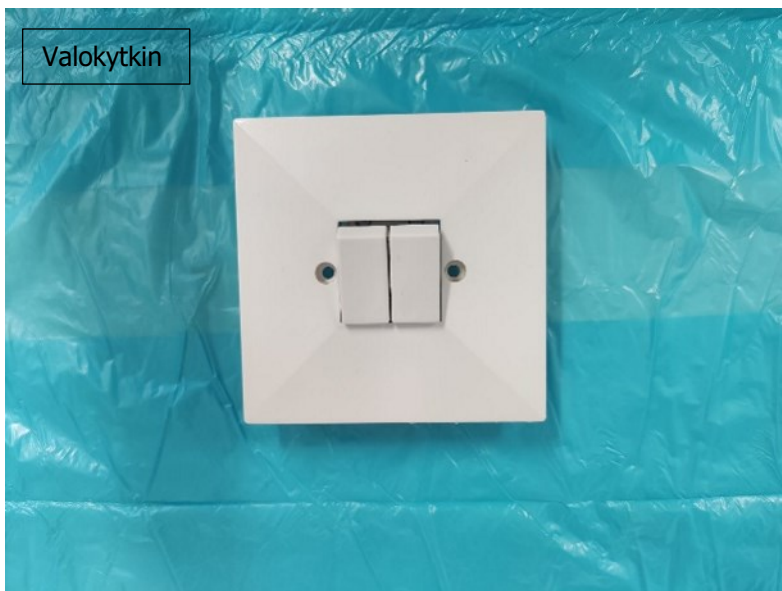
Tuoli kangasverhoilu



Tuoli keinonahkaverhoilu



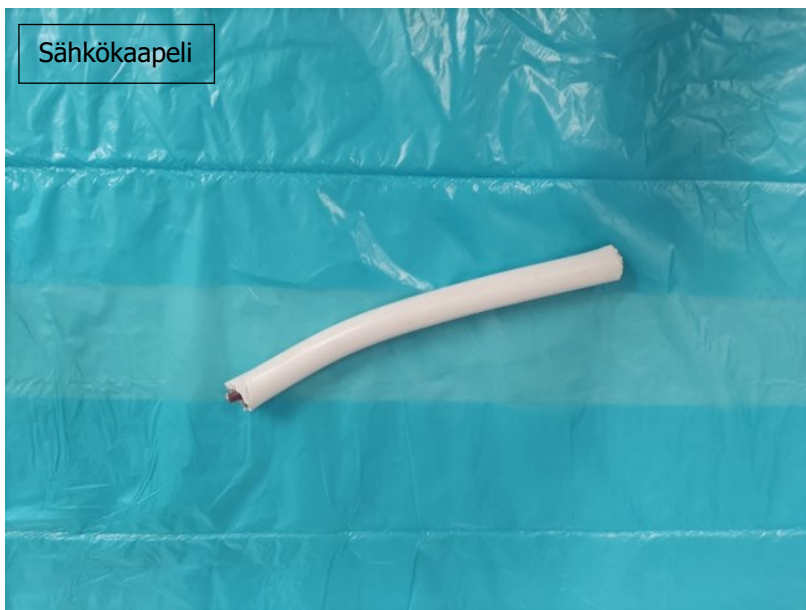
Valokytin



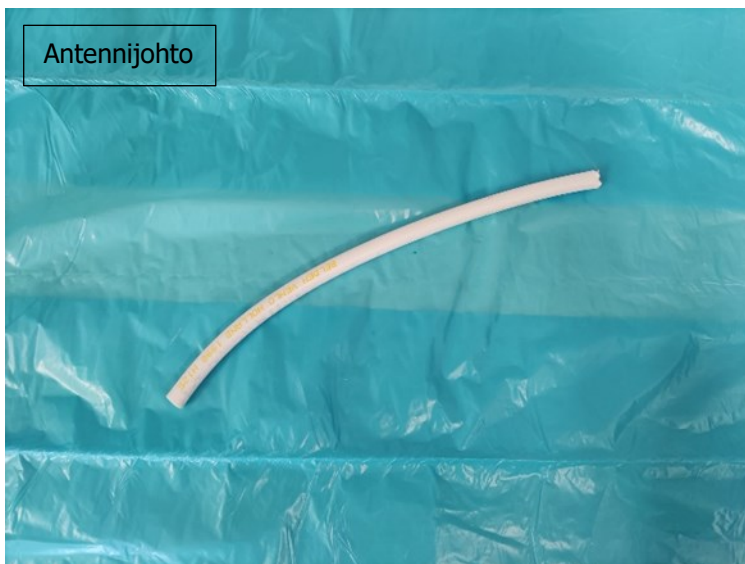
Pistorasia



Sähkökaapeli

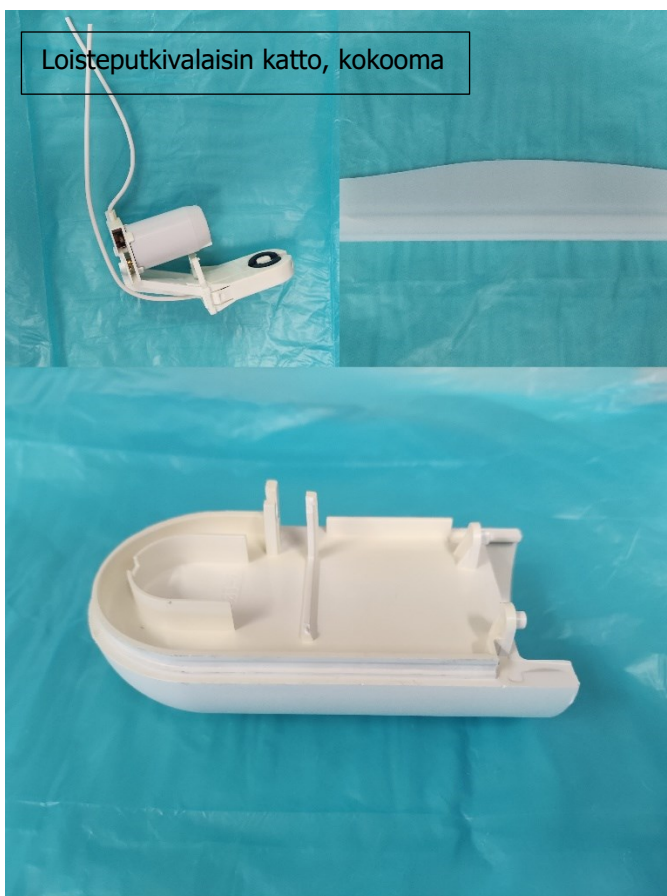


Antennijohto



Loisteputkivalaisin kph, kokooma





LIITE 2: TUTKIMUSTULOKSET PURKUKOhteesta OTETUISTA NäYTTEISTÄ

Yhdiste	Yksikkö	Tutkittava näyte												
		Saumaus- massa	Kaapinovi	Paljeovi	Tuoli kangas- verhoilu	Tuoli nahka- verhoilu	Tuoli pehmuste (kangas- verhoilu)	Tuoli pehmuste (keino- nahka- verhoilu)	Valo- kytkin	Pistorasia	Sähkö- kaapeli	Antenni- johto	Loiste- putki- valaisin katto, kokooma	Loiste- putki- valaisin kph, kokooma
SCCP	mg/kg	330 000	<50	<50	<50	<50	<50	<50	-	-	-	-	-	-
tri-BDE	mg/kg	-	<10	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
penta-BDE	mg/kg	-	<10	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
heksa-BDE	mg/kg	-	<10	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
hepta-BDE	mg/kg	-	<10	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
okta-BDE	mg/kg	-	<10	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
nona-BDE	mg/kg	-	<10	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
deka-BDE	mg/kg	-	<10	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
mono-BDE	mg/kg	-	<10	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
di-BDE	mg/kg	-	<10	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
HBCDD	mg/kg	-	-	-	<10	<10	<10	<10	-	-	<10	<10	-	-