

Sari Kauppi, John Bachér, Sirpa Laitinen, Hannu Kiviranta,
Kati Suomalainen, Topi Turunen, Petrus Kautto, Jaakko Mannio,
Milja Räisänen, Katri Lautala, Simo Porras, Tiina Rantio,
Jani Salminen, Tiina Santonen, Timo Seppälä, Tuuli Teittinen,
Margareta Wahlström

Kestävä ja turvallinen kiertotalous Selvitys POP-yhdisteiden ja SVHC-aineiden hallinnasta kiertotaloudessa

Valtioneuvoston
selvitys- ja tutkimus-
toiminnan julkaisusarja

2019:58

ISSN 2342-6799

ISBN PDF 978-952-287-787-1

Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2019:58

Kestävä ja turvallinen kiertotalous

Selvitys POP-yhdisteiden ja SVHC-aineiden hallinnasta kiertotaloudessa

Valtioneuvoston kanslia

ISBN PDF: 978-952-287-787-1

Tekijän organisaatio:

Sari Kauppi, Topi Turunen, Petrus Kautto, Jaakko Mannio, Milja Räisänen, Timo Seppälä, Jani Salminen,

Katri Lautala – Suomen ympäristökeskus (SYKE)

John Bachér, Margareta Wahlström, Tuuli Teittinen (VTT)

Sirpa Laitinen, Simo Porras, Tiina Rantio, Tiina Santonen (TTL)

Kati Suomalainen (TUKES), Hannu Kiviranta (THL)

Helsinki 2019

Kuvailulehti

Julkaisija	Valtioneuvoston kanslia		5.10.2019
Tekijät	Sari Kauppi, John Bachér, Sirpa Laitinen, Hannu Kiviranta, Kati Suomalainen, Topi Turunen, Petrus Kautto, Jaakko Mannio, Milja Räisänen, Katri Lautala, Simo Porras, Tiina Rantio, Jani Salminen, Tiina Santonen, Timo Seppälä, Tuuli Teittinen, Margareta Wahlström		
Julkaisun nimi	Kestävä ja turvallinen kiertotalous Selvitys POP-yhdisteiden ja SVHC-aineiden hallinnasta kiertotaloudessa		
Julkaisusarjan nimi ja numero	Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2019:58		
ISBN PDF	978-952-287-787-1	ISSN PDF	2342-6799
URN-osoite	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-787-1		
Sivumäärä	186	Kieli	suomi
Asiasanat	Kemikaalit, kiertotalous, lainsäädäntö, teknologia, työturvallisuus, ympäristövaikutukset, väestötutkimus, tutkimus, tutkimustoiminta		
Tiivistelmä	<p>Kestävä ja turvallinen kiertotalous edellyttää haitallisten aineiden hallintaa kaikissa materiaalien keräykseen ja käsittelyyn liittyvissä toimissa. Jäteperäisten materiaalien kemikaalit on huomioitava uusien tuotteiden valmistuksessa ja uudenaikaisissa käyttötarkoituksissa.</p> <p>SIRKKU-hankkeessa kestävä ja turvallista kiertotaloutta selvitettiin vaarallisimpien kemikaalien ympäristö- ja ihmisvaikutusten, työturvallisuuden, jätteisiin liittyvien prosessien ja lainsäädännön kannalta. Tapaustarkasteluna käytettiin rakennustuotteiden kierrätystä, mutta suositukset sovellettiin kaikille toimialoille.</p> <p>Vaarallisimmista aineista, pysyvistä orgaanisista yhdisteistä (POP-yhdisteistä) ja erityistä huolta aiheuttavista aineista (SVHC-aineista) tarvitaan kvantitatiivista tietoa tuotteissa, jätevirroissa ja ympäristössä. Erilaisten jäteperäisten materiaalien kemikaalisisältöön liittyviä tunnistusteknologioita on kehitettävä, jotta kierrätyskelpoiset materiaalit voidaan hyödyntää turvallisesti.</p> <p>Jättemateriaalien hyödyntämisen menettelyjä tulee vauhdittaa. Päätöksenteon ennakoitavuus edistäisi kiertotaloutta. Viranomaiset tarvitsevat päätöksenteon tueksi ohjeistusta ja tietoa vaarallisista aineista jätevirroissa. Vaarallisten aineiden hallinta kiertotaloudessa edellyttää avoimen ja toimijoille sovellettavan kemikaalitiedon siirtymistä tuotteen koko elinkaaren ajan, myös jätevaiheeseen.</p>		
Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa. (tietokayttoon.fi) Julkaisun sisällöstä vastaavat tiedon tuottajat, eikä tekstisisältö välttämättä edusta valtioneuvoston näkemystä.			
Kustantaja	Valtioneuvoston kanslia		
Julkaisun myynti/jakaja	Sähköinen versio: julkaisut.valtioneuvosto.fi Julkaisumyynti: vnjulkaisumyynti.fi		

Presentationsblad

Utgivare	Statsrådets kansli	5.10.2019	
Författare	Sari Kauppi, John Bachér, Sirpa Laitinen, Hannu Kiviranta, Kati Suomalainen, Topi Turunen, Petrus Kautto, Jaakko Mannio, Milja Räisänen, Katri Lautala, Simo Porras, Tiina Rantio, Jani Salminen, Tiina Santonen, Timo Seppälä, Tuuli Teittinen, Margareta Wahlström		
Publikationens titel	En hållbar och trygg cirkulär ekonomi Utredning om hur man hanterar POP- ja SVHC- ämnen inom cirkulär		
Publikationsseriens namn och nummer	Publikationsserie för statsrådets utrednings- och forskningsverksamhet 2019:58		
ISBN PDF	978-952-287-787-1	ISSN PDF	2342-6799
URN-adress	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-787-1		
Sidantal	186	Språk	finska
Nyckelord	kemikalier, cirkulär ekonomi, lagstiftning, arbets säkerhet, miljöinverkan, befolkningsundersökning, forskning, forskningsverksamhet		
Referat	<p>En hållbar och trygg cirkulär ekonomi förutsätter att man kontrollerar skadliga ämnen i all verksamhet som gäller insamlingen och behandlingen av material. Kemikalierna i återvinningsbara avfallsmaterial måste tas i beaktande i tillverkningen av nya produkter och inom nya användningsområden.</p> <p>I projektet SIRKKU utredde man hållbar och trygg cirkulär ekonomi vad beträffar de farligaste kemikaliernas inverkan på miljön och människan, arbetarskydd, avfallsprocesser och lagstiftning. Som granskningsexempel användes återvinning av byggnadsmaterial, men rekommendationerna tillämpades på alla branscher.</p> <p>Det behövs kvantitativ information om de farligaste ämnena, långlivade organiska föreningar (POP-föreningar) och särskilt farliga ämnen (SVHC) i produkter, avfallsflöden och miljön. Man måste utveckla teknologier för identifiering och mätning av kemikaliehalten i olika avfallsmaterial, så att återvinningsbara material kan utnyttjas på ett säkert sätt.</p> <p>Man bör effektivisera proceduren för återvinning av avfall. Den cirkulära ekonomin skulle främjas om man kunde införa transparens i beslutsfattandet. Myndigheterna behöver vägledning i och information om farliga ämnen i avfallsflöden som stöd för beslutsfattandet. Hanteringen av farliga ämnen i cirkulär ekonomi förutsätter att öppen och för aktörer lämplig information om kemikalier följer produkten under hela dess livscykel, också i avfallsskedet.</p>		
	Den här publikation är en del i genomförandet av statsrådets utrednings- och forskningsplan. (tietokaytoon.fi) De som producerar informationen ansvarar för innehållet i publikationen. Textinnehållet återspeglar inte nödvändigtvis statsrådets ståndpunkt		
Förläggare	Statsrådets kansli		
Beställningar/ distribution	Elektronisk version: julkaisut.valtioneuvosto.fi Beställningar: vnjulkaisumyynti.fi		

Description sheet

Published by	Prime Minister's Office	5 October 2019	
Authors	Sari Kauppi, John Bachér, Sirpa Laitinen, Hannu Kiviranta, Kati Suomalainen, Topi Turunen, Petrus Kautto, Jaakko Mannio, Milja Räisänen, Katri Lautala, Simo Porras, Tiina Rantio, Jani Salminen, Tiina Santonen, Timo Seppälä, Tuuli Teittinen, Margareta Wahlström		
Title of publication	Safe and sustainable circular economy Report on the control of POPs and SVHCs in circular economy		
Series and publication number	Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 2019:58		
ISBN PDF	978-952-287-787-1	ISSN PDF	2342-6799
Website address URN	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-787-1		
Pages	186	Language	Finnish
Keywords	chemicals, circular economy, regulation, technology, occupational safety, environmental impacts, population research, research, research activities		
Abstract	<p>Safe and sustainable circular economy requires that harmful substances are controlled in all activities from collection to processing of materials. The chemicals in waste-based materials must be taken into account in the manufacturing of new products and their new uses.</p> <p>In the Safe and sustainable circular economy SIRKKU -project, hazardous chemicals were investigated with regard to the impact on people and the environment, occupational safety, waste-related processes, and the legislation. The recycling of construction products was used as a case study, but the recommendations were applied to all industries.</p> <p>Quantitative information on the most hazardous substances, persistent organic pollutants (POPs) and substances of very high concern (SVHCs) in products, waste streams and the environment is needed. Identification technologies related to the chemical content of various waste-based materials must be developed so that recyclable materials can be recovered safely.</p> <p>Methods for utilization waste materials must be expedited. Predictability of decision-making would promote the circular economy. The authorities need instructions and information on hazardous substances in waste streams to support decision-making. The control of hazardous substances in the circular economy requires open and transparent information on chemicals. This information should be accessible to the parties involved during all stages of the product's life cycle, from the product manufacturing until end-of-life.</p>		
	This publication is part of the implementation of the Government Plan for Analysis, Assessment and Research. (tietokaytoon.fi) The content is the responsibility of the producers of the information and does not necessarily represent the view of the Government.		
Publisher	Prime Minister's Office		
Publication sales/ Distributed by	Online version: julkaisut.valtionevosto.fi Publication sales: vnjulkaisumyynti.fi		

Sisältö

1	Johdanto	12
2	Vaaralliset aineet ympäristössä ja väestössä	18
2.1	POP- ja SVHC-aineet ympäristössä.....	18
2.2	POP- ja SVHC-aineet väestössä.....	26
2.3	Toimialakohtaiset materiaalivirrat ja haitalliset aineet tietokannoissa	31
2.3.1	Tiedon keräys- ja tallennusjärjestelmiä	32
2.3.2	Toimialakohtaisia materiaalivirtoja.....	33
3	Työturvallisuus	37
3.1	Riskialttiit työntekijäryhmät kiertotaloudessa.....	37
3.1.1	Rakennusten purkutyö.....	37
3.1.2	Kierrätysmateriaalien lajittelu, kuljetus ja varastointi	38
3.2	Haitalliset aineet kierrätysmateriaaleissa	39
3.2.1	Kierrätettävien materiaalien tunnistaminen ja haitallisten aineiden riskinarviointi	39
3.2.2	Ainekohtaiset tiedot ja niiden terveydelliset riskit	41
3.3	Riskinhallintatoimenpiteet.....	50
3.3.1	Lainsäädäntö.....	50
3.3.2	Koulutus, ohjaus, valvonta ja tiedottaminen	52
3.3.3	Turvallisuusratkaisuja	53
3.3.4	Henkilökohtainen suojautuminen.....	55
3.4	Työterveyshuollon keinot.....	56
3.4.1	Altistumisen seuranta	57
3.4.2	Terveystarkastukset	58
3.4.3	ASA-rekisteri.....	58

4	Lainsäädäntö ja ohjaukeinoet	60
4.1	Kiertotalouden julkinen ohjaukeino	60
4.2	Jättesäätely	61
4.2.1	End-of-Waste –säätely	61
4.2.2	Rakennusjätteen End-of-Waste –säätely	63
4.2.3	Muita rakennusjätteen kiertotaloutta tukevia ohjaukeinoja.....	64
4.2.3.1	Rakennusjätteen kierrätystavoitteet	64
4.2.3.2	Purkukartoitus	66
4.3	Kemikaalisäätely ja jätteeksi luokittelusta poistuminen	68
4.3.1	REACH-asetus	68
4.3.2	CLP-asetus.....	71
4.3.3	POP-asetus	71
4.3.4	Haasteet jäte- ja kemikaalisäätelyn rajapinnalla.....	74
4.3.5	Kemikaaliturvallisuuslaki.....	76
4.4	Tuotesäätely.....	76
4.4.1	Rakennustuoteasetus.....	76
4.4.2	Tuotteiden ekosuunnittelu	77
4.4.3	RoHS – säätely.....	78
4.4.4	Joutsenmerkki	79
4.4.5	Korvaavien tuotteiden politiikka	80
4.5	Muut ohjaukeinoet.....	80
4.5.1	Julkiset hankinnat	80
4.5.2	Rakennusmateriaalien tietopankki ja rakennusten tuoteseloste.....	81
5	Jätteet ja niiden käsittely haitta-aineet huomioiden	83
5.1	Rakennusjätteet ja POP-yhdisteet	83
5.1.1	Kansainväliset hankkeet.....	83
5.1.2	Rakennustuotteiden erikoispiirteet	85
5.1.3	Haitta-ainekartoitus ja -tutkimukset	86
5.1.4	Esimerkkejä vaarallisia aineita sisältävistä materiaaleista.....	88
5.1.5	Rakennuseristeissä käytetyt palonestoaineet	90
5.2	Yleiset periaatteet jätteen käsittelyssä	91
5.2.1	Toimintamenetelmät.....	92
5.2.2	Keräys	92
5.2.3	Käsittely ja prosessointi	93

5.2.4	Esimerkki: tiettyjen POP-yhdisteiden kohtalo rakennusjätteen käsittelyketjussa Saksassa	95
5.3	Haitallisten aineiden ja POP-yhdisteiden käsittely	100
5.3.1	Tunnistus	100
5.3.2	POP-jätteiden loppukäsittely ja hyödyntäminen	105
5.3.3	Tulevaisuuden potentiaaliset käsittelymenetelmät ja teknologiat	106
6	Muovit kiertotaloudessa	109
6.1	Muoveista yleisesti	110
6.1.1	Kertamuovit ja kestonmuovit	111
6.1.2	Muovikomposiitit	111
6.2	Muovien haitalliset lisäaineet	112
6.2.1	Rakennusmuovit	113
6.3	Muovijätteen käsittely Suomessa	116
6.3.1	Rakennusmuovien kierrätys	117
6.3.2	PVC- ja muovikomposiittijätteen kohtalo	119
7	Johtopäätökset	121
7.1	Kiertotalous luo uusia haasteita kemikaalien hallintaan	121
7.2	Vaarallisia aineita sisältävät jätevirrat voidaan hyödyntää energiana	121
7.3	Haitallisten aineiden hallinta turvallisessa kiertotaloudessa	122
7.4	Oikea tiedonsaanti olennaisinta	123
7.5	Uusia teknologioita tarvitaan	125
7.6	Säätely avainasemassa	127
7.7	Työturvallisuuden huomioiminen kiertotaloudessa	129
7.8	Ympäristön ja väestön altistuminen	132
8	Suosituksat vaarallisten aineiden hallintaan kiertotaloudessa	134
9	Liitteet	136
	Lähteet	168

LUKIJALLE

Ympäristön kemikalisoituminen on ilmastonmuutoksen ohella yksi tämän ajan suurimmista haasteista. Kiertotaloudella halutaan löytää ratkaisuja kumpaankin. Siten kiertoaloutta edistävillä toimilla ei haluta lisätä ympäristön ja ihmisten altistumista vaarallisille aineille.

Vaarallisten aineiden hallinta kiertotaloudessa vaatii sekä tieteiden välistä että toimialat mukaan ottavaa yhteistyötä. Yhteistyö onkin ollut kantavana voimana Kestävä ja turvallinen kiertotalous – SIRKKU -hankkeessa. Kirjoittajat kiittävät erityisesti keskusteluihin osallistuneita toimialojen ja etujärjestöjen edustajia, sekä hankkeessa haastateltuja. Lukuisat kollegamme ovat ottaneet osaa työhön ja antaneet oman osaamisensa käyttöömme esimerkiksi kommentoimalla tai keskustelemalla aiheesta.

Raportissa kerromme, mitä kaikkein vaarallisimmat aineet ovat, mitä tiedetään niiden ominaisuuksista, ympäristökäyttäytymisestä ja ihmisten altistumisesta sekä mitä seikkoja työturvallisuudessa on otettava huomioon. Tarkastelemme turvallisen kiertotalouden ohjausta erityisesti nykyisessä ympäristösääntelyssä. Selvitämme, miten vaaralliset aineet kulkeutuvat jätteiden mukana ja mitä prosesseja jätteiden käsittelyyn liittyy. Annamme myös suosituksia seuraaviksi askeleiksi vaarallisten aineiden hallintaan kiertotaloudessa.

Vaaralliset aineet kiertotaloudessa on hyvin monitahoinen aihe. SIRKKU-hankkeessa laaja-alainen asiantuntijoiden joukko valitsi työpajassa tapaustarkasteluun erityisesti purkurakentamisen ja rakennusjätteiden hyödyntämisen sekä muovit. Siksi nämä toimialat ovat esimerkkeinä raportissa. Johtopäätöksiä ja suosituksia on kuitenkin kirjoitettu laajemmin kuin vain näitä toimialoja koskien.

Sari Kauppi
Syyskuu 2019

Lyhenteet

Yhdisteet

	Lyhenne	Selitys	
PAH-yhdisteet	PAH	Polysykliset aromaattiset hiilivedyt	
	BBF	Bentso(b)fluoranteeni	
	BaP	Bentso(a)pyreeni	
PCB-yhdisteet	PCB	Polyklooratut bifenyylit	
Dioksiinit ja furaanit	PCDD/F	Polykloorattu dibentso-para-dioksiini/-furaani	
	PBDD/F	Polybromattu dibentsodioksiini/-furaani	
Bromatut palonestoaineet (BRF)	PBDE	Polybromattu difenyylietteri	
	BDE-28	2,4,4'-tribromidifenyylietteri	
	BDE-154	2,2',4,4',5,6'-heksabromidifenyylietteri	
	BDE-209 (DecaBDE)	Dekabromidifenyylietteri	
	HBCD(D)	Hekسابromisyklododekaani	
	HBBz	Hekسابromibentseeni	
	PBT	Pentabromitolueeni	
Organofosforiset palonestoaineet	HxBB	Hekسابromibifenyylit	
	TCPP	Tris(2-kloori-1-metyylietyyli)fosfaatti	
	PFOS	Perfluorioktaanisulfonaatti	
	PFOA	Perfluorioktaanihappo	
	PFAS	Per- ja polyfluorialkyyliyhdisteet	
	PFAS c<8	Lyhytketjuiset PFAS-yhdisteet	
	PFAS c≥9	Pitkäketjuiset PFAS-yhdisteet	
Klooriparafiinit	SCCP	Lyhytketjuiset klooriparafiinit	
	MCCP	Keskipitkät klooriparafiinit	
Siloksaanit	D4	Oktametyylisyklotetrasiloksaani	
	D5	Dodekametyylisykloheksaanisiloksaani	
	D6	Dekametyylisyklopentasiloksaani	
Ftalaatit	DEHP	Di(2-etyyliheksyyli)ftalaatti	
	cx-MEPP	DEHP:n muuntumistuote	
	DEHT	Di(2-etyyliheksyyli)tereftalaatti	
	DBP	Dibutyyliftalaatti	
	MBP	Monobutyyliftalaatti	
	BBP	Bentsyylibutyyliftalaatti	
	DiBP	Di-isobutyyliftalaatti	
	DiNP	Di-isononyyliftalaatti	
	DiDP	Di-isodekyyliftalaatti	
	DPHP	Di(2-propyyliheptyyli)ftalaatti	
	DPP	Dipentyyliiftalaatti	
	Bisfenolit	BPS	Bisfenoli-S

	BPF	Bisfenoli-F
	BPA	Bisfenoli-A
Alkyylifenolit	NP	Nonyylifenoli
	OP	Oktyylifenoli

Muovit

BMI	Tyydyttymätön polyimidi
EP	Epoksi
EPDM	Etyleenipropylenidieenikumi
EPS	Paisutettu polystyreeni (expanded polystyrene)
MF	Melamiiniformaldehydi
PE	Polyeteeni
PE-LD	Matalatiheksinen polyeteeni
PET	Polyteenitereftalaatti
PEX	Ristisilloitettu polyeteeni
PF	Fenoliformaldehydi (bakeliitti)
PP	Polypropeeni
PS	Polystyreeni
PUR	Polyuretaani
PIR	Polyisosyanuraatti
PVC	Polyvinyylikloridi
UF	Ureaformaldehydi
UP	Tyydyttymätön polyesteri
VE	Vinyyliesteri
XPS	Suulakepuristettu polystyreeni (extruded polystyrene)

Muut lyhenteet

Lyhenne	Selitys
AVI	Aluehallintovirasto
CCA-kylläste	Sisältää kromia, kuparia ja arseenia
EDC	Hormonitoimintaa häiritsevä aine
ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
EoW	Jätteen jätteeksi luokittelun päättävä sääntely (End-of-Waste)
PBT	Pysyvä, kertyvä ja myrkyllinen aine
vPvB	Erittäin pysyvä ja erittäin kertyvä aine
POP	Pysyvä orgaaninen yhdiste (persistent organic pollutant)
ppm	Miljoonasosa (parts per million)
REACH	Euroopan kemikaalilainsäädäntö - kemikaalien rekisteröinti, arviointi, lupamenettelyt ja rajoitukset (registration, evaluation, authorisation and restriction of chemicals)
SVHC	Eryistä huolta aiheuttava aine (substance of very high concern)
UVCB	Unknown or Variable Composition, Complex Reaction Products and Biological Materials

1 Johdanto

Kiertotalouden tavoitteena on vähentää neitseellisen materiaalin kulutusta. Tuotteiden ja materiaalien arvo halutaan säilyttää mahdollisimman pitkään. Tavoitetilanteessa tuotteen elinikää jatketaan korjaamalla tai pidennetään tuotteen elinkaarta etsimällä sille uusi käyttökohde tai -tarkoitus. Kun tuotteen elinkaari on lopussa, jätettä voidaan hyödyntää materiaaliksi uusille tuotteille. Linearisessa talousmallissa tuote hävitetään elinkaarensa lopussa, eivätkä materiaalit kierrä uusiin tuotteisiin. Kun lineaarisesta talousmallista siirrytään kiertotalouteen, merkittäviä hyötyjä odotetaan niin ympäristölle kuin talouteenkin (Seppälä ym. 2016) (kuva 1). Ympäristöhyötyinä materiaalia ja energiaa säästy ja päästöt on minimoitu. Kiertotalouden ensisijaisena tavoitteena ovat puhtaat ja turvalliset materiaalikierrot.



Kuva 1. Kiertotaloudella tavoitellaan taloudellisia ja ympäristön kannalta positiivisia hyötyjä. (Berg, ym. 2018)

Kiertotalous tuo mukanaan suuria muutoksia yhteiskunnalliseen toimintaympäristöön, jonka vuoksi erityisesti pysyvien orgaanisten yhdisteiden (POP) ja erityistä huolta aiheuttavien aineiden (SVHC) aiheuttamat riskit on otettava tarkasteluun (taulukko 1). Kansallisen vaarallisia kemikaaleja koskevan ohjelman yhtenä tavoitteena on, että kemikaalit eivät saa aiheuttaa merkittävää terveys- ja ympäristöhaittaa Suomessa vuonna 2020. Kun siirrytään lineaarisesta taloudesta kiertotalouteen, tuotteiden ja materiaalien sisältämät kemikaalit on huomioitava uudenaikaisissa käyttötarkoituksissa. Perinteisen ympäristön- ja terveydensuojelun tavoitteena on varmistaa, että ympäristö ja

ihmiset eivät altistu haitallisille aineille. Tämän rinnalle on kehitettävä tavoitteita turvallista kiertotaloutta varten.

Euroopan komission kiertotalouspaketti, Kierto kuntoon (2015), sisälsi toimintasuunnitelman kiertotalouden edistämiseksi sekä lukuisia esityksiä uudesta sääntelystä ja muista toimenpiteistä, joilla siirtymää kiertotalouteen pyritään edistämään (näistä lyhyesti Seppälä ym. 2016). Keskeinen osa lainsäädäntöä ovat esitykset jättesääntelyn eli jättepuitedirektiivin (2008/98/EY)¹, ns. pakkausjätedirektiivin (94/62/EY)² ja sähkö- ja elektroniikkaromudirektiivin (2012/19/EU)³ uudistamista varten. Näissä muutoksissa on kyse entistä kunnianhimoisempien kierrätystavoitteiden asettamisesta ja kiertotalouden esteiden poistamisesta nykyisessä sääntelyssä. Myös ekosuunnitteludirektiivin (2009/125/EY)⁴ ottamiseen ”kiertotalouskäyttöön” ja energiansäästöpainotuksen täydentämiseen muilla tavoitteilla kohdistuu suuria odotuksia, joiden toivotaan vauhdittavan kiertotaloutta. Samalla pyritään turvaamaan terveyden- ja ympäristönsuojelun korkea taso, johon kuuluu myös haitallisten aineiden hallinta.

Luonnoksessa valtakunnalliseksi jättesuunnitelmaksi vuoteen 2023 Suomen jätehuollon ja jätteen synnyn ehkäisyn tavoitteeksi vuoteen 2030 on asetettu mm. vaarallisten aineiden poistaminen turvallisesti kierrosta ja vähemmän vaarallisten aineiden käyttöönotto ottaminen tuotannossa. Suunnitelmassa on myös tunnistettu kiertotalouden edistämisen lisäävän jätteiden käsittelytarpeita. Jotta jätteiden korkealaatuista ja turvallista hyödyntämistä voidaan lisätä, uusia teknistaloudellisesti kannattavia laitosratkaisuja on otettava käyttöön. Esikäsittelyä tarvitaan esimerkiksi haitallisia aineita sisältävien jätteiden laadukkaamman ja turvallisemman hyödyntämisen mahdollistamiseksi.

Hyvä kemikaalien hallinta mahdollistaa kiertotalouden kasvun, sillä hyvälaatuiset materiaalikierrot ovat kustannustehokkaita ja haitattomia. Kemikaalien hallintaa kiertotaloudessa säännellään useilta eri näkökulmilta, mm. tuote-, kemikaali-, ympäristö-, työturvallisuus- ja jätelainsäädännöllä. Sääntelyjen rajapinnat tulisi ottaa huomioon, kun ohjauskeinoja suunnitellaan. Sääntelyssä ei ole välttämättä osattu vielä huomioida kiertotalouden mahdollisuuksia.

¹ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/98/EY jätteistä ja tiettyjen direktiivien kumoamisesta (EUVL L 312, 22.11.2008, p. 3–30).

² Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 94/62/EY pakkauksista ja pakkausjätteistä (EYVL J L 365, 31.12.1994, p. 10–23).

³ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2012/19/EU, annettu 4 päivänä heinäkuuta 2012, sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta (EUVL L 197, 24.7.2012, p. 38–71).

⁴ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/125/EY energiaan liittyvien tuotteiden ekologiselle suunnittelulle asetettavien vaatimusten puitteista (EUVL L 285, 31.10.2009, s. 10–35).

Kiertotalous koetaan usein vieraaksi ja kaukaiseksi asiaksi, termiksi jolla ei ole konkretiaa. Siksi Kestävä ja turvallinen kiertotalous – SIRKKU (Sustainable and safe circular economy) -hankkeessa koottiin laaja asiantuntijaryhmä eri tutkimuslaitoksista ja virastoista, jotta turvallista kiertotaloutta saataisi vietyä eteenpäin Suomessa. Yhdessä selvitimme kokonaiskuvaa siitä, mitä tällä hetkellä tiedämme kaikkein haitallisimmista aineista kiertotaloudessa ja mitä emme tiedä. Tutkimme, mihin kiertotalouden sektoreihin tulisi kemikaalien riskinhallinnan kannalta kiinnittää eniten huomiota. Hankkeessa tehty yhteistyö auttaa myös priorisoimaan viranomaisten ja tutkimuslaitosten työtä, joka liittyy sellaisiin vaarallisiin aineisiin, joiden merkitys kiertotalouden kannalta on suurin.

Taulukko 1. Lyhyt yhteenveto vaarallisista aineista (POP ja SVHC-aineet). Tarkempaa tietoa aineista kappaleessa 2 sekä 3.2.2 ja lainsäädännöstä kappaleessa 4.

Pysyvät orgaaniset yhdisteet (Persistent Organic Pollutant, POP)	Erityistä huolta aiheuttavat aineet (Substances of Very High Concern, SVHC)
<ul style="list-style-type: none"> • Yhdisteiden käytön tiukoista rajoitteista on sovittu Tukholman yleissopimuksella, joka on toimeenpantu EU:ssa pysyvien orgaanisten yhdisteiden markkinoille saattamisesta ja jätehuollosta annetulla ns. POP-asetuksella ((EU) N:o 2019/1021) sekä alueellisesti YK:n Euroopan Talouskomission (ECE) alaisessa kaukokulkeutumissopimuksessa (CLRTAP-POP-pöytäkirja, Convention on long-range transboundary air pollution, 1998). • pitkäikäisiä ympäristön saasteita, jotka hajoavat erittäin hitaasti • voivat aiheuttaa kaukokulkeutumalla merkittäviä ympäristö- ja terveysongelmia, sillä ovat myrkyllisiä, kertyviä ja pitkäikäisiä • voivat kulkeutua meri- ja ilmavirtausten, jokien tai eliöiden mukana kauas päästölähteiltään • tällä hetkellä (8.8.2019) sopimuksessa on mukana 28 yhdistettä ja kahden muun lisäämisestä on sovittu (www.pops.int) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ovat REACH-asetuksen riskinhallintamenettelyissä tunnistettuja aineita, jotka on listattu Euroopan kemikaaliviraston (ECHA) ns. kandidaattilistaan. Listatut aineet voivat tulla luvanvaraisiksi (sen jälkeen niiden käyttöön tarvitsee määräaikaaisesti haettavan luvan). SVHC-aineeksi tunnistaminen tietää välittömiä velvoitteita aineen toimitusketjussa sen turvallisen käytön mahdollistamiseksi. SVHC-aineen esiintyminen esiinnessä muodostaa myös rekisteröinti- ja tiedoitusvelvoitteita. • SVHC-aineilla on erityisen haitallisia ominaisuuksia: <ul style="list-style-type: none"> • aiheuttavat syöpää • vaurioittavat sukusoluja • haittaavat lisääntymistä (CRM-aineet) • häiritsevät hormonitoimintaa • ovat hitaasti hajoavia, biokertyviä ja myrkyllisiä (PBT-aineita) tai • erittäin hitaasti hajoavia ja erittäin voimakkaasti biokertyviä (vPvB-aineita). • muu samanveroinen huolenaihe esim. herkistävyys • tällä hetkellä (8.8.2019) listalla on 201 ainetta (https://echa.europa.eu/fi/candidate-list-table)



Kuva 2. Haitallisten aineiden hallinta kiertotaloudessa liittyy useisiin kestävän kehityksen teemoihin.

Kemikaalien ja erityisesti haitallisten aineiden hallinta tukee useita kestävän kehityksen tavoitteita (kuva 2). Tuotteiden uudelleenkäyttö ja jätteiden hyödyntäminen esimerkiksi kierrättämällä liittyvät YK:n kestävän kehityksen tavoitteiden teemoihin, joita ovat ilmastoteot, kestävä teollisuus, innovaatiot ja infrastruktuurit, kestävät kaupungit ja yhteisöt sekä vastuullinen kuluttaminen. Haitallisten aineiden hallinta edistää sellaisia teemoja, kuten terveyttä ja hyvinvointia, puhdas vesi ja sanitaatio, vedenalainen elämä ja elämä maan päällä. Kiertotalous on selkeä toimi ilmastomuutoksen ehkäisyssä. Kun ympäristön kemikalisoituminen estetään, voidaan suojella luonnon monimuotoisuutta.

Tällä hetkellä tiedämme hajanaisesti POP- ja SVHC-aineiden esiintymisestä ympäristössä, niille altistumisesta ja niiden vaikutuksista. Tietopohja ei ole kaikkien POP- ja SVHC-aineiden kohdalla kattavaa. Tiedämme, että ympäristö kemikalisoituu ja että altistumme näille aineille ympäristössämme esimerkiksi hengitysilman tai ravinnon kautta sekä työ- että kotiympäristössä. Joitakin aineita on mitattu ympäristön ja toisia ihmisaltistuksen näkökulmasta. Jotkut aineet voivat olla kriittisiä ihmisaltistuksen kannalta (esimerkiksi työperäinen altistuminen), mutta eivät ympäristön. Siten mitattu tutkimustieto vaihtelee ja meillä on erilaisia ainekohtaisia mittaustietoja ympäristöstä kuin mitä on tutkittu ihmisaltistuksen kannalta.

SIRKKU-hankkeessa on hyödynnetty jo päättyneiden ja meneillään olevien kansallisten ja kansainvälisten hankkeiden tuottamaa tietoa. Esimerkkejä kansainvälisistä hankkeista on kuvattu lyhyesti kappaleessa 5.

Tiedon tarve on suuri, sillä tarvitsemme esimerkiksi tietoa aineiden varastoista luonnossa ja rakennetussa ympäristössä. Lisäksi meidän olisi ymmärrettävä, vapautuvatko aineet näistä varastoista esimerkiksi kiertotalouden tai ilmastonmuutoksen myötä. Joidenkin aineiden osalta ympäristökuormituksen tai ihmisaltistuksen arviointi on jopa mahdotonta, koska tutkimustietoa ei ole ja tutkimusmenetelmätkin saattavat puuttua. POP- ja SVHC-aineet muodostavatkin haasteen kiertotaloudelle, kun tavoittelemme tuotteiden uudelleen käyttöä ja jätteiden hyödyntämistä. Kiertotalous kuitenkin etenee ja siksi meidän on löydettävä menetelmiä ja toimintatapoja, joilla kehitystä voidaan tukea.

SIRKKU-hankkeen tavoitteena oli tuottaa viranomaisten ja poliittisen päätöksenteon tueksi ajantasainen asiantuntija-arvio vaarallisten aineiden hallinnan tarpeista kiertotaloudessa ja niihin liittyvistä mahdollisista ympäristövaikutuksista. Tavoitteena oli myös antaa ehdotuksia ohjauskeinoiksi ja ohjeistusta kiertotalouden työ- ja ympäristöturvallisuudesta.

Vuorovaikutus lähtökohtana

SIRKKU-hankkeessa tehtiin yhteistyötä eri toimialojen edustajien kanssa. Hankkeen rajaaminen ja tapaustarkastelun kohdistaminen tiettyyn toimialaan oli haastavaa, sillä kiertotaloudessa alat linkittyvät toisiinsa tai ovat poikkileikkaavia, kuten esimerkiksi jätehuollon toimiala. Lopulta hanke suunnattiin asiantuntijoiden valinnan mukaisesti purku- ja korjausrakentamisen ja rakennusjätteiden hyödyntämisen toimialoille sekä muovitoimialaan. Nämä alat ovat esimerkkeinä ja tapaustarkastelun kohteena koko raportissa. Asiantuntijoiden esille nostamista aineista otettiin tarkempaan tarkasteluun kolme aineryhmää: *bromatut palonsuoja-aineet, ftalaatit ja lyhytketjuiset klooriparafiinit*.

Valittujen toimialojen edustajilta pyydettiin tietoa tuotteiden uudelleenkäytöstä ja jätteiden hyödyntämisestä sekä käytännön esimerkkejä haasteista kiertotalouteen siirtymisessä. Hankkeessa järjestettiin vuorovaikutuksellinen työpaja rakennus- ja purkarakennustoimialojen edustajille ja rakennusmateriaalien kierrättäjille sekä keskustelutilaisuus muovikomposiittivalmistajille. Näiden lisäksi sähköisillä kyselyillä annettiin yrityksille ja toimialojen edustajille mahdollisuus saada äänensä kuuluville.

Rakennus- ja purkurakennustoimialojen edustajien ja rakennusmateriaalin kierrättäjien työpajan keskusteluissa nousi esille erityisesti purkutyön tilaajan rooli. Keskustelijat toivoivat tilaajille esimerkiksi tietoa kierrätysmateriaalien laadukkuudesta, jotta materiaalivalintoja ei automaattisesti tehtäisi suosimalla neitseellistä materiaalia. Toisaalta kierrätetyn rakennusmateriaalin käyttöön liittyviksi haasteiksi tunnistettiin tiukat laatuvaatimukset ja lupamenettelyt. Taloudellisesta näkökulmasta pohdittiin myös kierrätysmateriaalin kysynnän ja tarjonnan kohtaamista sekä uusiokäyttöön irrotettavien rakennustuotteiden tai materiaalien purku- ja käsittelykustannuksia.

Purkutyön tilaajan asema korostui myös haitallisten aineiden riskienhallinnassa. Purkutyössä tilaaja on vastuussa haitta-ainekartoituksesta ja purkusuunnitelmasta. Keskustelussa koettiin tärkeäksi mahdollisuus saada varmuus haitta-ainekartoittajien ammattitaidosta esimerkiksi standardoinnin tai sertifiointien avulla. Lisäksi toivottiin, että tieto rakennusten materiaalisäällöstä olisi helposti saatavilla. Muovikomposiittitoimijoiden kanssa keskusteltiin muovitoimialasta, jätteiden hyödyntämisestä ja haitallisista aineista. Keskustelua herätti erityisesti muovikomposiittijätteen hyödyntämisen haasteet.

Kaiken kaikkiaan toimialojen edustajat toivoivat, että tieto vaarallisista kemikaaleista olisi selkeää, käytännönläheistä ja saatavilla helposti digitaalisessa muodossa. Uuden tiedon äärellä myös pienten toimijoiden tiedonsaannista tulee huolehtia.

2 Vaaralliset aineet ympäristössä ja väestössä

Haitallisia ja vaarallisia aineita esiintyy erilaisissa materiaaleissa, tuotteissa ja jätteissä. Tuotteiden valmistuksessa ja niiden käytön aikana sekä tuotteiden päädyttyä jätteeksi ihmiset altistuvat näille aineille ja niitä kulkeutuu ympäristöön – maaperään, veteen ja ilmaan. Haitallisten ja vaarallisten aineiden esiintymistä voidaankin jäsentää näiden kolmen kokonaisuuden kautta: ympäristö, ihminen ja materiaalivirrat.

Kiertotalous voi vaikuttaa haitallisten ja vaarallisten aineiden määriin materiaalivirroissa ja ihmisten ja ympäristön altistumiseen niille monin eri tavoin. Jätteiden turvallinen hyödyntäminen esim. kierrättämällä vaatii haitallisiin aineisiin liittyvien riskien tunnistamista, arviointia ja hallintaa. Puutteellinen riskienhallinta voi johtaa haitallisten aineiden epätarkoituksenmukaisiin kiertoihin osana jätteiden hyödyntämistä ja siten ympäristön ja ihmisten voimakkaampaan altistumiseen.

2.1 POP- ja SVHC-aineet ympäristössä

Ympäristömme kannalta vaarallisimpia aineita ovat hyvin pysyvät ja eliöihin kertyvät aineet, koska ympäristön pienetkin pitoisuudet voivat kumuloitua eliöissä haitalliselle tasolle ajan myötä ja päästöjen vähennys vaikuttaa hitaasti pitoisuuksiin ympäristössä. Pysyvät aineet kulkeutuvat usein myös kauas päästölähteistään ja monien epäillään häiritsevän hormonitoimintaa. Vaarallisista ominaisuuksista johtuen monien käyttöä on rajoitettu kansainvälisesti Tukholman pysyviä orgaanisia yhdisteitä rajoittavalla POP-sopimuksella. SIRKKU-hankkeessa päähuomio ympäristön kautta altistumisen arvioinnissa keskittyikin juuri POP-yhdisteisiin sekä EU:n kemikaalisääntelyn REACH-asetuksen ((EY) N:o 1907/2006)⁵ erityistä huolta aiheuttaviin ns. SVHC-listan aineisiin. Pelkästään aineiden pysyvyys ruokkii niiden kulkeutuvuutta ja kertyvyyttä ja voi siten aiheuttaa sekä eliöiden että ihmisten altistumista.

Tukholman yleissopimus rajoittaa tällä hetkellä 28 ainetta tai aineryhmää. Uusia aineita lisätään, mikäli niiden kaukokulkeutumisesta arvioidaan aiheutuvan merkittävää

⁵ Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1907/2006, annettu 18 päivänä joulukuuta 2006, kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista (REACH), Euroopan kemikaaliviraston perustamisesta, direktiivin 1999/45/EY muuttamisesta sekä neuvoston asetuksen (ETY) N:o 793/93, komission asetuksen (EY) N:o 1488/94, neuvoston direktiivin 76/769/ETY ja komission direktiivien 91/155/ETY, 93/67/ETY, 93/105/EY ja 2000/21/EY kumoamisesta (EYVL L 396, 30.12.2006, s. 1–849).

haittaa ympäristölle tai terveydelle. Useimpia POP-yhdisteitä on käytetty erilaisina teollisuuskemikaaleina (mm. liuottimina, pintakäsittelyaineina, muuntajaöljyinä), palonestoaineina tai torjunta-aineina, ja osa muodostuu tahattomasti mm. palamisen yhteydessä. Yleisesti voidaankin todeta, että lähes kaikkia Tukholman sopimukseen kuuluvia POP-yhdisteitä havaitaan ympäristössä yhä, vaikka joidenkin käyttö on kielletty ja loppunut jo vuosikymmeniä sitten. (Seppälä ym., 2012). Viimeisen kymmenen vuoden aikana sopimuksella on voimakkaasti rajoitettu edelleen käytössä olevia kemikaaleja, kuten mm. sammutusvaahdoissa, kostutusaineina ja puhdistusaineissa sekä tekstiilien ja paperien pintakäsittelyaineissa käytetty perfluorioktaanisulfonihappo ja sen johdannaiset (PFOS), palonestoaine dekabromidifenyylietteri (dekaBDE) sekä heksabromisyklododekaani (HBCDD tai HBCD) ja metallien leikkuunesteenä ja muovien ja maalien pehmittimenä sekä palonestoaineena käytetyt lyhytketjuiset klooriparafiinit (SCCP:t). Toukokuussa 2019 Tukholman sopimuksen osapuolikokouksessa sopimukseen lisättiin PFOS-yhdisteiden kaltainen sammutusvaahdoissa, kostutusaineina ja puhdistusaineissa sekä tekstiilien ja paperien pintakäsittelyaineissa käytetty perfluoro-oktaanihappo PFOA sekä sen suolat ja johdannaiset.

POP-yhdisteen kansainvälinen rajoittaminen edellyttää, että aine voi aiheuttaa vakavia haittoja terveydelle tai ympäristölle kaukokulkeutumisen seurauksena. Tällä hetkellä käytössä on paljonkin muita kemikaaleja, joilla voi olla POP-yhdisteen kaltaisia muita haitallisia ominaisuuksia.

Kun aine voi vaikuttaa vakavalla ja usein peruuttamattomalla tavalla ihmisten terveyteen ja ympäristöön, se saatetaan määritellä erityistä huolta aiheuttavaksi aineeksi (SVHC-aineeksi). Tällaisia ovat pääasiassa aineet, jotka aiheuttavat syöpää, vaurioittavat perimää tai ovat lisääntymismyrkyllisiä, sekä aineet, jotka hajoavat hitaasti ja joilla on biokertyviä ominaisuuksia. Muita samantasoista huolta aiheuttavia aineita ovat esimerkiksi hormonitoimintaa häiritsevät tai herkistävät kemikaalit.

<https://echa.europa.eu/fi/-/chemicals-in-our-life-chemicals-of-concern-svhc>

VINKKEJÄ LINKEISTÄ

Tietoa POP-yhdisteiden ominaisuuksista ja rajoituksista on ymparisto.fi – sivuilla: <https://www.ymparisto.fi/POP>

Lisätietoa näiden aineiden ympäristöesiintymisestä on Tukholman yleissopimuksella, sekä Euroopan ympäristökeskuksella ja Itämeren suojelukomissiolla:

Tukholman yleissopimuksen tehokkuuden arviointiprosessin alueelliset seurantaraportit <http://www.pops.int/Implementation/GlobalMonitoringPlan/MonitoringReports/tabid/525/Default.aspx>

EEA 2018 Water assessment

<https://www.eea.europa.eu/themes/water/european-waters/water-quality-and-water-assessment/water-assessments>

State of the Baltic Sea — Second HELCOM holistic assessment 2011-2016

<http://www.helcom.fi/Lists/Publications/BSEP155.pdf>

Vastaavasti Suomessa tehtyjä yhteenvetoja on mm.:

Haitalliset aineet Suomen vesissä: tilanne ja seurannan suuntaviivat (Siimes ym. 2019)

<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/301460>

Kaukokulkeutuvat ympäristömyrkyt Suomen pohjoisilla alueilla (LAPCON, VN TEAS 2016)

<https://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=13402>

Kun aine on tunnistettu EU:ssa erityistä huolta aiheuttavaksi aineeksi, se lisätään ehdokasluetteloon. Luettelo kertoo kuluttajille ja teollisuudelle, mitkä kemikaalit on tunnistettu SVHC-aineiksi. SVHC aineita on kaiken kaikkiaan tällä hetkellä 201. Kun tarkastellaan aineryhmää ympäristön altistumisen kannalta, voidaan huomioida erityisesti pysyvät, kertyvät ja myrkylliset ns. PBT aineet sekä hormonitoimintaa häiritsevät aineet (EDC-aineet). Nämä kriteerit täyttäviä aineita on alle 50 (taulukko 2). Näistä aineista onkin jo ympäristötietoa, koska niitä on analysoitu POP-yhdisteiden mukana mm. vesidirektiivien vuoksi. Tällaisia ovat monet poly- ja perfluoratut sekä bromia sisältävät yhdisteet, nonyylifenolit sekä PAH-yhdisteet (taulukko 2a). Listalle jää myös monia yhdisteitä, joista ei ole ympäristötietoa Suomessa (taulukko 2b.). Näistä esimerkiksi siloksaanit, fenoliset yhdisteet ja uudemmat ftalaatit voivat olla merkityksellisiä kiertotalouden piirissä.

Taulukko 2a. Erityistä huolta aiheuttavat aineet (SVHC), jotka kuuluvat EU:n vesipuite- ja meridirektiivien nimettyihin prioriteettiaineisiin ja/tai joista on mitattua tietoa vesiympäristöstä Suomessa.

Aineen nimi	EY-nro	CAS-nro	Kriteeri
4-nonylifenoli, haaroittuneet ja suoraketjuiset, etoksyloidut	-	-	EDC (Artikla 57(f) - ympäristö)
4-nonylifenoli, haaroittuneet ja suoraketjuiset	-	-	EDC (Artikla 57(f) - ympäristö)
PFHxS ja sen suolat	-	-	vPvB (Artikla 57e)
PFOA	206-397-9	335-67-1	Lisääntymiselle vaarallinen (Artikla 57c), PBT (Artikla 57d)
PFUnDA	218-165-4	2058-94-8	vPvB (Artikla 57e)
PFTeDA	206-803-4	376-06-7	vPvB (Artikla 57e)

PFTTrDA	276-745-2	72629-94-8	vPvB (Artikla 57e)
PFDoDa	206-203-2	307-55-1	vPvB (Artikla 57e)
PFOA ammoniumsuola	223-320-4	3825-26-1	Lisääntymiselle vaarallinen (Artikla 57c), PBT (Artikla 57d)
Tibutyylitinaoksidi (TBTO)	200-268-0	56-35-9	PBT (Artikla 57d)
C10-C13 kloorialkaanit	287-476-5	85535-84-8	PBT (Artikla 57d), vPvB (Artikla 57e)
DekaBDE	214-604-9	1163-19-5	PBT (Artikla 57d), vPvB (Artikla 57e)
HBCDD ja diastereomeerit	-	-	PBT (Artikla 57d)
γ-HBCDD	-	134237-52-8	PBT (Artikla 57d)
β-HBCDD	-	134237-51-7	PBT (Artikla 57d)
1,2,5,6,9,10-HBCDD	221-695-9	3194-55-6	PBT (Artikla 57d)
HBCDD	247-148-4	25637-99-4	PBT (Artikla 57d)
α-HBCDD	-	134237-50-6	PBT (Artikla 57d)
“Dechlorane Plus”™	-	-	vPvB (Artikla 57e)
Lyijy	231-100-4	7439-92-1	Lisääntymiselle vaarallinen (Artikla 57c)
Antraseeni	204-371-1	120-12-7	PBT (Artikla 57d)
Bentso[a]antraseeni	200-280-6	56-55-3	Syöpää aiheuttava (Artikla 57a), PBT (Artikla 57d), vPvB (Artikla 57e)
Kryseeni	205-923-4	218-01-9	Syöpää aiheuttava (Artikla 57a), PBT (Artikla 57d), vPvB (Artikla 57e)
Bentso[g,h,i]peryleeni	205-883-8	191-24-2	PBT (Artikla 57d), vPvB (Artikla 57e)

EDC = Hormonitoimintaa häiritsevä aine
PBT = Pysyvä, kertyvä ja myrkyllinen aine
vPvB = Erittäin pysyvä ja erittäin kertyvä aine

**Taulukko 2b. Erityistä huolta aiheuttavat aineet (SVHC), jotka eivät kuulu EU:n vesipuite- ja meridi-
rektiivien prioriteettiaineisiin, ja joista ei ole mitattua tietoa vesiympäristöstä Suomessa.**

Aineen nimi	EY-nro	CAS-nro	Kriteeri
4-heptyylifenoli (suoraketjuinen ja haaroittunut)	-	-	EDC (Artikla 57(f) - ympäristö)
p-(1,1,-dimetyylipropyyli)fenoli	201-280-9	80-46-6	EDC (Artikla 57(f) - ympäristö)
4-(1,1,3,3-tetrametyyliibutyli)fenoli, etoksylaatti	-	-	EDC (Artikla 57(f) - ympäristö)
4-(1,1,3,3-tetrametyyliibutyli)fenoli	205-426-2	140-66-9	EDC (Artikla 57(f) - ympäristö)
1,3,4 tiadiatsolidiini-2,5-ditionin, formaldehydin ja suorien ja haaroittuneiden 4-heptyylifenolien reaktiotuotteet	-	-	EDC (Artikla 57(f) - ympäristö)

5-sec-butyyl-2-(2,4-dimetyylisykloheks-3-en-1-yyli)-5-metyyli-1,3-dioksaani	-	-	vPvB (Artikla 57e)
5-sec-butyyl-2-(4,6-dimetyylisykloheks-3-en-1-yyli)-5-metyyli-1,3-dioksaani	-	-	vPvB (Artikla 57e)
Dekametyylisyklopentasiloksaani (D5)	208-764-9	541-02-6	PBT (Artikla 57d), vPvB (Artikla 57e)
Dodekametyylisykloheksasiloksaani (D6)	208-762-8	540-97-6	PBT (Artikla 57d), vPvB (Artikla 57e)
Oktametyylisyklotetrasiloksaani (D4)	209-136-7	556-67-2	PBT (Artikla 57d), vPvB (Artikla 57e)
2,4-di-tert-butyyl-6-(5-klooribentsotriatsoli-2-yl)fenoli (UV-327)	223-383-8	3864-99-1	vPvB (Artikla 57e)
2-(2H-bentsotriatsoli-2-yl)-4-(tert-butyyl)-6-(sec-butyyl)fenoli (UV-350)	253-037-1	36437-37-3	vPvB (Artikla 57e)
2-(2H-bentsotriatsoli-2-yl)-4,6-ditertpentyyifenoli (UV-328)	247-384-8	25973-55-1	PBT (Artikla 57d), vPvB (Artikla 57e)
2-bentsotriatsoli-2-yl-4,6-di-tert-butyylifenoli (UV-328)	223-346-6	3846-71-7	PBT (Artikla 57d), vPvB (Artikla 57e)
Dinatriumoktaboraatti	234-541-0	12008-41-2	Lisääntymiselle vaarallinen (Artikla 57c)
Hydratut terfenyyli	262-967-7	61788-32-7	vPvB (Artikla 57e)
Disykloheksyyliiftalaatti (DCHP)	201-545-9	84-61-7	Lisääntymiselle vaarallinen (Artikla 57c), EDC (Artikla 57(f) - ihmisen terveys)
5-tert-butyyl-2,4,6-trinitro-m-ksyleeni (myskiksyleeni)	201-329-4	81-15-2	vPvB (Artikla 57e)
Antraseeniöljy	292-602-7	90640-80-5	Syöpää aiheuttava (Artikla 57a), PBT (Artikla 57d), vPvB (Artikla 57e)
Piki, hiiliterva, korkealämpötila	266-028-2	65996-93-2	Syöpää aiheuttava (Artikla 57a), PBT (Artikla 57d), vPvB (Artikla 57e)

EDC = Hormonitoimintaa häiritsevä aine

PBT = Pysyvä, kertyvä ja myrkyllinen aine

vPvB = Erittäin pysyvä ja erittäin kertyvä aine

Koottua tietoa vaarallisten ja haitallisten aineiden esiintymisestä ympäristössä löytyy täsmällisimmin muista lähteistä, joihin viittaamme tässä raportissa. Suomessa kemi-kaalien ja raskasmetallien suhteen on oltu ympäristön tarkkailussa ja seurannassa hyvin pragmaattisia ja riskiperusteisia. Käytännössä tämä tarkoittaa, että tietoa on kertynyt lähinnä vesipuite- ja meridirektiivien ohjaamien kansallisten asetusten perusteella – ja hyvin vähän muista ympäristön osista, pilaantuneita maa-alueita lukuun ottamatta.

Vesipuidedirektiivin mukaisten haitallisten ja vaarallisten aineiden esiintymistä Suomen vesissä tällä vuosikymmenellä on tarkasteltu SYKE:n raportissa (Siimes ym. 2019, taulukko 12). Kiertotalouden kannalta merkityksellisemmistä aineista on Suomen vesiympäristössä havaittu raskasmetallien lisäksi PBDE:tä, PFOS:a, dioksiineja ja dioksiininkaltaisia yhdisteitä ja HBCDD:a. PFOS:n ympäristölaatonormi on ylittynyt Vanhankaupunginlahden, Porvoonjoen ja Tuusulanjärven ahvenissa. Ulapan silakoissa PFOS-pitoisuudet ovat olleet pieniä. PBDE-yhdisteiden pitoisuudet ylittävät ympäristölaatonormin kaikkialla. On kuitenkin huomattava, että PBDE yhdisteiden ympäristölaatonormi (0,0085 µg/kg) on hyvin alhainen johtuen varovaisuusperiaatteesta: mm. puutteelliset toksisuustiedot johtavat suureen turvallisuuskertoimeen. Dioksiinien ja dioksiininkaltaisten yhdisteiden pitoisuudet silakassa ovat suurimmillaankin alle puolet ympäristölaatonormin arvosta ja ahvenissa vielä pienempiä. HBCDD:a havaitaan yleisesti kalanäytteissä, mutta sen pitoisuudet ovat vain tuhannesosia ympäristölaatonormista. VPDn mukaisten aineiden lisäksi seurantatietoa kaloissa on POP-yhdisteistä (ml. PCB) ja metalleista EU-kalat -hankkeessa (Jestoi ym. 2019).

Muita uusista vesipuidedirektiivin prioriteettiaineista ei ole 2010-luvulla havaittu määrittämissä ylittävänä pitoisuutena. Useiden aineiden (dikofoli, kinoksifeeni, subutryyni, diklorovossi ja heptakloori ja -epoksidi) käyttö on loppunut Suomessa eikä aineita ole havaittu 2010-luvulla. Diklorovossin sekä heptakloorin ja heptaklooriepoksidin kohdalla on huomattava, että niiden määrittämissä rajat ovat huomattavasti ympäristölaatonormia suurempia. Vanhoista prioriteettiaineista elohopean pitoisuudet ylittävät ympäristölaatonormin hyvinkin laajasti, pääosin ilman kautta maaperään ja sieltä vesistöihin kulkeutuneen kuormituksen vuoksi. Tributyyliitin pitoisuus vedessä ylittää ympäristölaatonormin mm. joidenkin satamien ja telakoiden edustoilla rannikolla. Aineen käyttö on kielletty EU:ssa 2008, mutta pitoisuudet sedimentissä laskevat hitaasti. Naapurimaihin verrattuna aineiden pitoisuudet olivat suunnilleen samoilla tasoilla. POP-yhdisteiden ja elohopean käyttöä ja päästöjä ympäristöön on rajoitettu Euroopassa voimakkaasti. Usean aineen kohdalla niiden päätyminen Suomen ja Pohjoismaiden ympäristöön on seurausta ilmaperäisestä kaukokulkeutumisesta, mikä osaltaan selittää samankaltaisia pitoisuustasoja.

Viranomaisten vastuulla olevaa Vesipuidedirektiivin mukaista haitallisten aineiden seurantaan jokivesissä tehdään yhden kerran kuusivuotisen seurantaohjelmakauden aikana. Aineryhmiä, joita on havaittu päästöissä ja vesistöissä aiemmilla vesienhoitokausilla, ovat raskasmetallit (Cd, Ni, Pb) ohella erityisesti alkyylifenolit (NP/OP ja etoksyylaatit), ftalaatit (DEHP, BBP, DBP) ja PFAS-yhdisteet. Vuosittaista seurantaan toteuttamaan 12 jokipaikalla noin kerran kuussa muuhun vedenlaadun seurantaan kytkettynä. Nämä näytepaikat ovat vakiintuneita näytenäytteitä, joilta otetaan näytteitä mm. mereen päätyvien ainevirtaamien (esim. ravinteet) selvittämiseksi. Vesiympäristölle haitallisten ja vaarallisten aineiden seurantasuunnitelman mukaan mereen

laskevista joista tullaan seuraamaan PFAS-yhdisteitä 2019, alkyylifenoleja 2020 ja ftalaaatteja 2021 (Siimes ym. 2019).

Kiertotalouden kannalta merkityksellisistä aineista tiedonpuutteita on erityisesti klooriparafiineista (SCCP, MCCP) ja bisfenoleista. Klooriparafiineja ei ole mitattu ympäristöstä paljolti luotettavan mittausten menetelmän puutteen johdosta. Bisfenoli-A ei ole vesipuitteedirektiivin aine, joten siitä ei ole valtakunnallista seurantatietoa, muttei myöskään tarkkailutietoa päästölähteiden lähistöltä. Ainoat kartoitustiedot bisfenolista ovat pohjoismaisena yhteistyönä tehty selvitys (Hansen & Lassen 2008).

Ftalaatteja (DEHP, DBP, BBF) on seurattu jokivesissä toisella vesienhoitokaudella (2006-2013). Ympäristölaatu normi ei ylittynyt millään kohteella, jonka vuoksi jatkuva seuranta ei ole toteutettu.

PAH-yhdisteitä (mm. fluoranteeni ja bentso(a)pyreeni, BaP) mitattiin UuPri-hankkeessa simpukoista 15 kohteella. Tulokset ovat olleet ristiriitaisia, sillä useita PAH-yhdisteitä löytyy, mutta laatu normin indikaattoriksi valittua BaP:ä ei. PAH-yhdisteitä on aiemmin seurattu mereen laskevista joista vuosina 2007 ja 2013. Lumen sulamisaikoina pitoisuudet olivat suurimpia, ja yksittäistapauksissa lähellä ympäristölaatu normia.

Valtakunnallisten seurantojen näytteenotto sijoittuu siten, että tulokset antavat hyvän yleiskuvan laajemmasta vesialueesta. Pitoisuudet lähellä päästölähteitä voivat olla suurempia, ja siten riskit altistumiselle suuremmat. Tämän vuoksi **haitallisten aineiden tarkkailua tulisi tehostaa lähellä potentiaalisia päästölähteitä.** Tässä suhteessa tiedot ovat puutteellisia jo ennen kiertotalouden piiriin siirtymistä. Tällä hetkellä ei ole edellytyksiä arvioida mitä muutoksia siirtyminen lineaaritaloudesta kiertotalouteen siirtyminen aiheuttaa ympäristössä.

Pysyvien aineiden seurantarpeita, muutossuuntia ja varastoja rakennetussa ympäristössä ja luonnonympäristössä on arvioitu karkeasti VN TEAS ohjelman LAPCON hankkeessa. Arviot varastoista eivät perustu mitattuun tietoon, vaan ovat asiantuntija-arvioita. Lisäksi niiden painopiste oli pohjoisessa ympäristössä, minkä vuoksi esimerkiksi PAH-yhdisteiden varastoja materiaaleissa ei pidetty siinä yhteydessä oleellisina.

Taulukko 3. LAPCON-hankeen arvio aineiden muutossuunnista, seurantarpeista ja varastoista Lapin ympäristössä ja ihmisissä (Mannio ym. 2016, muokattu). Erityisesti tietoaukkoja on uudempien aineiden muutossuunnista.

suuri
keskimääräinen
pieni
ei tarvetta

Pitoisuuden muutos Suomessa

↗ = nouseva

→ = ei nousua/ laskua

↘ = laskeva

ei voida arvioida

Ryhmä	Ilma		Varastot		Ympäristö		Ihminen	
	Seuranta-tarve	Muut os	Materiaal-eissa	Luonnossa	Seuranta-tarve	Muutos	Seuranta-tarve	Muutos
PAH-yhdisteet	PAH	→	ei	kyllä	PAH	→	PAH	↘
PCB-yhdisteet	PCBs	↘	vähenee	kyllä	PCBs	↘	PCBs	↘
Bromatut palonestoaineet	BDE-28-154	↘	vähenee	kyllä	PBDE-28-154	→	PBDE-28-154	↘
	BDE-209		suuret	kyllä	BDE-209		BDE-209	→
	HBCD		suuret		HBCD		HBCD	↘
	HBBz		kasvaa		HBBz		HBBz	
	PBT		kasvaa		PBT		PBT	
	Muut uudet		kasvaa		Muut uudet		Muut uudet	
	HxBB		pienet		HxBB		HxBB	
Muut palonestoaineet	TCIPP		suuret		TCIPP		TCIPP	
Perfluoratut alkyliyhdisteet	PFOS		Vähenee	kyllä	PFOS	↘	PFOS	↘
	PFOA		Vähenee	kyllä	PFOA		PFOA	↘
	PFAS, C<8		Kasvaa	kyllä	PFAS, C<8		PFAS, C<8	↗
	PFAS, C≥9		Kasvaa	kyllä	PFAS, C≥9	↗	PFAS, C≥9	↗
Muut								
Klooriparaffiinit	SCCP		Ei tietoa		SCCP		SCCP	
Siloksaanit	D4-D6		Vähenee		D4-D6		D4-D6	
Pehmitteet	mm. DEPH		Suuret	ei	mm. DEPH		mm. DEPH	

Taulukon 3 päätarkoitus on ollut koota yhteen arvio, mihin aineryhmiin on kohdistettava ympäristö- ja ihmisaltistusseuranta. Muutossuuntia ja erityisesti varastoja luonnossa ja materiaaleissa ei ole voitu juurikaan arvioida. **Kiertotalouden kannalta tärkeätä olisi identifioida erityisesti vaarallisten aineiden varastoja materiaaleissa, koska ne kuvaisivat sitä potentiaalista lisäystä, joka voi joutua ympäristöön ja sitä kautta myös altistaa väestöä enemmän kuin lineaaritalouden mallissa.** Jo ympäristöön joutuneiden vaarallisten aineiden varastoja on myös kaatopaikoilla, maaperässä ja jäätiköissä, joista ne voivat vapautua mm. ilmaston lämmetessä ja muuttaessa esimerkiksi hydrologisia olosuhteita.

2.2 POP- ja SVHC-aineet väestössä

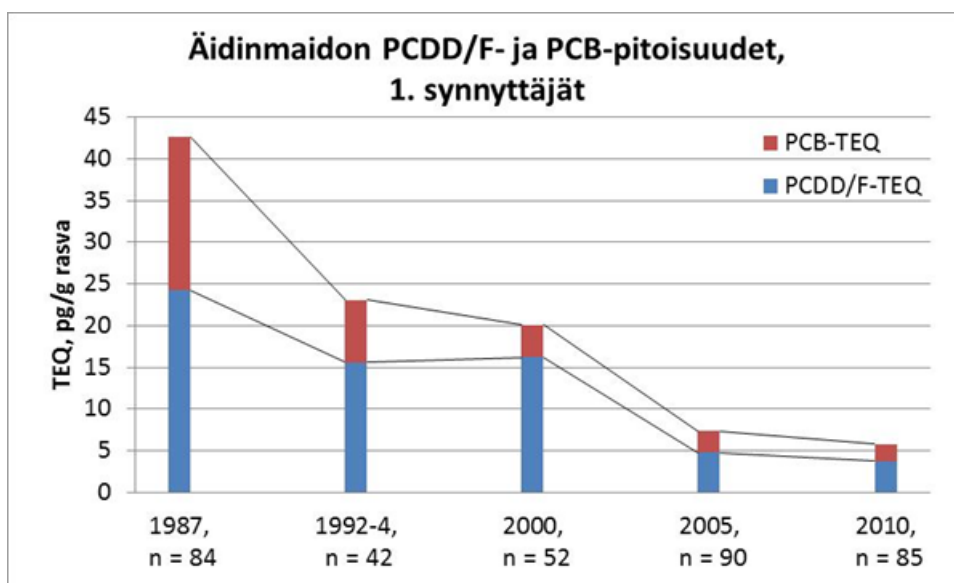
SIRKKU -hankkeessa on käsitelty POP- ja SVHC-aineiden joukosta muutamia kemikaaleja tai kemikaaliryhmiä, joita esiintyy esim. rakennus- ja/tai rakennuksissa käytetyissä kulutustuotteissa, ja joille työntekijät voivat altistua purkutyömaalla tai myöhemmin eri purkujakeita jatkohyödynnettäessä. Vaarana on myös, että näitä yhdisteitä joutuu kiertotalouden toimipisteistä ympäristöön ja kulkeutuu ominaisuuksiensa mukaisesti biokertyen myös koko muuhun väestöön. Kaikista POP- ja SVHC-ryhmien kemikaaleista ei ole väestötason altistustietoja, mutta esim. PCB-, PBDE-, PFAS-, ftalaatti- ja BPA-altistuksista ja niiden trendeistä on olemassa ainakin alustavaa kotimaista väestötason tietoa.

Varsinkin POP-yhdisteille, esimerkiksi PCB-yhdisteille, altistumista on saatu asetetuilla ja implementoiduilla Tukholman sopimuksen käyttökielloilla vähennettyä selvästi ja kiertotalouden kannalta nyrkkisääntönä voikin pitää, että mitä kauemmin on siitä kun aineen käyttökieltoa on kansallisesti noudatettu, sitä suurempi osuus altistumisesta aiheutuu kaukokulkeutumisesta. Siirryttäessä vähemmän aikaa sitten rajoitettuihin yhdisteisiin, kasvaa lähilähteiden, esim. kiertotalouden hallitsemattomien prosessien kautta tuleva suhteellinen osuus altistuksessa, koska monet näistä yhdisteistä ovat edelleen rakennuksien rakenteissa tai käytössä arkipäivän kulutustuotteissa.

PCB-yhdisteet

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos THL on tutkinut suomalaisten äidinmaidon pysyvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuuksia vuodesta 1987 lähtien, joten paras väestötason altistustieto POP-yhdisteistä seurantatuloksineen on tarjolla dioksiini- ja PCB-yhdisteistä. PCB-yhdisteiden on todettu lisäävän ihmisen syöpäriskiä, mutta ainoastaan suuren, lähinnä työperäisen, altistumisen seurauksena. Muita näihin yhdisteisiin liitettyjä terveysvaikutuksia ovat kehitys- ja lisääntymishäiriöt, hormonitoiminnan häiriöt, immunotoksisuus ja aineenvaihdunnan häiriöt.

Dioksiinien ja PCB-yhdisteiden pitoisuudet äidinmaidossa ovat pienentyneet huomattavasti viime vuosikymmenien aikana (kuva 3). Pohjoismaissa ja Baltian maissa äidinmaidossa on Suomen kanssa samansuuruisen altistuminen näille yhdisteille, mutta Keski-Euroopan maissa dioksiini- ja PCB-pitoisuudet ovat 2–4 kertaa suurempia kuin Suomessa. Kaikkialla pitoisuudet ovat kuitenkin vähenemässä (AMAP 2015).

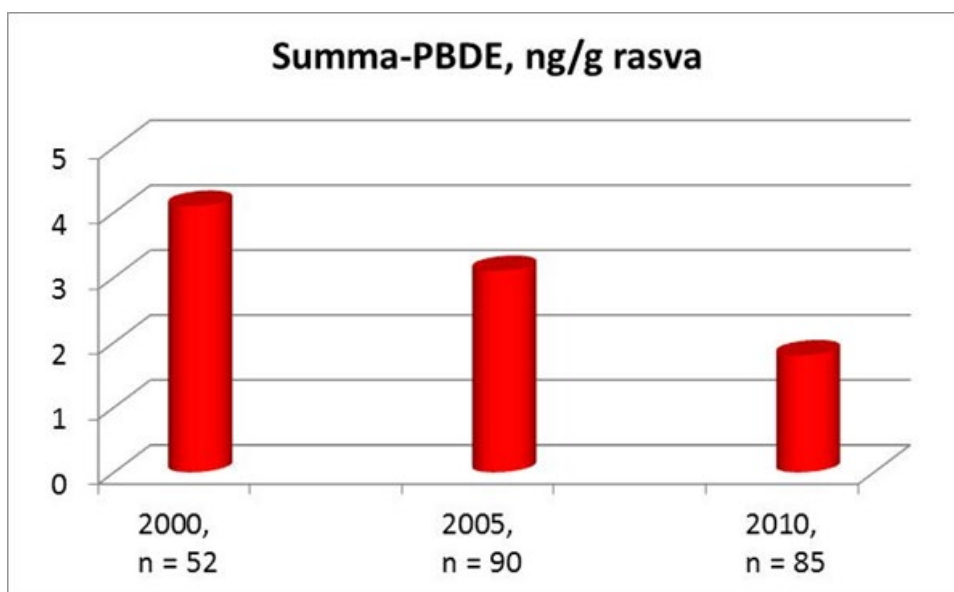


Kuva 3. Ensisynnyttäjien äidinmaidon PCDD/F- ja PCB-pitoisuudet, eli PCDD/F+PCB-TEQ-pitoisuuksien muutos vuosina 1987–2010.

PBDE- ja HBCD-yhdisteet

Palonestoaineina käytettyjen polybromattujen difenyyliettereiden (PBDE-yhdisteet) käyttökieltojen seurauksena näiden yhdisteiden pitoisuudet ympäristössä ovat selvästi laskemassa ja niiden oletetaan edelleen pienenevän. Huolimatta PBDE-yhdisteiden laajasta käytöstä, niiden terveyshaitoista on olemassa vielä vähän varmaa näyttöä ihmisellä. Joissakin tutkimuksissa on havaittu, että ne saattavat lisätä imusolmukesyövän riskiä, olla haitallisia sikiölle, häiritä kilpirauhashormonien tasapainoa, ja ne saattavat myös aiheuttaa käyttäytymishäiriöitä ja oppimisvaikeuksia.

THL:n äidinmaitotutkimuksissa ensisynnyttäjien pitoisuudet ovat noin puolittuneet vuosien 2000 ja 2010 välillä. Nykyään keskimääräinen PBDE-yhdisteiden summapitoisuus (15 yhdistettä) on noin 2 ng/g rasvaa, kuva 4. Ruotsissa vuonna 2010 kerättyjen äidinmaitojen summa-PBDE-pitoisuus (10 kongeneeria) oli 1,5 ng/g rasvaa eli samaa suuruusluokkaa kuin Suomessa (Darnerud ym. 2015).



Kuva 4. Ensisynnyttäjien äidinmaidon PBDE-pitoisuus ja sen muutos vuosina 2000–2010.

Ruotsissa heksabromosyklododekaanin (HBCD) pitoisuus äidinmaidossa kääntyi laskuun viimeistään vuoden 2005 jälkeen (Darnerud ym. 2015) ja tilanne Suomessa on oletettavasti samankaltainen kuin Ruotsissa, mutta HBCD pitoisuuksia äidinmaidossa tai seerumissa ei vielä ole mitattu suomalaisilla, mikä on selkeä tietoaukko. Tässä käsiteltyjen bromattujen palonestoaineiden nykyiset altistumistasot ovat selvästi terveysriskeihin liittyvien vertailuarvojen alapuolella (Fromme ym. 2016).

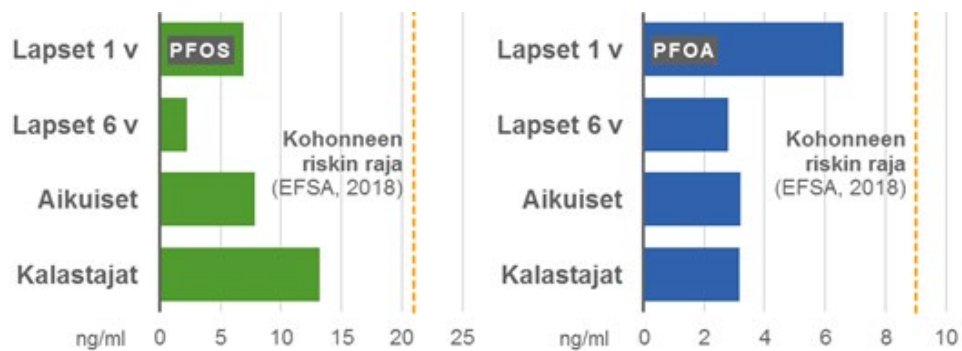
PFAS-yhdisteet

Per- ja polyfluoratut (PFAS) -yhdisteet ovat laajan käytön vuoksi levinneet maailmanlaajuisesti kaikkialle ympäristöön ja kertyneet eliöihin. Niitä käytetään monissa kuluttajatuotteissa niiden vettä, likaa ja rasvaa hylkivien ominaisuuksien vuoksi sekä palonestoaineina joissain sisustustekstiileissä sekä sähkö- ja elektroniikkatuotteissa. Pohjoismaisissa tutkimuksissa näitä yhdisteitä on löydetty vesieläimistä, maaperästä, linnuista, kaloista ja nisäkkäistä. Yleisimmät PFAS-yhdisteet näissä näytteissä ovat perfluoro-oktaanisulfonaatti PFOS ja perfluoro-oktaanihappo PFOA. PFOS-yhdisteelle POP-asetuksessa asetetun käyttörajoitusten tultua voimaan 2000-luvulla valmistajat ovat alkaneet korvata niitä lyhyempiketjuisilla PFAS-yhdisteillä. PFOS tuli osaksi POP-sopimusta 2009 ja PFOA 2019.

PFAS-yhdisteet saattavat aiheuttaa riskin ihmisen terveydelle ja kehitykselle. EFSA arvioi 2018, että altistuminen PFOS:lle ja PFOA:lle on yhteydessä heikentyneeseen immuunivasteeseen ja seerumin kohonneeseen kolesterolipitoisuuteen, ja että yhteys

on kausaalinen. Altistuminen saattaa vaikuttaa myös maksan toimintaan, tulehdusalltiuteen ja alhaiseen syntymäpainoon, mutta näyttö on näistä toistaiseksi epävarmaa.

THL on mitannut PFOS:n ja PFOA:n pitoisuuksia suomalaisilla aikuisilla ja lapsilla. Pitoisuudet suomalaisten seerumissa ovat selvästi alle niiden pitoisuuksien, joita EFSA käytti lähtökohtana arvioidessaan turvallisen saannin rajoja (kuva 5).



Kuva 5. PFOS:n ja PFOA:n pitoisuus suomalaisten seerumissa verrattuna EFSA:n riskinarviossa käytettyyn kohonneen riskin rajaan (THL ja EFSA, 2018).

Norjasta ja Ruotsista mitattujen 2000-luvulla mitattujen äidinmaitonäytteiden keskimääräiset PFAS-pitoisuudet olivat samaa tai vähän korkeampaa tasoa kuin Suomessa (Mannio ym. 2016).

Ftalaatit

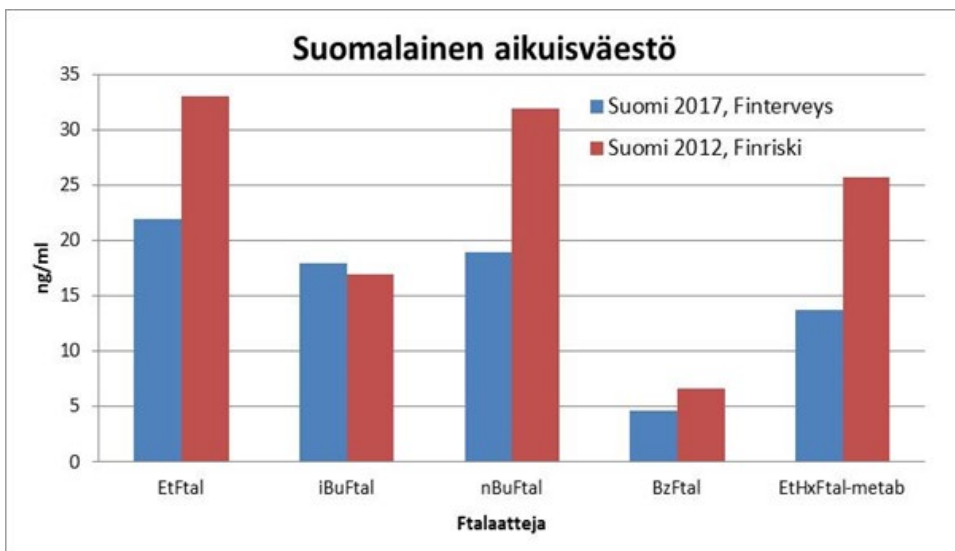
Ftalaattien tärkein käyttökohte on pehmittiminä PVC-muoveissa. Niiden tehtävä on lisätä muuten hauraiden muovien taipuisuutta, läpinäkyvyyttä ja kestävyyttä. Niitä on käytetty mm. lääketablettien päällystämiseen, ravintolisien viskositeetin hallintaan, geelin ja filmien muodostusaineina, stabilisaattoreina ja voiteluaineina.

Useiden ftalaattien epäillään häiritsevän hormonitoimintaa. Ftalaattien terveysvaikutuksista ihmiselle on olemassa tutkimustietoa, mutta syy-yhteyttä altistumisen ja haittavaikutusten välillä ei ole vielä varmennettu. Tutkimuksissa on havaittu, että ftalaateille altistuminen saattaa olla yhteydessä lisääntymisjärjestelmän häiriöihin, kohonneeseen keskivartalolihavuuteen ja rintasyöpäriskiä, insuliiniresistenssiin, astmaan, autismiin, joihinkin allergioihin sekä käyttäytymishäiriöihin.

EU:ssa on rajoitettu DEHP:n, DBP:n ja BBP:n enimmäispitoisuuksia leluissa ja lastenhoitotarvikkeissa ja sama rajoitus on asetettu erälle muillekin ftalaateille tuotteissa,

jotka lapsi voi laittaa suuhun. Vuodesta 2015 alkaen DEHP, BBP, DBP ja DiBP ovat kuuluneet REACH-asetuksen luvanvaraisten aineiden luetteloon (1907/2006/EC, liite XIV). 2020 heinäkuussa luvanvaraiseksi muuttuu neljä ftalaattia mm. DPP. Kaikki edellämainitut ftalaatit ovat myös SVHC-aineita ja aineiden tunnistusperusteena on käytetty niiden lisääntymismyrkyllisyyttä.

THL on mitannut ftalaattien pitoisuuksia suomalaisilla aikuisilla isoista väestönäytteenotoista saaduilla virtsanäytteillä (Finriski2012 ja Finterveys2017). Kuvasta 6 nähdään, että niiden ftalaattien, joille on EU:n toimesta asetettu rajoituksia, metaboliittien pitoisuudet vähenevät aikuisväestössä nopeasti, joka osoittaa, että näiden ei pysyvien yhdisteiden rajoitustoimet verrattuna pysyviin haitta-aineisiin ovat nopeampivaikuttavia. Rajoitettuja ftalaatteja korvataan nopeasti uusilla yhdisteillä ja väestönaltistumistieto voi olla jo valmistuessaan ”vanhaa” tietoa relevantin altistuksen ollessa jo aivan toisista yhdisteistä, kuin mitatuista peräisin.



Kuva 6. Suomalaisen aikuisväestön altistuminen ftalaateille vuosina 2012 ja 2017.

BPA

Bisfenoli A:ta (BPA) käytetään polykarbonaatti- ja epoksihartsimuovien rakennusaineena ja sitä löytyy useista muovisista kulutustuotteista. BPA:ta käytetään myös epoksihartsissa ja lämpöpapereissa.

BPA:n käyttö on kielletty koko EU:ssa polykarbonaatista valmistetuissa tuttipulloissa sekä niiden tuttiesassa, sekä muovipulloissa ja pakkauksissa, jotka sisältävät vauvoille ja alle kolmivuotiaalle tarkoitettuja elintarvikkeita. Muissa elintarvikkeiden kanssa

haiten selvillä tuotantovaiheessa, mutta jo käyttövaiheessa tieto aineista ja materiaaleista vähenee. Jätevirrat ovat heterogeenisiä ja muuttuvia ja siksi jokaisesta jäteerästä on tutkittava haitalliset aineet ja niiden pitoisuudet. Käytännössä tuotteiden valmistukseen käytettyjä aineita ei saada selville tietokannoista jäljittämällä, eikä siten jätevirtojen sisältämiä haitallisia aineita saada selville tietokantatarkastelulla. Jos tietoa olisi paremmin kerättyä tietokantoihin, voitaisiin tietokannoista kerättävän tiedon avulla mm. selvittää ajankohtaa, jolloin osa haitallisista aineista voisi olla poistunut kierrosta ja jätteitä voitaisiin hyödyntää turvallisesti.

Jollakin tasolla voidaan erilaisia aineistoja hyödyntämällä arvioida materiaalivirtojen merkityksellisyyttä ja riskitasoja. Tarkastelussa voidaan huomioida jätevirrat, joille hyödyntämistoimien jälkeen – esimerkiksi kierrätettynä – olisi kysyntää, ottaen huomioon haitta-aineen aiheuttaman merkittävän tai matalan riskin. Haitallisten aineiden riskit on tunnistettava, arvioitava ja hallittava aina ennen kuin materiaalin jätteeksi luokittelu voidaan päättää. Materiaalivilinpidon ja tietojärjestelmien kehittämiseen avulla systemaattista tietoa erilaisista materiaali- ja jätevirroista voitaisiin tuottaa riittävästi. Aineistojen hyödynnettävyydessä haitallisten aineiden riskien tunnistamisen työkaluna on eroja. Vaikka tietoa kerätään, se ei ole aina systemaattista, eikä välttämättä sisällä tietoa POP- ja SVHC-aineista.

2.3.1 Tiedon keräys- ja tallennusjärjestelmiä

Ympäristöhallinnon ympäristölupien valvontajärjestelmä (YLVA, ent. VAHTI) sisältää toiminnanharjoittajien raportoimaa tietoa syntyvistä, varastoiduista ja lähtevistä jätteistä. Tiedot ovat määrätietoa jätekoodeineen eivätkä sisällä tietoja haitallisista aineista tai jätteiden muusta koostumuksesta. Lisäksi jätetiedot kattavat pääosin vain teollisista prosesseista syntyvät jätteet eivätkä esimerkiksi paperi-, pakkausmuovi- tai muita vastaavia tietoja (esimerkiksi erikseen kerättyjä jätemääriä ja käsittelytapoja), joita tuottajavastuutahot raportoivat muualla. Aineistoa voidaan hyödyntää jätetilinpidon lähtöaineistona valmistavan teollisuuden prosessijätteiden valtakunnallisten määrien laskemiseksi.

Teollisuustuotanto-tilasto on Tilastokeskuksen ylläpitämä tilasto, joka kuvaa Suomen kansantalouden teollisuustuotantoa tuotenimikkeittäin (PRODCOM-luokitus) vuosittain tarkalla, noin 4000 tuotenimikkeen tasolla. Tilastoa voidaan hyödyntää esimerkiksi muoviaineiden ja –tuotteiden materiaalivirtatarkastelussa, koska se jaottelee esimerkiksi muovituotteet niiden sisältämän muovilajin ja käyttötarkoituksen mukaan (ks. esimerkki liitteessä 5). Yksityiskohtaisuudestaan huolimatta tilasto ei sellaisenaan vastaa moniin keskeisiin kysymyksiin, kuten millainen on tuotteiden kemikaalisisältö tai tarkka polymeerikoostumus.

Tullin ULJAS-tietokanta kuvaa Suomen ulkomaankauppaa eli maahan tuotuja ja maasta vietyjä tuotteita kuukausi- ja vuositasolla. Tietokanta sisältää kauppakumppanikohtaiset tiedot. Yksittäisten maiden ohella tietokannassa on valmiita luokitteluita, kuten EU-alue, euroalue, YK:n kehitysmaaluokitus ja maanosat. Tietokannan tietojen kautta voidaan siis arvioida EU-alueen ulkopuolelta tulevien tuotteiden volyyymiä esimerkiksi osana haitallisiin aineisiin liittyvien riskien arviointia eri materiaalivirroissa. Tietokannan alueluokitukset ovat tämän päivän tilanteen mukaisia, joten aikasarja taaksepäin on mahdollista rakentaa. ULJAS käyttää useita luokituksia, joista CN on EU:n tullihallinnossa ja ulkomaankauppatilastoissa käytetty tavaraluokitus. Sen tarkimmalla, 8-numerotasolla on noin 10 000 luokkaa. Tullin mukaan CN-luokitusta kannattaa käyttää kun seurataan yksittäisen, tarkkaan rajatun tavaran ulkomaankauppaa. ULJAS-tietokannan sisältö rinnastuu Teollisuustuotanto-tilastoon ja sen tietosisältöjen hyödyntämistä on kuvattu liitteen 5 muoviesimerkissä.

Kemikaalitietojärjestelmä (KemiDigi, aiempi Kemikaalituoterekisteri eli Ketu-rekisteri) on järjestelmä, jonka avulla yritykset hoitavat kemikaaleihin liittyvät ilmoitusvelvoitteet. Kemikaalitietojen ja kemikaalien määrätietojen ilmoittaminen perustuu kemikaalilakiin (599/2013) sekä sosiaali- ja terveysministeriön asetuksiin kemikaaleja koskevien tietojen toimittamisesta (553/2008) sekä kemikaalien määrätietojen toimittamisesta (1155/2011). Kemikaali-ilmoitus tulee tehdä kemikaaleista, jotka on luokiteltu terveysvaaran, ympäristövaaran tai fysikaalisen vaaran suhteen sekä myös luokittelemattomista kemikaaleista, jos ne sisältävät terveydelle tai ympäristölle vaarallista ainetta tai ainetta, jolle on EU:ssa määrätty työpöeräisen altistumisen raja-arvo. Järjestelmään voi myös ilmoittaa tiedot vaarattomasta kemikaalista. Ilmoitettavat tiedot perustuvat kemikaalin käyttöturvallisuustiedotteeseen. KemiDigi sisältää kemikaalirekisterin, joka sisältää markkinoilla olevat vaaralliset kemikaalit; ainerekisterin, jossa on tietoja aineista ja niistä koostetuista ryhmistä ja yritysten kemikaaliluettelot, joissa hyödynnetään kemikaali- ja ainerekisterin tietoja. KemiDigi otettiin käyttöön helmikuussa 2019 ja sinne on siirretty aiemman kemikaalituoterekisterin tiedot. Kemikaaliluettelotoiminto ja kemikaali-ilmoituksiin liittyvät määrätiedot on otettu käyttöön toukokuussa 2019. Järjestelmän hakutoiminnot avattiin 20.5.2019. Järjestelmää kehitetään vielä mm. biosidien ja kasvinsuojeluaineiden rekisterin osalta.

2.3.2 Toimialakohtaisia materiaalivirtoja

Kansantalouden toimialakohtainen tilinpito on luonteva pohja materiaalivirtojen jaottelemiseksi edellä mainittuihin karkeisiin luokkiin, joiden perusteella voidaan arvioida haitallisten aineiden riskejä. Oheisessa aineistoihin ja asiantuntija-arvioon perustuvassa tarkastelussa materiaalivirralla viitataan toimialoilla syntyviin sivuvirtoihin, -tuotteisiin ja jätteisiin. Maataloudessa merkittävimpiä materiaalivirtoja ovat eläinten lanta ja muut biomassat, joissa esimerkiksi SVHC- ja POP-aineiden esiintymisestä on vä-

hän tietoa. Lanta voi sisältää muita mahdollisesti huolta aiheuttavia aineita, esimerkiksi lääkaineita ja niiden metaboliatuotteita. Lisäksi esimerkiksi maa- ja puutarhataloudessa käytetyt muovit muodostavat oman materiaalivirtansa, jossa toimialakohtaisesti arvioitavana haitta-aineriskinä on kasvisuojeluaineiden esiintyminen. Pakkausmateriaalina kasvisuojeluainekanisterit on aina hävitettävä joko vaarallisena jätteenä tai hyvin huuhdeltuina loppujätteen mukana. Kaivannaisteollisuudessa syntyvät jätteet dominoivat Suomen jätetilastoja. Kaivosten sivukivien hyödyntämistä rajoittaa merkittävästi niiden usein kaukainen sijainti hyötykäyttökohteista tai sivukivien koostumus. Ongelmia aiheuttaa ennen kaikkea sulfidimineraalien hapontuotto ja tämän aiheuttama hapan valuma voi taas aiheuttaa raskasmetallipäästöjä lähivesiin. Hyödynnettävyyttä arvioidaan kuitenkin tapauskohtaisesti. Rakentamisessa syntyvät maamassat ovat myös suuria, kertaluontoisia jätevirtoja, joissa haitta-ainepitoisuudet ovat hyvin vaihtelevia ja voivat olla saastuneet kohteessa tapahtuneista toiminnoista. Elintarviketeollisuuden prosessijätteet ovat pääosin erilaisia biomassoja, jotka eivät lähtökohtaisesti sisällä erityisen haitallisia aineita. Elintarviketeollisuuden prosessijätevesistä voidaan myös ottaa talteen hyödyllisiä aineita (Salminen ym. 2017) eivätkä niiden sisältämät haitalliset aineet arvion mukaan aiheuttaisi merkittävää ympäristöriskiä.

Kemiallisessa metsäteollisuudessa jätteinä ja sivuvirtoina syntyvät biomassat ja tuhkat ovat merkittävä materiaalivirta Suomen kansantaloudessa. Esimerkiksi tuhkille on jo määritelty haitta-aineisiin perustuvat raja-arvot silloin kun niitä hyödynnetään maa- ja metsätaloudessa (VNa 843/2017). Samoin Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa lannoitevalmisteista (24/11) on annettu raja-arvot kahdeksalle haitalliselle metallille. Näitä raja-arvoja sovelletaan myös lannoitevalmisteina käytettäville tuhkille. Kemialliset ja mikrobiologiset riskit kattava riskitarkastelu metsäteollisuuden orgaanisten materiaalivirtojen hyödyntämiselle kansallisella tasolla, olisi perusteltu lähtökohta. Näiden materiaalivirtojen volyyymi on merkittävä ja laitoksia, joilta näitä materiaaleja syntyy, on useita. Energiateollisuudessa pääasiallinen jätevirta muodostuu erilaisista tuhkista. Jätteenpolttolaitoksissa syntyy lisäksi kuonaa 20-30% voimalassa hyödynnetyn jätteen massasta (Kaartinen ym. 2007). Tavanomaiseksi jätteeksi luokitellut kivihiilen, puun ja turpeen polton tuhkat eivät tyypillisesti sisällä POP-yhdisteitä, joskin raskasmetalleja ja arseenia ne voivat sisältää. Sen sijaan jätteenpolton tuhka, joka on luokiteltu vaaralliseksi jätteeksi ja jota ei toistaiseksi hyödynnetä materiaalina toisin kuin käsiteltyä jätteenpolton kuonaa, sisältää usein POP-yhdisteitä, kuten dioksiineja, furaaneja, polykloorattuja naftaleeneja sekä pentaklooribentseeniä.

Kemianteollisuuden jätteissä haitalliset aineet ovat yksi riskitekijä. Jätteiden hyödyntämisestä edeltävä jätteeksi luokittelun päätyminen pitäisi tapahtua kuitenkin tapauskohtaisen päätöksenteon perusteella ja kohdentuisi siten tiettyyn, tarkasti rajattuun jättemateriaaliin. Tämä pätee myös jätteiden hyödyntämiseen esimerkiksi muovien kemiallisessa kierrätyksessä, mikäli tällaista toimintaa tehtäisiin kemianteollisuuden (sisäl-

täen öljynjalostus) toimialalla. Esimerkiksi jätekemikaalien regenerointiprosessi lopputuotteiden laatua määrittelevät myös tuotestandardit, mikä edesauttaa kemikaalirikien hallintaa.

Muovi- ja kumituotteiden sekä mineraalituotteiden valmistuksen (ml. lasijalosteet, rakentamisessa käytettävät materiaalit) jätteistä merkittävä osa rinnastuu markkinoille saatettaviin tuotteisiin kemiallisen koostumuksensa puolesta. Näissä tapauksissa on kyse epäkuranteista tuotteista tai ns. off-specistä eli tuotteista, jotka eivät täytä tuotespesifikaation vaatimuksia, mutta jotka ovat materiaalikoostumuksensa puolesta identtisiä markkinoille saatettavien tuotteiden kanssa. Perusmetallien tuotanto keskityy suuriin laitoksiin, joiden tuottamista jätteistä jotkin volyymiltään merkittävät materiaalit ovat jo saaneet sivutuotestatuksen Suomessa. Lisäksi toimiala hyödyntää jo nykyisellään jätemetalleja. Keskeisiä haitta-aineriskejä ovat mm. radioaktiiviset aineet. Erilaiset metalli- ja sähkötekniikan teollisuuden valmistamat laitteet sisältävät komponentteja, joissa on haitallisia aineita.

Moottoriajoneuvojen valmistuksessa on käytetty mm. nykyisin kielletyillä palonestoaineilla käsiteltyjä materiaaleja, kuten muoveja ja tekstiilejä. Tällä hetkellä romuajoneuvot päätyvät pääasiassa toimijoille, jotka ovat erikoistuneet ajoneuvojen käsittelyyn jätteenä. Näiden jätteiden turvallisesti hyödyntämiseksi pitäisi saada mahdollisimman tarkka tieto ajoneuvojen valmistajien käyttämien materiaalien sisältämistä kemikaaleista. Uusien ajoneuvojen SVHC-aineiden osalta tiedon pitäisi kulkeutua jo nyt toimitusketjussa, mutta koska SVHC-aineiden listaa päivitetään säännöllisesti, valmistuksen jälkeen lisättyjä aineita koskeva tieto jää huomiotta. Haitallisten aineiden hallinta romuajoneuvojen hyödyntämisessä edellyttää myös prosessien kehittämistä, jotta teollisen mittakaavan jätteiden hyödyntämisessä pystyttäisiin tunnistamaan esimerkiksi osat, jotka on hävitettävä niiden sisältämien aineiden takia (kuten esim. dekaBDE:tä sisältävät osat esimerkiksi auton monessa eri komponentissa).

Jäteveden puhdistuksessa puhdistamoille johdetuista jäte- ja hulevesistä laaja kirjo haitta-aineita jää syntyviin lietteisiin. Nämä lietteet ovat haitallisten aineiden riskien kannalta ongelmallinen, heterogeeninen ja puutteellisesti tunnettu materiaalivirta. Aineiden, etenkin ravinteiden, talteenottoa jätevesistä tai puhdistamolietteistä kehitetään tällä hetkellä sekä Suomessa että kansainvälisesti. Tällä tavoin syntyvien lannoitevalmisteiden haitta-ainesisältöjä tutkitaan osana meneillään olevia kehityshankkeita. Samoin tutkitaan lietteiden käsittelymenetelmien vaikutuksia mm. lääkeainejäämiin sekä vesienkäsittelymenetelmien parantamista haitta-aineiden poistamiseksi (SUDDEN 2019). Lietteille asetettavat raja-arvot tulevat olemaan päätöksentekoa vaativa asia jo lähitulevaisuudessa.

Rakentamisen alalla hyödyntämiskelpoisia jätteitä syntyy sekä uudis- että korjausrakentamisessa ja rakennusten purkamistoiminnassa. Esimerkiksi betonimurskeen jätteen luokittelun päättymistä koskevassa asetusvalmistelussa lähtökohdaksi on otettu tämä jätteiden syntytapa; jaottelu käytettyyn ja käyttämättömään betonijätteeseen. Perusteluna on riskiperusteisuus: käyttämättömät betonijätteet eivät ole olleet käytössä ja kosketuksissa muiden materiaalien kanssa ja siten niihin liittyvä haitta-aineriskin on siten vähäinen tai riittävästi tunnistettu ja siten hallittavissa. Betonissa käytetyistä lisäaineista mm. jätteenpolton tuhkista tarvittaisiin kuitenkin lisätietoa. Käytössä ollut betoni on voinut kontaminoitua muista materiaaleista: esimerkiksi PCB-saumasmassoihin yhteydessä ollut betoni voi PCB:n kulkeutumisen takia olla vaarallista jätettä 5 cm paksuudelta (Andersen ym. 2015).

Jätehuolto on toimialana keskeisessä roolissa jätteiden merkittävänä hyödyntäjänä. Jätteen luokittelun päättymistä ja haitallisten aineiden riskien tunnistamista, arviointia ja hallintaa osana tätä prosessia on kuvattu tapausesimerkin valossa luvussa 4.3.

3 Työturvallisuus

3.1 Riskialttiit työntekijäryhmät kiertotaloudessa

3.1.1 Rakennusten purkutyö



Kuva 7. Haitalliset POP- ja SVHC-aineet leviävät pölyn mukana ympäristöön aiheuttaen terveysriskejä sekä työntekijöille että väestölle.

Uuden jätedirektiivin mukainen tavoite on hyödyntää 70 % rakennus- ja purkujätteestä vuoteen 2020 mennessä. Rakennustenpurkajat ovat hyvin merkittävä työntekijäryhmä kiertotaloudessa, kun tarkastellaan materiaalien kierrättämistä ja niihin liittyviä työterveydellisiä riskejä. Astman, keuhkohtaumataudin ja silikoosin aiheuttama tautitaakka on suurin rakennusten purkutyössä ja siksi rakennusten purkajat luokitellaan hyvin riskialttiiksi ammatiksi (Louhelainen ym. 2017). Purkutyö on vaarallista, koska siinä voi altistua erilaisille pölyille, kaasuille tai muille kemiallisille tekijöille. Vaikka purkutyön eri vaiheita ulkoistetaan alihankkijoille, on hankkeen päätoteuttaja päävastuussa myös rakennustyömaan alihankkijoiden työturvallisuudesta. Hänen pitäisi alihankkijaa vali-

tessaan edellyttää ja sopia, että alihankkijan toiminta täyttää tilaajan asettamat turvallisuusmääräykset koskien myös vuokratyöntekijöitä tai muita määräaikaista työntekijöitä.

Valtioneuvoston asetuksessa rakennustyön turvallisuudesta (205/2009) säädetään, että rakennuksen haitta-ainekartoituksen tulokset ja purkutyön erityisvaatimukset tulee liittää hankkeen turvallisuusasiakirjaan ja purkutyön tarjouspyyntöasiakirjoihin, jolloin purku-urakoitsija tarjousta tehdessään voi ottaa huomioon mahdollisten haitta-ainneiden aiheuttamat purkutyön erityistarpeet työturvallisuuden lisäämiseksi. Haitta-ainekartoituksen, turvallisuusasiakirjan ja korjaussuunnitelmien perusteella purkutyön toteuttajan tulee laatia purkusuunnitelma (Ratu S-1221). Hankkeen rakennesuunnittelija laatii rakenteista purkutyöselostuksen, jossa hän analysoi rakennuksen nykyisen tilan, esittelee purkutyön laajuuden ja sopivan purkutavan, selvittää rakenteiden kantavuuteen ja purkutyön turvallisuuteen liittyvät asiat purkutyön aikana. Purkusuunnitelmassa on kiinnitettävä huomiota työntekijöiden turvallisuuden lisäksi myös työn vaikutuspiirissä olevien turvallisuuteen.

3.1.2 Kierrätysmateriaalien lajittelu, kuljetus ja varastointi

Materiaalien lajittelu on erittäin tärkeässä roolissa niiden hyödyntämisessä. Toimivaa syntypaikkalajittelua kannattaa kehittää, koska sekalaisen jätteen joukosta materiaalien lajittelu lisää työntekijöiden työturvallisuusriskejä. Tanskalaiset rakensivat jo 1980-luvulla sisähalleihin jätteenlajittelulaitoksia, mutta havaitsivat melko nopeasti, että siellä tapahtuva jätteiden käsinlajittelu sekalaisesta jätteestä on vakava uhka työntekijöiden terveydelle (Sigsgaard ym. 1990). Laitosmaisen lajittelun työhygieenisistä terveysriskeistä on sen jälkeen selvitetty useilla erityyppisillä laitoksilla sekä ulkomailla että Suomessa ja todettu samat ongelmat kuin tanskalaisten tutkimuksessa. Erityisesti kemikaaliturvallisuuslain näkökulmasta tuorein selvitys jättemateriaaleja hyödyntävien laitosten turvallisuusriskeistä lienee Tukesin tekemä selvitys ”Kiertotalouslaitosten turvallisuusriskit” (Tukes 2018).

Jättemateriaaleja käsittelevien työntekijöiden sairastavuutta lisää sekalaisen jätteen tai jopa lajitellun materiaalin kontaminoituminen kemiallisten haittatekijöiden lisäksi biologisilla tekijöillä kuten bakteereilla ja homeilla. Orgaanista ainesta sisältävien materiaalien kostuminen varastoinnin aikana lisää kontaminoitumisriskiä biologisille tekijöille. Tämän vuoksi kosteudelle herkät materiaalit olisi säilytettävä kuivissa olosuhteissa lajitteluhetkestä hyötykäyttöön saakka.

Rakennusalalla lajittelua koskeva velvoite esimerkiksi rakennusurakan kilpailutuksessa on tehokas keino ohjata pääurakoitsija kehittämään syntypaikkalajittelua (Mikkelä 2019a). Jos tilaaja edellyttää jätteiden lajittelulta tiettyä tasoa, pääurakoitsijan on otettava asia huomioon ja annettava tarjous sen mukaisesti. Edistyksellinen syntypaikkalajittelu parantaa rakennustyömaan työturvallisuutta ja siisteyttä sekä luo hyvää imagoa yrityksen vastuullisesta toiminnasta. On myös tärkeää, että rakennustyömaalta kierrätykseen lähtevät orgaanista ainesta sisältävät materiaalit suojataan kosteudelta, etteivät ne homehdu.

Kierrätettävät materiaalit toimitetaan monesti väliterminaaleihin varastointia ja jatkokäsittelyä varten. Sisätiloissa tapahtuvat materiaalien siirtelyt sekä kuormaus- ja lastin purkuvaiheet voivat levittää epäpuhtauksia herkästi ilmaan ja työympäristöön riippuen mm. materiaalin laadusta, tilan ilmanvaihdosta ja siivouskäytännöistä. Tämä huomioiden materiaalien siirtelyt on turvallisinta tehdä työkoneella, jonka ohjaamoon tuleva sisäilma on suodatettu epäpuhtauksista.

Useimmat kierrätysmateriaalit on käsiteltävä jollain tavoin ennen uudelleen hyödyntämistä. Materiaalien seulonta sekä muu erottelu ja murskaus voivat olla haitta-aineita ilmaan ja ympäristöön levittäviä työvaiheita. Jos materiaalin työstäminen tapahtuu sisätiloissa, työntekijöille terveystahaitta aiheuttavia kemiallisia ja biologisia tekijöitä voi olla runsaasti läsnä. Näitä työvaiheita varten olisi suunniteltava sellaiset tekniset ratkaisut, joissa huomioidaan mahdollisten epäpuhtauksien leviämisen tehokas rajoittaminen. Prosessien automatisointi, osastointi ja niiden ohjaaminen esimerkiksi valvomosta vähentää merkittävästi työntekijöiden altistumista haitallisille aineille. Prosessien häiriö- ja huoltotilanteissa työntekijöiden on käytettävä tehtävään soveltuvia henkilösuojaimia.

3.2 Haitalliset aineet kierrätysmateriaaleissa

3.2.1 Kierrätettävien materiaalien tunnistaminen ja haitallisten aineiden riskinarviointi

Pakkausmerkinnät ja käyttöturvallisuustiedote ovat tärkeimmät kemikaalitiedon lähteet työpaikalla. Pakkausmerkinnät viestivät kemikaalin vaaraominaisuuksista ja käyttöturvallisuustiedote antaa tiedot kemikaalin turvallisesta käsittelystä. Kierrätysmateriaalien käytön osalta on ongelmallista, kun pakkausmerkinnät ja käyttöturvallisuustiedotteet puuttuvat. Hyvin harvojen tuotteiden osalta tiedot materiaalien sisältämistä aineista kulkeutuvat eteenpäin kierrättämisessä. Lisäksi aikaisemman käytön aikana materiaaliin on saatettu lisätä toista komponenttia tai materiaali on saattanut kontaminoitua

muilla kemikaaleilla tai haitta-aineilla. Siksi materiaalin uudelleen hyödyntäjän täytyy selvittää raaka-ainetiedot esimerkiksi laboratoriokokein ja arvioida sen sisältämät riskit muiden kuin pakkausmerkintöjen tai käyttöturvallisuustiedotteiden perusteella. Tämä seikka tuo lisäkustannuksia materiaalien uudelleen hyödyntämiseen ja se vaikuttaa merkittävästi kierrätysmateriaaleja käsittelevien työntekijöiden työturvallisuuteen. Tuntematonta materiaalia prosessoitaessa työilmaan saattaa vapautua haitallisia haihtumis- ja lämpöhajoamistuotteita (esimerkiksi aldehydejä). Lämpöhajoamistuotteista voi olla tietoa saatavilla, jos raaka-ainemateriaali tunnetaan. Muissa tapauksissa haihtumis- ja lämpöhajoamistuotteiden ilmapitoisuudet on mitattava työympäristöstä ja arvioitava niiden aiheuttamat riskit työntekijöille.

Kierrätysmateriaalin syntypaikalla on usein tai ainakin pitäisi olla tiedot materiaalin alkuperästä, laadusta ja sen sisältämistä kemiallisista aineista. Teollisuuden sivuvirtoja tai uudisrakentamisen materiaaleja hyödynnettäessä tämä tieto on helpommin saatavilla, mutta esim. vanhojen rakennusten purkumateriaaleista tai yksittäisten kuluttajien luovuttamista materiaaleista tiedon saaminen on vaikeampaa. Joillekin materiaaleille, kuten rakennusten betoni- ja tiilijätteelle on jo tullut ohjeistusta. Valtioneuvoston asetuksessa eräiden jätteen hyödyntämisestä maarakentamisessa (843/2017) säädetään, että purkutyömaalla tuotetun valmiin betoni- tai tiilimurskeen sisältämien haitta-aineiden liukoisuudet ja kokonaispitoisuudet, materiaali jakauma ja epäpuhtaudet pitää määrittää vähintään yhdestä kokoomanäytteestä luovutettaessa jätettä hyötykäyttöön yksittäisestä purku- tai rakentamiskohteesta (Asetuksen liite 3 Jätteen laadun hallinta). Tässäkin asetuksessa rakennus- ja purkukohteissa syntyvän ja käsiteltävän betoni- ja tiilimurskeen ympäristökelpoisuutta tutkittavan purkukohdekohtaisesti.

Purkamattomista rakenteista on siis ennakolta tunnistettava mm. hyödynnettäväksi kelpaamattomat betoni- ja tiilirakenteet, jotta ne voidaan purkaa erilleen. **Haitta-ainekartoitukset tulisi kuulua jokaiseen purkutyöhön pakollisena työvaiheena ennen töiden aloittamista, koska se oleellinen osa purkutyöhön liittyvää riskinarviointia.** Haitta-ainekartoittajien arvioinneilla, heidän ottamalla materiaalinäytteillä ja niistä saatavilla tuloksilla vaikutetaan vahvasti materiaalien lajitteluun ja jatkokäsittelyyn sekä työntekijöiden ja ympäristön turvallisuuteen. Siksi rakennuksen korjaus- tai purku-urakan ulkopuolisilla, puolueettomilla haitta-ainekartoittajilla tulisi olla soveltuva koulutus työhönsä ja vahvistettu todistus osaamisestaan (esimerkiksi pätevyyden osoittava henkilösertifikaatti). Haitta-ainenäytteitä analysoivilta laboratorioilta tulee vaatia riippumattoman tahon toteamaa pätevyyttä, esimerkiksi akkreditoitua.

Purkutyöntekijöiden turvallisuuden kannalta on oleellista tietää, esiintyykö purkumateriaaleissa POP-yhdisteitä tai SVHC-aineita vai ei esiinny. Työperäisten riskien arviointi ei tule perustua pelkästään materiaalin ympäristökelpoisuuden enimmäispitoi-

suusrajoihin, koska haitta-aineen pitoisuuteen työilmassa vaikuttaa työstettävän materiaalin lisäksi käytettävä työmenetelmä. Samoin muut paikalliset olosuhteet vaikuttavat haitta-aineen leviämiseen työympäristöön.

Koska monille syöpävaarallisille aineille ei pystytä tunnistamaan täysin turvallista tasoa, jonka alapuolella minkäänlaista riskiä ei enää olisi, valtioneuvoston asetus työhön liittyvän syöpävaaran torjunnasta (716/2000) toteaa, että syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville tekijöille altistuminen on vähennettävä niin alhaiseksi kuin teknisesti on mahdollista, ellei altistumista voida poistaa kokonaan. Riskejä arvioidessa on arvioitava altistumisen luonne, määrä ja kesto ja otettava huomioon kaikki altistumistiedot. Lisäksi työnantajan on pidettävä luetteloa työpaikalla käytettävistä ja esiintyvistä syöpäsairauden vaaraa aiheuttavista tekijöistä ja niitä sisältävistä tuotteista samoin kuin työtekijöistä, jotka työssään altistuvat merkittävästi syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville tekijöille. Nämä tiedot kootaan vuosittain Työterveyslaitoksen ylläpitämään ASA-rekisteriin (Laki syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuvien rekisteristä 717/2001).

3.2.2 Ainekohtaiset tiedot ja niiden terveydelliset riskit

PAH-yhdisteet (Polysykliset aromaattiset hiilivedyt)

PAH-yhdisteitä sisältävää kivihiilipikeä (muunmuassa kreosoottia) on käytetty esimerkiksi kosteuden- ja vedeneristeinä vanhoissa rakennuksissa. Kivihiilipiki on korvattu 1960-luvulta lähtien bitumilla, jossa on yleensä vain vähän PAH-yhdisteitä. PAH-yhdisteet imeytyvät elimistöön sekä hengitysteiden, ruuansulatuskanavan että ihon kautta. PAH-yhdisteet ovat huoneenlämpötilassa kiinteitä ja heikosti haihtuvia naftaleenia lukuun ottamatta. Heikon haihtuvuutensa vuoksi useat PAH-yhdisteet esiintyvät ilmassa pölyihin ja muihin ilman hiukkasiin sitoutuneina. Hiukkasiin sitoutuneista yhdisteistä osa voi päätyä keuhkojen puhdistusmekanismin välityksellä ruuansulatuskanavaan ja osa käsistä suuhun sekä niiden kautta elimistöön. PAH-yhdisteet läpäisevät helposti biologisia kalvoja ja voivat kulkeutua elimistössä kaikkialle. Ne läpäisevät myös istukan. PAH-yhdisteet ovat perimämuutoksia ja syöpää aiheuttavia sekä lisääntymis- ja terveydelle vaarallisia aineita.

Työtekijöille haitalliseksi tunnetun pitoisuuden viitearvoja (HTP-arvo) on annettu PAH-yhdisteistä bentso(a)pyreenille ja naftaleenille. Bentso(a)pyreenin HTP8h-arvo on $0,01 \text{ mg/m}^3$ (STM, HTP-arvot 2018). Työterveyslaitos (2016) on ehdottanut bentso(a)pyreenin aiheuttaman keuhkosityöpäriskin pienentämiseksi kahdeksan tunnin tavoitetasoksi $0,01 \text{ mg/m}^3$. Vastaavasti naftaleenin HTP-arvot ovat 8 tunnille 5 mg/m^3

ja 15 minuutille 10 mg/m³ (STM, HTP-arvot 2018). Työterveyslaitos on ehdottanut naftaleenin aiheuttamien hengitystievaikutusten minimoimiseksi kahdeksan tunnin tavoitetasoksi 0,05 mg/m³.

Asuntojen huoneilmassa ei saa esiintyä naftaleeniin viittaavaa hajua. Sisäilman naftaleenipitoisuuden toimenpiderajaksi on säädetty 10 µg/m³ (Valvira 2016). Työterveyslaitos (2016) on esittänyt sisäilman tavoitetasoksi alle 2 µg/m³, mikä perustuu nimenomaan hajuhaitan eliminointiin.

Aluehallintovirastojen työsuojelun vastuualueet muistuttivat vuoden 2019 alkupuolella purkutyömaiden rakennuttajille ja pääurakoitsijoille siitä, että myös PAH-yhdisteitä sisältävät rakennusmateriaalit on huomioitava purkukohteissa (AVIn tiedote 11.4.2019). PAH-yhdisteitä sisältävien rakennusmateriaalien olemassaolo tulee selvittää aina kohdekohtaisesti. Rakennuttajan tulee haitta-ainekartoituksen avulla selvittää ennen purkutöitä, mitä haitta-aineita kohde sisältää. Päätoteuttajan on tehtävä ennen purkua purkusuunnitelma rakennuttajan haitta-ainekartoituksen perusteella. PAH-yhdisteitten vaarallisuudesta ja haitallisuudesta johtuen, työsuojeluviranomainen edellyttää lähes aina sisätiloissa tehtävissä PAH-yhdisteitä sisältävien rakennusmateriaalien purkutöissä alipaineistettua ja osastoitua purkutapaa asbestin tapaan.

Rakennusalalla on kuitenkin yleensä käytetty oikeiden työmenetelmien ja –tapojen valitsemiseksi apuna Rakennusteollisuuden Keskusliiton julkaisemaa ohjetta kivihiilipikeä sisältävien rakenteiden turvallisesta purkamisesta (Ratu 82-0381). Sen mukaan purettu materiaali luokitellaan ongelmajätteeksi, kun se sisältää PAH-yhdisteitä enemmän kuin 200 mg/kg, jolloin myös purkutyö tulee tehdä alipaineistettuna ja työntekijöiden on käytettävä suojaimia.

Työterveyslaitoksen tutkimuksessa (2010) selvitettiin työntekijöiden altistumista kivihiilipikeä sisältävien vesieristeiden purkutyössä. Hengitysteiden ja ihon kautta tapahtuvaa altistumista tutkittiin työhygieenisin mittauksin ja kokonaisaltistumista biologisen monitoroinnin avulla. Korkeimmillaan purettavan materiaalin PAH-pitoisuus oli vajaat 2000 mg/kg. Tutkimuksessa havaittiin, että työntekijöiden altistuminen näissä materiaalin PAH-yhdisteiden pitoisuuksissa oli vähäistä, kun työntekijät olivat hyvin suojautuneet, ja he noudattivat hyvän työhygienian ohjeita. Hyvästä suojautumisesta huolimatta altistumisen mahdollisuus lisääntyi pölymäärien kasvaessa. Siksi on oleellista valita tilanteeseen sopivat työmenetelmät riippumatta purettavien materiaalien PAH-pitoisuuksista kuten AVI esittää tiedotteessaan. Erityisen tärkeää on ihon huolellinen suojaaminen tilanteissa, joissa iho voi joutua kosketuksiin PAH-yhdisteitä sisältävien materiaalien tai pölyn kanssa. Hengityksensuojainta, vähintään hiukkassuojainta FFP2, on suositeltavaa käyttää pölyväisissä työvaiheissa. Työntekijöiden altistumisen lisäksi PAH-yhdisteitä sisältävien materiaalien purkutöissä tulee huolehtia siivouksesta ja materiaalien turvallisesta jatkokäsittelystä.

Bitumipitoisia kattoluopia on alettu kierrättämään asfaltin raaka-aineeksi. Työterveyslaitoksen tekemien työhygieenisten selvitysten mukaan asfalttimassan sekoitus- ja levitystyön aikana vapautuvat PAH-pitoisuudet osoittautuivat vähäisiksi suuren osan pitoisuuksista jäädessä alle analyysimenetelmän määrittämissä raja-arvoissa. Näin ollen kierrätettyä bitumikatetta sisältävän asfalttimassan aiheuttamat haittavaikutukset työntekijöille ja ympäristölle on arvioitu epätodennäköisiksi PAH-yhdisteiden osalta (Ahokas 2016). Käytettyjä kattoluopia vastaanottavan yrityksen kannattaa ottaa PAH-näytteet tai vaatia PAH-analyysitodistusta epäilyttävistä bitumijätekuormista ennen niiden sekoittamista muuhun bitumikatteeseen varastointialueella, jotta kierrätysraaka-aineen laatu pysyy hyvänä ja turvallisena jatkokäyttäjille. PAH-yhdisteille altistumista on mahdollista biomonitoroida mittaamalla virtsan 1-pyrenoli- ja naftolipitoisuuksia.

PCB

PCB-yhdisteille voi altistua työperäisesti vanhojen rakennusten kunnostus- ja purkutöissä erityisesti poistettaessa vanhoja saumausmassoja. PCB-yhdisteillä on epäilty olevan immunotoksisia ja hormonitoimintaa häiritseviä vaikutuksia ja ne ovat eläinkokeissa olleet lisääntymismyrkyllisiä. Kansainvälinen syöväntutkimusjärjestö IARC on luokitellut PCB-yhdisteet todennäköisesti karsinogeenisiksi ihmiselle. PCB-yhdisteiden on todettu kertyvän elimistöön ja niiden puoliintumisajat ihmisen elimistössä ovat vuosien luokkaa. TTL:n biomonitorointitilastojen mukaan työntekijöiden altistuminen PCB-yhdisteille on nykyään samaa tasoa kuin ympäristöstä peräisin oleva muun väestön altistuminen (Porras ym, 2015). Vain joitain yksittäisiä kohonneita pitoisuuksia on havaittu liittyen vanhojen saumausmassojen poistoon.

Metallit

Rakennusten materiaaleista löytyy metalleja muualtakin kuin varsinaisista metallirakenteista. Esimerkiksi jo 1800-luvulta asti metalleja tai niiden yhdisteitä on käytetty maaleissa korroosionestoaineena ja väripigmenttinä. Korjaus- tai purkutöitä suunniteltaessa vanhojen rakennusten maaleista tulisi selvittää ainakin arseenin, kadmiumin, kobolttin-, kromin, kuparin, nikkelin, lyijyn, vanadiinin, sinkin-, antimonin ja elohopean pitoisuudet. 2000-luvun lopun tai sitä uudemmissa maaleissa metallipitoisuudet ovat yleensä niin pieniä, jotta niiden poistosta ei aiheudu haittaa työntekijöille. Rakennusten elementti- ja ikkunasaumoissa on käytetty lyijypitoista massaa 1950-luvulta aina 1980-luvun lopulle asti. Kromi- ja kobolttipitoisuus on taas selvitetävä 2010-lukua vanhempien rakennusten sementti- ja betonirakenteista. Kromia, kuparia ja arseenia sisältävää CCA-kyllästettyä on käytetty myös 1930-luvulta aina 1990-luvulle saakka puunkyllästeenä. CCA-kyllästeiden käyttö päättyi kokonaan vuonna 2007. Siitä on valmistettu ulkokäyttöön tulevia puurakenteita. Rakennusten muovi-, kumi- ja linoleumpinnoitteissa on käytetty metallipitoisia pigmenttiaineita 2000-luvun lopulle asti.

Useimmat rakennusmateriaaleissa olevista metalleista tai niiden yhdisteistä imeytyvät elimistöön työperäisessä altistumisessa pääasiassa hengitysteitse. Kansainvälinen syövän tutkimusjärjestö (IARC) on luokitellut karsinogeenisiksi muunmuassa arseenin ja sen yhdisteet, kuudenarvoisen kromin sekä kadmiumin ja nikkelin ja niiden yhdisteet. Mahdollisesti syöpää aiheuttaviksi on IARC luokitellut lyijyn ja sen epäorgaaniset suolat sekä kobolttin ja sen yhdisteet. Monet metalleista ja niiden yhdisteistä ovat aiheuttavat lisäksi vaaraa raskaudelle ja sikiön kehitykselle.

Arseenille altistuminen on merkittäväntä arseenipitoisia materiaaleja työstettäessä (Hakala ym. 1991). Äkillisen altistumisen jälkeen korkeimmat arseenipitoisuudet löytyvät maksasta, munuaisista, keuhkoista ja suolen limakalvoilta. Pitkäaikaisen altistuksen seurauksena arseenia kertyy ihoon, hiuksiin ja kynsiin. Työperäisessä hengitysteitse tapahtuvassa altistumisessa työntekijöillä on havaittu lisääntynyt riski sairastua keuhkosyöpään. Altistuneilla työntekijöillä on todettu myös ihomuutoksia ja pitkäaikainen altistuminen voi aiheuttaa vaikutuksia sekä limakalvoihin, sydän- ja verenkiertoelimistöön että verisolujen muodostukseen. Arseniyhdisteet on todettu myös raskaudelle tai sikiön kehitykselle vaaraa aiheuttaviksi. Arseenin ja sen epäorgaanisten yhdisteiden HTP-arvo on 0,01 mg/m³ (8 h) arseenina laskettuna. Arseenille altistumattomien työntekijöiden virtsan epäorgaanisen arseenin pitoisuus on yleensä alle 30 nmol/l ja virtsan epäorgaanisen arseenin biologiseksi ohjeraja-arvoksi on asetettu 70 nmol/l.

CCA-kyllästeessä kuusiarvoinen kromi pelkistyy suurelta osin kolmiarvoiseksi kromiksi kyllästeen kiinnittyessä puuhun. Kuusiarvoista kromia sisältävä pöly vaikuttaa voimakkaan ärsyttävästi hengitysteihin. Kromaatit imeytyvät ihon läpi ja voivat aiheuttaa ihon herkistymistä. Lisäksi se ärsyttää ihoa ja silmiä. Kolmiarvoinen kromi herkistää huomattavasti huonommin ihoa, koska se imeytyy huonosti sen läpi. Veteen hyvin liukenevat kromi(VI) -yhdisteet imeytyvät keuhkoista ja niukkaliukoiset kromiyhdisteet kertyvät keuhkoihin. Imeytyminen ruuansulatuskanavasta ja terveeseen ihon läpi on vähäistä. Kromiyhdisteet erittyvät pääasiassa virtsaan. Kromin ja sen II- ja III-arvoisille yhdisteille asetettu kahdeksan tunnin HTP-arvo on 0,5 mg/m³ ja kromi(VI) ja sen yhdisteille 0,005 mg/m³ laskettuna kromina. Sosiaali- ja terveysministeriön asettama ohjeraja-arvo virtsan kromipitoisuudelle on 0,2 µmol/l, mutta tavoitteeksi sille suositellaan altistumattomien viiterajaa 0,01 µmol /l kromina.

Kupariyhdisteet eivät ole niin myrkyllisiä kuin arseeni- ja kromiyhdisteet. Kuparisuolojen pöly ärsyttää silmiä, ihoa ja limakalvoja. Kuparin ja sen yhdisteiden kahdeksan tunnin HTP-arvo on 0,02 mg/m³ mitattuna alveolijakeen kuparipitoisuutena.

Suurimmat kadmiumpitoisuudet on löydetty metallituotteiden valmistuksessa ja kierrätyksessä. Kadmium kertyy munuasiin, mutta myös lihaksiin ja maksaan, joista se

poistuu hitaasti. Kadmiumille altistumisen on todettu lisäävän keuhkosityöpäriskiä. Kadmiumin pääkohde-elin on munuaiset, ja se voi lisätä iän mukanaan tuoman munuaisfunktion laskua. Sen on todettu vaikuttavan myös luustoon ja lisäävän osteoporoosiriskiä. Kadmiumin ja sen yhdisteiden HTP-arvo on 0,004 mg/m³ (8 h) mitattuna alveolijakeesta. Virtsan kadmiumin ohjeraja-arvoksi on asetettu 20 nmol/l, altistumattomien viiteraja tupakoimattomille on 5 nmol/l ja tupakoitsijoille 10 nmol/l.

Epäorgaanisen lyijyn imeytyminen ihon läpi on hyvin vähäistä. Lyijyn varhaisvaikutuksiin kuuluu veren punasolujen hemisynteessin häiriöt. Voimakkaassa altistuksessa lyijy alkaa kertyä luustoon. Työpaikan ilman lyijypitoisuudelle on annettu sitova raja-arvo 0,1 mg/m³ ja veren lyijypitoisuudelle sitova raja-arvo 2,4 µmol/l (50 µg/dl). Lyijyn sitovia raja-arvoja ollaan parhaillaan päivittämässä EU-tasolla. Jos työpaikalla yhdenkin työntekijän veren lyijypitoisuus on 1,4 µmol/l tai enemmän, työnantajan tulee erityisesti tarkkailla työpaikan ilman lyijypitoisuutta, työntekijöiden veren lyijypitoisuutta ja lyijyn mahdollisesti aiheuttamia terveyshaittoja. Työntekijän veren lyijypitoisuuden ollessa 2,4 µmol/l, työntekijää ei saa käyttää lyijyaltistavaan työhön. Veren lyijypitoisuudelle on lisäksi Suomessa annettu ohjeraja-arvo 1,4 µmol/l.

Nikkeli poistuu elimistöstä pääasiassa virtsassa. Työperäisessä altistumisessa niukaliukoisten nikkelyhdisteiden kuten nikkelioksidin on todettu kertyvän keuhkoihin. Nikkeli on yleisin kosketusihottuman aiheuttaja ja nikkelillä on syöpää aiheuttava vaikutus kohde-elimien ollessa hengitystiet, pääasiassa keuhkot ja nenäontelot. Metalliselle nikkelille on asetettu kahdeksan tunnin HTP-arvoksi 0,01 mg/m³ mitattuna nikkelinä alveolijakeesta, nikkelyhdisteiden alveolijakeen HTP-arvo (8 h) on myös 0,01 mg/m³ ja hengittyvälle pölylle 0,05 mg/m³ nikkelinä laskettuna. Virtsan nikkelin ohjeraja-arvo nikkelimetallille ja liukenemattomille nikkelyhdisteille on 0,1 µmol/l. Liukoisille nikkelyhdisteille ohjeraja-arvo on 0,2 µmol/l.

Koboltti imeytyy myös pääasiassa hengityksen kautta ja se poistuu elimistöstä pääasiassa virtsan kautta. Ihmisillä on todettu hengitysteiden ärsytystä. Koboltti ja sen yhdisteet on arvioitu ihmiselle mahdollisesti syöpää aiheuttaviksi aineiksi, joten Työterveyslaitos suosittaa altistumisen minimoimista altistumattomien virtsan viiteraja-arvon 25 nmol/l tasolle. Virtsan kahdeksan tunnin HTP-arvoa vastaava koboltin toimenpideraja-arvo on 130 nmol/l. Koboltille ja sen epäorgaanisille yhdisteille on asetettu kahdeksan tunnin HTP-arvoksi 0,02 mg/m³.

Paitsi yksittäisille metalleille altistumiseen, on syytä kiinnittää huomiota myös yleisesti pölyaltistumiseen. Työntekijät voivat altistua metalleille samanaikaisesti hengittyvän pölyn, hienon alveolijakeisen pölyn tai huuруjen kanssa monissa metallinkierrätyksen vaiheissa. Tehokas pölyntorjunta vähentää altistumista haitallisille metalleille. Pölyaltistumisen hallintaan on kiinnitettävä huomiota myös ulkona tehtävissä työvaiheissa.

Työkoneiden on syytä olla hytillisiä, joiden ikkunat ja ovet ovat suljettuina pölyisten työvaiheiden aikana.

Murskaimella on oltava kohdepoisto tai huuva tai se on eristettävä muusta työtilasta sekä tilassa on oltava ilmastointi. Ilmastoinnin suodattimet on huollettava ja vaihdettava säännöllisesti. Sama koskee sulatusta, jossa uunit on syytä koteloida tai varustaa tehokkailla kohdepoistoilla.

Tilassa, jossa tehdään polttoleikkausta, on oltava riittävä ilmastointi. Mikäli mahdollista työ on syytä tehdä kohdepoistoin varustetulla polttopöydällä, savunmuodostusta voi vähentää vesitekniikoilla. Yleensä myös hengityssuojaimet ovat tarpeen ja ne tulee valita riskinarvioinnin perusteella. Erytishuomiota tulee kiinnittää tilanteisiin, joissa joudutaan polttoleikkaamaan maalattuja materiaaleja.

Mikäli joudutaan tekemään materiaalien lajittelua käsin, metallien ihoaltistumisen estämiseksi on käytettävä suojakäsineitä. Vaikka metallit eivät helposti imeydy ihon läpi, kontaminoituneista käsistä ne voivat joutua suuhun ja sitä kautta elimistöön. Tästä syystä henkilökohtainen hygienia on tärkeää. Työpaikalla on hyvä laatia hygieniaohjeistus esimerkiksi käsien pesusta ennen tupakointia tai ruokailua.

Metalleille altistumista on suositeltavaa seurata biomonitoroinneilla. Erityisesti lyijyaltistumista on syytä seurata, mutta käsiteltävistä materiaaleista riippuen myös muita metalleja. Alumiinin kierrätyksessä, erityisesti sulatuksessa tai polttoleikkaukseen liittyen on syytä seurata elimistöön herkästi kertyvää alumiinia. Jos tehdään paljon ruostumattoman teräksen polttoleikkausta, kromi- ja nikkelpitoisuuksia voi seurata biomonitoroinnein.

Työnantajan on ilmoitettava ammatissaan syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville metalleille merkittävästi altistuvat työntekijät ASA-rekisteriin. Raskaana olevan ei tule altistua syöpävaarallisille ja lisääntymisraskaudelle vaarallisille metalleille, kuten lyijylle, kuudenarvoiselle kromille ja nikkelille.

Ftalaatit

Ftalaatteja on käytetty laaja-alaisesti teollisuudessa ja kuluttajatuotteissa useiden vuosikymmenien ajan. Lyhyempiketjuisia ftalaatteja (esimerkiksi bentsyylibutyyliftalaattia BBP ja dibutyyliftalaattia DBP) on käytetty paljon esimerkiksi kauneudenhoitotuotteissa, maaleissa, liimoissa ja lääketableteissa. Pidempi hiiliketjuisista ftalaateista di-(2-etyyliheksyyli)ftalaatti (DEHP/DOP) on ollut maailmanlaajuisesti eniten käytetyin

ftalaatti muovin pehmittimenä (engl. plasticizer). Muovin pehmittimiä löytyy muunmuassa rakennusmateriaaleista, kaapeleista, johdoista, lattian päällysteistä, vaatteista, kalusteista, autojen sisustoista, leluista ja ruokailuastioista.

BBP:n, DBP:n, DEHP:n sekä di-isobutyyliftalaatin (DiBP) käyttö on EU:ssa nykyään luvanvaraista (ECHA 2016a) ja 7/2020 luvanvaraiseksi on tulossa neljä ftalaattia lisää. Lisäksi on valmisteilla rajoitus, jonka tarkoituksena on rajoittaa näitä ftalaatteja sisältävien esineiden saattamista markkinoille EU-alueella (ECHA 2016b). Perusteena luvanvaraisuudelle ja rajoitusesitykselle on kyseisten ftalaattien eläinkokeissa havaitut lisääntymismyrkylliset vaikutukset, joiden voidaan katsoa välittyvän niiden anti-androgeenisilla vaikutuksilla. DEHP ja muut lyhyempiketjuiset ftalaatit onkin nykyään korvattu joko di-isononyyliftalaatilla (DiNP), di-isodekyyliftalaatilla (DiDP), di(2-propyyliheptyyli)ftalaatilla (DPHP) tai muilla muovinpehmittimillä. Muista pehmittimistä esimerkkeinä voidaan mainita 1,2-sykloheksaani dikarboksyylihapon di-isononyyliesteri (kaupallinen nimi Hexamoll® DINCH), jonka kemiallinen rakenne on hyvin lähellä DiNP:n rakennetta ja di(2-etyyliheksyyli)terephthalate (DEHT), joka on DEHP:in tereftalaatti-isomeeri. Myös DiNP:llä on havaittu olevan anti-androgeenisia ominaisuuksia, mutta se on yli kaksi kertaa vähemmän potentti kuin DEHP (ECHA 2013). DiDP ei kuitenkaan näyttäisi näitä vaikutuksia aiheuttavan, mutta sen on havaittu raskauden aikana vaikuttavan jälkeläisten kehitykseen aiheuttaen kasvun viivästymistä, kehityshäiriöitä ja kuolleisuutta korkeilla annostasoilla. Nämä vaikutukset välittyvät kuitenkin muulla mekanismilla kuin anti-androgeenisella mekanismilla (ECHA 2013). Kuten DiDP, DPHP ei näyttäisi eläinkokeissa aiheuttavan lyhyempiketjuisille ftalaateille tyyppisiä anti-androgeeniseen mekanismiin perustuvia vaikutuksia lisääntymiseen. Myöskään kehitysmyrkyllisyystutkimuksissa ei havaittu spesifisiä vaikutuksia sikiönkehitykseen (Bhat ym. 2014). DPHP:n kriittisin vaikutus eläinkokeissa näyttäisi kohdistuvan kilpirauhaseen.

DEHP:lle on asetettu HTP-arvo 5 mg/m^3 , mutta muille tässä yhteydessä mainituille ftalaateille ei ole asetettu HTP-arvoa (STM 2018). EU:n tieteellinen työhygieenisia raja-arvosuosituksia antava komitea (SCOEL) on antanut DBP:lle työhygieenisen raja-arvosuosituksen $0,05 \text{ ppm}$ ($0,58 \text{ mg/m}^3$, 8 h TWA) sekä BLV:n (biological limit value) $70 \text{ } \mu\text{g/l}$ monobutyyliftalaatille (MBP, DBP:n metabolitti) (SCOEL 2017). ECHA on antanut DEHP:lle, DBP:lle, DiBP:lle ja BBP:lle ns. referenssi-DNEL-arvot sekä työntekijöiden että yleisen väestön altistumiselle. Nämä ovat työntekijöiden hengitysteitse tapahtuvalle altistumiselle $0,88 \text{ mg/m}^3$ (DEHP), $0,13 \text{ mg/m}^3$ (DBP ja DiBP) ja $9,9 \text{ mg/m}^3$ (BBP).

Ftalaattialtistumisesta rakennusten purkutöissä tai purkumateriaalien kautta on hyvin niukasti tietoa. Työterveyslaitoksen biomonitorointitutkimuksessa on selvitetty rakennusmiesten ftalaattialtistumista (Porras ym. 2016). Neljästä tutkimukseen osallistu-

neesta rakennusmiehestä kaksi poisti muovisia lattiamattoja. Työntekijöiden ftalaattialtistuminen oli kuitenkin niin vähäistä, että sitä ei voitu erottaa ympäristöperäisestä tausta-altistumisesta. Ainoa poikkeus oli toinen lattiamattoja repineistä henkilöistä, jonka virtsan cx-MEPP (DEHP:n metaboliitti) -pitoisuudet työvuoron jälkeisissä näytteissä viittasivat työperäiseen DEHP-altistumiseen. Jang ja Townsend (2001) ovat tutkineet rakennus- ja purkujätteistä kierrätetyn maa-aineksen haitta-ainepitoisuuksia Yhdysvalloissa. Osasta tutkituista näytteistä löytyi BBP:a, DBP:a ja DEHP:a.

Ftalaattialtistumisen seurantaan on olemassa biomonitorointimenetelmiä, joissa mitataan joko primaarista metaboliatuotetta (lyhytketjuiset ftalaatit) tai yhtä tai useampaa sekundaarista metaboliatuotetta (pidempiketjuiset ftalaatit).

Bromatut palonestoaineet

Heksabromisyklododekaanin osalta (HBCD) on vain niukasti tietoa työntekijöiden altistumisesta materiaalien kierrätyksessä. Työterveyslaitoksen tutkimuksessa mitattiin HBCD:lle altistumista neljässä sähkö- ja elektroniikkaromun (SER) kierrätysyrityksessä. Ainetta löytyi monien muiden palonsuoja-aineiden tapaan mitattavia määriä (keskiarvot 3,9 – 38 ng/m³) ensimmäisellä mittauskerralla ennen pölyntorjuntatoimia. HBDC:n ilmapitoisuudet jäivät pääasiassa alle määräysrajan (2,5 ng/m³), kun yrityksissä toteutettiin suositeltuja pölyntorjuntatoimia ja kehitettiin muuta riskinhallintaa (Rosenberg ym. 2011). Nämä ovat hyvin pieniä pitoisuuksia verrattuna niihin tasoihin, jotka ovat eläinkokeissa aiheuttaneet terveysvaikutuksia (Porras ym. 2015). HBCD:n toksikologiset vaikutukset kohdistuvat maksaan, kilpirauhashormonihomeostaasiin, lisääntymistoimintoihin, hermostoon sekä immuunipuolustusjärjestelmään.

Polybromattuja difenyyliettereitä (PBDE) on palonestoaineina muunmuassa muovimateriaaleissa ja polyuretaanieristeissä. SERin kierrätyksessä on havaittu PDDE:tä työpaikan ilmassa (Guo ym. 2015, Rosenberg ym. 2011). Ihmisten altistumista on mahdollista biomonitoroida mittaamalla PBDE-yhdisteitä seerumista tai hiuksista (Liang ym. 2016).

Lyhytketjuiset klooriparafiinit

SCCP-yhdisteitä on voitu rakennusalaalla käyttää aiemmin esimerkiksi palonestoaineina ja pehmittiminä PVC-muoveissa, erilaisissa tiivistemassoissa, maaleissa, liimoissa ja pinnoiteaineissa. Niiden terveysvaikutuksista ihmisille on niukasti tietoa, mutta eläinkokeissa niillä on ollut vaikutuksia mm. maksaan ja kilpirauhaseen. Työperäisestä altistumisesta klooriparafiineille ei ole tutkimuksia olemassa, eikä työperäisen altistumisen monitorointiin ole julkaistuja menetelmiä.

Booriyhdisteet

Booriyhdisteitä käytetään mm. selluvillassa palonestotarkoituksissa. Sitä voi olla selluvillasta jopa 20%. Se toimii myös biosidina ja sitä on siksi käytetty homeenestoon mm. puunkäsittelyssä. Myös sementissä ja laastissa on saatettu käyttää booriyhdisteitä. Biosiditarkoituksiin booriyhdisteitä ei kuitenkaan enää saa käyttää.

Boorihappo, dinatriumtetraboraatti, natriumperboraatti ja peroxometaboraatti kuuluvat SVHC-aineisiin niiden lisääntymismyrkyllisten vaikutustensa takia ja on ehdotettu, että ne lisättäisiin REACH:n Annex XIV:sta autorisoitaviin aineisiin. Tätä ei ole kuitenkaan vielä tehty. Booriyhdisteet voivat aiheuttaa sekä pölynä että nesteinä iho- ja silmä-ärsytystä sekä hengitystieärsytystä. Booriyhdisteet voivat eläinkokeiden perusteella heikentää hedelmällisyyttä ja olla haitallisia sikiölle (SCCS, 2010). Nämä boraattien lisääntymis- ja kehitysmyrkylliset vaikutukset ovat kuitenkin epätodennäköisiä, mikäli päivittäinen altistuminen jää alle noin 10 mg booria painokiloa kohden (SCCS, 2010, AGS, 2007). Boraattien HTP_{8h}-arvo on 0,5 mg/m³ (STM 2018). Se perustuu pääasiassa ärsytysvaikutuksiin. Pysyttäessä tämän raja-arvon alla, myös lisääntymismyrkylliset vaikutukset ovat epätodennäköisiä (AGS, 2007).

Boorialtistumisesta rakennusmateriaalien purkutyössä tai kierrätyksessä on niukasti tietoa. TTL:n mittaustietojen mukaan selluvillan booripitoisuudet ovat korkeimmillaan 22 mg/g. Ilmanäytteitä ei rakennuksen purun tai rakennusmateriaalin muunkaan työstön aikana ole otettu. Vähäiset mittaustiedot selluvillan valmistuksesta viittaavat alle HTP-tason altistumiseen. Booria on mitattu myös elektroniikkaromun kierrätykseen liittyvässä projektissa pyyhintänäytteiden avulla. Pitoisuudet olivat pääasiassa alle määritysrajan ja suurin pitoisuus oli 0,12 mg/näyte (boorina; Rosenberg ym., 2011).

Bisfenoli A

Bisfenoli A (BPA) on yksi eniten tuotetuista kemikaaleista maailmassa. Suurimmat käyttökohteet ovat polykarbonaattimuovit ja epoksihartsit. BPA:n muita käyttökohteita ovat mm. lämpöherkät paperit (esim. kuittipaperit). BPA:lle on asetettu HTP_{8h}-arvo 2 mg/m³ (STM 2018). Johtuen BPA:n päätyemisestä SVHC-aineiden listalle sekä rajoituksesta lämpöpapereiden käytössä BPA:ta on korvattu muilla bisfenolijohdannaisilla [mm. bisfenoli S (BPS), bisfenoli F (BPF) ja bisfenoli A/F diglysidyylietteri (BADGE/BFDGE)].

Biomonitoroinnin ja työhygieenisten mittausten avulla BPA altistumista rakennusten purkutöissä tai purkumateriaalien kautta ei ole tutkittu, kuten ei myöskään muiden bisfenolijohdannaisten. Varsinkin epoksipohjaisten tuotteiden laaja-alaisesta käytöstä johtuen altistumisen tutkimiseen olisi tarvetta. Tähän tarpeeseen tulee osittain vastamaan Työterveyslaitoksen käynnistymässä oleva, Työsuojelurahaston rahoittama tutkimushanke rakennusalan työntekijöiden altistumisesta bisfenolijohdannaisille.

BPA:lle, BPF:lle ja BPS:lle on olemassa biomonitointimenetelmät altistumisen seurantaan. Myös ilmamittauksia pystytään tekemään. Muille bisfenolijohdannaisille mitausmenetelmiä tullaan kehittämään mm. Työterveyslaitoksen tutkimushankkeessa.

3.3 Riskinhallintatoimenpiteet

3.3.1 Lainsäädäntö

Työturvallisuuslain (738/2002) mukaan työnantajan on selvitettävä ja tunnistettava työstä, työtilasta, muusta työympäristöstä ja työolosuhteista aiheutuvat haitta- ja vaaratekijät. Jos niitä ei voida poistaa, työnantajan on arvioitava niiden merkitys työntekijöiden turvallisuudelle ja terveydelle. Riskien hallinta on selkeä osa turvallisuusjohtamista ja turvallisuusjohtamisen työväline. Työnantaja on vastuussa siitä, että hän valitsee esimies- ja työnjohtotehtäviin henkilön, joka kykenee hoitamaan työturvallisuuslaissa säädettyjä tehtäviä. Työnjohdolla on keskeinen rooli päätöksentekijänä ja työsuojelun tavoitteiden määrittäjänä.

Valtioneuvoston asetuksessa kemiallisista tekijöistä työssä (715/2001) on säädetty, että työnantajan on tunnistettava työssä käytettäviin kemikaaleihin ja työssä esiintyviin kemiallisiin altisteisiin liittyvät vaarat, arvioitava niistä aiheutuvat riskit ja toteutettava tarvittavat toimenpiteet riskien hallitsemiseksi. Syöpää aiheuttavat, perimää vaurioittavat ja lisääntymiselle vaaralliset kemikaalit on mahdollisuuksien mukaan korvattava turvallisemmilla vaihtoehdoilla (VNa 716/2000; VNa 603/2015). Jos korvaaminen ei ole mahdollista eikä kemiallisia altisteita voida poistaa, työntekijöiden altistuminen on rajoitettava niin vähäiseksi, että altistumisesta ei aiheudu haittaa työntekijöiden terveydelle. Varsinkin raskaana olevien naisten ja ikääntyvien erityistarpeet on huomioitava työssä.

Valtaosa työperäisistä altisteista ei kuulu EU:n kemikaalilainsäädännön (REACH) piiriin, vaan niiden aiheuttamia työterveysriskejä säädelään vain työsuojelulainsäädännön kautta. Kemikaaliturvallisuuslaki, työturvallisuus- ja ympäristölainsäädäntö säätelevät kemikaalien turvallista käyttöä työpaikalla ja ne sisältävät myös prosessipäästöt,

kun taas REACH-asetus koskee vain kemiallisia aineita sekä aineita seoksissa ja esi-neissä. Kemianteollisuus tuntee hyvin REACH-asetuksen velvoitteet, mutta muilla toi-mialoilla sen vaikutus on vähäisempi, vaikka REACHin myötä käyttöturvallisuustiedot-teiden saatavuus on parantunut (Kallio ym. 2017). REACH täydentää käyttöturvalli-suustiedotteita riskinhallinnan osalta, mutta ohjeet ja dokumentit koetaan yrityksissä liian vaikeaselkoisina, jolloin niiden hyödyntäminen työpaikoilla ei yleensä toteudu. Monilla toimialoilla kemiallisten aineiden aiheuttaman riskin suuruuden ja sen merki-tyksen arviointi tuntuu vaikealta, mutta sen lähtökohta on, että raaka-aineet tunnetaan ja niiden aiheuttamat riskit hallitaan.

Työpaikalla riskinarvioinnin tavoitteena on selvittää ennakoivasti vaaratekijät ja niiden terveydellinen merkitys, jotta tarvittavat ennalta ehkäisevät toimenpiteet ja suojelutoi-menpiteet voidaan toteuttaa tehokkaasti. Vaarojen selvittäminen ja arviointi on kohdis-tettava kaikkiin töihin työpaikalla mukaan lukien ennakoitavissa olevat huollot, häiriöti-lanteet ja ulkopuolisten työskentely työpaikalla (esimerkiksi aliurakointi). Työturvalli-suuslain mukaan työnantajan tulee käyttää asiantuntijoita apuna sellaisten riskien ar-vioinnissa, joista itsellä ei ole riittävästi tietoa.

Yhteistoimintalaissa (44/2006) säädetään, että yhteisellä työpaikalla työturvallisuus-lain mukaisissa asioissa pääasiallista määräysvaltaa käyttää työnantaja tai tämän edustaja sekä pääasiallista määräysvaltaa käyttävän työnantajan palveluksessa oleva työsuojeluvaltuutettu. Jos yhteinen työpaikka on rakennustyömaa, siellä työskentele-villä, eri työnantajien palveluksessa olevilla työntekijöillä on oikeus valita yhteinen työ-maakohtainen työsuojeluvaltuutettu ja kaksi varavaltuutettua edustamaan heitä työ-suojelun yhteistoiminnassa kyseisen työmaan kaikkien työnantajien ja itsenäisten työnsuorittajien kanssa sekä suhteessa työsuojeluviranomaisiin.

Valtioneuvoston asetuksessa rakennustyön turvallisuudesta (205/2009) säädetään, että rakennuttajan nimeämä turvallisuuskoordinaattori varmistaa, että hankkeen pää-toteuttaja on tehnyt keskeiset turvallisuussuunnitelmat ennen rakennustyön aloitusta. Rakennuttajan on varmistettava, että turvallisuuskoordinaattori huolehtii tälle kuulu-vista tehtävistä (Ratu S-1226). Turvallisuuskoordinaattori kokoaa jo hankkeen suun-nittelua varten alustavaan turvallisuusasiakirjaan olemassa olevat lähtötiedot ja ohjeet tarvittavista erityisselvityksistä ja liittää ne suunnittelutoimeksiantoon. Hän käy läpi suunnittelusopimusten työturvallisuustehtävät ja varmistaa, että suunnittelijat ymmär-tävät niiden vaatimukset ja kustannusvaikutukset.

Turvallisuuskoordinaattori huolehtii kohteen turvallisuusasiakirjan laadinnasta ja tietojen ajan tasalla pitämisestä. Tarjouspyyntöihin liitetään aina ajantasainen turvallisuus-asiakirja, jonka sisältö käsitellään urakkaneuvotteluissa. Työmaan aloituskokouksessa käydään läpi turvallisuusasiakirjan tiedot. Asiakirjassa esitetään hankkeen ominai-

suuksista, luonteesta ja olosuhteista aiheutuvat ja sen toteuttamiseen liittyvät turvallisuustiedot. Tyypillisiä suunnitteluvaiheessa selvitettäviä asioita ovat riskikartoitukset kuten asbesti ja muiden vaarallisten haittatekijöiden kartoitus, rakennuksen kantavat rakenteet ja niiden purkutyön aikaiset kuormitukset sekä ympäristön suojaus. Työn turvallisuussuunnitelmassa pitää käsitellä työvaiheet, käytettävät työmenetelmät, telineet, koneet, henkilösuojaimet, vaarat ja riskit sekä riskien hallintatoimenpiteet. Lisäksi voidaan kirjata työntekijät ja heidän pätevyytensä. Turvallisuuskoordinaattori ohjaa päätoteuttajaa vastaanottamaan ja perehdyttämään jokaisen työmaalle tulevan urakoitsijan ja työntekijän.

3.3.2 Koulutus, ohjaus, valvonta ja tiedottaminen

Turvallisen työpaikan ilmapiiri ja olosuhteet on mahdollista saavuttaa oikeanlaisilla asenteilla. Uusien työntekijöiden kouluttamis- ja perehdyttämävaihe on tärkeä hetki asennemuokkaukseen. Silloin heille on esitettävä työhön liittyvät riskit ja vaarat sekä kerrottava selkeästi, miksi niiltä pitää suojautua. Esim. rakennustyömailla työntekijät ja esimiehet kaipaavat lisätietoa pölyn mukana kulkeutuvista, terveydelle haitallisista aineista. Heille on annettava taustatietoja ja kerrottava, mitä haittavaikutuksia ja seurauksia on, jos ei toimi turvallisuusohjeistuksen mukaisesti. Erityisesti yhteisillä työpaikoilla kuten rakennustyömailla on kiinnitettävä huomiota kommunikaatioon, perehdytykseen sekä eri osapuolten vastuiden ja velvollisuuksien selväksi tekemiseen. Yhteisellä työpaikalla, jossa työskentelee useamman työnantajan työntekijöitä, pääasiallista määräysvaltaa käyttävän työnantajan velvollisuudet ovat laajemmat kuin muiden. Kaikkien toimijoiden on kuitenkin osaltaan huolehdittava siitä, että heidän toimintansa ei vaaranna kenenkään toisen työntekijän turvallisuutta ja terveyttä.

Työntekijät pitäisi perehdyttää työhön, työkohteeseen sekä työmaan olosuhteisiin jokaisessa uudessa työkohteessa sekä tiedottaa heitä projektin tai prosessin muutostilanteissa. Työntekijöiden opastuksessa käydään läpi työntekijöiden ammattitaito, työn esittely ja opastus, turvalliset työmenetelmät, vaarojen havainnointi, henkilökohtaisten suojainten saatavuus ja käyttö sekä toiminta mahdollisen vaaran tai onnettomuuden aikana. Esimiehillä ja työnjohdolla on vastuullinen tehtävä työn terveellisessä ja turvallisessa toteutuksessa ja sen valvonnassa.

Materiaalien kierrätyksen tehostuminen edellyttää jätteiden laadukasta lajittelua. Tiedottamisen ja neuvonnan materiaalien lajittelutavoista pystyy parhaiten tekemään jätehuoltoa tarjoava toimija, joka ottaa jätteet vastaan ja jolla on tietämystä eri jätelajeja koskevista erityisvaatimuksista (Mikkela M. 2019b). Hyvien lajittelukäytäntöjen oppimista edesauttaa, jos työntekijät ymmärtävät jätteiden lajittelun hyödyt ja materiaalien hyödyntämisen perusteet. Myös työmaan asenneilmapiirin tulee olla sellainen, että hyvät lajittelukäytännöt ovat jokaisen työntekijän toimintamalli aina alkuperehdytyksestä alkaen. Lajittelun onnistumiseksi on perusteltua nimetä työmaalle jätehuollosta

vastaava henkilö, joka koordinoi, valvoo ja tarvittaessa ohjeistaa työntekijöitä materiaalien lajittelussa. Jätevastaava varmistaa, että työmaalla on asianmukaiset keräysvälineet, ja niitä tyhjennetään oikea-aikaisesti jätehuoltoyrityksen toimesta. Lajittelun onnistumista edesauttaa jätteiden keräysvälineisiin kiinnitetyt värikoodilliset tarrat ja ohjeistukset.

Rakennusten korjaus- tai purkukohteessa tai kohteen läheisyydessä olevien tiedotuksesta on huolehdittava ennen työn aloittamista, työaikana työn sisällön merkittävästi muuttuessa ja töiden päätyttyä. Heitä on informoitava työn aikatauluista ja kulkurajoituksista sekä työhön liittyvistä riskeistä, esimerkiksi pölyjen esiintymisestä, jolloin niihin osataan suhtautua oikein. Tiedottamisesta sovitaan heti toimeksiannon alussa. Päätetään kuka tiedottaa työn eri osa-alueista lähialueen asukkaille tai muille toimijoille ja vastaa töihin liittyviin kysymyksiin. Kun arvioidaan asukkaalle korjaustilanteesta aiheutuvaa riskiä, tulee ottaa huomioon myös asukkaan ikä, altistumisaika/vrk sekä mahdolliset oireet ja sairaudet (Laasonen 2013).

Purettavan rakenteen ympäristö suojataan purkutyön ja purkujätteiden aiheuttamalta vaurioitumiselta ja likaantumiselta esimerkiksi Ratu-ohjekortin 84-0386 mukaisesti. Tarvittaessa suojataan myös kulkureitit työkohteeseen. Työkohteeseen ja kulkureitit rauhoitetaan muilta töiltä purkutyön ajaksi. Purkualue merkitään selvästi ja ulkopuolisten pääsy alueelle estetään. Purkutyöalue eristetään aitauksin ja varoituskilvin. Tarvittaessa järjestetään vartiointi. Tiedon perillemeno varmistetaan käyttämällä useita tiedotuskanavia kuten tiedotus- ja kyselytilaisuuksia, jaettavia tiedotteita, ilmoitustauluja ja sähköpostia.

3.3.3 Turvallisuusratkaisuja

Työterveyslaitos on laatinut malliratkaisuja monille toimialoille riskinhallintaan ja yleisesti tunnistettujen ongelmien ratkaisemiseen. Varsinaisesti kiertotalouden toimialoille ei ole vielä saatavilla, mutta esim. rakennusten purkutyössä voi hyödyntää mm. betonteollisuuden malliratkaisua (https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/11/Malliratkaisuja_betoniteollisuudelle.pdf).

Päällekeinot työturvallisuusriskien torjuntaan ovat:

1. Haitallisten aineiden syntyminen estäminen mahdollisimman hyvin
2. Haitta-aineen määrän vähentäminen
3. Haitta-aineen leviämisen rajoittaminen
4. Työtilojen säännöllinen siivoaminen hyvillä menetelmillä
5. Henkilökohtaisten suojausten käyttäminen

Ensisijaisesti haitallisille aineille altistumista on pyrittävä vähentämään teknisin torjuntakeinoin kuten pölyväien kohteiden osastoinneilla ja alipaineistuksella sekä epäpuh-
tauksia laimentavilla tuloilmalaitteistoilla. Työssä on myös hyödynnettävä vähemmän
pölyviä työmenetelmiä, rakennettava kohdepoistoja tai käytettävä kohdepoistolla va-
rustettuja työkaluja ja laitteita. Pölyn leviämisen rajaaminen kohdepoistoja käyttämällä
alentaa merkittävästi pölypitoisuutta työkohteessa ja edelleen vähentää pölyn leviä-
mistä työalueen ulkopuolelle ympäristöön.

Rakennustyömaiden pölypitoisuuksia voidaan alentaa myös vesisumutuksella. Se so-
veltuu käytettäväksi muita pölyntorjuntakeinoja täydentävänä menetelmänä pölyn le-
viämisen hallintaan, kun pölyävän työvaiheen jälkeen halutaan nopeuttaa pölyn pois-
tumista. Vesisumutus tehostaa erityisesti hienojakeisemman pölyn poistamista huo-
neilmasta ja soveltuu parhaiten pienehköihin ja osastoituihin tiloihin, joissa ilmavir-
tauukset ovat heikkoja ja ilmanvaihtuvuus pieni. Siten sumutukselle ei ole merkittävää
puhdistusvaikutusta ulkona eikä tiloissa, joissa alipaineistaja on käytössä. Vesisumu-
tus ei sovellu työntekijän suojaamiseen ja hänen altistumisensa vähentämiseen pölyä-
vän työvaiheen aikana (Kokkonen ym. 2014).

Valtioneuvoston asetuksen rakennustyön turvallisuudesta (205/2009) 11 §:n mukaan
rakennustyömaa-alueen käytön suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota jät-
teiden sekä turvallisuudelle ja terveydelle vaaraa tai haittaa aiheuttavien materiaalien
keräämiseen, säilyttämiseen, poistamiseen ja hävittämiseen. Asbestipurkutöissä ja
muissa suurilla määriä haitta-aineita sisältävissä kohteissa on rakennettava työnteki-
jille ja suurille jätemäärille osastoinnin ulkopuolelle erillinen sulkutila, jonka kautta
kuljetaan osastoon. Tiilet, betonikappaleet ja purettaessa irtoavat muut rakenneosat
on siirrettävä turvallisesti. Pölyävä aine on pudotettava alas riittävän tiiviitä putkia pit-
kin suojattuun tilaan tai suoraan ajoneuvoon taikka koottava ja vietävä pois säkeissä
tai astioissa. Pöly on siivottava imurilla riittävän usein työtiloista.

Tilaaaja voi halutessaan asettaa vaatimuksia siivoukselle ja sallituille pölykertymille esi-
merkiksi korjausrakennuskohteissa sekä määrätä monista pölyntorjunnan käytännön
toimenpiteistä, kuten osastovien seinien paikoista ja tekotavoista. Pää toteuttaja vas-
taa pölyntorjunnan suunnittelusta ja toteutuksesta niin, etteivät pölypitoisuuden tavoit-
tearvot ylity teknisin pölyntorjuntatoimenpitein ja tarvittaessa käytetään hengityksen-
suojaimia. Pölyntorjuntaa koskevia seikkoja esitetään eri urakka-asiakirjoissa. Esimer-
kiksi työturvallisuustehtävät mainitaan urakkaohjelmassa ja puhtauteen liittyvät toi-
menpiteet ja velvoitteet kirjataan usein urakkarajaliitteeseen. Kun pää toteuttaja käyt-
tää purkutöissä erikoisurakoitsijaa, puhtaustasoihin liittyvät vaatimukset on syytä kir-
jata aliurakkasopimuksiin.

Työnjohdon on osoitettava kiinnostuksensa pölyntorjuntaan ja työympäristön kehittämiseen valvomalla esimerkiksi pölyntorjuntaohjeistuksen noudattamista sekä tarvittaessa alipaineistuksen ja kohdepoistolaitteiden toimintaa ja vaatimalla henkilökohtaisten suojausten käyttöä.

Pölyntorjunnan kannalta tärkein on purku-urakan aloituspalaveri, jossa todetaan mm. seuraavat seikat (PUTUSA-tutkimushanke 2013):

- työntekijöiden ammattitaito ja kokemus kyseisestä työstä
- työalueen rajaus
- työsuunnitelman valmius (työn vaiheistus ja eteneminen, käytettävät työmenetelmät, koneet ja laitteet kattaen purkutyöt, jätteiden siirron ja varastoinnin)
- kohdepoistolaitteiden ja muiden pölyntorjuntaratkaisujen valmius
- ketkä ovat vastuuhenkilöt pölyntorjuntaan liittyvissä asioissa
- osastointien tiiveys, kulkuaukkojen ja sulkutilojen toteutus
- alipaineistuskoneiden ja suodattimien suunnitelmanmukaisuus ja toimivuus
- henkilökohtaisten suojausten käyttötarve ja saatavuus
- yhteiset pelisäännöt, kuten esim. purkutyötä ei aloiteta eikä tehdä, mikäli pölyntorjunta ei joltain osin toimi suunnitellusti

3.3.4 Henkilökohtainen suojauminen

Kierrätysmateriaaleja käsiteltäessä pölyntorjunta voi olla haastavaa mm. rakennusten purkutyömailla. Jos ei pystytä toteuttamaan teknisiä torjuntatoimenpiteitä vaara- ja haittatekijöiden poistamiseksi eikä työntekijöiden altistumista saada vähennettyä työjärjestelyillä, niin työturvallisuuslain mukaan työntekijöitä tulee ohjeistaa henkilösuojainten oikeaan käyttöön. Valtioneuvoston päätöksessä henkilönsuojainten valinnasta ja käytöstä työssä (VNp 1407/1993) todetaan, että suojainten on oltava ehjät, asianmukaiset, suojausteholtaan riittävät ja työhön soveltuvat. Suojainten valinnan pitää perustua työpaikan vaarojen kartoitukseen ja riskinarviointiin Varusteiden tulee soveltaa usean tunnin työskentelyyn ja olla olosuhteisiin sopivia. Kaikilla suojaimilla tulee olla vähintään CE-hyväksyntä ja täytettävä suojaimia koskevat henkilönsuojainasetuksen (EU) 2016/425⁶ vaatimukset. Työnjohdon tulee valvoa suojainten asianmukaista käyttöä.

Kiinnittämällä huomiota henkilökohtaiseen hygieniaan, peittävään työvaatetukseen ja suojakäsineisiin sekä vaatetuksen ja käsineiden puhtauteen, voidaan altistuminen haitallisille yhdisteille ennalta ehkäistä. Työssä, joissa esiintyy erityisen vaarallisia aineita

⁶ Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2016/425 henkilönsuojaimista ja neuvoston direktiivin 89/686/ETY kumoamisesta (EUVL L 81, 31.3.2016, s. 51–98).

tai pölyjä (esim. asbesti ja PCB), saastuneet käsineet ja työvaatteet on riisuttava lähettäessä työskentelyalueelta ja säilytettävä erillään muusta vaatetuksesta. Esimerkiksi rakennustyömailla on järjestettävä osastoidun alueen sulkutilaan peseytymisvälineet, HEPA-suodattimella varustettu imuri suojavaatteiden imurointia varten sekä jätesäkki kertakäyttöisille suojarusteille. Sulkutilan puhtaimmassa osassa säilytetään työntekijöiden pitovaatteita. Lisäksi työntekijöiden on huolehdittava henkilökohtaisesta hygieniastaan varsinkin ennen ruokailua tai tupakointia, etteivät haitalliset aineet pääse kulkeutumaan käsien kautta ruuansulatuselimistöön ja aiheuttamaan sitä kautta oireita ja sairauksia. Työntekijät eivät saa syödä tai juoda työskentelyalueilla, joissa on läsnä haitallisia aineita. Myös koko kehon puhdistaminen mahdollisimman pian altistumisen jälkeen vähentää kemikaalien altistusaikaa iholla ja elimistön saama annosta.

Haitta-aineita sisältävien materiaalien purkamisessa suojauskeutuminen käsittää vähintään kertakäyttöiset pölyä läpäisemättömät suojahaalarit, joissa ei ole taskuja eikä pölyä kerääviä taitteita, kertakäyttöiset suojakäsineet, jotka eivät läpäise pölyä ja esim. PAH-, PCB- ja metalliyhdisteitä kuten butyylikumikäsineet ja sileäpintaiset kumisaappaat. Myös tavanomaisia pölyjä (esim. betonipölyä) synnyttävissä töissä on syytä järjestää imuri vaatteiden puhdistamiseen tai vaihtovaatteet. Muussa tapauksessa vaatteista voi kulkeutua huomattava määrä pölyä puhtaaksi tarkoitettuun tilaan.

Kohdepoistolaitteiden käytöstä huolimatta korjaushankkeen purkutyövaiheessa syntyy tavallisesti niin runsaasti pölyä, että purkutyöntekijöiden ja samassa tilassa työskentelevien muidenkin rakennustyöntekijöiden on käytettävä henkilökohtaisia hengityksen-suojaimia ja silmiensuojaimia. Tavanomaisessa purkutyössä, jossa ei synny esim. kaasuja, käytetään P2-luokan hiukkassuodattimella varustettua hengityksensuojainta. P3-luokan hiukkassuodatinta käytetään asbesti- ja kvartsipölyltä, homeilta ja muilta erityisen haitallisilta pölyiltä suojautumiseen. Tällaisten pölyjen kanssa on yleensä tarve myös kasvojen ihon ja silmien suojaamiseen, jolloin käytetään kokonaamaria tai koko kasvojen alueen suojaavaa moottoroitua hengityksensuojainta. Jos kaasumaisia epäpuhtauksia on läsnä, niin silloin käytetään sekä hiukkas- että kaasusuodattimella varustettua moottoroitua koko- tai puolinaamaria tai eristävää naamaria esiintyvistä terveydelle vaarallisista aineista riippuen.

3.4 Työterveyshuollon keinot

Työterveyshuoltolain (1383/2001) mukaan työnantaja on velvollinen järjestämään työterveyshuollon palveluksessaan oleville työntekijöille. Työterveyshuollon tavoitteena on terveellinen ja turvallinen työympäristö, hyvin toimiva työyhteisö, työhön liittyvien sairauksien ja tapaturmien ehkäisy ja työntekijöiden terveyden ja työ- ja toimintakyvyn

ylläpitäminen ja edistäminen. Työterveyshuollon asiantuntemusta kannattaa hyödyntää havaittujen vaarojen terveydellisen merkityksen arvioinnissa ja turvallisuustoimenpiteiden tarpeen arvioinnissa.

3.4.1 Altistumisen seuranta

Työntekijöiden altistumista vaarallisille aineille tulee arvioida työhygieenisten mittausten ja biomonitorointimittausten avulla. Tavoitteena on vähentää altistumista niin paljon kuin käytännössä on mahdollista, kuitenkin niin, että sujuva työn tekeminen on vielä mahdollista. Altistumismittauksia tulee tehdä normaalien työpäivien aikana, jotta todellinen altistumistilanne selviää. Suojainten toimivuutta suositellaan testattavan biomonitoroinnin avulla eli mittaamalla altisteiden aineenvaihduntatuotteita virtsasta tai verestä niiden altisteiden kohdalla, joille on olemassa biomonitorointimenetelmä. Biomonitoroinnin näytteenotto on sovittava normaalille työpäivälle, jolloin altistumista todella tapahtuu. Tämä on tärkeää erityisesti nopeasti elimistöä poistuvien altisteiden osalta. Jos altistuminen kestää koko työviikon, on näytteenotto parempi sijoittaa työviikon loppupuolelle. Tällöin myös mahdollinen epäpuhtauksien viikon aikainen kertyminen elimistöön tulee huomioitua. Pitkän puoliintumisajan aineiden, kuten lyijyn kohdalla, näytteenottoajankohta ei ole niin kriittinen. Joissain tapauksissa, tiettyjen harvinaisempien analyysien kohdalla, voidaan suositella nollanäytteen ottamista viikonlopun tai lomajakson jälkeen vertailukohdaksi.

Biomonitorointitarve ja analysoitavat altisteet riippuvat tehtävistä. Metalleille altistumista on suositeltavaa seurata biomonitoroinneilla; erityisesti lyijyaltistumista on syytä seurata metallirakenteita kierrätettäessä. Alumiinin kierrätyksessä, erityisesti sulatuksessa tai polttoleikkaukseen liittyen on syytä seurata elimistöön herkästi kertyvää alumiinia. Jos tehdään paljon ruostumattoman teräksen polttoleikkausta, kromi ja nikkeli-pitoisuuksia voi seurata biomonitoroinnin.

Muovien kierrätyksessä on syytä seurata ftalaattialtistumista biomonitoroinnin. Rakennusalalla käytettävien epoksihartsien bisfenolijohdannaisille on parhaillaan kehitteillä menetelmä Työsuojelurahaston rahoittamassa projektissa. Jatkossa näitäkin saattaa olla mahdollista seurata biomonitoroinnin.

Bitumipitoisia kattohuopia kierrätettäessä (ja kivihiilipikihajaisia vesieristeitä purettaessa) suositellaan PAH-altistumisen biomonitorointia. Työterveyslaitos suosittelee PAH-altistumisen seurantaan virtsan 2-naftolin ja/tai virtsan 1-pyrenolin (1-hydroksipyreeni) määrittämistä. Naftaleenin aineenvaihduntatuotetta 2-naftolia pidetään merkkiaineena helpommin haihtuville pienimolekyylisille PAH-yhdisteille ja 1-pyrenolia vaikeammin haihtuville PAH-yhdisteille.

Palonestoaineille tai klooratuille parafiineille ei ole tällä hetkellä työntekijöiden monitorointiin sopivia menetelmiä rutiinikäytössä.

3.4.2 Terveystarkastukset

Erytystä sairastumisen vaaraa aiheuttaville aineille altistuville työntekijöille tulee tehdä terveystarkastus ennen töiden alkamista. Alle 18-vuotiaita tai raskaana olevia ei tule käyttää työhön, jossa on mahdollisuus altistua syöpävaarallisille, perimää vaurioittaville tai lisääntymisterveystarpeiden vaaraa aiheuttaville aineille. Mikäli raskaana olevaa työntekijää ei voida siirtää pois altistavista työtehtävistä, työntekijällä on mahdollisuus hakea erityisäitiyspäivärahaa. Erityisäitiyspäivärahaa haetaan työterveyshuollon kautta.

Syöpävaarallisille aineille altistuvien terveystarkastuksissa on ensisijaisesti kiinnitettävä huomiota työntekijöiden altistumisen seurantaan ja neuvontaan koskien riskinhallintaa, suojautumista sekä hyviä työhygieenisia käytäntöjä altistumisen minimoimiseksi. Kliinisistä (lääketieteellisistä) tutkimuksista on harvoin hyötyä syövän primaari- tai sekundaari-preventiossa, eikä esimerkiksi rutiininomaisia radiologisia seurantatoimia nykyään suositella syöpävaarallisille altistuneille työntekijöille.

3.4.3 ASA-rekisteri

Valtioneuvoston asetuksessa työhön liittyvän syöpävaaran torjunnasta (716/2000) säädetään, että työnantajan on pidettävä luetteloa sekä syöpäsairauden vaaraa aiheuttavista altisteista ja työntekijöistä, jotka altistuvat syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville työmenetelmille tai aineille. Työnantajan on ilmoitettava syöpävaarallisille aineille altistuvien rekisteriin (ASA-rekisteri) työssään syöpävaarallisille aineille altistuneet työntekijät (Laki 717/2001). Ilmoitus tehdään ASA-lomakkeella Työterveyslaitokselle. Altistuneiksi katsotaan henkilöt, jotka ovat käsitelleet syöpävaarallista ainetta tai muutoin altistuneet sille vähintään 20 työpäivänä vuodessa. Yhdeksi työpäiväksi katsotaan 2–4 tunnin altistuminen. Myös henkilöt, jotka onnettomuuden, tuotantohäiriön, poikkeuksellisen työvaiheen tai muun vastaavan syyn vuoksi hetkellisestikin altistuvat poikkeuksellisen suurelle ASA-ainepitoisuudelle, tulee ilmoittaa rekisteriin.

Työministeriö on antanut syöpäsairauden vaaraa aiheuttavista tekijöistä päätöksen (838/1993 ja sen muutosasetukset 1232/2000 ja 1014/2003), jossa luetellaan syöpäsairauden vaaraa aiheuttavat työmenetelmät ja aineet. Lainsäädäntöä ollaan uudistamassa vuoden 2020 alusta siten, että jatkossa ASA-rekisteröintivelvoite kytketään CLP-asetuksen mukaisiin vaaraluokituksiin (kategorian 1A ja 1B syöpää aiheuttavat ja perimää vaurioittavat aineet) sekä erikseen listattaviin syöpäsairauden vaaraa aiheuttaviin työmenetelmiin. Vna 716/2000 ja ASA-rekisteriä koskeva laki (717/2001) ovat

parhaillaan päivityksen alla ja uusittu lainsäädäntö on tarkoitus tulla voimaan vuoden 2020 alussa. Nykyinen työministeriön päätös syöpäsairauden vaaraa aiheuttavista tekijöistä (838/1993) on tarkoitus sulauttaa Valtioneuvoston asetukseen (716/2000), jolloin samalla kyseinen päätös kumotaan. Samalla kaikki CLP-asetuksen mukaan syöpävaaralliseksi ja/tai mutageenisiksi kategorioihin 1A ja 1B luokitellut aineet tulevat ASA-velvollisuuden piiriin.

4 Lainsäädäntö ja ohjauskeinot

4.1 Kiertotalouden julkinen ohjaus

Siirtymä nykyisestä lineaarisesta talousmallista kiertotalouteen edellyttää monia perustavanlaatuisia muutoksia niin käytettävissä teknologioissa, markkinoissa kuin toimintakäytännöissäänkin. Vaikka kilpailu niukkenevista resursseista edistääkin kiertotalouden läpimurtoa ja kannustaa kehittämään ja kokeilemaan uusia teknologioita ja liiketoimintamalleja, tarvittava systeeminen muutos ei tapahdu riittävän nopeasti ilman muutoksia vallitsevissa sääntelyrakenteissa (Seppälä ym. 2016, 26-48).

Paitsi tarpeesta kannustaa toimijoita käytäntöjen muutoksiin, markkinoiden luomiseen, kokeiluihin ja uuden teknologian kehittämiseen, sääntelyrakenteiden muutosta perustelee nykyisen sääntelyn rakentuminen 1960-luvulta alkaen ehkäisemään ympäristön pilaantumista ja turvallisuuden takaamista lineaaritalouden mallissa. Siksi tarvitaan paitsi uusia toimintatapoja tukevaa sääntelyä, myös vanhojen rakenteiden uudistamista ja osin jopa purkamista.

Samalla kestävä ja turvallinen kiertotalouden edistämiseksi on jo olemassa monenlaista sääntelyä, joka tosin kohdentuu erityisesti materiaalien kieroista poistamisen vähentämiseen. Kiertotalouden ohjauskeinoja tulisi arvioida ottaen huomioon niiden kokonais- ja yhteisvaikutukset. Samoihin kiertotalouden tavoitteisiin, esimerkiksi rakennus- ja purkujätteiden synnyn ehkäisemiseen ja niiden sisältämiin haitallisten aineiden vähentämiseen voidaan pyrkiä vaikuttamaan monin tavoin: rajoittamalla (erityisesti neitseellisten) materiaalien käyttöä, kannustamalla jäteperäisten materiaalien hyödyntämistä materiaaleina tai rajoittamalla jätteen loppukäsittelyä niin, että kiertotalouden kannalta toivotumpien vaihtoehtojen houkuttelevuus kasvaa. Ohjausta voidaan tehdä paitsi ympäristö- tai rakentamissääntelyn, välillisemmin myös muiden oikeudena-alojen kuten hankintalainsäädännön kautta.

Suomen tapaan Euroopan unionin politiikkatoimet ovat suurelta osin keskittyneet materiaali-kiertojen sääntelyyn erityisesti tuotteiden elinkaaren loppupäässä (de Römpf & Reins 2016; Seppälä ym. 2016). Jätteiden tuotteistamista voidaan pitää yhtenä kiertotalouden tavoitteena. Samalla jätteiden tuotteistaminen on esimerkki tarpeesta tasapainotella kiertotalouden ristiriitaisten tavoitteiden välillä: Yhtäältä jäteperäiset materiaalit halutaan entistä tehokkaammin pitää kierrossa tuotteiksi ja raaka-aineiksi, toisaalta tuote- ja kemikaalisääntely asettavat vaatimuksia materiaalin koostumukselle ja laadulle, jotka voivat tosiasiansa rajoittaa jäteperäisen materiaalin hyödyntämistä.

Materiaalien arvon säilyttävien kiertojen lisäksi kiertotalouden tavoitteena ja monilta osin myös edellytyksenä voidaan pitää kiertojen turvallisuutta. Turvallisuuden ohjaamista voidaan lähestyä ainakin kolmella tavalla: haitallisia aineita sisältävät materiaalit voidaan poistaa kierrosta esimerkiksi rajoittamalla niiden hyödyntämistä. Toisaalta tavoitteeseen voidaan pyrkiä niin, että jäteperäisten materiaalien haitallisten aineiden mahdollisista riskeistä säännellään siten, että mahdolliset ympäristö- ja terveystriskit hallitaan riittävällä tavalla. Kolmanneksi haitallisten aineiden korvaamiseksi voidaan kehittää uusia aineita, tai tuotteita ilman haitalliseksi todettuja aineita. Korvaavien aineiden käytön aloittaminen ei tietenkään vaikuttaisi käytössä olevien materiaaleihin ja niiden materiaalikiertojen vaikutuksiin. Kuitenkin korvaavien aineiden merkitys voisi olla merkittävä etenkin sellaisten materiaalien osalta, joiden elinkaari on suhteellisen lyhyt. Samalla tulisi tietenkin pyrkiä selvittämään korvaavien ratkaisujen turvallisuus. Ensimmäistä ratkaisua voidaan pitää kiertotalouden kannalta erityisen ongelmallisena, koska etenkin rakennusmateriaalien kaltaiset pitkäikäiset tuotteet useissa tapauksissa sisältävät merkittäviä määriä myöhemmin lainsäädännössä rajoitettuja tai kiellettyjä aineita.

Turvallisen kiertotalouden ohjaus on jo nykyään osittain tuotu osaksi materiaalikiertoihin sovelletavaan ympäristösäätelyyn. Samalla on tunnistettu aiemman kirjallisuuden, SIRKKU-hankkeen työpajojen ja asiantuntijakeskustelujen perusteella mahdollisia kehittämiskohteita. Pääpaino onkin vallitsevan säätelyn kuvaamisessa ottaen huomioon erityisesti SIRKKU-hankkeen painotukset (SVHC, POP, rakennusala).

4.2 Jätesäätely

4.2.1 End-of-Waste -säätely

Aineen tai esineen luokittelulla ”jätteeksi” on olennainen vaikutus siihen sovelletta-vaan säätelykehikoon. Jätteiden hyödyntäminen edellyttää joko ympäristölupaa, rekisteröintiä tai jätteeksi luokittelun päättymistä. Jokainen näistä reiteistä sisältää jätteen ominaisuuksien selvittämistä sen varmistamiseksi, ettei hyödyntämisestä aiheudu ympäristön pilaantumisen vaaraa. Tämä säätely voi vaikuttaa siihen, mitä aineella tai esineellä tehdään ja minne se päättyy. On otettava huomioon, että vaikka kemikaalisäätelyssä aineella ja esineellä viitataan tarkkaan määriteltyihin asioihin, jätesäätelyssä käsitteitä ei ole määritelty eikä niiden tule tulkita tarkoitettavan samaa kuin kemikaalisäätelyn piirissä. Jätesäätelyn rajoitukset tai velvoitteet asettavat jäteperäiset materiaalit neitseellisiä huonompaan asemaan vaikka se teknisesti ja ympäristökelpoisuudeltaan vastaisikin neitseellisiä raaka-aineita tai niistä valmistettuja tuotteita. ”Jäte” määritellään jätelain (646/2011) 5.1 §:ssa aineeksi tai esineeksi, jonka haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan

käytöstä. Uudelleenkäytettävät tuotteet ja osat eivät tule käytöstä poistetuiksi ja näin ollen eivät ole jätteitä, kun taas esimerkiksi kierrätettävät materiaalit on poistettu käytöstä ennen niiden hyödyntämistä. Uudelleenkäyttö on hyvä erottaa uudelleenkäyttöön valmistelusta, jolla viitataan tarkistamis-, puhdistamis- tai korjaamistarkoituksessa toteuttaviin hyödyntämistoimiin, joiden avulla tuotteet tai tuotteiden osat, joista on tullut jätettä siten, että niitä voidaan käyttää uudelleen ilman muuta esikäsittelyä. Tuotteiden ja osien uudelleenkäyttö tapahtuu vastaaviin tuotteisiin sovellettavan sääntelyn asettamien ehtojen puitteissa.

Jätelain 5.4 §:ssa säädetään, että ”valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä jätelajeittain siitä, milloin aine tai esine ei ole enää jätettä, jos:

1. se on läpikäynyt hyödyntämistoimen;
2. sillä on käyttötarkoitus, johon sitä käytetään yleisesti;
3. sillä on markkinat tai kysyntää;
4. se täyttää käyttötarkoituksensa mukaiset tekniset vaatimukset ja on vastaaviin tuotteisiin sovellettavien säännösten mukainen; ja
5. sen käyttö ei kokonaisuutena arvioiden aiheuta vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle.”

Ensisijaisesti jätteeksi luokittelusta poistamisen tulisi tapahtua EU-tasolla, mutta EU-sääntelyn puuttuessa jäsenvaltioilla on toimivalta säätää asiasta kansallisesti. Suomessa kansallisesti ei ole vielä säännelty asetuksia jätteeksi luokittelusta poistumisessa, mutta ympäristöministeriössä on valmisteilla asetus, joka käsittelee jäteperäisen betonimurskeen jätteeksi luokittelusta poistumisen arviointiperusteita. EU:n kiertoaluspakettiin liittyvässä jätedirektiivin uudistamisessa (2018/851/EU)⁷ on kiinnitetty huomiota siihen, miten kansallista jätteeksi luokittelun päättävää sääntelyä voitaisiin hyödyntää entistä enemmän. Jos unioninlaajuista ja kansallista yleistä sääntelyä ei ole, jätteeksi luokittelun päättymisestä voidaan päättää myös tapauskohtaisesti. Tällöin viranomaisen soveltaa säännöksiä yksittäiseen, toisin sanoen tietyn toiminnanharjoittajan tietyssä toiminnassa syntyvään jätteeseen, jota on tarkoitus hyödyntää ei-jätteenä tietyssä käyttötarkoituksessa. Tapauskohtaisia päätöksiä jätteeksi luokittelun päättymisestä on Suomessa tehty lukuisia. Ne ovat koskeneet mm. regeneroituja kylmäaineita ja kattohuopajätettä. Ympäristöministeriö valmistelee parhaillaan ohjeistusta tapauskohtaisten End-of-Waste -päätösten (EoW) hakemiseen ja tekemiseen. EU on lisäksi korostanut jätedirektiivin muutoksessaan kansallisen sääntelyn ja tapauskohtaisen päätöksenteon asemaa EoW-asioissa.

⁷ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/851 jätteistä annetun direktiivin 2008/98/EY muuttamisesta (EUVL L 150, 14.6.2018, s. 109–140).

Jätesääntelyn lähtökohtana on, että sitä sovelletaan aineisiin ja esineisiin, jotka luokitellaan jätteiksi. Kun ainetta tai esinettä ei enää luokitella jätteeksi, ei siihen enää sovelleta jätesääntelyä, vaan vastaaviin tuotteisiin sovellettavaa tuotesääntelyä, standardeja sekä muita teknisiä vaatimuksia. EoW -sääntelyn taustalla on ajatus, että kun ainetta tai esinettä ei enää määritellä jätteeksi, voidaan se saattaa helpommin markkinoille sekundaariraaka-aineena. Joissain tapauksissa jätteitä ei ole rajattu tuotesääntelyn soveltamisalan ulkopuolelle, jolloin jätteeksi luokiteltujen materiaalien tulisi täyttää molempien, tuote- ja jätesääntelyn, vaatimukset – esimerkiksi rakennustuoteasetusta ((EU) N:o 305/2011)⁸ sovelletaan niin jätteeseen kuin ei-jätteeseenkin.

Käytännössä jätesääntelyn tilalle tulevalla tuote- ja kemikaalisääntelyllä voi olla olennainen asema aineen tai esineen vaikutusten hallitsemisessa. Yhtäältä EoW -kriteereissä säädetään, että aineen tai esineen tulee täyttää käyttötarkoituksensa mukaiset tekniset vaatimukset ja olla vastaaviin tuotteisiin sovellettavien säännösten mukainen. Tämä tarkoittaa, että jotta materiaali voisi lakata olemasta jätettä, tulisi sen täyttää tuote- ja kemikaalilainsäädännöstä johtuvat lainsäädännölliset velvoitteet sekä muut vastaaville tuotteille asetetut säännökset. Toisaalta tuote- ja kemikaalisääntelyllä on olennainen vaikutus jätteeksi luokittelusta poistumisen vaikutuksiin. Luonnollisesti EoW-statusta ei voida antaa jätteelle, jonka kyseinen käyttö olisi kiellettyä esimerkiksi kemikaalisääntelyn rajoitusten tai tuotesääntelyn laatuvaatimusten puitteissa.

4.2.2 Rakennusjätteen End-of-Waste -sääntely

EU:n tasolla ei ole säädetty minkään rakennusjätteen jätteeksi luokittelun päättymisestä. Kuitenkin rakennusjäte usein sisältää esimerkiksi terästä (neuvoston asetus (EU) N:o 333/2011)⁹ ja kuparia (komission asetus (EU) N:o 715/2013)¹⁰, jolle löytyvät EU:n tasoiset EoW-asetukset. Muuten jäsenvaltioille on jätetty valta säännellä näiden aineiden ja esineiden jätteeksi luokittelusta poistumisesta. Muissa jäsenvaltioissa säännellään eräiden rakennus- ja purkujätteiden jätteeksi luokittelusta poistumisesta kansallisella tasolla (taulukko 4).

Taulukko 4. Rakennus- ja purkujätteiden jätteeksi luokittelusta poistumista koskeva kansallinen sääntely muissa jäsenvaltioissa.

⁸ Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) N:o 305/2011 rakennustuotteiden kaupan pitämistä koskevien ehtojen yhdenmukaistamisesta ja neuvoston direktiivin 89/106/ETY kumoamisesta (EUVL L 88, 4.4.2011, s. 5-43)

⁹ Neuvoston asetus (EU) N:o 333/2011 arviointiperusteista sen määrittämiseksi, milloin tietyntyyppiset romumetallit lakkaavat olemasta jätettä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2008/98/EY nojalla

¹⁰ Komission asetus (EU) N:o 715/2013 arviointiperusteista sen määrittämiseksi, milloin kuparimromu lakkaa olemasta jätettä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2008/98/EY nojalla

Valtio	Asetus
Itävalta	<ul style="list-style-type: none"> • rakennusjäte (2014/564/A) • purkujäte (2007/653/A) • puujäte (2011/551/A) • jätteenpolton tuhka (2009/633/A) • kaivannon täyttömateriaali (2007/654/A)
Ranska	<ul style="list-style-type: none"> • rakennus- ja purkujätteet teiden rakennusaineena (2015/77/F) • puujäte energiantuotantoon (2014/144/F)
Iso-Britannia	<ul style="list-style-type: none"> • inertit materiaalit aggregaattien valmistamiseen (2013/107/UK) • kierrätetty kipsi (2013/207/UK) • tuhka (PFA ja FBA) rakennusmateriaalina (2010/161/UK) • muovin kierrätys (2008/591/UK)
Alankomaat	kierrätysraaka-aineet rakennus- ja purkujätteestä (2014/132/NL)
Portugali	muovin kierrätys (2016/402/P)
Irlanti	kierrätetty kipsi (2010/350/IRL)

EoW -sääntelyn yhteydessä on olennaista huomata, että rakennustuotteita koskeva lainsäädäntö koskee kaikkia rakentamisessa käytettäviä materiaaleja niiden jätestatuksesta riippumatta. Siksi rakennustuotelainsäädäntö ei ole jätesääntelyn vaihtoehto, vaan rakentamisessa käytettäviin jättemateriaaleihin sovelletaan usein myös kyseisen alan tuotesääntelyä. On kuitenkin syytä huomata, että rakennustuotelainsäädäntö koskee etenkin rakennustuotteiden teknistä kelpoisuutta eikä se pääosin huomioi ympäristökelpoisuuteen liittyviä kysymyksiä.

4.2.3 Muita rakennusjätteiden kiertotaloutta tukevia ohjaukeinoja

4.2.3.1 Rakennusjätteen kierrätystavoitteet

Jätedirektiivin 11(2) artiklassa säädetään, että sen tavoitteiden saavuttamiseksi ja luonnonvarojen tehokkaasti hyödyntävään Euroopan kierrätysyhteiskuntaan siirtymiseksi jäsenvaltioiden on toteutettava tarvittavat toimenpiteet, joiden tarkoituksena on seuraavien tavoitteiden saavuttaminen:

- a) vuoteen 2020 mennessä jättemateriaalien, kuten ainakin paperin, metallin, muovin ja lasin, joka on peräisin kotitalouksista ja mahdollisesti muista lähteistä, siinä määrin kuin nämä jätevirrat ovat samankaltaisia kuin kotitalousjätteissä, valmistelua uudelleenkäytettäväksi ja kierrätystä on lisättävä vähintään 50 painoprosenttiin niiden kokonaismäärästä;

- b) vuoteen 2020 mennessä vaarattoman rakennus- ja purkujätteen, jäte-luettelon luokassa 17 05 04 määriteltyä luonnosta peräisin olevaa ai-nesta lukuun ottamatta, valmistelua uudelleenkäytettäväksi, kierrä-tystä ja muuta materiaalien hyödyntämistä, mukaan luettuina maan-täyttötoimet, joissa jätettä käytetään korvaamaan muita materiaaleja, on lisättävä vähintään 70 painoprosenttiin.

Jätedirektiivin muutoksessa korotetaan yhdyskuntajätteille asetettua kierrätystavoitetta, mutta rakennus- ja purkujätteiden osalta pysyy kierrätystavoite ennallaan. Jä-senvaltiot voivat direktiivin toimien puitteissa päättää millä tavalla ne pääsevät kysei-siin kierrätystavoitteisiin. Jätedirektiivin 11 artiklassa viitataan nimenomaan vaaratto-man rakennus- ja purkujätteen hyödyntämiseen. Kuitenkin tavoitteisiin pääsemistä helpottaa huomattavasti kun voitaisiin tunnistaa haitalliset ja vaaralliset jätteet raken-nus- ja purkujätteiden kokonaisuudesta.

Direktiivimuutoksen artiklassa 11(6) säädetään, että komissio pohtii viimeistään 31 päivänä joulukuuta 2024 uudelleenkäyttöön valmistelua ja kierrätystä koskevien ta-voitteiden asettamista rakennus- ja purkujätteelle sekä sen materiaaliakohtaisille ja-keille, tekstiilijätteelle, kaupan jätteelle, vaarattomalle teollisuusjätteelle ja muille jäte-virroille sekä uudelleenkäyttöön valmistelua koskevien tavoitteiden asettamista yhdys-kuntajätteelle ja kierrätystavoitteita yhdyskuntabiojätteelle. Tätä varten komissio antaa Euroopan parlamentille ja neuvostolle kertomuksen, jonka liitteenä on tarvittaessa lainsäädäntöehdotus.

EU:n korkeasta rakentamis- ja purkujätteen kierrätystavoitteesta huolimatta Suo-messa rakennus- ja purkujätteen kierrätysasteen on arvioitu olevan 58 % (Tilastokes-kus 2016). Puujätteeseen liittyy ihmisten turvallisuuden ja terveyden kannalta seikkoja kuten se, että huonolaatuisen puujätteen käyttö uudelleen rakentamisessa ei ole ta-voiteltavaa johtuen purkupuun sisältämästä kosteus- ja homevaurioista sekä muista epäpuhtauksista. Tämä on johtanut puisen purkujätteen hyödyntämiseen lähinnä energiana. Polttoon menee kuitenkin myös hyvälaatuisia puujätettä, joka kelpaisi myös materiaalina hyödynnettäväksi. Ongelma on, että tällainen puujäte pitäisi mate-riaalihyödyntämisessä saada kerättyä ja hyödynnettyä erikseen huonolaatuisesta puu-jätteestä. Kuitenkin Suomessa syntyy myös paljon muuta rakennus- ja purkujätettä kuin puuperäistä ja myös sen hyödyntämistä on entisestään tehostettava tavoitteisiin pääsemiseksi. Suomen luotava uusia velvoitteita, kannusteita ja järjestelmiä korot-taakseen rakennus- ja purkujätteen hyödyntämisastetta tai muuten on melko selvää, ettei hyödyntämistavoitteisiin tulla pääsemään.

4.2.3.2 Purkukartoitus

Isoissa purkukohteissa edellytetään purkulupaa tai tehdään vain purkuilmoitus täyttämällä lomake. Asbestikartoitus on tällä hetkellä pakollinen ennen vuotta 1995 rakennetuissa kohteissa, muista haitallisista materiaaleista/aineista on esitetty hyvin löysästi vaatimuksia.

Tällä hetkellä maankäyttö- ja rakennuslainsäädännön mukaan rakennus-, korjaus, tai purkuhankkeen luvan yhteydessä tulee tehdä selvitys syntyvän rakennusjätteen määrästä, laadusta ja lajittelusta, jollei jätteen määrä ole vähäinen. Lisäksi tulee selvittää purkamistyön järjestäminen ja edellytykset huolehtia syntyvän jätteen käsittelystä sekä käyttökelpoisten rakennusosien hyväksi käyttämisestä. Purun jälkeistä raportointia ja viranomaisvalvontaa ei käytännössä juurikaan ole. Rakennusvalvontaviranomainen voi edellyttää lupapäätöksessään, että ennen purkutyötä on laadittava purkamissuunnitelma. Nykyisin purkamissuunnitelma keskittyy mm. purkamistapoihin ja töiden suoritusjärjestykseen, purkamistyöstä aiheutuviin melu- ja pölyhaittojen rajoittamiseen ja paloturvallisuuteen. Purkamisella tarkoitetaan kokonaisten rakennusten purkamista sekä saneeraustoiminnan yhteydessä tehtävää purkua.

Rakennustieto on ohjeistanut purkamisen suunnittelua. Ohjeen mukaan ennen purkamisen yksityiskohtaista suunnittelua rakennuttaja teettää haitallisten aineiden kartoituksen, kosteusvaurioselvityksen ja kuntotutkimuksen. Selvitysten pohjalta laaditaan turvallisuusasiakirja, haitallisten aineiden selvitys ja purkutyöselostus. Ohjeet eivät ole toimijoita velvoittavia.

Purkamisen suunnittelua ja purun jälkeistä raportointia pidetään yhtenä tärkeänä tapana lisätä rakentamisan jätteiden hyödyntämistä. Purkamisen suunnittelun on esitetty edistävän puhtaan, tasalaatuisen materiaalin talteen saamista ja määrien ennakoointia, mikä on myös kierrätysliiketoiminnan edellytys (Lehtonen, käsikirjoitus 2019). Kierrätystoimintaa harjoittavat tarvitsevat pitkäaikaisia toimitussopimuksia, että uskaltaavat investoida, kasvattaa tietotaitoa ja rakentaa ympärille jäteperäisiä materiaaleja hyödyntävää teollisuutta.

Purkukartoituksessa yrityksen olisi mahdollista käydä lävitse seikkaperäisemmin purkamisessa säästettävät materiaalit ja purkumenetelmät, kierrätykseen kelpaavat sekä vaaralliset jätteet. Kartoituksen tulisi kohdistua rakennushankkeeseen ryhtyvää ja sen suorittajana voisi olla myös konsultti. Pakollinen jätteiden hyödyntämistä koskeva purkukartoitus, tapahtuu se sitten purkuluvan purkujäteilmoituksen tai purkamissuunnitelman yhteydessä, sekä purun jälkeinen raportointi loisi yhtenäisen menettelyn purkukohteiden materiaalitalouden kestävään hallintaan.

Euroopan komissio on antanut ohjeet rakennuksen purku- ja kunnostustöitä edeltävän jätehuoltotarkastuksen toimittamista varten toukokuussa 2018 (Euroopan komissio 2018). Komission ohjeessa selostettu menettely vastaa sisällöltään pitkälti kansallista purkukartoitusta. Ohje käsittelee esimerkiksi materiaalien inventointia, niiden jätehuoltoja ja kierrätystä sekä asiakirja- ja kenttätutkimuksien toteuttamista. Lisäksi ohje antaa erilaisia suosituksia koskien jätteiden käsittelyä ja kierrätystä. Ohjeessa on myös mallilomakkeita esimerkiksi tarkastuksen raportointia varten ja annetaan esimerkkejä parhaista toimintavoista.

Suomessa on valmisteltu purkukartoitusopasta, joka on jatkeena komission julkaisemalle ohjeelle. Opas keväällä 2019 lähetettiin lausunnolle ja viimeistellään saatujen kommenttien perusteella alkusyksyllä 2019. Oppaan tavoitteena on edistää purkujätteiden turvallista kierrätystä. Purkukartoitus tehdään ennen rakenteen purkua. Purkukartoitus sisältää haitta-ainekartoituksen ja -tutkimukset sekä purkumateriaaliselvityksen.

Haitta-ainekartoituksen ja -tutkimusten tavoitteena on

- tunnistaa ja paikallistaa haitallisia aineita sisältävät rakennusrakenteet ja materiaalit
- esittää suosituksia haitta-aineita sisältävien rakennusmateriaalien poistomenetelmistä ennen purkua
- esittää suosituksia vaarallisia aineita sisältävien jätteiden käsittelystä
- laatia arvio purkutyössä syntyvien vaarallisten jätteiden määrästä

Purkumateriaaliselvityksen tavoitteena on

- tuottaa kattava luettelo tavanomaisista jätteistä ja niiden määrästä materiaalien erilliskeräyksen ja materiaalihyödyntämisen edistämiseksi
- tunnistaa uudelleenkäytettävät ja kierrätettävät materiaalit ja rakennusosat ja antaa suosituksia niiden käsittelytavoista
- tarjota rakennuksen omistajan tai viranomaisten pyytämiä lisätietoja, kuten arvioita materiaalien ja rakennusosien arvosta, teknisestä kunnosta, ympäristöjalanjäljestä ja mahdollisista lisäselvitys- tai tutkimustarpeista.

Haitta-ainekartoituksessa suositellaan arvioimaan ainakin seuraavien haitallisten aineiden tai materiaalien esiintyminen purettavassa tai saneerattavassa kohteessa: asbesti, PCB, PAH & kreosootti, hiilivedyt (öljyt), haitalliset metallit, bromatut palonestoaineet ja ftalaatit. Arviointi tapahtuu materiaali-inventaarion perusteella ja tarpeen mukaan otetaan myös analyysyjä. Haitta-ainekartoituksen ja -tutkimuksen suorittavalla konsultilla tulee olla riittävä osaaminen asbesti- ja haitta-ainekartoitusten tekemiseen (esimerkiksi AHA-henkilösertifikaatti tai vastaava).

4.3 Kemikaalisäätely ja jätteeksi luokittelusta poistuminen

4.3.1 REACH-asetus

REACH-asetus koskee aineiden sellaisenaan, seoksessa sekä esineistä vapautuvien aineiden rekisteröintiä, arviointia, lupamenettelyä sekä rajoituksia. REACH-asetus on Suomessa suoraan sovellettavaa oikeutta. Asetuksen soveltamisalaan kuuluvat kaikki aineet sellaisenaan, valmisteissa ja esineissä. Jätteet eivät ole REACH-asetuksen mukaisia aineita, valmisteita tai esineitä eikä asetusta näin ollen pääosin sovelleta niihin. Jätesäätelyn ja tuote- ja kemikaalisäätelyn erottelua havainnollistetaan kuvassa 8. REACH-asetuksen pääasiallisena tarkoituksena on suojella ympäristöä ja terveyttä sekä edistää EU:n sisämarkkinoiden toimivuutta kemikaalien osalta. Tavoitteena on myös tunnistaa ja asteittain korvata haitallisimmat aineet vähemmän haitallisilla.

REACH-asetuksen mukaista rekisteröintiä varten aineiden valmistajien ja maahantuojien on hankittava tiedot mm. niiden vaarallisista ominaisuuksista, käyttötavoista sekä turvallisesta käytöstä. Rekisteröintiin vaaditaan tarvittavan kemikaaliturvallisuustiedon tuottaminen erilaisten arviointien kautta. Yritysten on tehtävä yhteistyötä rekisteröinnissä muiden samoja aineita rekisteröivien yritysten kanssa. Rekisteröinnin kustannukset vaihtelevat joistain tuhansista euroista jopa yli miljoonaan euroon riippuen mm. vuotuisesta valmistus/maahantuontimäärästä ja saman aineen rekisteröijien lukumäärästä (Alaranta & Turunen 2017). Rekisteröintivelvollisuutta koskevista poikkeuksista on säädetty asetuksen 2 artiklassa sekä liitteissä IV ja V.

REACH-asetuksen 59 artiklan perusteella voidaan määritellä osa aineista erityistä huolta aiheuttaviksi aineiksi (SVHC) 57 artiklan kriteerien mukaisesti. SVHC-aineet on listattu ns. kandidaattilistalle. Listausta SVHC-aineeksi tietää välittömiä velvoitteita aineen toimittajille sekä indikaation siitä, että aine voi tulla määritellyksi luvanvaraiseksi.

Lupamenettelyn tarkoituksena on varmistaa, että erityistä huolta aiheuttavat aineet korvataan asteittain vähemmän vaarallisilla aineilla tai tekniikoilla, jos teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisia soveltuvia vaihtoehtoja on saatavilla. Lupamenettelystä säädetään REACH-asetuksen osastossa VII. Lupa aineen käytölle voidaan myöntää joko sillä perusteella, että aineen käyttöön liittyvät riskit ovat riittävän hyvin hallinnassa, tai sillä perusteella, että aineen käytöstä saatavat sosioekonomiset hyödyt ylittävät käytöstä aiheutuvat riskit eikä soveltuvia vaihtoehtoja ei ole saatavilla. Lupa koskee aina tiettyä käyttöä ja on riippumaton aineen käyttömäärästä. Lupa tarvitaan myös aineen toimittamiseen luvanvaraiseen käyttöön. Valmistaja, maahantuojaja

tai jatkokäyttäjät voivat hakea lupaa yksin tai yhdessä. Jos ylempänä aineen toimitusketjussa on kyseessä olevalle käytölle lupa, jatkokäyttäjän ei tarvitse hakea omaa lupaa. Ehtona on, että jatkokäyttäjät noudattaa lupaehtoja ja ilmoittaa käytöstä ECHA:an. Lupahakemukset toimitetaan ECHA:lle ja sen kotisivuilta löytyy myös ohjeistusta lupahakemuksen valmistelemiseksi tarvittavine selvityksineen. Luvan myöntää komissio ja se myönnetään ehdollisena määräajaksi. Eräissä poikkeustapauksissa lupaa ei tarvita. Luvanhakuprosessin on arvioitu maksavan yli 200 000 euroa yhtä hakijaa ja käyttötarkoitusta varten. Luvanvaraiset aineet on listattu liitteeseen XIV.

SVHC-aineeksi listaamisen välittömiä velvoitteita aineen tai seoksen valmistajalle, maahantuojalle tai jakelijalle on 31(1c) artiklan mukaan käyttöturvallisuustiedotteen toimittaminen toimitusketjussa sekä tiedottaminen aineen turvallisesta käytöstä. Artiklan 33 mukaan esineisiin sisältyviin SVHC-aineisiin liittyy velvoite kertoa eteenpäin toimitusketjussa, sisältääkö esine SVHC-ainetta yli 0,1 painoprosenttia 45 päivän kuluessa. Tiedot on annettava pyynnöstä myös kuluttajalle. Artiklan 7 mukaan esineisiin sisältyviin SVHC-aineisiin liittyy myös velvoite ilmoittaa kemikaalivirastolle, sisältääkö esineet erityistä huolta aiheuttavaa ainetta määriä, jotka ylittävät yhden tonnin kokonaismäärän esineiden tuottajaa tai maahantuojaa kohti vuodessa, tai onko aineen pitoisuus esineissä enemmän kuin 0,1 painoprosenttia.¹¹

Jätedirektiivin muutoksessa asetetaan varsin epätyypillisesti vaatimuksia myös tuotepuolelle. Direktiivin 9(1i) artiklassa säädetään, että jäsenvaltioiden on toteutettava toimenpiteitä jätteen syntymisen ehkäisemiseksi, joilla edistetään vaarallisten aineiden pitoisuuksien vähentämistä materiaaleissa ja tuotteissa, sanotun rajoittamatta kyseisiä materiaaleja ja tuotteita koskevien unionin tasolla vahvistettujen yhdenmukaistettujen oikeudellisten vaatimusten soveltamista, ja varmistettava, että esineen toimittaja antaa tiedot SVHC-aineita sisältävistä esineistä Euroopan kemikaalivirastolle 5 päivästä tammikuuta 2021 alkaen. Samalla asetetaan Euroopan kemikaalivirastolle velvoite perustaa 5.1.2020 mennessä tietokanta, jossa näitä tietoja käsitellään. Tietokannan kautta on tarkoitus luoda jätteen käsittelijöille mahdollisuus päästä käsiksi tietoihin koskien esineiden sisältämiä vaarallisia aineita jätteenä hyödyntämistä varten.

Lisäksi REACH-asetuksessa on rajoituksia tiettyjen terveydelle tai ympäristölle vaarallisten aineiden käytölle sellaisenaan, seoksissa tai esineissä. Jos aineesta aiheutuu ihmisen terveydelle tai ympäristölle hallitsematon riski, voi Euroopan komissio kieltää

¹¹ Teollisessa toiminnassa esteitä tiedon kululle voivat aiheuttaa pitkät toimitusketjut, jotka vaikeuttavat materiaalitietojen saamista. Tietoa pitäisi kuitenkin osata vaatia. Joskus myös raaka-aineen toimittaja ilmoittaa tiedot epätarkasti tai esimerkiksi suomenkielisiä käyttöturvallisuustiedotteita joudutaan kääntämään itse, sillä toimittajalla ei ole tarjota niitä

aineen käytön tai rajoittaa aineen valmistusta, käyttöä tai myyntiä sellaisenaan, seoksessa tai esineessä EU:ssa. REACH-asetuksen ainekohtaiset rajoitukset ja kiellot löytyvät asetuksen liitteestä XVII ja ECHA:n sivuilta.

REACH-asetuksen mukaan jätemateriaalin hyödyntämistä pidetään aineen, seoksen tai esineen valmistuksena. Asetuksen artiklassa 2(7)(d) säädetään että, jos jätteen hyödyntämisprosessin seurauksena syntyvä aine (EoW-materiaali) on jo rekisteröity aiemmin, sitä ei tarvitse rekisteröidä uudelleen jos syntyvän aineen voidaan osoittaa olevan sama kuin aiemmin rekisteröity aine. Lisäksi ainetta hyödyntävällä laitoksella on oltava käytettävissään sitä koskevat käyttöturvallisuustiedot. Toiminnanharjoittajan on myös varmistettava, että olemassa olevat turvallisuustiedot ovat riittävät kattamaan hyödynnettävän aineen ennakoitua käyttöä. Hyödyntäjien on sovittava turvallisuustietojen käytöstä rekisteröintitietojen omistajien kanssa ja varmistettava, ettei käyttö loukkaa omistajan tekijänoikeuksia (ECHA 2010).

Jätteiden hyödyntämisprosessissa syntyvän aineen rekisteröintiä koskeva poikkeus on tarkoitettu helpottamaan EoW-materiaalien rekisteröintiprosessia. Useimmiten tuotteeksi muutettavat aineet tai seokset sisältävät pääasiallisesti tunnettuja, jo REACH-rekisteröityjä aineita, jolloin vapautusta rekisteröinnistä voidaan soveltaa. Selvittääkseen onko hyödynnettävä materiaali vapautettu rekisteröintivelvoitteesta, sen sisältämät epäpuhtaudet on tunnettava, jotta voidaan arvioida, onko kyseessä sama aine. Vaikka epäpuhtauksia ei tarvitsekaan erikseen rekisteröidä, ne on tunnistettava ja arvioitava tarvittavassa määrin aineen luokittelumiseksi ja merkitsemiseksi sellaisenaan tai seoksen osana. Jäteperäisen materiaalin koostumuksen riittävän tarkka määrittely voi olla hankalaa. Tällainen materiaali voidaan myös rekisteröidä ns. UVCB-aineena eli koostumukseltaan tuntemattomana tai vaihtelevana aineena. Tällaisen aineen tunnistuksessa oleellisia ovat aineen alkuperä ja tuotantoprosessi, joita käytetään sen täydentävinä tunnistetietoina. Useita jäteperäisiä UVCB-aineisiin kuuluvia tuhkia ja kuonia on jo rekisteröity.

Jätteiden hyödyntämisprosessissa syntyvän aineen hyödyntäjien on myös varmistettava, että hyödynnetyt aineet ovat REACH-asetuksessa olevassa liitteessä XVII säädettyjen rajoitusten ja osastossa VII säädettyjen lupavaatimusten mukaisia. Lisäksi aineeseen saattavat soveltua myös REACH-asetuksen 33 artiklaan perustuvat tiedottamisvelvollisuudet, jotka koskevat esineissä olevia aineita, ja 7 artiklan 2 kohdassa mainitut ilmoitusvelvollisuudet, jotka koskevat esineissä olevia, kandidaattilistalle sisältyviä aineita.

4.3.2 CLP-asetus

Aineiden ja seosten luokitusta, merkintää ja pakkaamista koskevaa EU:n ns. CLP-asetusta ((EY) N:o 1272/2008)¹² on pääsääntöisesti sovellettava myös materiaaleihin, joiden jätteeksi luokittelu on päättynyt. CLP-asetus edellyttää aineiden tai seosten valmistajia, maahantuojaia tai jatkokäyttäjiä luokittelemaan, merkitsemään ja pakkaamaan vaaralliset kemikaalit asianmukaisella tavalla ennen niiden markkinoille saattamista ihmisten terveyden ja ympäristön korkeatasoisen suojelun varmistamiseksi. CLP-asetuksen mukainen aineiden ja seosten luokittelu toimii lähtökohtana vaaroista tiedottamiselle. CLP-asetuksen vaaraluokat kattavat fysikaaliset vaarat, terveydelle aiheutuvat vaarat, ympäristövaarat ja muut vaarat. Vaaralliseksi luokiteltu aine on myös ilmoitettava komission ylläpitämään luokitusten ja merkintöjen luetteloon. CLP-asetus sisältää EU:n yhdenmukaistetut aineiden ja seosten luokituskriteerit. Tavoitteena on, että yritykset luokittelevat aineet ja seokset samojen periaatteiden mukaisesti. Yritysten pitää toimittaa ECHA:n C&L-luettelon tietokantaan luokitus- ja merkintätietoja aineista, joita yritykset tuovat EU-markkinoille. Tavoitteena on yhdenmukaistaa EU-markkinoilla olevien aineiden luokituksia ja merkintöjä, jotta samalla aineella olisi EU-markkinoilla vain yksi luokitus ja merkinnät. Yhdenmukaisen luokituksen ja merkintöjen avulla voidaan varmistaa suurinta huolta aiheuttavien vaarojen (karsinogeenisuus, mutageenisuus, lisääntymismyrkyllisyys (CMR) ja hengitysteitä herkistävät aineet) hallinta. Yhdenmukaistetut luokitukset on lueteltu CLP-asetuksen liitteessä VI. Silloin, kun toiminnanharjoittaja tekee CLP-asetuksen mukaisen luokituksen materiaalista, joka voidaan jättää rekisteröimättä REACH-asetuksen hyödynnettyjä aineita koskevan poikkeuksen nojalla, hän voi useissa tapauksissa käyttää hyväkseen aineen alkuperäisen rekisteröijän toimittamia luokitus- ja merkintätietoja. Toiminnanharjoittajan on kuitenkin varmistettava, että käytettävät tiedot ovat oikeita. Aineessa saattaa olla epäpuhtauksia, joita alkuperäisessä rekisteröidyssä aineessa ei ole. Nämä epäpuhtaudet voivat muuttaa aineen vaaraprofiilia ja siitä seuraavaa luokitusta (ECHA 2010).

4.3.3 POP-asetus

Pysyvien orgaanisten yhdisteiden markkinoille saattamisesta ja jätehuollosta on säädetty ns. POP-asetuksella ((EU) N:o 2019/1021)¹³. POP-yhdisteet (engl. Persistent Organic Pollutants) ovat myrkyllisiä, pysyviä, kertyviä ja kaukokulkeutuvia yhdisteitä, jotka rajoitetaan YK:n alaisella Tukholman yleissopimuksella. Asetus sisältää nykyisin

¹² Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1272/2008 aineiden ja seosten luokituksista, merkinnöistä ja pakkaamisesta sekä direktiivien 67/548/ETY ja 1999/45/EY muuttamisesta ja kumoamisesta ja asetuksen (EY) N:o 1907/2006 muuttamisesta (EUVL L 353, 31.12.2008, s. 1–1355).

¹³ Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) N:o 2019/1021 pysyvistä orgaanisista yhdisteistä (EUVL L 169, 25.6.2019, s. 45–77).

28 yhdistettä tai yhdisteryhmää. Niitä on aiemmin käytetty tai käytetään edelleen esimerkiksi torjunta-aineina, teollisuuskemikaaleina, palonsuoja-aineina tai tekstiilien pintakäsittelyaineina. POP-asetus kieltää sellaiset jätteiden loppukäsittely- ja hyödyntämistoimet, jotka voivat johtaa aineiden hyödyntämiseen, kierrätykseen, talteenottoon tai uudelleenkäyttöön – yksittäisiä poikkeuksia lukuun ottamatta. Tuotteiden uudelleenkäyttöä POP-asetus ei rajoita. POP-asetuksen soveltamisalaan kuuluvien aineiden sekä niitä sisältävien tuotteiden markkinoille saattaminen on pääsääntöisesti kielletty, ellei kyse ole tahattomasta vierasainejäämästä. EoW-materiaaleja koskevat samat pitoisuusrajat kuin muitakin tuotteita.

Kaikissa EU:n tasoisissa EoW-säädöksissä asetetaan yleisiä säännöksiä haitallisista aineista EoW-materiaaleissa. Käytännössä haitallisten aineiden määrää koskevien vaatimuksien toteutuminen EoW-tuotteen osalta on osoittautunut vaikeaksi arvioida niin toimijoille kuin vastuullisille viranomaisillekin. Tämä on johtanut siihen, että EoW-asetuksessa asetetut haitallisten aineiden raja-arvot eivät ole joissain tapauksissa täyttäneet EU:n tuotesääntelyn asettamia vaatimuksia. Esimerkiksi POP-aineiden pitoisuutta koskevat säännökset EoW-asetuksissa eivät ole vastanneet POP-asetuksen tuotteille asettamia vaatimuksia. Tuotteille, jotka sisältävät ns. uusia POP-aineita, on asetettu jätteiden POP-raja-arvoja tiukemmat raja-arvot, joita kaikki EU:n tasoisten EoW-säädösten mukana tuotteistetut aineet ja esineet eivät täytä. Kuitenkin kun kysymykseen tulevat materiaalit, jotka hyödyntämistoimen läpikäytyään lakkaavat olemasta jätettä ja tuodaan näin uudelleen markkinoille, on niihin sovellettava näitä tiukempia tuotteille asetettuja POP-raja-arvoja. Niiden materiaalien osalta, jotka pysyvät jätteenä, sovelletaan jätteille asetettuja POP-raja-arvoja.

KÄYTÄNNÖN LAINSÄÄDÄNNÖLLISIÄ RATKAISUJA POP-AINEIDEN RISKIENHALLINTAAN PURKAMISESTA PERÄISIN OLEVIEN JÄTTEIDEN HYÖDYNTÄMISESSÄ

Valtioneuvoston asetuksessa eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (843/2017) eli MARA-asetuksessa POP-aineiden riskejä hallitaan kahdella tavalla. Saumausmassoissa käytetyille PCB-yhdisteille on asetettu raja-arvo 1 mg/kg ja hyödynnettäväksi toimitettavien jäte-erien laatu on varmistettava asetuksen vaatimalla tavalla edustavista kokoomanäytteistä. Tässä tapauksessa hyödynnettävälle jättemateriaalille on siis annettu aineryhmäkohtainen raja-arvo, jolla kyseisten POP-aineiden suurimpia sallittuja pitoisuuksia rajoitetaan suoraan. Lisäksi hyödynnettäväksi toimitettavassa jätebetonimurskeessa saa olla kelluvia epäpuhtauksia enintään 10 cm³/kg. Kelluviin epäpuhtauksiin lukeutuvat mm. useat muovimateriaalit. Kelluville epäpuhtauksille annettu raja-arvo rajoittaa samalla myös styreenimuovipohjaisten eristeiden määrää jätebetonimurskeessa. Osassa tällaisia eristeitä on käytetty bromattuja palonestoaineita, kuten POP-aineeksi määriteltyä HBCD:tä. Tällä kelluville epäpuhtauksille annetulla raja-arvolla rajoitetaan eristemuovien mahdollisesti sisältämien bromattujen palonestoaineiden esiintymistä hyödynnettävässä jätteessä välillisesti. Asetus määrittää myös vähimmäisvaatimukset näytteenotolle, joka perustuu osanäytteiden ottoon jätevirtaa ajallisesti ja laadullisesti edustavien kokoomanäytteiden muodostamiseksi. Edustavat kokoomanäytteet tulee tutkia akkreditoituihin standardimenetelmiin tai muiden vastaavien menetelmiä käyttäen akkreditoituja laboratorioita.

Laadunvarmistukseen kohdistuvat vaatimukset ovat keskeisellä sijalla, kun halutaan varmistaa, että hyödynnettävät jätteet tosiasiallisesti täyttävät asetuksessa annetut vaatimukset. MARA-asetuksen uudistustyön yhteydessä laadunvarmistuksen tason parantaminen oli yksi keskeisimmistä tavoitteista. Tammikuussa 2018 voimaan astunut uudistettu MARA-asetus edellyttää kaikilta jätteiltä tuottavilta ja hyödyntämiseen luovuttavilta toiminnanharjoittajilta laadunvarmistusjärjestelmää, joka sisältää kuvaukset mm. näytteenottoon, henkilöstön vastuisiin ja pätevyyksiin, sekä toiminnan ja tulosten dokumentointiin liittyen. Samoin haitta-aineiden analysoinnissa käytettäville laboratorioille ja menetelmille on asetettu reunaehdot. Yhteenvedon voidaan todeta, että haitta-aineisiin liittyvien riskien hallinta muodostuu asetuksessa annettujen raja-arvojen sekä näytteenottoon, näytteiden analysointiin ja muuhun laadunhallintaan liittyvien vaatimusten yhteistuloksena. Riittävän tiukoilla laadunvarmistukseen kohdistuvilla vaatimuksilla voidaan vaikuttaa ympäristönsuojeluun liittyvien tavoitteiden saavuttamisen lisäksi keskeisesti siihen, että uusiomateriaalit ovat käyttäjien kannalta turvallinen, laadultaan tasainen ja siten houkutteleva vaihtoehto.

Mikäli jäte tai esikäsittelyn (mm. syntypaikkalajittelu ja keräys) tuottama jae sisältää POP-yhdisteitä yli säädetyn alemman pitoisuusrajan, on se loppukäsitteltävä tai hyödynnettävä siten, että jätteen tai jakeen yhdisteet hävitetään tai muunnetaan palauttamattomasti sellaiseen muotoon, jolla ei ole pysyvien orgaanisten yhdisteiden ominaisuuksia. POP-asetuksessa kielletään sellaiset hyödyntämis- ja loppukäsittelymenetelmät, jotka voivat johtaa POP-yhdisteiden hyödyntämiseen, kierrätykseen, talteenottoon ja uudelleenkäyttöön. (Ympäristöministeriö 2016a)

POP-asetuksessa on määritelty sallitut hyödyntämis- ja loppukäsittelymenetelmät alemman pitoisuusrajan ylittävälle jätteille seuraavasti:

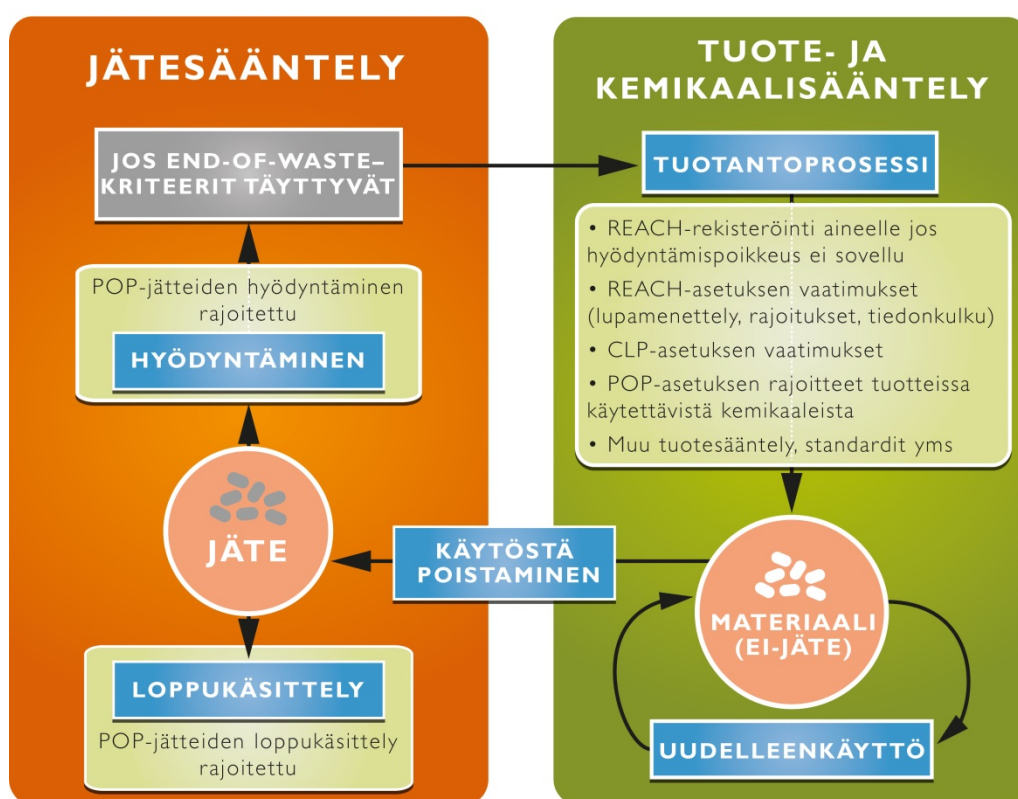
- fysikaalis-kemiallinen käsittely (loppukäsittelymenetelmä D9)
- poltto ilman energian talteenottoa (loppukäsittelymenetelmä D10)
- poltto hyödyntäen jäte energiana (hyödyntämismenetelmä R1)
- metallin talteenotto ja kierrätys (hyödyntämismenetelmä R4); sallittu vain tietyille metallipitoisille jätteille ja tietyillä menetelmillä

POP-yhdisteitä sisältäviä materiaaleja on käytetty rakennussektorilla vuosikymmeniä. Lyhytkeittaisia klooriparafiineja (SCCP) on käytetty erityisesti PVC:stä valmistettujen tuotteiden palonsuojaukseen ja pehmitteenä, muoveissa ja maaleissa. Polystyreenieristeiden (EPS ja XPS) palonsuoja-aineena on käytetty heksabromisyklododekaania (HBCD) 1980-luvulta vuoteen 2016. Myös polybromattuja difenyyliettereitä sisältävää muovia ja polyuretaanieristeitä voi olla käytetty rakennuksissa. Puunsuoja-aineina on aiempina vuosikymmeninä käytetty useita eri POP-yhdisteitä, joita sisältävää puutavaraa voi olla vielä käytössä.

4.3.4 Haasteet jäte- ja kemikaalisäätelyn rajapinnalla

Euroopan komissio tunnisti 2018 alkuvuodesta julkaisemassaan tiedonannossaan neljä pääongelmaa, jotka liittyvät siirtymiseen jättesäätelyn piiristä kemikaalisäätelyn piiriin. Ensiksi jätettä käsittelevillä toimijoilla ei usein ole tietoa materiaalin koostumuksesta johtuen jätteen vaihtelevasta alkuperästä, hankalasti määriteltävästä koostumuksesta ja jätteen mahdollisesta myöhemmästä saastumisesta haitallisilla aineilla. Näin ollen toimijoiden on vaikea määrittää oikeaa ja turvallista säätelykehikkoa materiaalien käytölle. Toinen ongelmakohta ovat aineet, joiden käyttöä on tuotteen valmistamisen jälkeen rajoitettu uusissa tuotteissa (niin kutsutut legacy-aineet). Kun tällaiset tuotteet poistetaan käytöstä, syntyy jätevirta, jonka hyödyntämisen ongelmaksi muodostuu kielletyn legacy-aineen pitoisuus. Näiden materiaalien suuresta määrästä johtuen ne olisi hyvä saada kiertoon. Kuitenkin legacy-aineet ovat omiaan aiheuttamaan haitallisia vaikutuksia ympäristölle ja terveydelle. Kolmanneksi EoW-säätely ei ole tiedonannon mukaan harmonisoitua ja jätteen käsitteen soveltamisala on vieläkin epäselvä. Viimeisenä tunnistettiin, että vaikka jättesäätelyn mukainen vaaraluokitus

perustuu suurelta osin kemikaalisääntelyn vaaralliseksi luokittelun perusteisiin, on jätesääntelyssä tehty eräitä muutoksia ja yksinkertaistuksia koskien joitakin raja-arvoja ja muita CLP-asetuksessa määriteltyjä vaaraluokituksen kriteerejä. Tästä syystä kemikaali- ja jätesääntelyssä olevat vaaraluokitukset eivät vastaa toisiaan: vaarallinen jätte ei välttämättä olisi tuotteena vaarallinen kemikaali eikä vaarallinen kemikaali välttämättä olisi käytöstä poistumisen jälkeen vaarallinen jätte (kuva 8). Myös kolmansista tulevat kemikaalit ja niiden hyödyntäminen koettiin ongelmalliseksi. Tiedonannon työasiakirjassa esitetyistä ratkaisuvaihtoista edellä mainittuihin ongelmiin on suoritettu julkinen kuuleminen, josta on julkaistu tiivistelmä (KOM (2018) 32 lopullinen).



Kuva 8. Jäteperäisten materiaalien kiertojen sääntely jäte-, tuote- ja kemikaalisääntelyn rajapinnoilla.

Komission tunnistamien ongelmakohtien lisäksi jätteiden kierrätyksessä ja hyödyntämisessä kemikaalit voivat aiheuttaa lukuisia muita ongelmia. EoW-linjausten jäädessä suurimmaksi osaksi kansalliselle tasolla ja tapauskohtaiseen päätöksen tekoon, harvojen jätevirtojen osalta on selviä sääntöjä siitä, miten jätevirtojen hyödyntämisessä tulisi käsitellä niiden mahdollista kemikaalisäilytystä. Kemikaalisääntelyssä säädetään tiettyyn rajaan asti tästä tilanteesta harmonisoidusti. Kuitenkin kemikaali- ja jätesääntelyn puutteita on omiaan korostamaan se, että jos haitallisia aineita ei tunnusteta jäte-

virrasta, ei niiden hallinnasta usein pystytä myöskään sääntelemään jätteeksi luokitellun päättymisen jälkeen. Tästä syystä haitallisten aineiden tunnistamisella jätevirroista on avainasema turvallisten kiertojen luomisessa ja varmistamisessa (KOM (2018) 32 lopullinen).

4.3.5 Kemikaaliturvallisuuslaki

Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta (390/2005) on kansallinen kemikaaliturvallisuuden yleislaki. Lain tarkoituksena on ehkäistä ja torjua vaarallisten kemikaalien sekä räjähteiden valmistuksesta, käytöstä, siirrosta, varastoinnista ja muusta käsittelystä aiheutuvia henkilö-, ympäristö- ja omaisuusvahinkoja sekä edistää yleistä turvallisuutta. Sillä on paljon kytkentöjä muuhun lainsäädäntöön, jolla edistetään kemikaaliturvallisuutta, kuten EU:n kemikaalilainsäädäntöön, työsuojelu-, ympäristönsuojelu- ja maankäyttö- ja rakennuslainsäädäntöön. Laki koskee niin yksityisiä henkilöitä kuin suuria tuotantolaitoksia toiminnanharjoittajina. Henkilövahingoilta suojellaan esimerkiksi tuotantolaitoksessa työskenteleviä että tuotantolaitoksen ulkopuolella toimivia ja asuvia ihmisiä.

4.4 Tuotesäätely

Suurimpaan osaan tuotteen ja sen elinkaaren ympäristövaikutuksista voidaan puuttua suunnitteluvaiheessa. Käytettävät rakennustuotteet määrittävät suurelta osin sen, millaista purkujätettä syntyy näiden rakennusten purkamisen yhteydessä. Myös jäteperäisten materiaalien tuotteistamisessa on noudatettava sitä mitä säädetään vastavien ei-jätteeksi luokiteltavien raaka-aineiden käyttämisestä. Tuotannon ja suunnittelun säätelyllä voidaan vaikuttaa siihen, miten pitkiä tuotteiden elinkaaret ovat, ovatko tuotteet korjattavissa tai hyödynnettävissä jätteinä sekä millaisia kemiallisia aineita tuotteissa voidaan hyödyntää.

4.4.1 Rakennustuoteasetus

Rakennustuotteiden markkinoille saattamisen ehdoista säädetään EU:n rakennustuoteasetuksella. Asetuksessa määritellään menettelyt, joilla toimijoiden on ilmoitettava rakennustuotteiden suoritusasteet sekä säädetään CE-merkinnän käytöstä rakennustuotteissa. Rakennustuoteasetuksessa säädetään vaatimuksia rakennustuotteille, erityisesti koskien rakenteen turvallisuutta (esimerkiksi paloturvallisuutta, lujuutta) sekä joitakin ympäristöasioita koskevia vaatimuksia. Rakennustuotteita koskevat myös REACH velvoitteet. Rakennustuoteasetus ei erottele tuotteita niiden alkuperän mukaan ja pyrkimyksenä onkin, ettei jäteperäisiä ja ei-jäteperäisiä tuotteita kohdeltaisi eri

tavoin tai ettei niille annettaisi toisistaan poikkeavia vaatimuksia. Asetusta sovelletaan myös jätteisiin.

Asetuksessa säädetyt laatuvaatimukset täyttävään materiaaliin voidaan kiinnittää CE-merkintä, jos tuote kuuluu harmonisoidun tuotestandardin soveltamisalaan. Harmonisoidun tuotestandardin piiriin kuuluvien tuotteiden ominaisuudet on ilmoitettava valmistajan laatimalla suoritustasoilmoituksella. Suoritustason pysyvyyden arvioinnista ja varmentamisesta vastaa valmistaja. Jos tuotteelle ei ole harmonisoitua tuotestandardia, CE-merkintä ei ole pakollinen. Tällaiselle tuotteelle valmistaja voi kuitenkin halutessaan hankkia CE-merkinnän ns. eurooppalaisella teknisellä arvioinnilla (ETA), jolloin tuotteelle on laadittava suoritustasoilmoitus. CE-merkitystä tuotteen sisältämistä aineista ja seoksista on annettava myös käyttöturvallisuustiedote REACH-asetuksen 31 artiklan vaatimusten mukaisesti, jos CE-merkitty tuote on kemikaali tai niiden seos.

Jos rakennustuotteelle ei ole määritelty EU-tason harmonisoitua tuotestandardia tai eurooppalaista teknistä arviointia, voidaan rakennustuote saattaa markkinoille vain, jos se täyttää kyseisen maan kansallisessa lainsäädännössä asetetut vaatimukset. Markkinoille saattajan velvollisuus on selvittää kunkin maan kansalliset vaatimukset ennen tuotteen markkinoille saattamista. Suomessa menettelyt, joiden avulla toiminnanharjoittaja voi osoittaa, että CE-merkinnän soveltamisalaan kuulumaton rakennustuote täyttää maankäyttö- ja rakennuslain mukaiset vaatimukset, on määritelty laissa eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä (954/2012) ja ympäristöministeriön asetuksessa eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä (555/2013).

4.4.2 Tuotteiden ekosuunnittelu

Tuotteiden ekosuunnittelusta¹⁴ säädetään EU:n tasolla ekosuunnitteludirektiivissä ja kansallisesti ekosuunnittelulaissa (1005/2008, muuttunut 1009/2010 ja 1175/2018). Ekosuunnittelusäätelyn vaatimuksilla parannetaan erilaisten energiaa käyttävien ja energiaan liittyvien tuotteiden energiatehokkuutta ja pyritään vähentämään tuotteiden muita ympäristövaikutuksia integroimalla ympäristönäkökohdat ja elinkaariajattelu tuotesuunnitteluvaiheeseen. Ekosuunnittelusäätely toimii pääpiirteittäin niin, että ekosuunnitteludirektiivissä säädetään säätelyn perussisältö, jota täydennetään myöhemmin tuoteryhmäkohtaisilla teknisillä asetuksilla. Asetuksissa säädetään tietynlaisille tuotteille tarkat vähimmäisvaatimukset, joita kohteena olevien tuotteiden on vastattava: Jos tuote ei täytä sen tuoteryhmälle asetettuja vaatimuksia, sitä ei saa tuoda markkinoille tai ottaa käyttöön Euroopan unionin alueella. Suorituskyvyltään heikoim-

¹⁴ Teksti perustuu osin julkaisuun Seppälä ym. 2016.

mat tuotteet poistuvat vähitellen markkinoilta. Tuotesääntelyssä on siten ympäristösuojelun ohella suoraan kyse myös yritysten kilpailueduista ja -haitoista. Tuotteiden vapaan liikkuvuuden turvaamiseksi ei kansallisesti saada asettaa näille tuoteryhmille vaatimuksia, jotka asettaisivat tuoteryhmäkohtaisia ekosuunnitteluasetuksia tiukempia vaatimuksia.

Komission kiertotalouspaketista käydyssä julkisessa keskustelussa ekosuunnitteludirektiiviin on vaadittu mm. tuotteiden kestävyuden, korjattavuuden ja kierrätettävyyden minimivaatimusten asettamista sekä direktiivin sovellusalan laajennusta energiankäytöstä tuotteiden muihinkin ympäristökuormitusta aiheuttaviin ominaisuuksiin. Jo nykyinen direktiivi mahdollistaa periaatteessa vaatimusten asettamisen erityyppisille ympäristövaikutuksille tuotteen elinkaaren aikana ja edellyttää näiden tarkastelua vaatimuksia valmisteltaessa, mutta toistaiseksi vaatimuksia on asetettu enimmäkseen käytön-aikaiselle energian kulutukselle. Työohjelmansa mukaisesti komissio on kesällä 2019 hyväksynyt useita asetuksia, joilla pyritään kiertotalousnäkökulmien integrointiin osaksi mm. elektronisia näyttöjä, kylmäsäilytyslaitteita, kotitalouksien astianpesukoneita ja pyykinpesukoneita koskevia vaatimuksia. Vaatimuksia on asetettu esimerkiksi varaosien saatavuudelle, laitteiden korjattavuudelle ja huoltamiseen tarvittavien tietojen saattamiseen ammattikorjaajien saataville.

Toistaiseksi ekosuunnitteludirektiivin laajamittaisempi kiertotalouskäyttö on kuitenkin suunnitteluvaiheessa. Lisäksi on otettava huomioon, että täytäntöönpanotoimenpiteiden valmistelun aloitteesta valmiiseen täytäntöönpanotoimenpiteeseen kestää nykyisin keskimäärin 5 vuotta, minkä jälkeen seuraa tapauskohtainen voimaantuloon varattu siirtymäaika (Dalhammar 2014, Dalhammar ym. 2014). Toisin sanoen nyt valmiilla olevat täytäntöönpanotoimenpiteet vaikuttavat käytettäviin tuotteisiin aikaisintaan 2030-luvun lähestyessä. Korjaustietoja koskevien vaatimusten voidaan uskoa vauhdittavan kiertotaloutta, kun markkinoille lasketut tuotteet aikanaan tulevat korjaus- ja uudistamistoiminnan piiriin, mikä rakennustuotteiden kohdalla voi viedä vuosikymmeniä.

4.4.3 RoHS – sääntely

RoHS direktiivillä (2011/65/EU)¹⁵ ja laissa vaarallisten aineiden käytön rajoittamisesta sähkö- ja elektroniikkalaitteissa (387/2013) rajoitetaan tiettyjen metallien, muovien pehmitteiden (22.7.2019 alkaen) ja palonestoaineiden käyttöä sähkö- ja elektroniikkalaitteissa. Direktiivin 4 artiklassa säädetään, että ennen tuoteryhmäkohtaisten kemikaalirajoitusten voimaantuloa markkinoille saatetut laitteet voidaan korjata varaosilla,

¹⁵ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2011/65/EU, annettu 8 päivänä kesäkuuta 2011, tiettyjen vaarallisten aineiden käytön rajoittamisesta sähkö- ja elektroniikkalaitteissa (EYVL L 174, 1.7.2011, s. 88–110).

jotka eivät täytä lainsäädännön vaatimuksia. Direktiivissä pyritään saavuttamaan kokonaisarviointina ympäristöllisesti parempi lopputulos pidentämällä tuotteiden elinkaarta mahdollistamalla tuotteiden korjauksen niin sanottuja legacy-aineita sisältäviä osia käyttäen. Järjestelmä perustuu RoHS -direktiivin siirtymään ja tuotelajikohtaisen määräajan jälkeen valmistetuissa tuotteissa eikä niiden korvaamisessa saada enää hyödyntää legacy-aineita. Legacy-aineita sisältävien tuotteiden poistuessa aste asteelta lopulta käytöstä, myös varaosien tarve vähenee. Legacy-aineita sisältävien osien käyttäminen niitä jo sisältävien tuotteiden korjaamisessa ei välttämättä lisää tuotteen käyttöön liittyviä riskejä, varsinkin jos sähkölaitteesta huolehditaan jäteväi-
heessä jätelainsäädännön ja tuottajavastuun edellyttämällä tavalla (SWD (2018) 20 final).

4.4.4 Joutsenmerkki

Tuotteiden kemikaalisäilytykseen voidaan vaikuttaa myös erilaisten ekomerkkien kautta. Suomessa näistä kenties tunnetuin on Joutsenmerkki. Joutsenmerkki on tyy-
pin I ympäristömerkki eli perustuu vapaaehtoisuuteen, elinkaariarviointiin, monikriteerisyyteen ja on kolmannen osapuolen ylläpitämä järjestelmä. Joutsenmerkin voi saada rakennukselle sen energialuokasta ja sen rakentamisessa käytetyistä rakennusmateriaaleista riippuen. Myös rakennuksessa käytettyjä kemikaaleja valvotaan. Joutsenmerkin yhteydessä asetetaan merkin saamisen ehdoiksi raja-arvoja tuotteiden ja rakennusten sisältämistä haitallisista aineista. Koska ne näin ollen sisältävät pääasiassa vähemmän haitallisia aineita kuin merkittömät tuotteet, eivät ne jätteenä päätyessään aiheuta samanlaisia haitallisten aineiden riskinhallintaan liittyviä ongelmia ja soveltuvat näin ollen paremmin hyödyntämistöimiin. Joutsenmerkkiä rakennukselle voi hakea joko sen tilaaja tai rakentaja. Luvanhakija varmistaa, että sekä talon että siinä käytettävien materiaalien kriteerit otetaan huomioon koko rakennushankkeen ajan. Joutsenmerkityissä rakennuksissa voidaan käyttää joko ympäristömerkittyjä rakennusmateriaaleja ja tuotteita (Joutsenmerkittyjä tai EU-ympäristömerkittyjä) tai niin sanottuja tarkastettuja materiaaleja ja tuotteita, jolloin ne ovat täyttävät Joutsenmerkin talokriteereissä asetetut vaatimukset (hyväksytty tuote). Joutsenmerkillä on sekä rakentajille että rakennusmateriaalien toimittajille tarkoitettu tietokanta, jossa listataan sekä ympäristömerkityt että tarkastetut rakennustuotteet ja -materiaalit. Joutsenmerkin ja muidenkin tyyppin I mukaisten ympäristömerkkien kautta on mahdollista tuottaa tietoa näin ollen rakennusten ja rakennusmateriaalien haitallisista aineista rakentajille, kuluttajille, materiaalitoimittajille tai esimerkiksi julkisista hankinnoista päätöksen tekeville tahoille.

4.4.5 Korvaavien tuotteiden politiikka

Haitalliseksi todettuja aineita korvaamaan voidaan pidemmällä aikavälillä kehittää uusia aineita tai suunnitella ja valmistaa tuotteita vaihtoehtoisista materiaaleista, siis ilman haitalliseksi todettuja aineita. Tämän muutoksen vauhdittamisessa tarvitaan paitsi muualla tässä luvussa kuvattua ympäristöpoliittista ohjausta, myös innovaatiopolitiikan kaltaista uutta tutkimusta ja tuotekehitystä edistäviä julkisen ohjauksen välineitä. Jotta innovaatiopolitiikalla ja sitä konkretisoivilla toimilla (esimerkiksi Business Finlandin tarjoamalla tuella ja rahoituksella) kehitettävien tuotteiden tuotekehityksessä otettaisiin heti alusta alkaen huomioon haitallisten aineiden käyttö ja suhde kiertotalouteen, tulisi näihin seikkoihin kiinnittää systemaattista huomiota rahoitushakemuksia käsiteltäessä ja rahoitusta myönnettäessä. Osana Rinteen hallituksen ohjelman (Valtioneuvosto 2019, 169) tavoitetta ”Innovaatio- ja tutkimuspolitiikan hallinnonrajat ylittävää koordinaatiota ja johtamista on vahvistettava läpi valtionhallinnon” voisikin olla kestävän ja turvallisen kiertotalouden tavoitteiden edistäminen yhdessä kansainvälisen osaamisen ja innovaatioiden edellytysten edistämisen kanssa. Korvaavien aineiden ja ratkaisujen kehittämisessä tulisi tuoteturvallisuuteen ja kestävyysliittävään pohdintaan ottaa mukaan heti tuotekehityksen alusta lähtien (yksi lähestymistapa tähän on niin sanottu Safety by design).

Yhdeksi innovaatioiden syntyä edistäväksi tekijäksi on tutkimuksessa todettu myös vakaan ja ennakoitavan sääntely-ympäristön tuoma tuki innovaatioille, investoinneille ja markkinoiden luomiselle (Ambec ym., 2013; Coen & Grant, 2006). Esimerkiksi REACH-asetuksella on pyritty paitsi turvaamaan käytettävien kemikaalien turvallisuus, myös luomaan edellytykset tuotteiden markkinoille laskemiselle EU:n alueella. Ole-massa olevan sääntelyn ja siihen kytkeytyvien tiedontuotannon tapojen soveltuvuutta esimerkiksi uusien materiaalien hallintaan on kuitenkin perusteltua tarkastella ajoittain kriittisesti: erityisesti nopeasti kehittyvillä teknologian aloilla voi syntyä tilanteita, joissa tuotettava tieto ei välttämättä vastaa oleellisiin turvallisuutta koskeviin kysymyksiin (Stokes 2012; Kautto & Valve 2019; Hinchliffe & Ward 2014).

4.5 Muut ohjauskeinot

4.5.1 Julkiset hankinnat

Julkisten hankintojen merkitystä kiertotalouden edistämässä on korostettu nimenomaan uusiin ja edistyksellisiin ratkaisuihin panostamisen mahdollisena välineenä. Valtion, kuntien ja kuntayhtymien sekä valtion liikelaitosten ja muiden hankintalainsäädännössä määriteltyjen hankintayksikköjen tavara-, palvelu- ja rakennusurakkahan-

kintoja pidetään kiertotalousmarkkinoiden avaintekijänä. EU sääntelee julkisia hankintoja vuonna 2016 voimaan tulleella hankintadirektiivillä (2014/24/EU)¹⁶. Vaikka hankinnan hinta on usein merkittävä tekijä, voidaan vertailussa käyttää myös ympäristönäkökohtia. Esimerkiksi ympäristöä ja haitallisia aineita koskevat vaatimukset voivat olla ehdottomia tai niistä voidaan antaa lisäpisteitä tai haitallisten aineiden määrää voidaan vähentää asettamalla vaatimuksia standardeille, sertifikaateille tai ympäristömerkeille.

Jätteiden hyödyntämistä estävien kemikaalien huomioiminen julkisissa hankinnoissa edistää myös hiilineutraaliuden tavoitteita. Haitallisten aineiden vähentäminen ja välttäminen voi olla osa julkisia hankintoja tekevän tahon strategiaa. Kemikaalitiedon ja tietoisuuden lisääminen eri tasoilla, haitallisten aineiden vähentämisen tavoitteiden ottaminen mukaan strategioihin, poliittisen tuen tarjoaminen hankintoja tekeville ja pitkäkantoisten etujen tavoittelu kestävän kehityksen mukaisilla hankinnoilla ovat esimerkkejä, joiden avulla julkisissa hankinnoissa voidaan ottaa huomioon POP- ja SVHC-aineet.

Ympäristöministeriö on valmistelut ohjeistuksen julkisten purkutöiden hankintakriteereistä, jossa korostetaan kiertotalouden tavoitteet. Ohjeistus lähetetään lausunnolle vielä vuonna 2019. Kunnille on tehty opas haitallisten aineiden vähentämiseksi julkisissa hankinnoissa (Kontturi ym. 2018).

4.5.2 Rakennusmateriaalien tietopankki ja rakennusten tuoteseloste

Ympäristöministeriö ylläpitää vanhojen rakennusmateriaalien tietopankkia. Palveluun on koottu tietoa vanhojen rakennusmateriaalien ja -osien ominaisuuksista, käytöstä, hyödyntämisestä ja haitallisuudesta. Sivusto on suunnattu kaikille korjaajille ja vanhojen talojen käyttäjille. Tietokannasta voidaan esimerkiksi katsoa minkä ajan rakennuskannassa erilaiset haitalliset aineet ovat olleet tavallisia, mitä ominaisuuksia materiaalilla on, mihin sitä on käytetty, minkälaisia haitallisia vaikutuksia se aiheuttaa purkaessa tai paikalleen jätettäessä ja millä tavalla sen jätehuolto tulisi suorittaa asianmukaisesti. Hyödynnettävien materiaalien osalta tietopankista löytyy myös tietoja materiaalin hyödyntämisestä ja uudelleenkäytöstä. Tuloksia voi hakea palvelusta joko materiaalin, tuotenimen, käyttöaikakauden ja käyttökohteen mukaan. Tietopankki lisää tietopohjaa rakennusmateriaaleista ja purkujätteistä sekä niiden asianmukaisesta käsit-

¹⁶ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/24/EU, annettu 26 päivänä helmikuuta 2014, julkisista hankinnoista ja direktiivin 2004/18/EY kumoamisesta (EUVL L 94, 28.3.2014, s. 65–242).

telystä ja riskeistä. Tieto terveysvaikutuksista ja hyödyntämismahdollisuuksista päivittyy jatkuvasti ja on vaikea pysyä selvillä suositeltavista käsittelytoimista normaalisti. Sen avulla ehkäistään turhaa purkamista ja edistetään jätteen hyödyntämistä käyttäjien terveyttä vaarantamatta. Tietopankki pyrkii auttamaan etenkin ei-ammattilaisia tunnistamaan vanhoja materiaaleja sekä antamaan tietoa niiden ominaisuuksista, haitallisuudesta ja kierrätettävyydestä. Ammattimaisilla toimijoilla on jo ennestään hyvä tietopohja rakennus- ja purkujätteen erilaisista ominaisuuksista, uudelleenkäyttö- ja hyödyntämismahdollisuuksista sekä riskinhallinnasta.

Ympäristöministeriössä on tunnistettu tarve saada ja jakaa tietoa rakennusten materiaaleista nykyistä laajemmin ja yksityiskohtaisemmin. Ympäristöministeriö on alkusyksystä 2018 käynnistänyt tiedonkeruuhankkeen selvittääkseen mahdollisuutta saada yleiseen tietoon laajemmin ja yksityiskohtaisemmin tietoa koskien rakennuksissa käytettyjen eri materiaalien lukumääriä ja kokonaispitoisuuksia. Puhutaan eräänlaisesta rakennusten tuoteselosteesta, jonka tavoitteena olisi lisätä tietoa yksittäisten rakennusten sisältämistä materiaaleista ja niiden määristä. Rakennusten tuoteselosteella voitaisiin vaikuttaa suoraan rakennus-, korjaus- ja purkutoimijoiden mahdollisuuksiin tehokkaasti hyödyntää materiaaleja ja käsitellä erikseen mahdollisesti haitallisia aineita tyypillisesti sisältävät rakennusten osat.

5 Jätteet ja niiden käsittely haitta-aineet huomioiden

5.1 Rakennusjätteet ja POP-yhdisteet

5.1.1 Kansainväliset hankkeet

Suomalaiset tutkimuspartnerit ovat olleet mukana useissa kansainvälisissä hankkeissa:

Purkukartoitusten tilannetta Euroopassa on selvitetty Komission rahoittamassa hankkeessa (Arevalillo ym. 2017), jossa tarkastelun kohteeksi valittiin 13 maata. Hankkeen tavoitteena oli selvittää purkukartoitusten lainsäädännölliset vaatimukset eri maissa sekä purkukartoitusten kattavuus, kuten haitta-ainekartoitusten laajuus sekä selvitykset purku- tai korjaustoiminnassa muodostuvien jätteiden hyötykäyttöpotentiaalista. Tärkeä osa hanketta oli myös selvittää purkukartoittajien pätevyysvaatimukset eri maissa. Tarkastelluissa maissa haitta-ainekartoituksen pääpaino oli lähes poikkeuksetta asbestikartoituksessa. Komission rahoittaman selvityksen lopputuloksena oli malli purkukartoituksen sisällöksi, joka sisälsi lähinnä purkukartoitukseen kuuluvat elementit sekä laatuvaatimukset.

Jatkona Komission selvitykselle Pohjoismaiden ministeriöneuvosto käynnisti selvityksen (Wahlström ym. 2019), jossa käytiin läpi Pohjoismaissa annettuja ohjeistuksia ja käytäntöjä purkumateriaalikartoitukselle. Kaikissa maissa oli lainsäädännöllisiä vaatimuksia purkukartoituksille, mutta annettujen ohjeistusten fokuksessa oli eroja. Esimerkiksi Tanskassa painotetaan purkukartoituksessa erityisesti purkutyöntekijöiden altistumisen hallintaa (pääpainona asbesti, lyijy ja PCB). Norjassa taas on jo useiden vuosien ajan kartoitettu muutamien POP-aineiden esiintymistä rakennuksissa tavoitteena haitta-aineita sisältävien materiaalien tunnistus ja poisto ennen purkua. Sekä Tanskassa että Norjassa on annettu ohjeistusta näytteenottoon. Ruotsissa purkukartoituksen pääpaino on paitsi haitta-aineselvityksissä, myös työmaiden jätehuoltojärjestelyissä (eri materiaalien merkitseminen, keräily). Sekä Ruotsissa että Suomessa on olemassa haitta-ainekartoittajien henkilösertifiointijärjestelmä, joka tosin kattaa lähinnä asbestikartoitukset. Selvityksen projektiryhmä antoi seuraavia suosituksia purkukartoituksille:

- harmonisoidun protokollan kehittäminen sekä haitta-ainekartoituksia että materiaalien hyötykäyttöpotentiaaliselvityksiä varten

- yhteisen pohjoismaisen sertifiointijärjestelmän luominen purkukartoittajille sekä yhteisten koulutusmateriaalin kehittäminen (monet purkufirmat toimivat useissa Pohjoismaissa)
- rakennustuotteiden ja materiaalien jäljitettävyyssysteemin kehitys kattaen koko prosessiketjun alkaen purkukartoituksesta ja päättyen tuotteiden tai materiaalien kierrätykseen (dokumentointi, merkintä, mahdollinen tuotepassi jne.)

Erityisesti Hollannissa on julkaistu useita selvityksiä haitta-aineista (mm. POP-aineet eri materiaalivirroissa, Wassenaar 2017, Wood Environment & Infrastructure Solutions UK Limited 2019). Erilaisten vaarallisten aineiden (esim. SVHC) esiintymistä esimerkiksi lisäaineina eri tuoteryhmissä (erityisesti muovituotteissa) on käyty läpi. Lisäksi on arvioitu aineiden korvausmahdollisuuksia vaarattomilla aineilla, lainsäädännöllisiä ja taloudellisia haasteita sekä tutkimustarpeita (Wood Environment & Infrastructure Solutions UK Limited 2019). Tavoitteena on luoda menettely vaarallisten aineiden priorisoinnille ja tiekartta turvallisten tuotteiden kehittämiseksi

EU-PROGRESS-hankkeessa on pohdittu palonestoaineilla pinnoitetun metallipalkin tuote-jäte-statusta uudelleenkäytössä. Hankkeen projektiryhmän tulokannan mukaan pinnoitettu metallipalkki voidaan käyttää toisessa rakenteessa tuotteena edellyttäen, että metallipalkki täyttää käytölle asetut tekniset vaatimukset, palkin pinnoite on käytölle sovelias ja palkki voidaan uudelleen sellaisenaan ilman muita toimenpiteitä kuin puhdistaminen ja pituuden säätö (lyhentäminen). Perusteena tulkintaan on palkin vertailu vaatekappaleeseen, jossa käyttötarkoitus säilyy samana pesun ja pienten korjaustoimenpiteiden (lyhennys, irronneen napin ompelu) jälkeen. Palonestoainepitoisuuden arvioimisessa huomioidaan koko palkin paino, koska maalikerros on kiinteä osa palkkia (tässä on sovellettu ECHA:n suositusta SVHC-aineita sisältävien aineiden pitoisuuksien arvioimeksi, esimerkkinä maalattu metalliklipsi).

Vaarallisten kemikaalien hallintaa teollisuuslaitoksissa keskitytään Interreg Baltic Sea Region rahoitteen Hazardous industrial chemicals in the IED BREFs (HAZBREF)-hankkeessa. Tavoitteena on parantaa EU:n teollisten päästöjen direktiivin (IED, 2010/75/EU)¹⁷ alla julkaistut BAT-vertailuasiakirjat (BREF) ohjaavat teollisuuden ympäristöluvitusta ja valvontaa, mutta BREF-asiakirjoihin ei ole sisällytetty vaarallisten kemikaalien hallintaa kattavasti ja tähän halutaan projektissa vaikuttaa. Hanke keskityy kolmeen case-sektoriin: tekstiiliteollisuus, pintakäsittely ja kemianteollisuus (lähinnä polymeerien valmistus ja epäorgaaninen valmistus, lannoitteet). HAZBREF selvittää vaarallisten aineiden käyttöä eri teollisuuden aloilla ja niiden päästöjen vähentä-

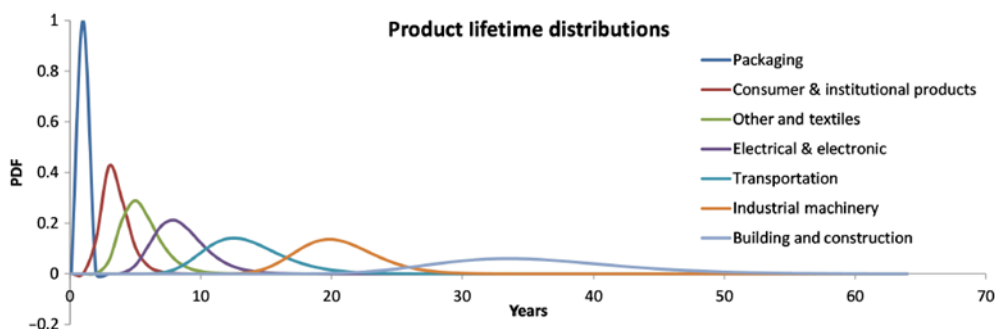
¹⁷ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/75/EU, annettu 24 päivänä marraskuuta 2010, teollisuuden päästöistä (yhtenäistetty ympäristön pilaantumisen ehkäiseminen ja vähentäminen)(EUVL L 334, 17.12.2010, s. 17–119).

mistoimenpiteitä hyödyntäen olemassa olevaa tietoa kuten esim. Euroopan kemikaaliviraston tietokantoja. Tavoitteena on myös yleisesti parantaa vaarallisten aineiden käytön sääntelyn välistä tiedonvaihtoa, jotta olemassa olevaa tietoa voidaan hyödyntää systemaattisemmin ja laajemmin sekä yhteistyö eri toimijoiden kanssa paranee. Hanke tähtää myös selvittämään miten BREF-asiakirjoissa voidaan edistää kiertotaloutta poistamalla vaarallisista aineista aiheutuvia ongelmia jätteiden kierrätykseen. Projektin partnerimaita ovat Suomi, Ruotsi, Saksa, Puola ja Viro. Projektin nettisivut löytyvät osoitteesta <https://www.syke.fi/projects/hazbref>.

5.1.2 Rakennustuotteiden erikoispiirteet

Rakennustuoteasetus määrittelee rakennustuotteille asettavat niin kutsutut perusvaatimukset (7 kpl), joista kolmas perusvaatimus liittyy hygieniaan, terveyteen ja ympäristöön. Ympäristöominaisuuksien osalta tarkastelukohteena ovat lähinnä EU:ssa säänneltyjen aineiden päästöt sisäilmaan ja maaperään. Koska päästöt riippuvat rakennuskohteesta (käyttötarkoituksesta), rakennustuotteen testaustarve liittyy päästöihin sisäilmaan ja maaperään on sidottu sen käyttötapaan. Lisäksi rakennustuoteasetuksen mukaan tuotteen suoritusasoilmoituksessa on esitettävä tuotteessa esiintyvät vaaralliset aineet. Rakennustuotteita koskevat myös kemikaalilainsäädännön velvoitteet.

Rakennustuotteiden käyttöaika on usein kymmeniä vuosia, joidenkin tuotteiden jopa yli 100 vuotta (kuva 9). Tästä syystä rakennustuotteet saattavat sisältää vaarallisia aineita, joiden käyttö oli valmistusajankohtana sallittua, mutta joiden käyttöä on nyky-lainsäädännössä rajoitettu tai jopa kielletty. Esimerkiksi PCB-yhdisteitä käytettiin lisäaineina useissa rakennustuotteissa (mm. betoni, maalit, saumausmassat). Norjassa ja Tanskassa PCB-yhdisteitä käytettiin vielä 1970-luvulla betonin lisäaineena, mutta tietävästi ei Suomessa. Sen takia esimerkiksi kaikista vuosina 1950–1977 valmistetuista betonirakenteista on Tanskassa tutkittava PCB-pitoisuutta.



Kuva 9. Eri tuotteiden käyttöaikoja. (Geyer ym. 2017)

Jätteiden hyödyntämis- ja kierrätyskelpoisuuden arvioimiseksi tarvitaan tietoja jätteiden koostumuksesta sekä eri materiaalien kokoonpanosta. Haasteena on luotettavien raaka-ainetietojen saanti jälkepäin. Tuotekehityksen seurauksena rakennustuotteet koostuvat useista materiaaleista. Usein rakennustuotteet valmistetaan elementteinä tehtailla ja ne voivat jopa sisältää ns. ”älyä” (antureita). Kaikki materiaali-kerrokset eivät ole näkyvissä ilman, että tuotetta rikotaan. Esimerkiksi seinäelementeissä on useita materiaali-kerroksia, kuten mahdollisesti palonsuoja-aineita sisältäviä eristemateriaaleja. Rakennustuotteet voivat myös koostua eri materiaaleista, joita on liitetty yhteen vaarallisia aineita sisältävillä sideaineilla. Muovituotteissa saattaa olla useita erityyppisiä lisäaineita, jotka estävät sen hyödyntämisen materiaalina (kappale 6.2). Pehmeiden PVC-tuotteiden valmistus jäteperäisistä materiaaleista on haasteellista johtuen SVHC-aineksi luokitelluista DEHP-pehmittimistä (ECHA:n päätöksen mukaan DEHP-pehmittimiä sisältävän raaka-aineen käyttö edellyttää lupaa ja altistumisen jatkuvaa monitorointia).

Rakennusjätteiden hyödyntämisessä tulisi kiinnittää huomiota rakennustuotteiden materiaalien lisäksi myös käyttökohteessa mahdollisesti esiintyvistä päästöistä (esimerkiksi kemikaalivuodot lattialle, savukaasuista likaantuneet hormit/piiput). Rakennuskohteen käyttöolosuhteet (lämpötilavaihtelut, kosteus) saattavat lisäksi aiheuttaa materiaalin laadun huononemista ja sen takia heikentää rakennustuotteen kierrätyskelpoisuutta. Tällaiset näkökohdat on huomioitava purkumateriaalikartoituksessa.

YM:n muoviselvityksessä (Häkkinen ym. 2019) tarkasteltiin muutamien rakennusten muovimateriaaleja ja niiden hyödyntämispotentiaalia. Selvityksessä todetaan, että muovijätteet ovat hankalasti hyödynnettävissä, koska materiaaleja ei ole kehitetty hyödynnettäviksi elinkaaren loppupäässä. Merkittävä osa rakennuksen muoveista on hartseissa ja sideaineissa, joten muovien hyödyntäminen jätteenä on vaikeaa. (Muoveista lisää tietoa kappaleessa 6)

5.1.3 Haitta-ainekartoitus ja -tutkimukset

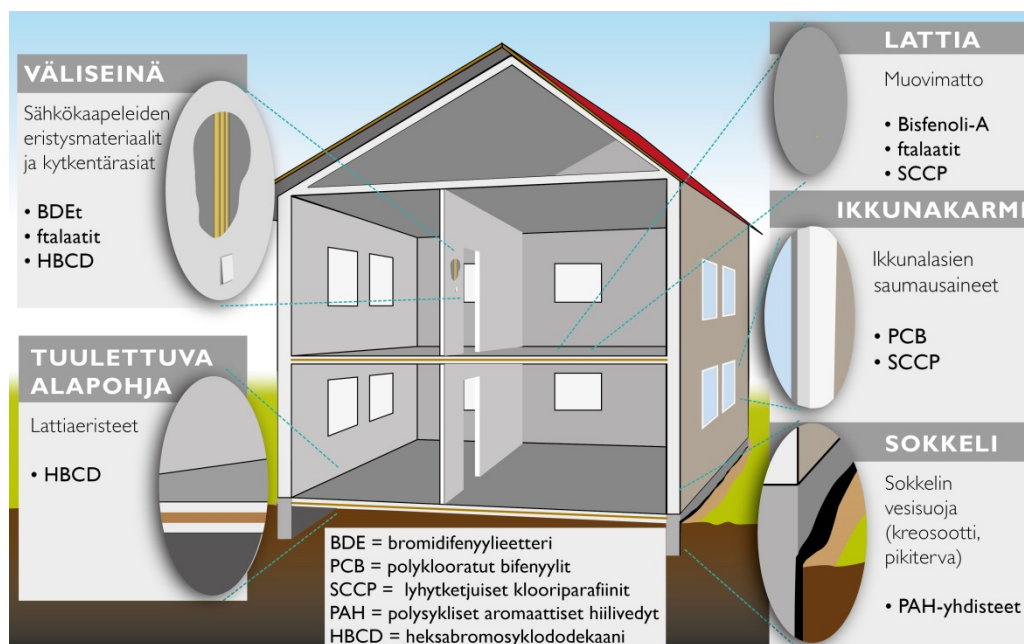
Suomessa on valmisteltu purkukartoitusopasta, joka on ollut lausuntokierroksella keväällä 2019. Oppaan tavoitteena on edistää purkujätteiden turvallista hyödyntämistä. Purkukartoitus tehdään ennen rakenteen purkua ja se sisältää haitta-ainekartoituksen ja -tutkimukset sekä purkumateriaaliselvityksen.

Haitta-ainekartoituksessa suositellaan arvioimaan ainakin seuraavien vaarallisten aineiden esiintyminen purettavassa tai saneerattavassa kohteessa: asbesti, PCB, PAH & kreosootti, hiilivedyt, öljyt, haitalliset metallit, bromatut palonestoaineet ja ftalaatit. Arviointi tapahtuu materiaali-inventaarion perusteella ja tarpeen mukaan otetaan myös analyysyjä.

Purkukartoituksen suorittajan pätevyys on keskeinen asia purkukartoituksessa. Haitta-ainekartoituksen ja -tutkimuksen suorittavalla konsultilla tulee olla riittävä osaaminen asbesti- ja haitta-ainekartoitusten tekemiseen (esimerkiksi AHA-henkilösertifikaatti tai vastaava). Haitta-ainekartoitusten ja -tutkimusten teko vaatii erikoisosaamista, koulutautumista tai vähintään laajaa kokemusta ja syvällistä perehtymistä aiheeseen liittyviin ohjeisiin ja säädöksiin. Haitta-ainekartoituksessa on aina käytettävä ulkopuolista asiantuntijaa.

Purkukartoitusta ei tällä hetkellä vaadita lainsäädännössä muuten kuin asbestikartoituksen osalta. Purkukartoittajan pätevyydestä ei ole lainsäädännössä esitetty vaatimuksia, ainoastaan asbestityöntekijän pätevyydestä on säädetty laissa.

5.1.4 Esimerkkejä vaarallisia aineita sisältävistä materiaaleista



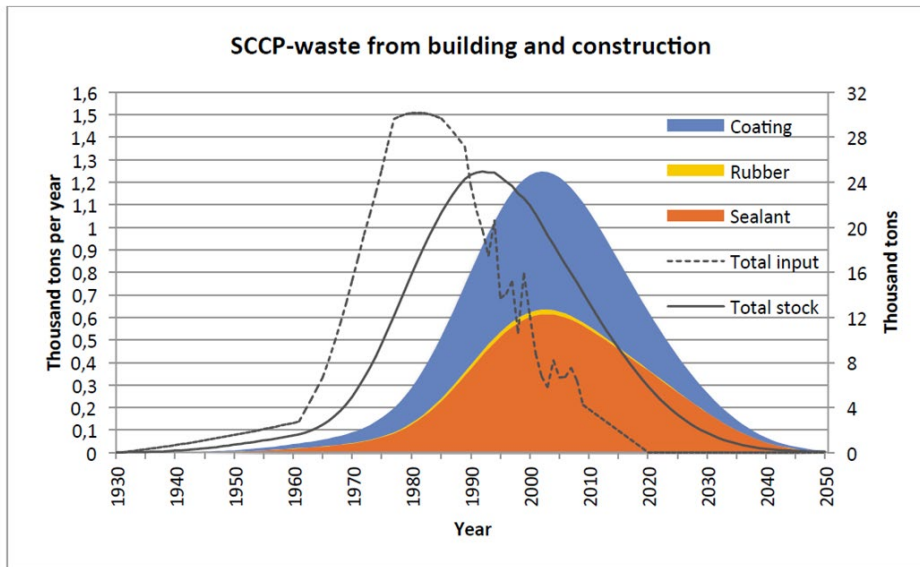
Kuva 10. Esimerkkejä rakennuksista löytyvistä haitta-aineista.

Eri rakennustuotteiden sisältämistä vaarallista aineista on vain hyvin vähän julkaistua tietoa. Sen sijaan on julkaistu raportteja haitta-ainekartoituksissa todetuista pitoisuustasoista. Vaarallisia aineita sisältäviä rakennusmateriaaleja ja -tuotteita esiintyy hyvin erilaisissa paikoissa rakenteita (kuva 10). Esimerkkejä raportoiduista haitta-ainepitoisuuksista on esitetty taulukossa 5.

Esimerkiksi lyhytketjuisia klooriparafiineja (SCCP) on käytetty 1960-luvun jälkeen hyvin erilaisissa tuotteissa. Koska tuotteiden (saumausmassat, pinnoitteet) käyttöikä on usein kymmeniä vuosia, SCCP on arvioitu esiintyvän rakennusjätteissä vielä ensi vuosikymmenellä (kuva 11). Myös palonestoaineita (HBCD) sisältäviä eristeaineita on arvioitu esiintyvän vielä pitkään rakennuksista.

Taulukko 5. Haitta-ainekartoitusraporteissa julkaistuja tietoja eri rakennusmateriaalien haitta-aineista. (Kuvan viitteet ovat lähdelistassa tunnisteella *)

Aine	Käyttö	Vaarallisen jätteen raja	POP-pitoisuusraja (alempi jäteraja-arvo)	Esimerkkejä todetuista pitoisuuksista	Lisätietoa
Bromatut palonestoaineet	Solukumieriste EPS (HBCDD 0,7 %), XPS (HBCDD 2 %) Elektroniikka (>>)	HBCD: 30 000 mg/kg	HBCD: 1 000 mg/kg	Maks. 15 000 mg/kg	Suomi: EPS, XPS käyttöaika 1980–2015, HBCD sisältäviä esineitä on voitu tuoda maahan 2015 jälkeenkin Norja: Kumieriste/XPS: vuoteen 2004
Lyhytketjuiset klooriparafiinit (SCCP)	Ikkunat (saumasmassa) Maalit (4–15 %, ECHA) Muovit Kumiliitat Saumasmassa PVC (0,3–10 %) Vinyyli Kattokalvo	SCCP: 2 500 mg/kg	SCCP: 10 000 mg/kg	Vinyylilattiat: Maks. 5 900 mg/kg	Norja: Ikkunat (norj.valm. 1976-89, lähinnä 80-luvulla): "yksi viidestä sisältää SCCP" MCCP käytetty myös maaleissa, saumasmassoissa, liimoissa (1–5 % lisätty)
Ftalaatit	Vinyylipäällysteet (DEHP: 13–19 %) Vinyylitapetit Kaapelit Liima Lakka Kattokalvo Eristyslasit	DEHP: 3 000 mg/kg			Ikkunoiden saumausliima: 1990–2003
Bisfenoli A	Lattiapäällysteet, matot (maks. 8 %) Muovit (polykarbonaatti), elektroniikka Liima (epoksiresiini) PVC (joustava)	3 000 mg/kg		Analyysituloksia ei löydetty	



Kuva 11. SCCP:n esiintyminen rakennustuotteissa ja muodostuvassa rakennusjätteessä (Petersen 2012)

5.1.5 Rakennuseristeissä käytetyt palonestoaineet

Osana tuotteiden kemikaalien markkinavalvontaa on Turvallisuus- ja kemikaalivirastolla (Tukes) meneillään selvitys markkinoilla olevien rakennuseristeiden paloestoaineista. Selvityksen alustavien tulosten mukaan selluloosakuituihin sekä mineraalikulituihin perustuvissa eristevilloissa, näistä erityisesti lasivilloissa, esiintyy boorihappoa, joka on tunnistettu erityistä huolta aiheuttavaksi aineeksi (SVHC), koska aiheuttaa vaaraa lisääntymisriskille. Pitoisuudet tuotteissa vaihtelivat noin 1–3,5 painoprosenttiin. SVHC-ainetta yli 0,1 painoprosenttia sisältäviä esineitä koskee mm. velvoite tiedottaa esineen sisältämästä SVHC-aineesta toimitusketjussa. Polyisosyanuraatti (PIR) eristevyissä palonestoaineena käytetään organofosforista palonestoainetta TCPP, jonka REACH-rekisteröinti vaatii lisäselvitystä. Paisutetussa polystyreenieristevyissä (EPS) tai suulakepuristetussa polystyreenieristevyissä (XPS) on luovuttu POP-aineeksi tunnistetun bromatun palonestoaineen HBCD:n käytöstä, joskin EU:n ulkopuolella tuotetuista levyistä löytyi erittäin pieniä pitoisuuksia HBCD:tä. Asiantuntijan arvion mukaan nämä pienet jäämät ovat olettavasti prosessissa sekaan kierrätettyä leikkuujätettä.

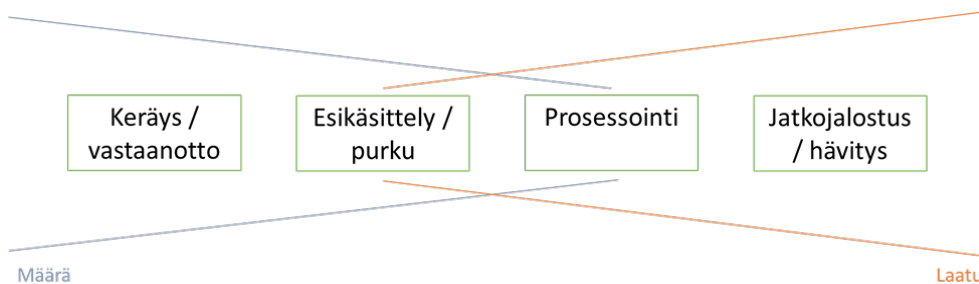
5.2 Yleiset periaatteet jätteiden käsittelyssä

Jätteenkäsittelyn ja toimijoiden tavoitteena on edistää materiaalien uudelleenkäyttöä ja hyödyntämistä materiaalina sekä energiana. Lisäksi tavoitteena on ehkäistä jätteistä aiheutuvaa vaaraa ja haittaa terveydelle ja ympäristölle. Toimintaa ohjaa Euroopan unionin lainsäädäntöä noudattava kansallinen jätelainsäädäntö, joka pohjautuu etusijajärjestykseen. Tätä on kuvattu luvussa 4 eikä asiaa sen takia käsitellä tässä tarkemmin.

Käytännössä jätteenkäsittely jakautuu moniin toimintoihin eri toimijoiden välille. Keskeisiä vaiheita ja toimintoja ovat:

- Jätteen keräys ja vastaanotto
- Jätteen esikäsittely ja purku
- Jätteen prosessointi
- Tuotettujen jakeiden jatkojalostus ja hävitys

Toiminnot voivat vaihdella riippuen jätevirrasta ja materiaaleista. Esimerkiksi rakennusjätteen hallinnassa ja käsittelyssä purkaminen on perinteisesti ensimmäinen vaihe, kun taas sähkö- ja elektroniikkaromun (SER) käsittelyssä purkaminen sijoittuu vasta keräyksen jälkeen. Lisäksi eri materiaalit etenevät eri jalostusasteiksi riippuen olemassa olevista markkinoista, esimerkkinä metallit, joille kierrätysmarkkinat ovat kehittyneet ajan saatossa. Monesti käsittelyketjun alkupäässä kerätyn jätteen määrä on ohjaavana ajurina, kun ketjun loppupäässä laadun vaikutus kasvaa (kuva 12). Toki on huomioitavaa, että keräyksen laatuun on myös tehty toimenpiteitä viime vuosina mm. erilliskeräyksen yleistyttyä.



Kuva 12. Määrän ja laadun välinen suhde jätteenkäsittelyssä.

5.2.1 Toimintamenetelmät

Toimintavaiheiden lisäksi keskiössä ovat eri toimintamenetelmät ja tavat, jotka voivat leikata koko ketjun läpi. Näiden tavoitteena on varmentaa mm. toiminnan turvallisuus, raportointi ja laatu. Lisäksi menetelmät ja tavat edesauttavat toiminnan sujuvuutta ja vähentävät esimerkiksi materiaalihävikkiä. Keskeisiä näkökulmia toimintamenetelmiin ja -tapoihin liittyen koko toimintaketjun hallinnassa ovat:

- tavoitteiden määrittely ja suunnittelu
- osaamisen kehittäminen ja varmentaminen, mukaan lukien sertifiointi
- riskien ja haasteiden tunnistaminen kaikki virrat huomioiden
- dokumentointi ja raportointi mm. jäljitettävyyden parantamiseksi
- materiaalituntemuksen hyödyntäminen ja kartoitus mukaan lukien tunnistusmenetelmien optimointi
- turvallisuuden (henkilö ja ympäristö) huomioonottaminen toimintaketjun jokaisessa vaiheessa
- lainsäädännöllisten velvoitteiden (esim. asbestityöt) tunteminen
- eri jätevirtojen hyötykäyttöpotentiaalien reunaehdot, esikäsittely- ja prosessointivaatimukset sekä mahdollisten rejektien asianmukainen jätehuolto

Vaikka toimintamenetelmät ja -tavat ovat asemoituneet käytännön toteutuksen keskiöön, on niissä myös kehittämistarpeita, varsinkin kun uusia aineita ja materiaaleja nousee tarkastelun kohteeksi. Tukes on tuoreessa selvityksessään ”Kiertotalouslaitosten turvallisuusriskit” selvittänyt materiaalien hyödyntämiseen liittyviä turvallisuusriskejä kemikaaliturvallisuuslain näkökulmasta (Tukes 2018). Jättemateriaaleja hyödyntävien laitosten turvallisuusriskit liittyvät mm. siihen, että materiaalivirroissa voi olla ei-toivottuja tai tuntemattomia aineita. Materiaalien varastoinnin ja käsittelyn yhteydessä työntekijät voivat altistua myrkyllisille aineille tai materiaali voi syttyä itsestään varastoinnissa ja tuotannossa.

5.2.2 Keräys

Keräyksen tavoitteena on kerätä syntyvää jätettä mahdollisimman tehokkaasti ja turvallisesti siten, ettei jätettä päädy virallisen käsittelyverkon ulkopuolelle, missä siitä voi aiheutua vaaraa ja haittaa ympäristölle tai terveydelle. Riippuen jätevirrasta keräysmenetelmiä on monenlaisia. Perinteinen kadunvarsikeräys on osoittautunut parhaaksi käytännöksi mm. yhdyskuntajätteen keräyksessä. Keräyspisteet puolestaan soveltuvat jätteille, joita syntyy vähemmän, mutta joita on järkevää kerätä erikseen, esimerkiksi metalleille. Toki varsinkin pääkaupunkiseudulla vähemmän syntyviä jättejakeita kerätään myös kadunvarsikeräyksen avulla. Joidenkin laajennetun tuottajavastuun alaisuuteen kuuluvien jätteiden, esimerkiksi SER:n osalta, kaupungit voivat ottaa vastaan

pienempiä laitteita, kun taas suuremmat päätyvät sorttiasemalle. Samoin romuajoneuvoille on olemassa omat vastaanottopisteensä.

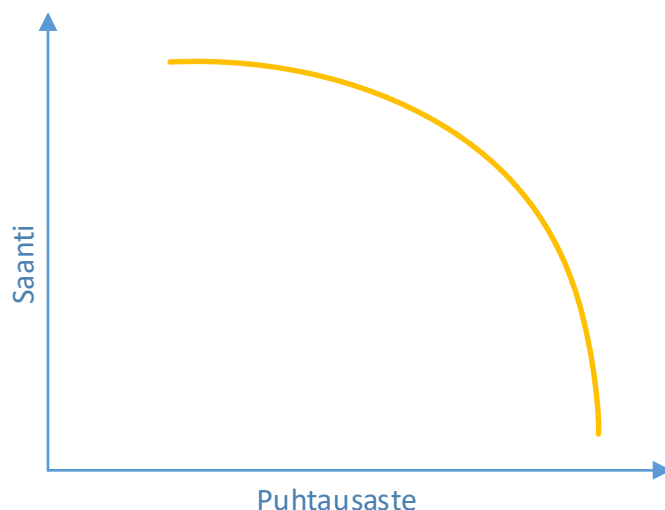
Keräyksen jälkeen jätteitä voidaan vielä lajitella manuaalisesti tai koneellisesti joihinkin materiaalityyppiin tai niistä poistetaan suuret kappaleet pois ennen kuin niitä aletaan syöttää prosesseihin. Tämä on yleistä mm. sekalaisen rakennusjätteen käsittelyssä, jossa suuret kappaleet poistetaan syötteestä ennen murskausta. Jäteasetuksen mukaan rakennus- ja purkujätteen haltijan on järjestettävä vähintään kahdeksan eri jätteen erilliskeräys syntypaikalla tai jos se ei ole mahdollista niin jätteen vastaanottajan laitoksessa. On kuitenkin huomattava että jätteen vastaanottajan tekemä laitoslaittelu tuottaa väistämättä huonompilaatuista materiaalia hyödyntämistä ajatellen.

CASE: RAKENNUS- JA PURKUJÄTE - PURKUTOIMINNAN VAIHEET

Rakennusjätteen käsittelyketju alkaa purkamisella, joka perustuu haitta-ainekartoitukseen ja purkusuunnitelmaan. Rakennuksen omistaja kilpailuttaa purkamisen, jolloin jokainen purku on yksilöllinen (Nordström 2012, RIL 216-2013). Purku toteutetaan sekä koneellisesti että manuaalisesti tuottaen erinäisen määrän jakeita riippuen mm. tilasta ja aikataulusta. Vaaralliset jätteet kerätään aina erikseen, mutta muita jakeita mahdollisuuksien mukaan. Toki jakeet kuten mineraalit, palava jäte ja metallit pyritään purkamaan erillään, sillä erillispurun myötä jakeiden laadut ovat parempia ja niistä mahdollisesti saatavat tuotot paremmat. Puretut jakeet ohjataan seuraavaksi käsittelyyn.

5.2.3 Käsittely ja prosessointi

Prosessointi koostuu monista eri yksikköoperaatioista, jotka voivat olla luonteeltaan mekaanisia, biologisia, kemiallisia tai termisiä. Yksikköoperaatiot linkitetään keskenään muodostaen käsittelyketjuja. Perinteisesti käsittelymenetelmät (mekaaninen, biologinen, kemiallinen, terminen) toimivat erillään toisistaan esimerkkinä mekaaninen esikäsittely ja kemiallinen metallurgia. **Jäte sellaisenaan on harvoin tarpeeksi hyvälaatuista jatkokäsittelyä varten, jolloin käsittelyketjun alku keskittyy haluttujen aineiden rikastamiseen ja samalla ei-haluttujen aineiden erotukseen.** Tämä toteutetaan usein mekaanisin menetelmin, jossa partikkelit erotetaan niiden fysikaalisten ominaisuuksien perusteella. Prosessin alussa syötettä murskataan, jolloin monimateriaalipartikkelit hienontuvat ja samalla materiaalit vapautuvat toisistaan. Tätä vapautumista kutsutaan liberaatioksi, joka on keskeinen käsite mekaanisessa käsittelyssä. Murskauksessa materiaalit eivät aina irtaudu puhtaasti toisistaan, jolloin syntyy myös monimateriaalipartikkeleita. Tämä johtaa siihen, että mekaanisessa käsittelyssä puhtaan materiaalin 100 % saantia ei ole mahdollista saada (kuva 13). Tästä johtuen mekaanisessa käsittelyssä tuotetaan rikasteita, eikä täysin puhtaita tuotteita/jakeita. Lisäksi prosessointi synnyttää myös rejektejä, jotka pitää jatkokäsittellä asianmukaisesti.



Kuva 13. Saannin ja puhtausasteen välinen suhde mekaanisessa käsittelyssä.

Kemiallisen käsittelyn tavoitteena on monesti tuottaa jo puhtaita puolituotteita, joita voidaan jatkojalostaa lopullisiksi tuotteiksi. Kemiallisessa käsittelyssä reaktioon vaadittavat suotuisat olosuhteet tuotetaan mm. lämpötilan ja reagenssien avulla, jolloin reaktio etenee uuteen vakiintuneeseen tilaan (UNEP 2013). Yleisimmät esimerkit kemiallisista menetelmistä ovat hydro- ja pyrometallurgia.

Termisessä käsittelyssä syötteen sisältämä orgaaninen aines muutetaan energiaksi polttamalla. Tätä energiaa voidaan puolestaan hyödyntää sähköinä ja lämpönä. Perinteisesti termiseen käsittelyyn/polttoon päätyvät orgaaniset jakeet, rejektit sekä myös suurelta osin sekalainen yhdyskuntajäte. Kun käsitellään jätteitä, on savukaasujen puhdistus ja polttolämpötilojen säätö erityisen tärkeää. Tarkempi kuvaus termisen käsittelyn tilasta Suomessa on esitetty ympäristöministeriön raportissa (Laine-Ylijoki ym. 2018).

CASE: RAKENNUS- JA PURKUJÄTEJAKEIDEN KÄSITTELY

Rakennusjätteen käsittely

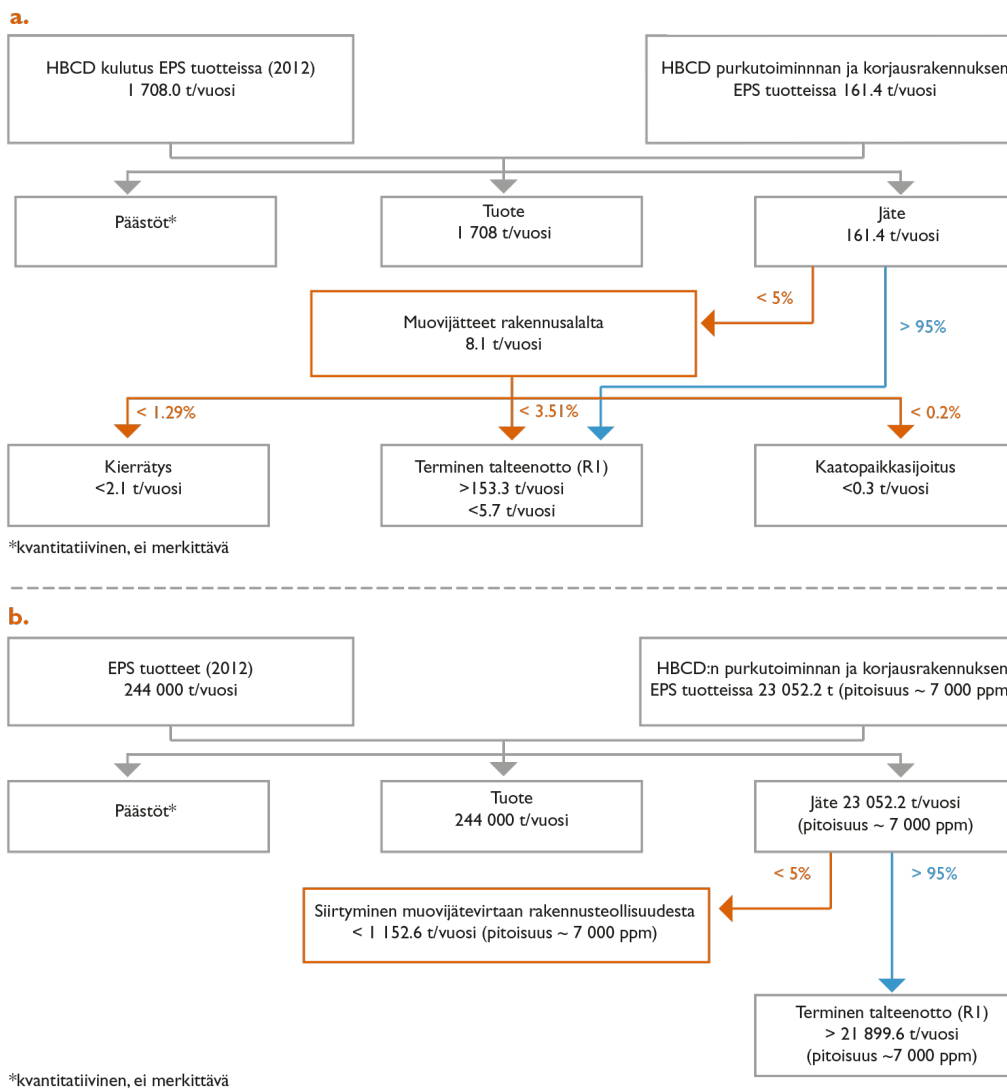
- uudelleenkäyttökelpoisten rakennustuotteiden irrotus rakenteesta (palkit, mahdolliset kalusteet)
- mineraalijakeen murskaus ja metallien erotus tuottaen tie- ja täyttömateriaalia
- puujakeen murskaus ja REF-polttoaineen valmistus
- eri metallien (Fe, Al, Cu) erotus sekalaisesta metallijakeesta mekaanisin menetelmin metallien jalostusta varten
- sekalaisen rakennusjakeen mekaaninen käsittely tuottaen REF-polttoainetta, metallijaetta ja mineraalijaetta
- kipsijakeen murskaus ja paperin erotus mekaanisesti
- kattuhuopajakeen mekaaninen käsittely asfaltin bitumin raaka-aineeksi
- lasijakeen murskaus esimerkiksi vaahtolasin syötteenä
- PVC-putket, murskaus ja sulatus, VinylLoop-prosessi Hollannissa
- mineraali- ja lasivillajätteiden talteenotto kierrätettäväksi (raaka-aineena prosessissa, mahdollisten komposiittituotteiden valmistus)

5.2.4 Esimerkki: tiettyjen POP-yhdisteiden kohtalo rakennusjätteen käsittelyketjussa Saksassa

POP-yhdisteiden käyttäytymistä jätteiden käsittelyketjuissa ei ole kovin laajasti tutkittu. Joitakin yksittäisiä tutkimuksia on eri jätevirroille tehty (Leslie ym. 2013, Mehlhart ym. 2018, Potrykus ym. 2015), mutta tutkimuksien rajaukset niin arvoketjun kuin tarkkuuden ja kohdeaineiden suhteen vaihtelevat, jolloin suora vertailu on haastavaa. Rakennusjätteen osalta Saksassa on tutkittu HBCD, SCCP ja PCB aineiden käyttäytymistä rakennusjätteen käsittelyssä (Potrykus ym. 2015). Saksassa kaikki EPS (expanded polystyrene foam) ja XPS (extruded polystyrene foam) on ollut palosuojattua, kun taas Suomessa valtaosa on ollut ja on edelleen palosuojaamatonta. Myös kyseisten tuotteiden käyttökohteet eroavat Suomen ja Saksan välillä. Saksassa EPSiä on myös käytetty paljon seinien ohutrappausrakenteissa. On huomioitavaa, että kyseisiä tuloksia ei voi suoraan verrata Suomen tilanteeseen mm. eri rakennustuotekannan takia (Saksassa EPSiä päätyy käyttökohteesta johtuen purkuun huomattavan paljon useammin kuin Suomessa), mutta ne antavat viitteen siitä, minne POP-yhdisteitä päätyy käsittelyssä. Lisäksi, tutkimuksessa on jouduttu tekemään olettamuksia, sillä mitattua dataa ei ole niin laajasti saatavilla.

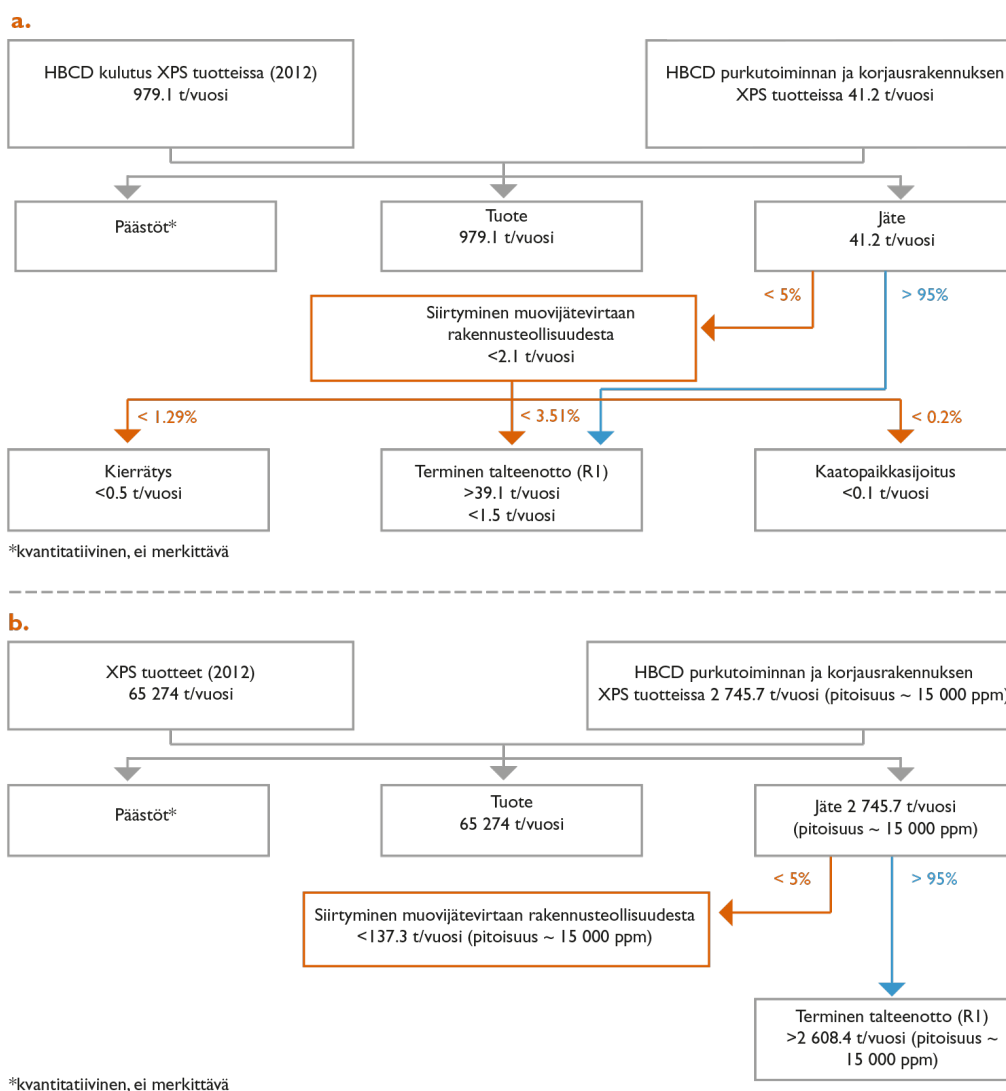
HBCD EPS- ja XPS-eristeissä

Tutkimuksessa HBCD-yhdistettä on tarkasteltu EPS- ja XPS-eristeiden kautta. Kyseisten eristeiden mekaaninen kierrätys ei ole tavoite Saksassa, vaan terminen käsittely, mutta osa niistä päätyy käsittelyn aikana mm. mineraalijakeeseen epäpuhtautena hankalan kiinnityksen johdosta. Tämä osa on ilmeisesti kuitenkin hyvin pieni. Lisäksi osa eristeistä voi päätyä sekaan puhtaamman muovin kanssa. Alla on kuvattu HBCD-yhdisteen kulkeutuminen EPS- ja XPS-eristeissä rakennusjätteenkäsittelyssä (Potrykus ym. 2015).



Kuva 14. HBCD-yhdisteen käyttäytyminen rakennusjätteenkäsittelyssä Saksassa. Kuvassa a) on esitetty HBCD-yhdisteen tase käsittelyssä, kuvassa b) puolestaan EPS-eristeiden/tuotteiden tase käsittelyssä. (muokattu Potrykus ym. 2015)

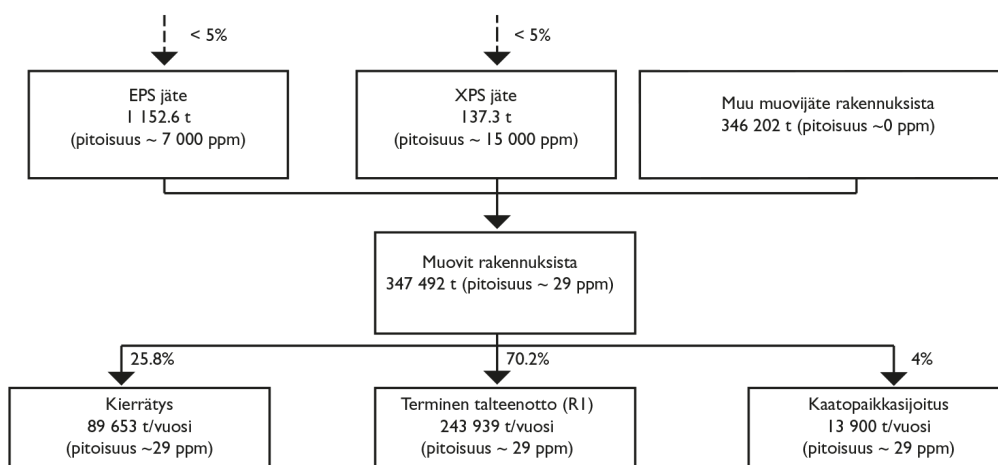
Kuvasta 14 voidaan havaita, että yli 95 % HBCD:stä päätyy termiseen käsittelyyn, kun alle viisi prosenttia HBCD:stä päätyy muovijakeen yhteydessä jatkokäsittelyyn, josta noin 25 % päätyy kierrätykseen. HBCD:n pitoisuudet EPS-eristeissä on arvioitu olevan 7 000 ppm:ää.



Kuva 15. HBCD-yhdisteen käyttäytyminen rakennusjätteenkäsittelyssä Saksassa. Kuvassa a) on esitetty HBCD-yhdisteen tase käsittelyssä, kuvassa b) vuorostaan XPS-eristeiden/tuotteiden tase käsittelyssä. (muokattu Potrykus ym. 2015)

HBCD:n käyttäytyminen XPS-eristeiden käsittelyssä (kuva 15) on lähes identtinen EPS-eristeiden kanssa (kuva 14). Keskeisin eroavaisuus on HBCD-pitoisuudessa, joka on 15 000 ppm:ää, ja määrissä, jotka ovat huomattavasti pienempiä kuin EPS-eristeillä.

HBCD-yhdisteen jakautuminen kierrätyksen, termisen käsittelyn ja kaatopaikan välillä kuvissa 14 a) ja 15 a) kaavioissa pohjautuu kuvan 16 jakaumiin, jotka kuvaavat rakennusjätteen muovijakeen jakaumia. Taustalla on siis oletus, että pieni osa EPS- ja XPS-eristeistä kulkeutuu muun rakennusmuovijätevirran seassa.



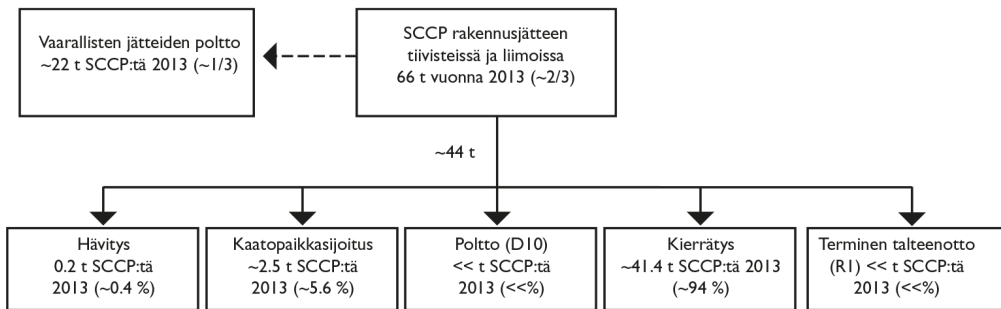
Kuva 16. EPS- ja XPS-jätteen jatkokäsittely muun rakennusjätemuovin seassa. (muokattu Potrykus ym. 2015)

Kuvasta 16 voidaan havaita, että EPS- ja XPS-eristeen kulkeutuessa muun muovin seassa, laskevat HBCD:n pitoisuudet hyvin voimakkaasti. Näin ollen kierrätykseen päätyvän jakeen HBCD pitoisuus on enää 29 ppm:ää. On huomioitavaa, että tulokset ovat teoreettisia ja laskennallisia, eivät mitattuja. Esimerkiksi, kuvan 16 käsittelyketjun loppujakeissa kaikissa kolmessa jakeessa on sama HBCD-pitoisuus, vaikka todellisuudessa voi jonkinlaista konsentroimista tapahtuakin.

Yhteenvedona suurin osa HBCD:stä päättyy termiseen käsittelyyn, kun taas pieni osa voi teoriassa päättyä kierrätykseen. Määrät ovat kuitenkin pieniä, jolloin pitoisuudet jäävät mataliksi.

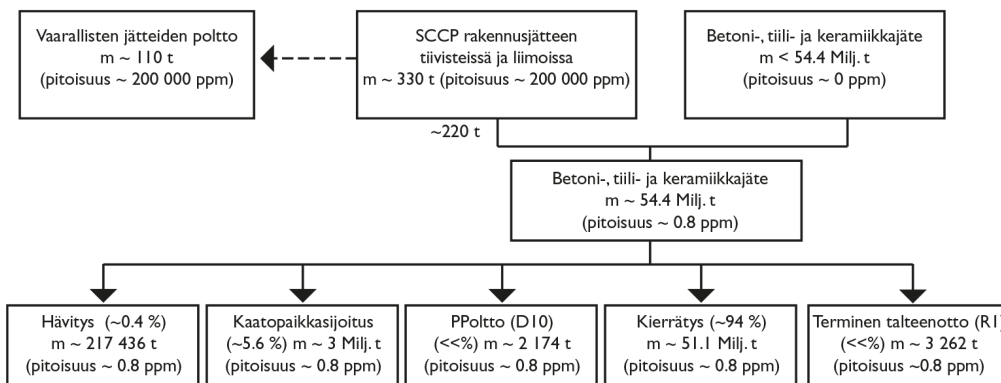
SCCP tiivisteissä ja liimoissa

SCCP:tä on tarkasteltu rakennusjätteiden käsittelyssä tiivisteiden ja sideaineiden osalta. SCCP:tä on käytetty pehmittimenä, joka tuottaa halutun kovuuden ja elastisuuden tuotteeseen. Lisäksi SCCP:tä on käytetty maaleissa, kumissa ja tekstiileissä, joita ei tosin tässä tarkastella tarkemmin. Kuvassa 17 on esitetty sideaineissa ja tiivisteissä olevan SCCP:n jakautuminen eri käsittelyihin.



Kuva 17. SCCP:n käyttäytyminen rakennusjätteenkäsittelyssä Saksassa. (muokattu Potrykus ym. 2015)

Noin kolmas osa SCCP:stä päätyy vaarallisten aineiden käsittelyyn, kun noin kaksi kolmasosaa päätyy muun materiaalin yhteydessä kierrätykseen, polttoon tai termiseen käsittelyyn, kaatopaikalle tai hävitykseen (kuva 17). Tätä suurta osaa (2/3) selittää suurelta osin se, että SCCP:tä käytetään tuotteissa, joita on muiden materiaalien kuten tiilien ja betonin pinnalla, jolloin sitä päätyy näiden joukossa muuhun käsittelyyn. Kuvassa 18 onkin esitetty SCCP:tä sisältävien tuotteiden/jätteiden kohtaloa ja käyttäytymistä rakennusjätteenkäsittelyssä.



Kuva 18. SCCP-ainetta sisältävien tuotteiden käyttäytyminen rakennusjätteenkäsittelyssä Saksassa. c= SCCP:n pitoisuus. (muokattu Potrykus ym. 2015)

Kuvasta 18 voidaankin havaita kuinka SCCP:tä päätyy mineraalijakeen joukossa epäpuhtautena enimmäkseen kierrätykseen ja kaatopaikalle. Massaosuudet huomioituna,

mineraalijakeen moninkertainen määrä kuitenkin laskee SCCP pitoisuuden alle yhteen ppm:ään. On tosin syytä muistaa, että lukemat ovat teoreettisia ja laskennallisia.

Näyttääkin siltä, että erotettavissa olevat tiivisteet ja muut tuotteet, jotka sisältävät SCCP:tä päätyvät suurelta osin vaarallisten aineiden käsittelyyn, kun taas hankalasti erotettavissa olevat tuotteet kuten liimat voivat epäpuhtautena päätyä muun materiaalin joukossa kierrätykseen.

5.3 Haitallisten aineiden ja POP-yhdisteiden käsittely

Haitallisten aineiden ja POP-yhdisteiden hallinta ja käsittely rakentuu käsiteltävän jätevirran tuntemukselle. Keskeistä on tuntea ja tietää mm. jätteiden alkuperä ja tausta.

Tukholman sopimuksen osapuolikokouksen vuonna 2011 antaman suosituksen mukaan bromatut palonestoaineet tulisi poistaa jätevirrasta. Suosituksessa painotetaan erityisesti POP-jätteiden tunnistamista ja erottelua muusta jätteestä ennen sen hyödyntämistä. Myös EU:n POP-asetuksen mukaisesti on tärkeää tunnistaa ja lajitella POP-jätteet jo niiden synty paikalla, ja näin välttää mahdollisimman tehokkaasti kyseisten kemikaalien pääsy muun jätteen joukkoon. (Myllymaa ym. 2015, Ympäristöministeriö 2016a)

5.3.1 Tunnistus

Yhdistetason tunnistusta ei tällä hetkellä pystytä toteuttamaan teollisessa mittakavassa, sillä tunnistus on ainoastaan mahdollista laboratoriomenetelmin. Laboratorioanalytiikka perustuu bromattujen palonestoaineiden ja lyhtketjuisten klooriparafiinien tai muiden haitta-aineiden kuten ftalaattien uuttoon ja analysointiin esimerkiksi kaasukromatografi-massaspektrometrisesti (GC-MS). Laboratorioanalytiikka soveltuu kuitenkin vain yksittäisiin pistokokeisiin ja erikoistutkimuksiin mm. hitautensa, hajottavien toimenpiteidensä ja hintavuuden vuoksi. (Retkin 2012, Myllymaa ym., 2015, Ympäristöministeriö 2016a) Tämä johtaa siihen, että kenttäolosuhteissa tunnistaminen joudutaan rajaamaan toistaiseksi alkuainetasoon, joka tässä tapauksessa kohdentuu bromiin sekä näytteiden pintoihin. Erilaisia kaupallisia teknologioita on listattu vuonna 2017 UNEP:n julkaisemassa raportissa, jotka kuvataan tarkemmin seuraavissa kappaleissa (UNEP 2017):

SS-Spektroskopia

SS-spektroskopia on manuaalinen menetelmä, joka soveltuu halogeenien tunnistamiseen muovista. Mittauksessa käsikäyttöinen mittauslaite kohdistetaan suoraan mitattavan materiaalin pinnalle, ja yksi mittaus vie aikaa vain muutaman sekunnin. Pinnoitettujen materiaalien pinta tulee kuitenkin rikkoo mittauksen onnistumiseksi. Määrittäjärajaksi bromille on 1 000 mg/kg, mutta käytännössä yleensä kuitenkin käytetään määrittäjärajaa 10 000 mg/kg, joka yleensä riittää bromattujen palonestoaineiden tunnistamiseen. Laitteen hankintahinta on arviolta noin 6 000 \$ (~5 000 €). (UNEP, 2017)

Röntgenfluoresenssi XRF

XRF on toinen käsikäyttöinen menetelmä kokonaisbromipitoisuuden mittaukseen, jota voidaan käyttää apuna laitteiden manuaalisessa purussa. Myös XRF:llä mittaus tapahtuu muoviosakohtaisesti samaan tapaan kuin SS-spektroskopiassa. Menetelmän määrittäjärajaksi on SS-spektroskopiasta alhaisempi, 10–100 mg/kg (UNEP 2017), mikä riittää POP-yhdisteille lainsäädännössä asetettujen pitoisuusrajojen ylityksen havaitsemiseen (Ympäristöministeriö, 2016a). Tutkimuksissa on nostettu esiin näyttemateriaalille oikeanlainen ja soveltuva kalibrointi tulosten edustavuuden parantamiseksi (Viskari ym. 2018).

Laitteen mittaama bromipitoisuus ei tarkoita kappaleen bromatun palonestoaineen pitoisuutta, koska bromia voi esiintyä muoveissa myös alkuainemuodossa (Retkin 2012). Menetelmä ei myöskään pysty erottamaan POP-yhdisteitä sallituista bromatuista palonestoaineista tai muista bromiyhdisteistä (Myllymaa ym. 2015). Sverea IVF:n raportissa onkin tuotu esille, että XRF mittaustuloksia on hyvin hankala suhteuttaa laboratoriomittaustuloksiin (GC-MS) (Strååt & Nilson 2018). Näin ollen kenttäkäyttöinen XRF menetelmä voisi toimia lähinnä poissulkevana teknologiana. Eli mikäli bromia ei havaita mittauksessa, ei materiaalissa myöskään ole bromipohjaisia POP-yhdisteitä. Myös muovin vanhentuminen saattaa vaikuttaa mittaustulokseen (Retkin 2012).

Ympäristöministeriön julkaisemassa raportissa on esitetty, kuinka alkuainebromipitoisuus suhteutuu POP-asetuksen bromattujen palonsuoja-aineiden pitoisuusrajoihin (taulukko 6). (Ympäristöministeriö 2016a) POP-asetuksen uudelleenlaadinnan myötä alemmat pitoisuusrajat muuttuivat heinäkuussa 2019 siten että kaikkien asetuksessa mainittujen bromattujen palonsuoja-aineiden summa on 1000 mg/kg. Pidemmällä aikavälillä raja-arvo aiotaan laskea 500 mg/kg. ((EU) N:o 2019/1021) Karkeasti arvioituna tämä tarkoittaisi laskennalliseksi alkuainebromin määräksi 350–420 mg/kg.

Taulukko 6. POP-asetuksen asettaman bromattujen palonsuoja-aineiden pitoisuusrajan arvioiminen laskennallisesti bromin perusteella.(Ympäristöministeriö 2016a, muokattu)

Yhdiste tai kaupallinen seos	POP-asetuksen alempi pitoisuusraja yhdisteelle jätteessä	Bromin prosenttiosuus yhdisteessä tai kaupallisessa seoksessa	Laskennallinen alkuainebromin määrä palonsuoja-aineessa
Tetrabromidifenyylieetterin, pentabromidifenyylieetterin, heksabromidifenyylieetterin, heptabromidifenyylieetterin ja dekabromidifenyylieetterin pitoisuuksien summa	1 000 mg/kg (0.1 %)	70–83 %* ja**	700–830 mg/kg (0.07 - 0.083 %)
Heksabromisyklodekaani	1 000 mg/kg (0.1 %)	75 %**	750 mg/kg (0.075 %)

* Alae ym. 2003

**laskettu yhdisteen moolipainosta

Tuoreessa RISE:n raportissa on esitetty tuloksia XRF analyysin soveltumisesta orgaanisten yhdisteiden tunnistamiseen sähkö- ja elektroniikkaromun ja romuautojen muovinäytteistä. Bromattujen palonestoaineiden suhteen tulokset alkuainebromin tunnistamisesta ja pitoisuudesta suhteessa yhdisteiden laboratoriomittauksien pitoisuuksiin ovat samassa linjassa muihin aikaisemmin mainittuihin tutkimuksiin. Bromattujen palonestoaineiden lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin myös lyhytketjuisia klooriparafiinejä (SCCP). Tutkimuksessa havaittiin näytteistä yli 1 000 ppm klooripitoisuuksia XRF menetelmällä. Tulosten tulkinta matalilla klooripitoisuuksilla on kuitenkin hankalaa, sillä kloorin tuottama signaali näissä pitoisuuksissa on heikko. Raportissa mainitaankin jos klooripitoisuus on korkea, voidaan epäillä näytteen sisältävän PVC:tä ja samoin SCCP:tä. (Andersson ym. 2019)

Tunnistamisen lisäksi XRF teknologiaa voidaan soveltaa myös partikkeleiden erottamiseen automaattisissa käsittelylinjastoissa (Retkin 2012, Ympäristöministeriö 2016a). Hollannissa XRF erottimen yhdistäminen automatisoituun SER-käsittelylinjastoon on esitetty mahdolliseksi vaihtoehdoksi, joskin käytännössä haasteelliseksi. Määritysrajaksi oli arvioitu 5 000 mg/kg (0.5 %) ja SER käsittelyn kustannukset nousisivat. (Leslie ym. 2013)

Käsitteilylaitteen hankintakustannukset ovat SS-spektrometria kalliimmat ja vaihtelevat noin 20 000–50 000 \$ (~17 000–42 000 €) välillä. Ohjelmiston lisäkustannukset ovat noin 3 000 \$ luokkaa (~2 500 €). Laitteen ylläpitokustannukset ovat kuitenkin kohtalaiset. (UNEP 2017)

Röntgentransmissio XRT

Röntgentransmission avulla erilaisen optisen tiheyden omaavat materiaalit voidaan erottaa toisistaan. Toisin kuin SS-spektroskopia- ja XRF-menetelmiä, XRT:tä käytetään osana automaattista erottelulinjastoa. Lajittelukapasiteetti voi olla jopa 1 000 kg jätettä tunnissa. Teknologia on käytössä Sveitsissä bromattujen palonestoaineiden erottamiseen niitä sisältämättömistä muoveista, ja se saattaisi siten olla käytettävissä SER-muovien kierrätyslaitoksilla erityisesti NIR-teknoologiaan kytkettynä. (UNEP 2017) NIR:n toiminta perustuu eri polymeerityypeille määritettyjen tunnusomaisten spektrien tunnistukseen, ja se soveltuu erottelulinjastoille jatkuvatoimiseksi mittaumenetelmäksi. Tunnistetut muovikappaleet poistetaan linjastolta niihin kohdistetun ilmasuihkun avulla. (Ympäristöministeriö, 2016a). XRT-tunnistuksen sisältävän teollisen mitta-kaavan lajittelulaitteiston hankintahinta on noin 400 000 €. (UNEP 2017)

Fourier-muunnosinfrapunaspektroskopia FTIR

FTIR-spektroskopia perustuu molekyylin kemiallisten sidosten tunnistukseen infrapuna-absorptiospektrin avulla. Menetelmän mahdollistaa spesifisten yhdisteiden määrittämisen hyödyntäen tunnetun yhdisteen kalibroitaispektriä. Menetelmä saattaa olla hyödyllinen POP-yhdisteiksi luokiteltujen bromattujen palonestoaineiden seulonnassa. Lisäksi käsiteltävä FTIR-analysointilaitteisto on kehitetty hiljattain. (UNEP 2017) FTIR-spektroskopian soveltumista ftalaattien tunnistamiseen muovituotteista on myös kehitetty (Higgins 2013, Lowry & Bradley 2011). Valmistajan mukaan laitteistojen määrittämissä vaihtelevat kokonaisftalaattien pitoisuudelle 0.1–1 % riippuen, onko kyseessä kannettava- vai kiinteä laite (Lowry & Bradley 2011). Lisäksi laitteen herkkyys/tarkkuus on riippuvainen infrapunon pinnan läpäisyvyydestä (Higgins 2013), joka voi luoda haastetta. Tietoja hankintahinnasta tai kapasiteetista ei ole löytynyt.

Raman

Raman-spektroskopiaa käytetään erilaisten raaka-aineiden tunnistuksessa. Menetelmä perustuu molekyyliarakenteiden tunnistukseen, jonka avulla on mahdollista tunnistaa myös bromattuja palonestoaineita sisältäviä muoveja. Raman-teknoologia eroaa infrapuna- (IR) ja lähi-infrapuna (NIR) -menetelmistä, jotka pohjautuvat myös molekyyliarakenteiden tunnistukseen, siten, ettei mm. referenssisignaalia tarvita. (UNEP 2017) Näin ollen Raman on robustimpi menetelmä (Tsuchida ym. 2009).

Tanskassa tehdyssä tutkimuksessa tutkittiin Fourier-muunnosraman (FT-Raman) spektroskopian soveltumista pehmittimien tunnistamiseen eri PVC muovituotteista. Pehmittimet koostuivat erillisistä ftalaateista. Tulosten perusteella FT-Raman tekniikalla pystyttäisiin tunnistamaan PVC tuotteita joissa on käytetty ftalaattipohjaista

pehmitettä. (Nørbygaard & Berg 2002) On kuitenkin hyvä huomioida, että tutkimus on tehty puhtailla näytteillä laboratorio-olosuhteissa, eikä heterogeenisilla ja mahdollisesti kontaminoituneilla jätenäytteillä.

Fysikaalinen tunnistus / tiheys

Fysikaalinen tunnistus ja erotus tiheyden perusteella on pitkään käytetty menetelmä, jota on hyödynnetty esimerkiksi kevyiden ei magneettisten metallien erotuksessa (UNEP 2013). Menetelmä perustuu eri materiaalien tiheyseroon jossakin tietyssä väliaineessa, joka voi olla esimerkiksi vesi. Tiheyserotus on mahdollista, kun kevyen ja raskaan materiaalin konsentraatiokriteeri (C_r) on tarpeeksi suuri (kaava 1). Teknologia vaatii partikkelikoon hallintaa. (Worrell & Reuter 2014)

$$C_r = \left| \frac{\rho_{raskas} - \rho_{neste}}{\rho_{kevyt} - \rho_{neste}} \right| > 2.5 \quad (1)$$

Lisäksi on huomioitava, että erotusvoima kohdentuu partikkeliin. Näin ollen, jos partikkeli koostuu kahdesta eri materiaalista tai muovityypistä, on kyseisen partikkelin tiheys näiden kahden materiaalin yhdistelmä. Tämä voi sekoittaa tiheyserotuksen tehokkuutta.

Esimerkiksi veden suolapitoisuutta säätelämällä saadaan ne muovityypit, joiden tiheys on suurempi kuin liuoksen, vajoamaan pohjalle, kun taas kevyemmät muovit jäävät kellumaan liuoksen pintaan. Palonestoaineiden lisäys kasvattaa kuitenkin muovityypin normaalia tiheyttä. Upotus-kellutus soveltuu esimerkiksi HIPS-muovista tyypillisesti valmistettujen televisioiden muovikuorien erotukseen. Upotus-kellutusta käytetään esimerkiksi yhdessä NIR-erottelun kanssa. Mustien muovien suuri osuus esimerkiksi pienelektronikassa heikentää kuitenkin NIR-erottelun tehokkuutta. (UNEP 2017) Menetelmää käytetään murskatuille muoveille, eikä sen avulla voida erotella POP-yhdisteillä käsiteltyjä muoveja sallituilla bromiyhdisteillä käsitellyistä muoveista (Myllymaa ym. 2015).

Usein saatetaan tarvita useamman eri tekniikan yhdistämistä, jotta tunnistuksen lisäksi myös erottelu mahdollistuu. Näin voidaan varmistaa kiellettyjä aineita sisältämättömän fraktion päätyminen jatkohyödyntämiseen ja toisaalta kiellettyjen aineiden poistuminen kierrosta. Millään esitellyistä tekniikoista ei myöskään kyetä saavuttamaan 100 % erottelutulosta, joka osaltaan tukee useamman tekniikan käyttöä. (UNEP 2017)

Tulevaisuudessa yhdistelmätekniikkojen merkitys oletettavasti korostuu. Jo käytössä olevista tai uusien kehitteillä olevien tekniikkojen joukosta etsitään kullekin käsittely-

prosessille soveltuvimmat menetelmät, tavoitellaan sitten bromattujen palonestoaineiden, POP-yhdisteiden tai eri muovityyppien tunnistusta ja erottelua. Myös manuaalista erottelua tullaan todennäköisesti käyttämään myös tulevaisuudessa. (Myllymaa ym. 2015)

CASE: RAKENNUS- JA PURKUJÄTE (VISKARI YM. 2018)

Tampereen ammattikorkeakoulussa on tutkittu käsikäyttöisen XRF analysaattorin soveltumista eristeiden HBCD:n tunnistamiseen ja hyödyntämiseen purkutyössä. Tutkimuksessa vertailtiin eri tuotteiden bromi pitoisuutta HBCD yhdisteen pitoisuuteen, joka oli mitattu kemiallisin laboratoriomenetelmin (kaasukromatografi). Lisäksi, tutkimuksessa selvitettiin asetoniuuton hyödyntämistä HBCD:n määrittämisessä. Tutkittavia näytteitä olivat mm.

- erilaiset EPS-eristeet
- XPS-eriste
- erilaisia pakkauspehmusteita
- erilaiset pakkauslastut

Tutkimuksessa saatiin selville, että kenttä olosuhteissa HBCD:n esiintyminen on mahdollista määrittää poissulkevasti ja epäsuorasti mittaamalla bromin esiintymistä näytteessä käsikäyttöisellä XRF-analysaattorilla. Mikäli bromia esiintyy näytteessä, voidaan asetoniuuttomenetelmällä varmentaa onko bromi peräisin juuri HBCD:stä vai muusta polymeeripohjaisesta palonsuoja-aineesta. Tätä varten on mahdollista kehittää kenttäkartoitukseen hyödynnettävä mittauskitti haitta-ainekartoituksen tueksi ja työkaluksi. Tarkempi HBCD määrittäminen voidaan toteuttaa laboratoriossa kaasukromatografisesti, jolloin voidaan myös varmentaa onko HBCD peräisin itse näytteestä vai mahdollisesta kontaminaatiosta.

5.3.2 POP-jätteiden loppukäsittely ja hyödyntäminen

Mikäli jäte tai esikäsittelyn (mm. syntypaikkalajittelu ja keräys) tuottama jae sisältää POP-yhdisteitä yli säädetyn alemman pitoisuusrajan, on se loppukäsiteltävä tai hyödynnettävä siten, että jätteen tai jakeen yhdisteet hävitetään tai muunnetaan palauttamattomasti sellaiseen muotoon, jolla ei ole pysyvien orgaanisten yhdisteiden ominaisuuksia. POP-asetuksessa kielletään sellaiset hyödyntämis- ja loppukäsittelymenetelmät, jotka voivat johtaa POP-yhdisteiden hyödyntämiseen, kierrätykseen, talteenottoon ja uudelleenkäyttöön. (Ympäristöministeriö 2016a) POP-asetuksessa sallitut hyödyntämis- ja loppukäsittelymenetelmät alemman pitoisuusrajan ylittävillä jätteillä on lueteltu taulukossa 7. Menetelmät on kuvattu tarkemmin Ympäristöministeriön oppaassa *Pysyviä orgaanisia yhdisteitä sisältävien jätteiden käsittelyvaatimukset* (2016).

Taulukko 7. Sallitut hyödyntämis- ja loppukäsittelymenetelmät POP-asetuksen alemman pitoisuusrajan ylittävälle jätteille. (Ympäristöministeriö 2016a)

Menetelmä	Kuvaus	Soveltuvuus
Fysikaalis-kemiallinen käsittely (D9)	Useita erilaisia menetelmiä, kuten <ul style="list-style-type: none"> • alkali-metallipelkistys, • emäskatalysoitu hajottaminen, • katalyyttinen dehydrogenaatio, • yli- ja alikriittisen veden avustuksella tapahtuva hapetus, • kaasufaasin kemiallinen pelkistys 	Menetelmien soveltuvuutta voivat rajoittaa POP-yhdisteen pitoisuus jätteessä ja/tai jätteen muu koostumus, kuten jätteen olomuoto, raekoko, materiaalin epähomogeenisuus tai muu vastaava. Menetelmät voivat edellyttää myös jätteen esikäsittelyä
Poltto ilman energian talteenottoa (D10) ja poltto hyödyntäen jäte energiana (R1)	POP-jätettä polttavan polttolaitoksen on täytettävä EU:n teollisten päästöjen direktiivissä jätteenpoltoille asetetut vaatimukset, jotka on pantu Suomessa täytäntöön valtioneuvoston asetuksella jätteen polttamisesta (151/2013). Vaarallista jätettä polttavien laitosten on saavutettava 1 100 °C lämpötila vähintään kahden sekunnin ajaksi. Tavanomaisen jätteen polton lämpötilavaatimus on 850 °C.	Vaarallisen jätteen polttolaitokset (yli 1 100 °C) sopivat kaikkien POP-yhdisteiden polttoon. Rinnakkaispoltto sementtinueineissa, joissa lämpötila nousee 1 400–1 500 °C, soveltuu lähes kaikkien POP-yhdisteiden hävittämiseen. PFOS-yhdisteiden ja HBB:n tuhoutumisesta sementtinueineissa ei toistaiseksi ole riittävästi tutkimustietoa. POP-jätteiden käsittelystä yhdyskuntajätteen polttolaitoksissa (yli 850 °C), ei ole toistaiseksi riittävästi tutkimustietoa muun kuin polystyreenin sisältämän heksabromisyklododekaanin hävittämisestä. PCB-jätteen polttaminen vain sallitaan vain käsittelymenetelmällä D10
Metallin talteenotto ja kierrätys (R4)	Tiettyjä metalliteollisuuden metallipitoisia jätteitä saa kierrättää prosesseissa, joissa otetaan talteen rautaa ja rautaseoksia (masuuni, kuilu-uuni ja arina-/Martin-uuni) sekä värimetalleja (Waelzin kierto-uuniprosessi sekä sulapelkistysprosessit, joissa käytetään vaaka- tai pystyuuneja).	Metalliyhdisteiden talteenotto ja kierrätys sallitaan vain: <ul style="list-style-type: none"> • raudan- ja teräksenvalmistusprosessien jätteille (esim. savukaasujen käsittelyssä syntyvät pölyt ja lietteet, valssihilseet ja terästehtaiden sinkkiä sisältävät savukaasujen suodatinpölyt) • kuparisulattamoiden kaasunpuhdistusjärjestelmistä tuleville pölyille ja muille sen tapaisille jätteille • värimetallituotannon lyijyä sisältäville suotojäämille.
Pysyvä varastointi	Poikkeustapauksissa voidaan sallia POP-jätteen sijoittaminen vaarallisen jätteen kaatopaikalle, syvälle kallioperään tai suolakaivokseen.	Poikkeusmenettely on mahdollista sallia vain POP-asetuksen liitteen V osassa 2 luetelluille jätteille.

5.3.3 Tulevaisuuden potentiaaliset käsittelymenetelmät ja teknologiat

Uusien tulevaisuuden käsittelymenetelmien ja teknologioiden soveltuvuutta POP-yhdisteiden ja haitallisten aineiden käsittelyyn on toistaiseksi esitetty rajallisesti. Tutkimustietoa löytyy ainoastaan niiden potentiaalisesta soveltuvuudesta bromattuihin palonestoaineisiin. Tämä kuvastaa tarvetta jatkotutkimukselle ja kehitykselle ja näin ol-

len tämä luku keskittyy palonestoaineisiin sekä bromin erotukseen ja talteenottoon. Toistaiseksi alla esitetyt tulevaisuuden käsittelymenetelmät eivät ole saaneet Basel sopimuksen mukaista statusta.

Pyrolyysi

Pyrolyysissä orgaaninen aines hajotetaan kuumentamalla hapettomassa olosuhteessa. Prosessissa muovien polymeeriketjut pilkkoutuvat pienemmiksi molekyyleiksi, jopa monomeereiksi. Syötteen ei tarvitse olla puhdasta muovijaetta vaan se voi olla myös sekamuovia (UNEP 2017). Pyrolyysi voi mahdollisesti soveltua myös muovikomposiittien käsittelyyn (Yli-Rantala ym. 2019). Prosessi voi tuottaa öljyä, vahaa, hiiltä ja kaasua riippuen syöttestä. Öljyä voidaan myös jatkojalostaa esimerkiksi olefiineiksi. On syytä huomioida, että syötteen vaikutus tuotettuihin jakeisiin on keskeistä ja joissakin tapauksissa tarvitaan esikäsittelyä. (Punkkinen ym. 2017) Pyrolyysitekologioita on useita erilaisia, esimerkiksi kiertouuni ja leijupeti, jotka soveltuvat eri syötteille ja tuottavat erityyppisiä tuotteita.

POP-pohjaisia bromattuja palonestoaineita sisältävien muovien pyrolyysiä ei ole suuressa kaupallisessa mittakaavassa todennettu. Laboratoriomittakaavan termolyysitutkimuksissa on havaittu kohonneita PBDD/F-pitoisuuksia, kun syöte on sisältänyt POP-pohjaisia bromattuja palonestoaineita (Weber & Kuch 2003). Lisäksi on raportoitu, että DecaBDE yhdisteet voivat muuttua toisiksi bromipitoisuuksiltaan matalammiksi palonestoaineiksi niin kutsutun debrominaation takia (Hall & Williams 2008).

Toisaalta on tutkittu myös voidaanko pyrolyysiä hyödyntää bromin talteenotossa muoveista, jotka sisältävät bromattuja palonestoaineita. Haasteeksi on tosin mainittu mahdollisen bromituotteen heikot markkinat, jotka hidastavat teknologian kaupallistamista/yleistymistä. (UNEP 2017)

Pyrolyysin osalta onkin tärkeää toteuttaa suuremman mittaluokan tutkimuksia, jossa tarkastellaan POP-yhdisteiden käyttäytymistä prosessissa.

Kaasutus

Kaasutuksessa orgaaninen aines konvertoidaan kaasuksi korkeassa lämpötilassa ja kontrolloidussa ali-ilma atmosfäärissä ilman palamista. Prosessissa syntyvää synteesikaasua voidaan hyödyntää energiana tai jalostaa raaka-aineeksi eri jatkokomenetelmin. Lisäksi prosessissa syntyy kiinteitä tuhkia. Syötteen koostumus voi kaasutuksessa olla melko heterogeeninen. (Punkkinen ym. 2017) Esimerkiksi auton kierrätyksessä syntyvää fluffia on kaasutettu onnistuneesti (Nieminen ym. 2006).

Bromattuja palonestoaineita sisältävien syötteiden osalta tutkimuksia suuren mittakaavan kaupallisissa prosesseissa puuttuu. Laboratoriomittakaavan tutkimuksissa on esitetty ristiriitaisia tuloksia. Samaisessa tutkimuksessa pyrolyysimenetelmän kanssa on todettu kohonneita PBDD/F-pitoisuuksia, kun syöte on sisältänyt POP-pohjaisia bromattuja palonestoaineita (Weber & Kuch 2003). Toisaalta on taas esitetty tehokasta PBDD/F-yhdisteiden tuhoutumista, kun kaasutus on toteutettu korkeassa lämpötilassa (Yamawaki 2003).

Kaasutuksen osalta tarvitaan myös lisää tutkimusta suuren mittakaavan käsittelystä.

CreaSolv

CreaSolv® prosessissa uutetaan polybromattuja difenyyliettereitä (PBDE) ja bromattuja palonestoaineita (BFR) kohdepolymeeristä tai polymeeririkkaasta jakeesta. Menetelmä pystyy poistamaan liukenemattomat (esim. muut kuin kohteena olevat polymeerit ja muut häiritsevät materiaalit) ja liukenevat (esim. POP-PBDE, BRF) epäpuhtaudet kohdepolymeeristä hyödyntäen patentoitua CreaSolv® liuotinta. (Schlummer ym. 2006) Prosessissa syntyvä sivutuote on bromirikasta, jonka markkina-arvoksi on arvioitu noin 4000 \$/t jasiitä voitaisiin ottaa bromi talteen. Vaihtoehtoisesti kyseinen jae voitaisiin polttaa.

Iso-Britaniassa tehdyssä tutkimuksessa arvioitiin CreaSolv prosessille kannattavaksi vuosikapasiteetiksi 10 000 tonnia (WRAP 2006). CreaSolv prosessin kehittäneen Fraunhofer-Instituutin mukaan prosessi on kannattava jo noin 2 000 tonnin vuosikapasiteetilla (Schlummer 2011). Prosessi voisikin olla taloudellisesti kannattava tulevaisuudessa, jos puhtaan muovijakeen arvo on tarpeeksi korkea.

CreaSolv teknologiaan pohjautuva PolyStyreneLoop-demonstraatiohanke (<https://polystyreneloop.org/>) bromattuja palonestoina sisältävien polystyreenieristeiden suuren mittakaavan käsittelyyn on käynnissä. Hankkeen tavoitteena on rakentaa suuren mittakaavan laitos, jolla voidaan demonstroida rakennusjätteestä peräisin olevien EPS- ja XPS-eristeiden kierrätystä ja sen kannattavuutta.

6 Muovit kiertotaloudessa

Muovimateriaalin ja –tuotteiden kierrätyksen mahdollisuudet on tunnustettu, vaikka tällä hetkellä Suomessa kuluttajilta kerätäänkin vain pakkausmuoveja. Ihmisten aiheuttama muoviroskaamisen ongelmat on nostanut muovin puheenaiheeksi sekä kansalaisten, että lainsäätäjien keskuudessa. Neitseellisen muovin tuottaminen enimmäkseen fossiilisesta alkuperästä ei ole kestävää, minkä vuoksi uusiutuvista raaka-aineista peräisin olevia muoveja kehitetään yhä enemmän.

Muoviin liittyviä toimenpiteitä on meneillään paljon: mm. Muovietkarta Suomelle ja sen toimenpide-ehdotukset (Ympäristöministeriö 2018), EU:n kertakäyttömuovidirektiivi (EU) 2019/904¹⁸, EU:n kiertotalouden toimintasuunnitelma (https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm) ja siihen liittyvät lainsäädännön uudistukset kuten muovipakkausten uudelleenkäytettävyyden ja kierrätettävyyden varmistaminen vuoteen 2030 mennessä ((EU) 2018/852¹⁹), ECHA:n mikromuoviin liittyvät toimenpide-ehdotukset (ECHA 2019) sekä Suomen merenhoitosuunnitelman toimenpideohjelma 2016–2021 (Ympäristöministeriö 2016b).

Joidenkin muovien lisäaineiden on todettu olevan ympäristölle ja ihmisille haitallisia, sillä ne eivät ole kemiallisesti sidottuja muovien rakenteeseen, vaan voivat kulkeutua muovin pinnalle ja siitä edelleen esimerkiksi haihtua tai siirtyä iholle (Hahladakis ym. 2018) (terveysvaikutuksista lisää kappaleissa 2 ja 3 ja muovien lisäaineista kappaleessa 6.2).

Meriympäristöön joutuessaan muovipartikkeleilla tiedetään olevan kyky pidättää itseensä POP-yhdisteitä (mm. Fauser ym. 2019, De Frond ym. 2019, Hahladakis ym. 2018, Fjäder 2016). Ympäristöön joutuessaan muovit voivat siis sekä varastoida, että levittää haitallisia aineita, jolloin mikromuoviongelma on myös kemiallinen ongelma. Aineiden vapautumiseen ja pidättymiseen vaikuttavia tekijöitä meriympäristössä ei kuitenkaan perusteellisesti vielä tiedetä. (Hahladakis ym. 2018)

Kappaleissa 3.2.2 ja 5.1.4 mainittiin joitakin rakennusmateriaaleja, joissa haitallisia aineita on käytetty. Monesti haitta-aineet ovat nimenomaan muoveissa: esimerkiksi eristeissä ja saumausmassoissa. Purkukohteiden vanhojen muovien kemikaalisäilytystä on kuitenkin tunneta tarkasti, minkä takia perusteelliset haitta-ainekartoitukset ovat

¹⁸ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2019/904 tiettyjen muovituotteiden ympäristövaikutusten vähentämisestä (EUVL L 155, 12.6.2019, s. 1–19).

¹⁹ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/852 pakkauksista ja pakkausjätteistä annetun direktiivin 94/62/EY muuttamisesta (EUVL L 150 14.6.2018, s.141-154).

oleellinen askel tiedon kartuttamisessa. Kaikista haitta-aineista ei päästä nopeasti eroon, sillä rakennusmuoveissa ne ovat monesti kiinnittyneinä vuosikymmeniä.

Vaikka työpajassa käyttämämme toimialaluokitus piti sisällään myös kumituotteet, rajattiin SIRKKU-hankkeen työ käsittelemään ainoastaan muoveja. Toimialojen toiveesta raportissa esitetään tarkentavaa tietoa muoveista ja joidenkin muovijätteiden hyödyntämisestä. Esimerkiksi erilaisten muovilajien kierrätettävyyteen vaikuttavat muovien erilaiset kemialliset ja mekaaniset ominaisuudet ja hyödyntämistavat: millaisia muoveja on olemassa, miten niiden ominaisuudet muuttuvat käytön aikana ja millaisia aineita niihin on lisätty, jotta on saavutettu haluttu käyttötarpeen määrittelemä laatu (esim. Dahlbo ym. 2018). Toimialojen toiveita on pyritty huomioimaan myös muoveihin liittyvän termistön oikeanlaisessa käytössä.

Toimialan edustajien kanssa käydyn keskustelun ja sähköisen kyselyn perusteella suurin muovikomposiittien kierrätysaaste liittyy siihen, ettei muovikomposiittijätteille ole olemassa toimivaa hyödyntämismahdollisuutta. Jonkin verran voidaan kierrättää PET-vaahtoa. Kierrätysraaka-aine on kuitenkin kallista, esimerkiksi hiilikuituhuopien hinta voi olla korkeampi kuin neitseellisellä materiaalilla. Kyselyn perusteella komposiittivalmistuksen toimialalla on huolehdittu käyttöturvätiedotteiden saatavuudesta. Altistumista joillekin kemikaaleille (esimerkiksi Bisfenoli-A:lle) ei ole tutkittu Suomessa kattavasti. Epoksihartseille altisumismahdollisuus ihon kautta oli toimialalla tunnistettu ja huomioitu työturvallisuudessa suojaimin.

6.1 Muoveista yleisesti

Yleisen määritelmän mukaan muovi koostuu yhdestä tai useammasta peruspolymeeristä ja lisäaineista (Järvelä & Järvelä 2015). Erilaiset polymeerien ja lisäaineiden yhdistelmät mahdollistavat hyvin laaja-alaisen joukon erilaisia muovilajeja. Muovilajit voidaan jaotella usealla eri tavalla painottaen esimerkiksi tuotantomääriä ja suorituskykyä (valtamuovit eli kuluttajamuovit, tekniset muovit ja erikoismuovit), prosessointiominaisuuksia (kestomuovit ja kertamuovit) tai kiteisyyttä (amorfiset muovit ja osakiteiset muovit) (Muoviteollisuus ry/Muovien luokitus, Järvinen 2017). Eri muovilajeja työstetään esimerkiksi erilaisin valu- ja puhallusmenetelmin.

Muovilajien ominaisuuksia voidaan muokata ja tehostaa erilaisilla aineilla, jotka ovat esimerkiksi pehmittimiä, väriaineita, täyteaineita, lujitteita, UV-suojia tai palonestoaineita. Muovien suosio perustuukin laajaan kirjoon ominaisuuksia, joita perinteisillä materiaaleilla, kuten teräksellä ja puulla, on hankala saavuttaa. Muovin käyttö on usein hyvin perusteltua, sillä se esimerkiksi keventää pakkauksia ja liikennevälineitä

vähentäen kuljetusten energiantarvetta. Muoviset elintarvikepakkaukset myös pidentävät elintarvikkeiden käyttöikä.

Suurin osa (80 %) käytössä olevista muoveista on ns. valtamuoveja eli polyeteeniä (PE), polypropeenä (PP), polystyreeniä (PS) ja polyvinyylidikloridia (PVC). Näitä kaikkia valmistetaan Suomessa, mutta PVC:tä vain hyvin pieniä määriä (Lisää muovien tuotannosta liitteessä 5). (Muoviteollisuus ry.) Muovin suurimmat käyttökohteet Euroopassa ovat muovipakkaukset (n. 40 % kaikesta käytöstä) ja rakentaminen (n. 20 % kaikesta käytöstä) (PlasticsEurope 2018a).

6.1.1 Kertamuovit ja kestumuovit

Muovijätteen hyödynnettävyyteen eli kierrätettävyyteen vaikuttaa merkittävästi muovilajin uudelleenmuokattavuus. Tämä oleellinen prosessointiominaisuus jakaa muovit kestumuoveihin ja kertamuoveihin. Kestumuovi hankitaan muovituotetehtaalle valmiina polymeerina, yleisimmin granulaatteina ja työstetään tuotteiksi paineen ja lämmön avulla. (Kärhä 1999) Kestumuovit voidaan sulattaa uudelleen ja jäähdyttää uuteen muotoon (Järvinen 2017). Yleisimpiä kestumuoveja ovat esimerkiksi jo aiemmin mainitut PE, PP, PVC ja PS sekä polyeteenitereftalaatti (PET) (Muoviteollisuus ry/Muovien luokitus).

Kertamuovia sen sijaan lähdetään työstämään nestemäisestä monomeerista tai esipolymeeristä ja polymeerirakenne muodostuu vasta työstettäessä. Valmistusprosessi muovituotteeksi kulkee kemiallisen reaktion kautta, jossa käytetään apuna kovettajaa, lämpöä, vettä ja/tai UV-valoa. (Kärhä 1999, Järvinen 2017) Kertamuovituotetta ei voi muovata uudestaan, sillä reaktio on palautumaton. Täten mekaaninen kierrätys ei ole mahdollista. Kertamuoveja ovat esimerkiksi polyuretaani (PUR), polyisosyanuraatti (PIR), komposiittimuovit eli lujitemuovit: tyydyttymätön polyesteri (UP), epoksi (EP) ja vinyyliesteri (VE) sekä muut kertamuovit kuten fenoliformaldehydi eli bakeliitti (PF), melamiiniformaldehydi (MF), ureaformaldehydi (UF) ja tyydyttymätön polyimidi (BMI). (Järvinen 2017)

6.1.2 Muovikomposiitit

Muovikomposiitit muodostetaan polymeeriosasta ja lujitteesta, jota tuotteessa voi olla noin 10–60 prosenttia (Blom & Dufva 2016). Polymeeriosa on yleensä jokin edellä mainituista kertamuovilajeista, mutta voi olla myös kestumuovia. Tähän kovaan ja hauraaseen (kerta)muovimateriaaliin sekoitetaan lujitetta, joka on yleensä lasi-, hiili-

tai aramidikuitua tai ei-kuitumaista täyteainetta (Vuorinen ym. 2016). Yleisin muovikomposiitti on lasikuidulla lujitettua polyesterihartsia (Blom ja Dufva 2016).

Polymeerin ja lujitteen yhdistelmä on jäykkä, kevyt ja kestävä muovikomposiitti, jonka variaatioita käytetään paljon liikennevälineissä, kuten autoteollisuudessa, lentokoneissa ja veneissä. Lisäksi muovikomposiitit ovat korroosionkestäviä, minkä ansiosta niitä käytetään mm. erilaisissa putkistoissa, säiliöissä ja reaktoreissa. (Muoviteollisuus ry/Muovitieto) Merkittäviä käyttökohteita muovikomposiitille ovat myös tuulivoimalat, joiden osalta materiaalin tarve on lisääntynyt.

Komposiiteissa voidaan hyödyntää lujitteena myös erilaisia luonnonkuituja (biokomposiitit) ja jätteitä, kuten sahoilta, vaneri- ja puutuotetehtailta saatavaa puuta, kierrätettävää paperia tai muovilaminaatteja (LUT/Puu-muovikomposiitit). Myös rakennus- ja purkujätteen hyödyntämistä puu-muovikomposiittien valmistamisessa on tutkittu rakennusjätteen kierrätystavoitteiden saavuttamiseksi (esim. Sormunen & Kärki 2019, Liikanen ym. 2018, Keskisaari ym. 2016). Muovijätteen hyödyntäminen puu-muovikomposiittien valmistuksessa vaatii vielä lisätutkimusta, jotta saadaan selville muovijätteen säilytyksen, koostumuksen ja mahdollisen hajoamisen vaikutukset uuden tuotteen teknisiin ominaisuuksiin (Najafi 2013, Turku ym. 2017).

6.2 Muovien haitalliset lisäaineet

Muovin käyttöä vähentämällä on haluttu saavuttaa kiertotalouden resurssitehokkuustavoitteita. Muovipakkausten yksikköpaino onkin laskenut, mutta tämä on joskus johtanut hankaluuksiin kierrätettävyyden suhteen. Monikerrospakkaukset voidaan tehdä kestäviksi käyttäen kuitenkin vähemmän materiaalia. (Geueke ym. 2018) Kun muovin käyttömäärä vähenee, vähenee myös niissä olevien kemikaalien käyttö. Monikerrosisten pakkausmateriaalien lisäaineiden hallinta on haasteellista (Andreas Ahrens SE-TAC –konferenssi 30.5.2019). Rakennusmateriaalien osalta materiaalin vähentäminen voi vaikuttaa tuotteiden teknisiin ominaisuuksiin.

Euroopan kemikaalivirasto (ECHA) selvitti muovien lisäaineita kahdeltakymmeneltä eri sektorilta. ECHA listasi 418 lisäainetta, joilla on yksi tai useampi toiminnallinen funktio, ja joita käytetään tyypillisesti tiettyjä pitoisuuksia ja tietyissä polymeerityypeissä. Teollisuus vahvisti näiden lisäaineiden käytön, toisin kuin 183 aineen, joiden käyttötarkoitus muoveissa jäi epäselväksi ja jotka tunnistettiin julkaisemattomien tietolähteiden perusteella. ECHA tarkasteli tiedostoon kerättyjen lisäaineiden mahdollisia suoraan altistukseen johtavia päästöjä ilmaan ja veteen, sekä ihon ja suun kautta tapahtuvaa altistumista. Selvityksen perusteella REACH-rekisteröinnin heikkouksiksi havaittiin, että käyttötarkoituksen kuvaukset ovat liian epäselviä tai liian yleisellä tasolla, tietoa

tuotteiden massa-taseesta ei ole tai kemikaaliturvallisuusselvitys lisäaineesta materiaalissa tai tuotteessa puuttuu kokonaan. Monikerroksisten tuotteiden lisäaineiden päästöjä on todennäköisesti mahdotonta arvioida. (Andreas Ahrenm SETAC –konferenssi 30.5.2019)

Erona ECHAN selvitykseen, Groh ym. (2018) selvittivät muovipakkausten haitallisia kemikaaleja laajempaa kokonaisuutena ottaen huomioon pakkausten valmistukseen käytetyt kemikaalit sekä valmiissa pakkausessa olevat kemikaalit (esimerkiksi lisäaineet, päällysteet ja sidosaineet). Sveitsiläistutkimuksen mukaan pakkausmateriaalit voivat sisältää jopa 148 erilaista haitallista ainetta, jotka voivat olla pysyviä, kertyviä ja myrkyllisiä (PBT)/ tai erittäin pysyviä ja erittäin kertyviä (vPvB) aineita (7 kpl), terveydelle vaarallisia (63 kpl), ympäristölle vaarallisia (68 kpl) ja hormonihäiriköitä (35 kpl). Jotkut aineista kuuluvat useisiin edellä mainittuihin ryhmiin. (Groh ym. 2018) Kaikille avoin tietokanta, Chemicals associated with Plastic Packaging (CPPdb), on julkaistu osoitteessa <https://zenodo.org/record/1287773#.XPjIIClzZEE>

Muovien kemialliseen koostumukseen vaikuttavat tarkoituksella lisätyt monomeerit, lisäaineet ja prosessointia auttavat liuokset. Lisäksi muoveissa voi olla tarkoituksettomasti muodostuneita epäpuhtauksia ja haitallisia aineita esimerkiksi reaktioiden sivutuotteita hajoamistuotteena syntyneinä. (Groh ym. 2018) Monien muovin sisältämien aineiden vaara-arviointi on puutteellista ja erityisesti tuotteiden monimutkaisuus ja seosten käyttö vähentävät yleiskuvaa riskeistä. Erityisesti ftalaatteja on ehdotettu korvattaviksi joillakin muilla aineilla. (Groh SETAC –konferenssi 30.5.2019).

6.2.1 Rakennusmuovit

Muoveja käytetään laajasti rakentamisessa mm. lisäaineiden avulla saavutettavien teknisten ominaisuuksien vuoksi. Käyttökohteita ovat esimerkiksi putket ja yhteet, kaapeleiden päällysteet, LVIS-tarvikkeet, seinä- ja lattiapäällysteet, eristeet, profiilit, pistorasiat, kiinnikkeet ja muut pikkuosat, erilaiset saumausaineet, maalit, tiivisteet, laakat ja liimat. Lisäksi rakentamiseen liittyy tuotteiden muovisia suoja-pakkauksia, peitteitä, työ- ja apuvälineitä ja sääsuojauksia. (Häkkinen ym. 2019, Kärhä 1999). Uudempia muovin käyttökohteita ovat erilaiset muovikomposiittituotteet, joita käytetään esimerkiksi terassilautoina (Myller 2015).

Ympäristöministeriö ja VTT julkaisevat vuoden 2019 aikana inventaarion betoni- ja puurunkoisten kerrostalojen ja päiväkotien eri muovilajeista ja määristä. Selvityksen tiivistelmässä (Häkkinen ym. 2019) todetaan otannassa mukana olleiden rakennusten yleisimpien muovilajien olevan EPS, PVC, PE, PP, PUR ja synteettinen kumi EPDM.

Muovilajien määrät vaihtelevat rakennuksesta riippuen. Muovien kokonaismäärä selvityksen esimerkkirakennuksissa oli 23–52 tonnia rakennusta kohden (6–35 kg kerrosneliometriä kohden).

Muovit ovat pitkäaikaisesti kiinnitettyinä rakennuksiin, joten rakennus- ja purkujätteen kokonaisuus sisältää laajasti erilaisia muovilajeja ja niiden lisäaineita, joita on käytetty eri aikakausina rakentamisessa. Toistaiseksi suurin rakentamisen aalto Suomessa sijoittui 1960–1980-luvuille (RIL 2019) ja näiden rakentamismäärällisesti suurimpien vuosikymmenten rakennukset alkavat olla korjausvuorossa. Lisäksi esimerkiksi kuntien kiinteistöistä yhä useammat tarvitsevat mittavia korjauksia kosteus- ja homevaurioiden vuoksi. Korjausrakentamisen kasvu tulee lisäämään entistä enemmän vanhojen muovien jätevirtoja korjaus- ja purkukohteista. Rakennusten vaatimusten muutokset vuosikymmenten aikana voivat johtaa siihen, että vanhan korjauskohteen purkaminen ja kokonaan uuden rakentaminen on kustannustehokkain ja ympäristöystävällisin ratkaisu (RIL 2019).

Rakennusmuovien sekä rakentamiseen liittyvien pakkausmuovien kemikaalitiedot ovat toistaiseksi hyvin vajavaiset ja erityisesti purkutyömailla tarvitaan perusteellisia haitta-ainekartoituksia. Taulukossa 8 on annettu esimerkkejä mahdollisesti haitallisia aineita sisältävistä rakennusmuoveista. Kappaleessa 5.1.4 on annettu esimerkkejä mitatuista haitallisten aineiden pitoisuuksista rakennusmuoveissa.

Kaikista talonrakentamisen jätteistä POP-yhdisteitä esiintyy lähinnä vain purkujätteissä ja POP-asetuksen 7 artikla edellyttää, että kaikki POP-yhdisteitä yli alimman sallitun rajan sisältävät jätteet on loppukäsiteltävä tai hyödynnettävä siten, että jätteen sisältämät yhdisteet hävitetään tai muunnetaan palautumattomasti sellaiseen muotoon, jolla ei ole pysyvien orgaanisten yhdisteiden ominaisuuksia. Mikäli POP-yhdisteiden pitoisuus jätteessä on alhaisempi kuin alempi pitoisuusraja, jäte voidaan käsitellä myös sellaisilla menetelmillä, joissa jätteen sisältämät POP-yhdisteet eivät muunnu palautumattomasti tai tuhoudu lopullisesti. On arvioitu, että purkujätteiden HBCD-pitoisuus on suurimmillaan vuoden 2050 aikoihin. Uusissa rakennusmateriaaleissa POP-yhdisteitä ei enää käytetä, paitsi HBCD:tä voi olla myös uudis- ja korjausrakentamisen eristelevyjätteissä. (Myllymaa ym. 2015)

Taulukko 8. Esimerkkejä mahdollisesti haitallisia aineita sisältävistä rakennusmuovituotteista. Tietoa koottu seuraavista lähteistä: KEMI 2016 (perustuen SundaHus ja Byggvarubedömningen ilmoittamiin tietoihin), Stenmarck ym. 2017, Potrykus ym. 2015 ja Viskari ym. 2018.

Rakennustuote, suluissa esimerkki muovilajista	Aine tai aineryhmä
Eristeet (EPS ja XPS)	HBCD Klooriparafiinit

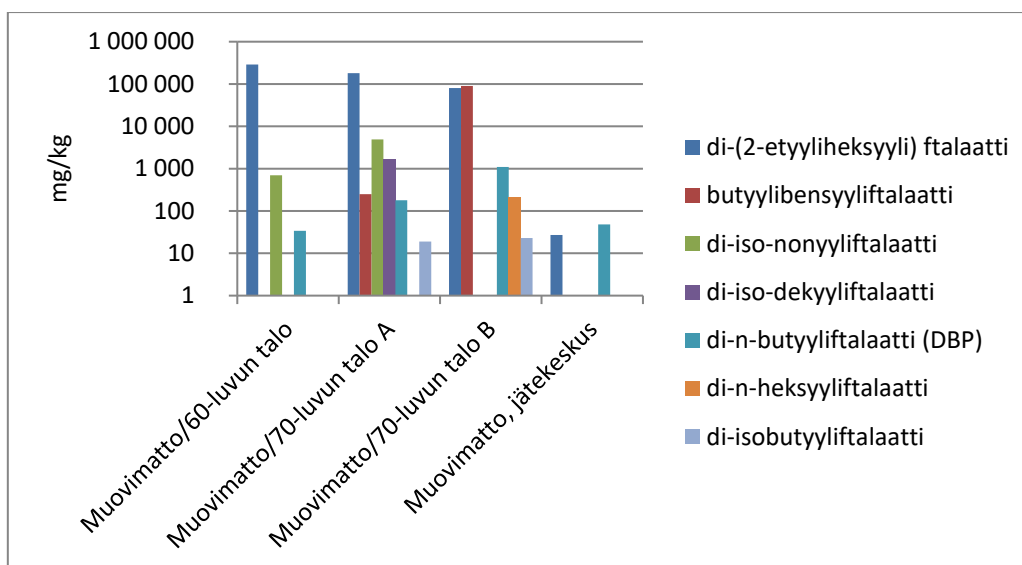
Putket ja letkut (PVC)	HBCD Ftalaatit
Maalit	Klooriparafiinit Ftalaatit
Lattiat ja matot (PVC)	Klooriparafiinit Ftalaatit Bisfenoli A Nonyylifenoli ja perfluoratut alkyylidisteet (PFOS ja PFOA)
Liimat ja liitokset	Klooriparafiinit Ftalaatit Bisfenoli A
Kaapeleiden eristysmateriaalit (PVC)	SCCP

PVC

PVC on yleinen, edullinen muovilaji johon lisätään merkittäviä määriä lisäaineita kuten stabilointiaineita ja pehmitteitä (Hansen ym. 2013). Koska lisäaineita voi PVC-tuotteessa olla jopa 50–60 %, on PVC muovilaji, jonka yhteydessä lisäaineita käytetään kaikista eniten (Villanueva & Eder 2014) ja jonka käyttömahdollisuudet rakentamisessa ovat laajat. PVC-tuotteita rakennuksessa voivat olla esimerkiksi: putket, letkut, putkiyhteet, ikkunaprofiilit, lattiapinnat, tapetit, sähköjohtojen päällysteet, erilaiset kalvot ja levyt (Järvinen 2017).

PVC voidaan jakaa pehmeään ja kovaan PVC-muoviin. Erityisesti pehmeä PVC-jäte voi sisältää ftalaatteja pehmitteinä siinä määrin, että pitoisuuksiin pitää kiinnittää erityistä huomiota turvallisen kiertotalouden kannalta (Laine-Ylijoki ym. 2018). Pehmeässä PVC-jätteessä voi olla useaa eri ftalaattia, jotka ovat SVHC-aineiksi luokiteltuja (Fråne ym. 2019). Euroopassa PVC-pehmitteitä käytetään eniten kaapeleissa, kalvoissa, pressuissa ja lattiapinnoitteissa (Järvinen 2017). Myös SCCP:tä on käytetty pehmitteenä sekä palonestoaineena PVC:ssä ja muissa muoveissa (Glüge ym. 2016).

Esimerkki eri ikäisten rakennusten muovimatoista todetuista ftalaattipitoisuuksista on annettu kuvassa 19. Suomen ympäristökeskuksen tekemässä tutkimuksessa (Kauppi & Junttila, 2019 käsikirjoitus) neljästä muovimattonäytteestä analysoitiin bisfenoli-A, PBDE-yhdisteet, ftalaatit, HBCD ja SCCP, joista vain ftalaatteja havaittiin. Di-(2-etyyliheksyyli)ftalaattia (27–180 000 mg/kg) ja di-n-heksyyli-ftalaattia (34–1 100 mg/kg) havaittiin kaikissa neljässä näytteessä. Liitteessä 6 arvioidaan mahdollisuuksia rajoittaa ftalaattien esiintymistä uusiomuovimateriaaleissa.



Kuva 19. Ftalaattien havaitut pitoisuudet muovimattinäytteissä, logaritminen asteikko. (Kauppi & Junttila, 2019 käsikirjoitus)

6.3 Muovijätteen käsittely Suomessa

Jätteiden etusijajärjestyksen mukaan jäte on voitu sijoittaa kaatopaikalle vuoden 2012 alusta alkaen vain, jos sen hyödyntäminen ei ole teknisesti tai taloudellisesti mahdollista (jätelaki 8 §). Muovijätteen osalta velvoitetta korostaa valtioneuvoston asetus kaatopaikoista (331/2013), joka kieltää orgaanista ainesta yli 10 % sisältävien tavanomaisten jätteiden sijoittamisen kaatopaikalle 1.1.2016 alkaen (28 §). Rakennus- ja purkujätteen osalta kaatopaikka-asetuksen 10 % orgaanisen aineksen raja astuu voimaan 1.1.2020. Tätä ennen ei rakennus- ja purkujättekään saa kuitenkaan sisältää orgaanista ainesta yli 15 % vuoden 2016 alusta alkaen.

Toistaiseksi kuitenkin vain osalle muovilajeista on tuotantomittakaavan jätteiden hyödyntämistoimintaa Suomessa. Valtioneuvoston asetuksessa pakkauksista ja pakkausjätteestä (518/2014) säädetään, että vuoden 2016 alusta alkaen tuottajavastuu velvoittaa järjestämään pakkausmuoville erilliskeräyksen. Muovin kierrätysastetta pyritään nostamaan kokoajan ja EU:n uusimman pakkausjätedirektiivin ((EU) 2018/852) mukaan pakkausmuovien kierrätysprosentti tulisi olla 55 % vuoteen 2030 mennessä. Tällä hetkellä erilliskeräyspisteitä on Suomessa yli 600 ja kierrätysprosentti kasvaa vuosittain (Suomen Pakkauskierrätys RINKI Oy). Vuonna 2017 muovipakkauksia erilliskerättiin 35 152 tonnia, josta materiaalina kierrätettiin n. 39 % (Suomen virallinen tilasto (SVT): Jätetilasto).

Jotta kaikenlainen muovi saataisi hyödynnettyä ensisijaisesti muutoin kuin energiantuotannossa, muovijätteen keräys- ja kierrätysjärjestelmät ovat aktiivisen kehittämisen kohteina. Lisäksi sekalaisen muovijätteen vientikielto EU:n ulkopuolelle (lisäys Baselin sopimukseen 2019) vauhdittaa kierrätysjärjestelmien kehitystä. Muovijätteiden jätteenkierrätysluokittelun päättymiselle (EoW) ei ole annettu asetustasoisia säädöksiä EU-tasolla tai Suomessa, mutta tällaisen sääntelyn mahdollisuuksia mekaanisen ja kemiallisen muovin kierrätyksen osalta on ryhdytty tarkastelemaan Suomessa. Muovien moninaisuuden vuoksi niiden kierrättämiseen liittyviä kysymyksiä ja haitallisten aineiden merkitystä tässä kokonaisuudessa pidetään usein hankalasti hahmotettavana ja säänneltävänä asiana.

Hyödyntämisen kannalta haasteellisiksi muovijätteiksi on tunnistettu sekä tässä työssä, että jo aiemmin (esim. Laine-Ylijoki ym. 2018, Korhonen ym. 2018) lujite-muovit ja PVC.

6.3.1 Rakennusmuovien kierrätys

Tilastokeskus ilmoittaa vuoden 2016 jätetilastossaan rakentamisen toimialan tuottavan n. 7,8 % (6802 tonnia) kaikesta tavanomaisesta muovijätteestä (87361 tonnia) Suomessa (SVT: Jätetilasto). Tilaston ilmoittama luku pitää sisällään kaiken tavanomaisen (= ei vaarallisen) syntypaikkalajittelun muovin muovilajista riippumatta. Lukua tarkastellessa tulee huomioida, ettei muovin syntypaikkalajittelu rakennustyömailla ole vielä kaikkialla käytäntönä, vaan paljon muovia päätyy jätteenkäsittelylaitoksille sekajätteen seassa. Sekajätteessä oleva muovi ei näy muovijätetilastossa, joten todellisuudessa rakentamisesta syntyvän muovijätteen määrä on Tilastokeskuksen ilmoittamaa määrää suurempi. Esimeriksi Liikasen ym. 2018 selvityksessä muovin osuus sekalaisesta rakennusjätteestä todettiin olevan n. 18 % selvityksessä huomioiduista satunnaisista rakennusjätekuormista.

Osana CIRCWASTE-hanketta Karelia-ammattikorkeakoulu toteutti yhdessä Puhas Oy:n kanssa kaksi alustavaa selvitystä uudisrakennuskohteen työmaan jätteiden lajittelusta ja lajittelumotivaatiosta (Suonpää & Niemi 2019) ja erityisesti jätemuovien määrästä ja laadusta (Kinnunen & Kupiainen 2019). Kyseisellä työmaalla lajittelua suoritettiin tavallista tarkemmin rakennuttajan vaatimuksesta ja kaikki kierrätettävissä oleva jäte kerättiin erikseen. Esimerkiksi PVC:tä toimitettiin käytettäväksi uuden materiaalin valmistuksessa ja puristimen muovijätettä toimitettiin hyödynnettäväksi komposiitin raaka-aineena. Erityisesti muovilajien erottaminen toisistaan todettiin kuitenkin hankalaksi materiaaleista puuttuvien merkintöjen vuoksi. (Suonpää & Niemi 2019) Kinnusen ja Kupiaisen (2019) selvityksessä todetaan uuden kerrostalon keskivaiheen rakentamisessa muodostuvan selvästi eniten PE-LD muovia, jota käytetään pakkaus-,

suojaus- ja kalvomuovina. Selvityksessä todetaan tämän jakeen olevan helposti kierrätettävissä. Pakkausmuovien lisäksi uudisrakentamisesta voi syntyä muovijätettä esimerkiksi rakennusmuovien ylijäämäpaloista.

PlasticsEurope (2018b) antaa arvion kaikkien rakentamiseen liittyvien muovijätteen määrästä ja jatkokäsittelystä vuoden 2018 osalta EU:ssa (taulukko 9). Arviossa on eritelty eri muovilajit. Taulukon mukaan suurin osa rakennusalan muovijätteestä on PVC-muovia, joka enimmäkseen poltetaan osana energiantuotantoa. Kaikenkaikkiaan vuonna 2018 EU:ssa rakennusalan muovijätettä syntyi 1 760 000 tonnia, josta lähes puolet hyödynnettiin energiantuotannossa, noin neljäsosa kierrätettiin mekaanisesti ja viimeinen neljännes sijoitettiin kaatopaikalle.

Taulukko 9. Rakennusalan muovijätteen kohtalo polymeerityypeittäin EU:ssa (EU 28+2) vuonna 2018. Plastics Europe (2018b) mukaan.

Muovilaji	Jätteen kokonaismäärä		Hyödyntäminen					Loppusijoitus kaatopaikalle (yht.)	
			Yht.	josta mekaaniseen kierrätykseen		josta energiahyötykäyttöön			
	kt	%	kt	kt	%	kt	%	kt	%
PE-LD	90	5.1	70	24	27.0	46	51.0	20	22.0
PE-HD	225	12.8	164	54	24.0	110	49.0	61	27.0
PP	130	7.4	95	30	23.0	65	50.0	35	27.0
PS	30	1.7	21	2	7.0	19	64.0	9	29.0
EPS	140	8.0	95	13	9.0	83	59.0	45	32.0
PVC	910	51.7	683	309	34.0	373	41.0	228	25.0
Muut	235	13.4	172	18	7.5	154	65.5	63	27.0
Yht.	1 760	100.0	1 300	450	26.0	850	47.5	460	26.5

Yhtä tarkkaa tilastotietoa ei ole Suomesta. Rakentamisen muovijäte hyödynnetään Suomessa tällä hetkellä pääasiassa sekajätteen seassa energiantuotannossa. Purkutyömaalla monien rakentamisessa käytettävien muovien erottaminen muista materiaaleista on vaikeaa, mikä vaikeuttaa kierrätystä. Rakennusten muoveista suuri osa on maaleissa, liimoissa sekä levyjen, kattojen ja eristeiden sideaineissa ja vahvisteissa (Häkkinen ym. 2019). Tällaisten muovien kierrättäminen on hyvin vaikeaa.

Joillekin rakentamisen muovijätteille on järjestetty keräystoimintaa. Esimerkiksi muoviputkia (PE, PP, PVC ja PEX) kannustetaan kierrättämään erillisten keräyspisteiden kautta, jolloin putkijätettä hyödynnetään uusien putkien valmistuksessa (Muoviteollisuus ry:n putkijaosto 2018).

Eristeissä käytettyjen bromattujen palonestoaineiden ja PVC:ssä käytettyjen haitallisten lisäaineiden poistamista jätteistä erilaisin menetelmin on tutkittu paljon. Esimerkiksi EPS- ja PVC-jätteiden kierrätysmäärien kasvu ja erityisesti vanhoista rakennuksista peräisin olevien ja haitallisia aineita sisältävien jätteiden määrän kasvu, kannustaa keksimään ratkaisuja suurten jätemäärien turvalliseen hyödyntämiseen. (Janssen ym. 2016)

Rakennustuotteiden uudelleenkäytössä ja rakennusmuovijätteiden hyödyntämisessä tulee ottaa huomioon myös teknisen laadun pysyminen korkealla tasolla uudessa tuotteessa ja tälläkin tavalla taata materiaalin turvallisuus uudessa käyttökohteessa.

6.3.2 PVC- ja muovikomposiittijätteen kohtalo

Muovikomposiittijäte

Suomessa vuosittain syntyvästä lujitemuovijätteestä noin viidesosa on tuotantojätettä ja loput käytöstä poistettavia lujitemuovituotteita. Yhteensä jätettä syntyy 10 000 tonnia vuodessa. (Blom & Dufva 2016) Muovikomposiittijätteet ohjattiin vuoteen 2016 asti kaatopaikalle, sillä niitä pidetään haastavina jatkohyödyntämisen kannalta. Uusien säännösten voimaan astumisen jälkeen PVC-, (lasikuitu-) ja lujitemuovijätteille on haettu enenevässä määrin poikkeuslupia kaatopaikkasijoitusta varten, koska toimivia kierrätysratkaisuja ei ole (Korhonen ym. 2018). Lupaprosessin hitaus tuottaa yrityksille pitkiä, jopa vuosia kestäviä jätemateriaalin säilytysaikoja.

Koska komposiittituotteissa käytetään yleisimmin kertamuoveja, niiden kierrätysmahdollisuudet ovat lähinnä murskaaminen ja käyttäminen täyteaineena. Polymeeria ja lujitetta on vaikea erottaa toisistaan ja kappaleet ovat usein hankalan muotoisia ja kokoisia, mikä huonontaa mahdollisuutta käyttää jätettä osana energiantuotantoa (Laine-Ylijoki ym. 2018). Lisäksi palamattomat lujitteet ja täyteaineet muodostavat tuhkaa, joka vaatii loppusijoittamisen (Muoviteollisuus ry. 2014). Muovi- sekä puu-muovikomposiittijätettä voitaisi hyödyntää uusien komposiittien valmistuksessa (Siik ym. 2007) ja osa muovikomposiiteista saattaisi soveltua kemialliseen kierrättämiseen (Muoviteollisuus ry. 2014). Tällä hetkellä ei ole tarjolla taloudellisesti kannattavaa kierrätystapaa, vaikka osa menetelmistä on teknisesti mahdollisia (Siik ym. 2007)

Yhtenä jatkohyödyntämisvaihtoehtona on lisäksi esitetty lasikuitulujitteisen muovijätteen polttoa osana sementinvalmistusta (Muoviteollisuus ry. 2014, Blom ja Dufva 2016). Menetelmässä matriisimuovi toimii energianlähteenä polttoprosessille ja lasikuidut hyödynnetään sementin raaka-aineena. Prosessi on siis osittain jätemateriaalin hyödyntämistä. Lujitemuovijätteen tarkka määrä ei kuitenkaan ole tiedossa ja haas-

teita tällä tavoin hyödyntämiselle tuovat sementinvalmistuksessa käytettävälle materiaalille asetetut ehdot, lujitemuovijätteen alhainen määrä ja jätteen sijoittuminen maantieteellisesti hajanaisesti. Menetelmällä on kuitenkin sekä teknistä että taloudellista potentiaalia lujitemuovijätteen osittaiselle kierrättämiselle. (Blom ja Dufva 2016)

PVC-jäte

Pohjoismailla on erilaisia käytäntöjä PVC-jätteen käsittelyssä. Esimerkiksi Norjassa osa korjaus- ja purkurakentamisen PVC-jätteestä käsitellään vaarallisena jätteenä. Vuonna 2017 Norjassa kirjattiin 4500 tonnia ftalaatteja sisältävää jätettä, joka oli suurimmaksi osaksi pehmeää PVC-lattiapäällystettä. Tanskassa lajitellaan erikseen PVC-jäte. Rakennus- ja purkujätteen kova PVC kierrätetään, pehmeä viedään kaatopaikalle. (Fråne ym. 2019)

Suomessa ei toistaiseksi ole tarkkaa tilastotietoa pelkän PVC-jätteen määrästä eikä siten myöskään SVHC-ftalaattien määrästä PVC-jätteessä. PVC-jätettä ei merkittävässä määrin kerätä erikseen. Poropudas (2011) arvioi kaiken PVC-jätteen määräksi vuonna 2011 noin 25 000–33 000 tonnia. Osa jätteestä ei välttämättä tule ikinä, tai tulee vasta vuosikymmenten päästä, jätteenkäsittelyn piiriin, sillä esimerkiksi putkia jätetään paikoilleen maahan haudattuina (Fråne ym. 2019).

Haitallisten lisäaineiden lisäksi korjaus- ja purkujäte on usein likaista ja materiaaleja voi olla vaikea erotella toisistaan. Esimerkiksi PVC-putkissa voi olla kiinni eristevillaa, mikä vaikeuttaa mahdollista PVC-jätteen hyödyntämistä. Vähäisiä määriä PVC-jätettä voidaan polttaa sekajätteen seassa, mutta suurissa erissä ongelmaksi nousee jätteen sisältämä kloori, joka muodostaa HCl-kaasua palaessaan ja aiheuttaa polttokattilan korroosiota. (Scott 1996, Villanueva & Eder 2014, Korhonen ym. 2018) VTT arvioi (Laine-Ylijoki ym. 2018), että syntypaikkalajiteltu PVC- ja lujitemuovijäte voitaisi sijoittaa määräaikaisesti kaatopaikalle viranomaisen luvalla. Peitettynä jäte ei aiheuta ongelmia normaaleissa kaatopaikkaolosuhteissa, eli kun ei huomioida tulipalon aiheuttamaa poikkeustilannetta.

PVC:n kestävää käyttöä Euroopassa edistää VinylPlus-ohjelma, jonka vapaaehtoisen sitoumuksen ovat allekirjoittaneet useat PVC-teollisuuden toimijat. Vuonna 2011 julkaistussa sitoumuksessa on asetettu tavoitteita esimerkiksi kierrätysmäärille, päästöjen rajoittamiselle, lisäaineiden kestäväälle käytölle ja tiedon lisäämiselle (VinylPlus, A Voluntary Commitment).

7 Johtopäätökset

Johtopäätösten laadinnassa on sovellettu selvityksen tuloksia kaikille toimialoille, vaikka tapaustarkasteluna ja esimerkkeinä on käytetty rakennusmateriaali- ja muovijätteen hyödyntämistä. Toimialakohtaiset johtopäätökset on määritelty erikseen ja toimiala on mainittu.

7.1 Kiertotalous luo uusia haasteita kemikaalien hallintaan

Haitallisten aineiden hallinta kiertotaloudessa on tasapainoilua jätteiden hyödyntämisen ja kierrättämisen maksimoinnin ja ympäristöturvallisuuden välillä. Perinteisen ympäristön teollisuusperäisen ja pistekohtaisen saastumisen tarkkailun lisäksi on keskiyttävä entistä enemmän lähiympäristön kemikalisoitumisen estämiseen. Ympäristön kemikalisoitumista voi tapahtua sekä rakennetussa ympäristössä että luontoympäristössä, sillä altistus monille aineille tulee läheltä. Altistumme esimerkiksi kotiympäristössämme erilaisille palonsuoja-aineille. **Haitallisten aineiden hallinta kiertotaloudessa, ympäristön kemikalisoitumisen välttäminen ja vähentäminen tukevat suoraan useita YK:n kestävän kehityksen tavoitteita niin materiaalitaloudessa, ihmisen hyvinvoinnissa kuin luontoympäristön suojelussakin.** Tuleville sukupolville on taattava mahdollisuus turvalliseen ympäristöön, joten vaarallimmat aineet, kuten lisääntymisriskin vaikuttavat tai perimää muuttavat aineet, on saatava pois materiaalikierroista.

7.2 Vaarallisia aineita sisältävät jätevirrat voidaan hyödyntää energiana

Haitallisten aineiden hallinta kiertotaloudessa käsittää eritasoisesti haitallisia tai vaarallisia aineita. Pysyvät, kertyvät ja kulkeutuvat vaaralliset aineet on poistettava materiaalikierroista POP-asetuksessa säädettyllä tavalla. Kierrätyskelpoisissa materiaaleissa olevien muiden haitallisten aineiden osalta voimme miettiä, mikä on se kemikalisoitumisen taso tai kemikaalien yhteisvaikutus, joka ei aiheuta merkittäviä haitallisia vaikutuksia ihmisissä tai ympäristössä.

Luontoympäristössä tapahtuu positiivista kehitystä, pitoisuuksien vähentymistä, kemikaalien rajoitusten myötä. Tästä esimerkkinä on ympäristöstä löytyvien PCB-yhdisteiden pitoisuuksien pieneneminen sen jälkeen, kun PCB-öljyjen valmistus kiellettiin. Ilmastonmuutos voi kuitenkin tuoda haasteita hallita vanhojen, jo kiellettyjen aineiden päästöjä maaperästä, kaatopaikoilta ja jäätiköistä, mikäli aineita vapautuu uudelleen kiertoon muuttuvan ilmaston myötä. Tämän vuoksi **on varmistettava, että kierroista poistettavat vaaralliset yhdisteet tuhotaan asianmukaisesti, jotta varastot luonnossa eivät kasva.**

Potentiaalisten riskiä aiheuttavien materiaalivirtojen poistaminen kierrosta polttamalla on tärkeää, vaikka massapohjaiset kierrätystavoitteet jäisivätkin joiltain osin saavuttamatta. Jos haitallisia aineita ei saada poistetuksi materiaalikierroista, ne lisäävät väestön kemikaalikuormaa. Nykytiedon perusteella jäteperäisten materiaalien käytön lisääntymisen merkitystä muuhun kemikaalialtistukseen verrattuna on vaikea arvioida, samoin kuin lisääntymisen merkitystä väestön terveyteen. Kuten luontoympäristössä, aineilla voi olla negatiivisia vaikutuksia ihmisen lisääntymisterveyteen, yksilönkehitykseen, immuunivasteeseen ja perimätekijöihin. Aineilla voi olla myös yhteisvaikutuksia, joita ei tunneta.

7.3 Haitallisten aineiden hallinta turvallisessa kiertotaloudessa

Tuotteiden uudelleenkäytön, korjaamisen ja jätteiden hyödyntämisen huomioiva suunnittelu mahdollistaa tulevaisuudessa turvallisen jätteiden hyödyntämisen ja kierrätyksen. Erilaiset materiaalit pitäisi olla helposti erotettavissa toisistaan (design for deconstruction / recycling). Kun kemikaalitieto siirtyy tuotteen mukana myös uudelleen käyttöön ja materiaalin jättevaiheeseen, voidaan haitallisia tai vaarallisia aineita sisältävät osat erotella hävitettäväksi ja kierrättäähaitta-aineeton materiaali. Jätteitä, joiden kemikaalisisältöä ei tiedetä, voidaan hyödyntää energiaksi. Tuotteiden haitallisten aineiden pitoisuuksiin voidaan vaikuttaa hitaasti uusien tuotteiden tuotesääntelyllä. Kun kiertotalouden tavoitteet on huomioitu jo suunnitteluvaiheessa, uudelleenkäyttö tai jäteperäisten materiaalien hyödyntäminen on turvallista.

Haitalliset aineet voidaan yrittää korvata muilla aineilla, jotka eivät aiheuta yhtä suurta riskiä. Haitallisten aineiden substituution mahdollistavassa yhteistyössä tarvitaan tukea yrityksille: tiedon jakamista vaarallisista aineista, neuvontaa haitattomista vaihtoehdoista ja kotimaisia tietotalustoja, joista korvaavia kemikaaleja voisi etsiä. Yritysten on saatava tieto korvaavista aineista helposti.

Olemassa olevan sääntelyn parempi hyödyntäminen (mm. materiaalien käytön ohjaaminen ekosuunnitteludirektiivin perusteella annettavissa täytäntöönpanotoimenpiteissä) voi tuoda parannuksia pitkällä aikavälillä. Se kuitenkin edellyttää kansallisesti panostuksia toimenpiteiden laadintaan.

Lyhyen elinkaaren tuotteissa voitaisiin siirtyä nopeastikin jätteiden turvalliseen hyödyntämiseen. Pitkäikäisissä tuotteissa, kuten esimerkiksi rakennusmateriaaleissa, vaarallisia aineita voi olla purettavissa kohteissa vielä vuosikymmeniä.

Tulevia haitallisten aineiden hallintakeinoja olisi hyvä pilotoida mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Julkisissa hankinnoissa voidaan käyttää jo nyt yhtenä perusteena ympäristönäkökohtia, joten myös kierrätettävyys ja ympäristön kemikalisoitumisen estäminen voidaan huomioida.

7.4 Oikea tiedonsaanti olennaisinta

Tuotteiden koostumustiedon tulee välittyä läpi koko arvoketjun. Tiedon on siirryttävä tuotteen mukana myös kierrätys- ja jätteenkäsittelyvaiheeseen. Oleellista olisi selkeyttää kierrättämiseen ja jätteiden hyödyntämiseen liittyvää terminologiaa ja systematisoida järjestelmä. Tämä edistäisi koko kierrätystoiminnan kehitystä.

Lisäpanostusta tarvitaan ohjeistamiseen ja kouluttamiseen jätteiden turvallisesta tuoteistamisesta, sekä tuotteistamisen valvontaan. Lupaviranomaiset tarvitsevat päätöksenteon tueksi mm. toimialakohtaista tietoa ja ohjeistusta haitallisista aineista ja uusista prosesseista.

Vuonna 2017 tarkistettu Kansallinen vaarallisia kemikaaleja koskeva ohjelma ja Kansallinen kemikaaleja koskeva viestintäsuunnitelma 2018–2019, ovat kiinnittäneet paljon huomioita kiertotalouteen liittyvän kemikaalitiedon välittämiseen oikeille kohderyhmille. Jo suoritetuista toimista huolimatta tietoa vaarallisista aineista on tarjolla liian vähän. Tarvitaan lisää tutkimustietoa siitä, missä materiaaleissa haitallisia aineita on, miten nämä aineet kulkeutuvat materiaalivirroissa, minne on muodostunut varastoja sekä miten näille aineille altistutaan ja kuinka tätä altistusta voitaisiin estää. Tämän lisäksi pitäisi löytää keinoja myös jakaa nykyistä, vaikkakin hajanaista, tietoa POP- ja SVHC-aineista helposti ymmärrettävällä tavalla. Tutkitun tiedon puute ja hajanaisuus vaikeuttavat viestintää. Tarvitaan riittävät resurssit kerätä ja välittää tietoa sekä toteuttaa tiedostuskampanjoita eri kohderyhmille. Tarvitaan erilaista viestintää erilaisille kohderyhmille, kuten esimerkiksi asiantuntijoille, viranomaisille ja kansalaisille.

SIRKKU-hankkeen toimialoilta saaduissa kyselyvastauksissa ja työpajoissa käydyissä keskusteluissa nousi esille, että vaikka yrityksillä on jo kemikaaliosaamista, lisää tietoa haitallisista aineista kaivataan edelleen. Monet yritykset kokivat, että tarvitaan myös konkreettista neuvontaa ja ohjausta sekä koulutusta. Jo olemassa olevan tiedon saattaminen viestinnällisesti ymmärrettävään muotoon vaatii resursseja ja vuorovaikutusta toimialojen kanssa.

Koulutusta ja tiedottamista on kehitettävä aktiivisesti. Tietoa POP- ja SVHC-aineista pitäisi tuoda eri koulutusasteille, erityisesti ammattikouluihin, ammattikorkeakouluihin ja yliopistoihin. Tämän lisäksi koulutusta tulee järjestää jo työelämässä oleville. Viranomaisilla ja toimialojen etujärjestöillä on merkittävä rooli tiedon välittämisessä toimialoille.

Yrityksillä on erilaiset resurssit tiedon hankintaa varten. Pienillä yrityksillä voi olla vähemmän taloudellisia mahdollisuuksia perehtyä tietoihin haitallisista aineista tai lainsäädännöstä. Tietoa pitäisi olla tarjolla riittävän helpolla tavalla ja sitä pitäisi osata vaatia toimitusketjusta. On myös huomioitava yritysten erilaiset tarpeet ja mahdollisuudet kouluttaa työntekijöitä.

Tulevaisuudessa on tärkeää **kehittää menetelmiä, joilla tuotteita voidaan jäljittää** (merkinnät, tuotepassit). Näiden menetelmien avulla voidaan myöhemmin tunnistaa tuotteiden ja materiaalien koostumus. Rakennusten tietomalleihin (Building information modelling) voidaan tallentaa tuotekohtaisia tietoja, joiden perusteella voidaan purku- tai korjaustoiminnassa tunnistaa turvalliset kierrätyskelpoiset materiaalit ja tuotteet.

Rakentamisessa vaarallisten aineiden hallintaa kiertotaloudessa voidaan parantaa niin sanotulla rakennusten tuoteselosteella. Näin voidaan rakennuksen sisältämät rakentamis- tai korjausvaiheessa käytetyt materiaalit ja kemikaalit olisivat tiedossa myös rakennuksen purkuvaiheessa.

Tiedon jakamista yritysten välillä pitäisi edistää ja yhteistyön mahdollisuuksia pitäisi tukea esimerkiksi helpottamalla tiedon löytämistä haitallisia aineita korvaavista haitattomista vaihtoehdoista. Tällä hetkellä korvaamisesta, ns. haitallisten aineiden substituutiosta löytyy tietoa mm. englanninkielisiltä internet-sivuilta (IPChem – the Information Platform for Chemical Monitoring <https://ipchem.jrc.ec.europa.eu/RDSIdiscovery/ipchem/index.html>). Toisaalta toiminnot voivat muuttua ja haitalliset aineet jäädä pois materiaalikierroista, tai niiden käyttö voi merkittävästi vähentyä esimerkiksi kulutajakäyttötymisen muutosten vuoksi.

SVHC-aineista ei tiedetä riittävästi. Niiden esiintymistä ympäristössä pitäisi selvittää joko ympäristötarkkailuissa tai kertaluontoisten kartoitusten avulla. Ensisijaisena olisivat pysyvyyden, kertyvyyden ja hormonivaikutusten perusteella listatut SVHC-aineet. Erityisen tärkeää olisi selvittää SVHC-aineiden esiintymistä ympäristössä kiertotalouslaitosten ja niiden keskittymien läheisyydessä.

Toimialakohtaista viestintää:

Kullekin toimialalle olisi löydettävä vaikuttaja- ja yhteistyötahoja viestintään ja erilaisia viestinnän muotoja mm. hyödyntämällä digitalisaatiota ja visualisointia. Toimialojen etujärjestöillä on tärkeä rooli tiedon välittämisessä yrityksille.

Kierrätettävistä rakennusmateriaaleista voidaan jakaa tietoa rakennusalalle esimerkiksi rakennusmateriaalien tietopankin välityksellä ja purkukartoitusmenettelyn yhteydessä.

Muoviteollisuudessa verkostoitumista ja tiedon jakamista voitaisiin toteuttaa New Plastics Center -toiminnan yhteydessä.

Lähtökohdat rakentamisen muovijätteiden hyödyntämiseen ovat paremmat, kun niiden koostumus on tiedossa ja materiaalit pystytään pitämään puhtaina ja kuivana. Tarvitaan siis tutkimusta ja menetelmäkehitystä keräystä ja kierrätystä varten..

7.5 Uusia teknologioita tarvitaan

Vaarallisia aineita on vaikea poistaa materiaalien jätevaiheessa, mikäli näitä aineita ei voida luotettavasti tunnistaa. Erityisesti nopeiden tunnistamismenetelmien kehittäminen edistäisi turvallista jätteiden hyödyntämistä, sillä niitä voisivat hyödyntää sekä materiaalien kierrättäjät että esimerkiksi rakennusten haitta-ainekartoitusta tekevät asiantuntijat. Myös luotettavien näytteenottomenetelmien ja laboratorioanalyysien saaminen erilaisista matriiseista olisi olennaista turvalliselle kiertotaloudelle. Tällä hetkellä vaarallisten aineiden tunnistamiseen soveltuvia menetelmiä on maa- ja vesinäytteille. Esimerkiksi useille rakennusmateriaalien haitallisten aineiden analyyseille voi olla vaikea löytää akkreditoituihin menetelmin tehtävää laboratorioanalytiikkaa. Olisi siis kehitettävä vaarallisten aineiden tunnistamiseen soveltuvia menetelmiä ja ohjeistusta tulkintaan.

Haitallisten ja vaarallisten aineiden hallinta edellyttää mittaustuloksia ja niiden tulkintaa. Laboratorioanalytiikkaa tarvitaan myös siihen, että saamme ajanmukaisen ja tarkemman kuvauksen haitallisten aineiden käyttäytymisestä käsittelyketjuissa, esimerkiksi rakennusmateriaalin purkamisesta kierrätykseen ja uudeksi materiaaliksi. Ilman selkeää kuvausta haitallisten aineiden kulkeutumisesta tai muuntumisesta jätteen hyödyntämisen yhteydessä, emme voi myöskään tarkkaan määrittellä riskiä työntekijöille tai jäteperäisen materiaalin käytölle.

Näytteenoton ja kemiallisen analytiikan parantamisen lisäksi **on kehitettävä teknologisia ratkaisuja materiaalien erottamiseksi toisistaan ja toisaalta kemikaalien erottamiseksi materiaaleista.** Koska soveltuvia tunnistusteknologioita ei ole käytävissä, materiaalien erotus joudutaan toteuttamaan toisarvoisten ominaisuuksien pohjalta. Tällöin kierrätykseen kelpaavaa materiaalia voi päätyä hävitykseen, mikä laskee samalla kierrätysastetta. Toisaalta haitallisia aineita sisältäviä jätemateriaaleja voi päätyä uusiin tuotteisiin. Toisarvoisena tunnistuskeinona käytetään esimerkiksi kirjallisuustietoja ja oletuksia tuotteen iästä ulkomuodon perusteella tai vastaavasti partikkelien tiheyttä prosessoinnissa. Tämän vuoksi onkin tärkeää kehittää tunnistusteknologioita edelleen myös yhdistetasoiseen tunnistamiseen ja kasvattaa ymmärrystä ja tietoa siitä, missä tuotteissa ja näin ollen jätejakeissa POP-yhdisteitä on. Polton rinnalle muodostuvien käsittely- ja hävitysteknologioiden kehitys voi avata uusia mahdollisuuksia myös materiaalipohjaiselle hyödyntämiselle.

Tämänhetkisten lopputuotemarkkinoiden lisäksi tarvitaan tosin vielä selvitystä POP-yhdisteiden käyttäytymisestä kaupallisen mittakaavan jatkuvatoimisessa jätteen hyödyntämisen toimintaympäristössä (koko käsittelyprosessin osalta).

Panostamalla korvaaviin materiaaleihin saadaan ympäristö-, terveys- ja liiketoimintahyötyjä. Innovaatiotuen ohella korvaavien materiaalien (ja tuotteiden) kehittämistä edistää sääntely-ympäristön tuki: on arvioitava, miten olemassa oleva sääntely-ympäristö edistää tai estää uusien materiaalien markkinoille tuomista ja turvallisuuden takaamista. Kun kehitetään vaarallisten aineiden korvaamista muilla aineilla, on myös varmistettava korvaavien aineiden turvallisuus. Tuotteiden käyttöön liittyvää kestävyttä pitäisi kehittää. Samalla olisi huomioitava eri aineiden yhteisvaikutukset.

Muovitoimialalle on kehitettävä menetelmiä kertamuovien jätehuoltoon ja komposiittien kierrättämiseen ja hyödyntämiseen. Tällä hetkellä potentiaalia on esimerkiksi sementinvalmistuksessa, jossa muoviosa toimii energian lähteenä ja lasikuitu lujitteena sementissä. Yleisesti muovin kierrättämisen tehostamiseen tarvitaan sekä kannusteita että valvontaa.

Haitallisten aineiden valvonta uusista materiaaleista ja jo käytössä olevista materiaaleista valmistetuissa tuotteissa vaatii resursseja. Äskettäin SVHC-aineiksi tunnistettuja

aineita voi löytyä myös kauan markkinoilla olleista tuotteista. On tärkeää, että yritykset tunnistavat haitallisiin aineisiin liittyvät velvoitteensa esimerkiksi toimitusketjun tiedonkulussa, ja että saatavilla on opastusta näihin liittyen (Tukes/aineet esineissä).

7.6 Sääntely avainasemassa

Kiertotalouden ohjauskeinot eivät ole vielä kovin kehittyneitä. Kemikaalisääntelyssä eri kemikaaleille asetetut vaatimukset ja rajoitukset voivat olla esteenä jäteperäisten materiaalien kierroille. Vaikka tuotannossa ja tuotteiden sääntelyssä haitallisille aineille on asetettu jonkin verran velvoitteita ja jätehuoltosektorikin ottaa huomioon haitalliset aineet jollain tasolla, ei niitä koskeva sääntely kovin vahvasti ohjaa kiertotaloutta kohti.

Kemikaalisääntelyllä on kuitenkin olennainen asema kiertotaloudessa, sillä se takaa materiaalien ja tuotteiden turvallisuuden ihmisten terveydelle ja ympäristölle. Esimerkiksi TUKES on tarkastellut loppuraportissaan ”Kiertotalouslaitosten turvallisuusriskit” (TUKES 2018) lainsäädännön kehittämistarpeita kiertotalouden tavoitteiden saavuttamiseksi erityisesti hyödynnettävien materiaalien käsittelyn turvallisuuden näkökulmasta.

Jätesääntelyssä asetetaan lukuisia kiertotaloutta koskevia velvoitteita. Esimerkiksi EoW-sääntely auttaa hyödyntämään jäteperäisiä materiaaleja poistamalla ne jätesääntelyn soveltamisalan piiristä. Tiukka erottelu jäte-, tuote- ja kemikaalisääntelyn välillä on aiheuttanut ongelmia kiertotalouden tavoitteiden edistämiseksi. Esimerkiksi kemikaalitieto ei ole usein käytettävissä jätteenkäsittelyn yhteydessä. Lisäksi haitallisten aineiden tunnistaminen jätehuollossa on vaikeaa ja aiheuttaa kustannuksia toimijoille ja riskejä ihmisten terveydelle ja ympäristölle. **Sääntelyä tulisi kehittää siten, että se tukee nykyistä tarkempaa tiedonkulkua materiaalien haitallisista ominaisuuksista jätevaiheen aikana.**

Kiertotalous edellyttää päätöksiä. Päätöksentekoprosessien nopeuttaminen on avainasemassa materiaalien hyödyntämiselle ja uuden kiertotaloutta edistävän väkän ja ennakoitavan liiketoimintaympäristön luomiselle. Etenkin jätteiden jätteenkierron luokittelun päättymisen menettelyjen luomisesta kansallisesti ja tapauskohtaisesti tulee vauhdittaa asiasta jo aiemmin tehtyjen selvityksien perusteella (Kauppila ym. 2018). **Päätöksenteko tarvitsee tuekseen tietoa.** Tiedon tuottaminen edellyttää puolestaan teknologioita ja menetelmiä tutkia ja selvittää. On edistettävä voimakkaasti sekä päätöksentekoa tukevan tiedon tuotantoa että sen tarvitsemaa teknologiakehitystä.

Kaikki mahdolliset kemikaalilainsäädännön ja kiertotaloustavoitteiden välillä tehdyt kompromissit saattavat lisätä haitallisten aineiden läsnäoloa tulevaisuuden materiaali-
virroissa ja aiheuttaa ongelmia tuleville sukupolville. Esimerkiksi lainsäädäntö bromat-
tujen palonsuoja-aineiden osalta on selkeä, mutta käytännössä toimijat eivät analysoi
vaarallisia yhdisteitä, vaan prosessissa materiaalihyödyntämiseen hyväksyttävät ma-
teriaalit arvioidaan silmämääräisesti. Vaikka perinteisen kiertotalouden kiertojen edis-
tämistä koskevan tavoitteen kannalta suunta olisikin väärä, niin haitallisiin aineisiin on
kiertotaloudessa suhtauduttava varautuneesti. Yhtenä väliaikatavoitteena voitaisiin pi-
tää vaarallisten aineiden, kuten POP-yhdisteiden poistamista materiaalikierroista.
Tässä mallissa jätevirrat, joista haitallisia aineita ei ole mahdollista tunnistaa ja ero-
tella, hyödynnettäisiin materiaalin sijasta energiana. Esimerkiksi REACH-asetuksen
lupa- ja rajoittamismenettely ja POP-sääntely ohjaavat materiaaleja usein tähän suun-
taan. Tilanne nykysääntelyssä on se, että jäteperäisiä materiaaleja koskevat samat
kemikaalisääntelyn rajoitteet kuin neitseellisiä materiaalejakin eräin poikkeuksin. Tur-
vallisia materiaalivirtoja edistäisi kaikista eniten substituutio eli se, että tuotteiden ja
materiaalien haitalliset aineet saataisiin korvattua haitattomilla aineilla, mikä pitää kier-
rot puhtaina.

Kiertotalouden sääntelyssä tulisi pyrkiä vaikuttamaan tuotteiden elinkaareen jo mah-
dollisimman varhaisessa vaiheessa. On helpompi alusta asti käyttää mahdollisimman
vähän haitalliseksi tunnistettuja aineita. REACH-asetuksen yhtenä tarkoituksena on
edistää haitallisimpien aineiden korvaamista vähemmän haitallisilla. Tätä voitaisiin oh-
jata myös ekosuunnittelusääntelyllä, mutta tähän mennessä sääntelyssä ei ole ase-
tettu kyseisiä vaatimuksia. Näin ollen vaikuttaminen esimerkiksi usein pitkäikäisten ra-
kennustuotteiden kiertojen turvallisuuteen on myös hyvin hidasta.

Joissakin tapauksissa julkisissa hankinnoissa voidaan edistää ympäristönäkökohtien
huomioon ottamista kuten haitallisten aineiden hallintaa ja materiaalien kierrätettä-
vyyttä nopeammin kuin ekosuunnittelusääntelyn kautta. Julkisissa hankinnoissa voi-
daan hankintaperusteena käyttää ympäristönäkökohtia, joissa voidaan ottaa huomi-
oon haitalliset aineet ja jätteen hyödynnettävyys. Vaarallisia aineita, esimerkiksi
SVHC-aineita välttävät julkiset hankinnat voisivat toimia esimerkkinä yritysten han-
kinnoille.

Tietoa materiaalien haitallisista aineista voidaan kerätä myös jäte- tai kemikaalisään-
telyyn liittymättömin keinoin, kuten rakennusteollisuudessa purkumateriaalikartoituk-
sen avulla, ns. rakennusten tuoteselosteella. Rakennusmateriaalien tietopankilla voi-
daan auttaa haitallisten aineiden tunnistamista ja rakennusmateriaalien asianmukaista
käsittelyä. Näiden keinojen avulla voidaan helpottaa rakennusmateriaalille sopivien
käsittelytapojen löytämistä ja tukea yrityksiä esimerkiksi haitallisten aineiden analy-
tiikka ja erotteluprosessia koskevien toimintatapojen kehittämisessä. Myös **erilaiset**

ympäristömerkinnät voisivat toimia ohjauskeinoina haitallisten aineiden tunnistamisessa ja asianmukaisessa käsittelyssä. Vaarallisia kemikaaleja koskevaa tietoa onkin liitetty jo lukuisiin tuotteisiin CLP-asetuksen merkintöjen avulla.

Purkumateriaalikartoituksessa vaarallisia aineita sisältävien materiaalien ja tuotteiden tunnistamisessa on oleellista purkumateriaalikartoittajan tietämys eri vuosikymmenillä käytetyistä rakennusmateriaaleista ja niiden mahdollisista vaarallisista aineista (esim. pinnoitteissa, liimoissa) ja eri aikoina käytetyistä rakennusmenetelmistä ja purku- ja korjaustoiminnassa käytetyistä menettelyistä (esim. eri materiaalien erottelumahdollisuuksista).

7.7 Työturvallisuuden huomioiminen kiertotaloudessa

Haitta-aineet korjausrakentamisessa ja purkutyössä

Kun korjaushankkeen tai purkutyön tilaaja valitsee päätoteuttajaa, tilaajan on edellytettävä ja sovittava, että toteuttajan toiminta täyttää tilaajan asettamat turvallisuusmääräykset. Kun rakennuksen korjaus- ja purkutyön eri vaiheita ulkoistetaan alihankkijoille, on hankkeen päätoteuttaja vastuussa myös rakennustyömaan alihankkijoiden työturvallisuudesta. Kun päätoteuttaja puolestaan valitsee alihankkijaa, päätoteuttajan on edellytettävä ja sovittava, että alihankkijan toiminta täyttää tilaajan asettamat turvallisuusmääräykset. Sopimuksiin täytyisi kirjata vastuu myös vuokratyöntekijöiden ja muiden tilapäistyöntekijöiden turvallisuudesta huolehtimisesta työturvallisuuslainsäädännön mukaisesti. Aluehallintoviraston pitäisi pystyä valvomaan tehokkaammin työmaita, joilla työskentelee määräaikaista työntekijöitä.

Työturvallisuuden kannalta on tärkeää, että purkusuunnittelijat ja turvallisuuskoordinaattorit koulutetaan huomioimaan myös muut rakennusmateriaalien sisältämät haitta-aineet, kuin asbesti, PAH, PCB ja lyijy, jotta he voivat suunnitella työt mahdollisimman turvallisiksi toimijoille ja ohjata rakennusmateriaalien lajittelua hyötykäyttöön. Rakennusvalvonnan tulisi tarkistaa, että purkusuunnitelmassa on arvioitu rakennusmateriaalien sisältämien haitta-aineiden aiheuttamat riskit ja niiden hallintakeinot. Näiden tietojen tulee sisältyä myös rakennustyön aloittamisilmoitukseen, joka annetaan aluehallintoviranomaiselle. Rakennustyön tilaajan tulee varmistaa nykyistä paremmin, että rakentamisen toimijat ovat päteviä tekemään terveydelle vaarallisia töitä ja että he osaavat huomioida myös lähiympäristön turvallisuuden.

Haitta-ainekartoitusten tulisi olla pakollinen työvaihe kaikissa purkutöissä ennen töiden aloittamista, koska ne ovat oleellinen osa purkutyöhön liittyvää riskinarviointia. Haitta-ainekartoittajien arvioinneilla, heidän ottamillaan materiaalinäytteillä ja niistä saatavilla tuloksilla vaikutetaan vahvasti materiaalien lajitteluun ja jatkokäsittelyyn sekä työntekijöiden ja ympäristön turvallisuuteen. Tieto siitä, esiintyykö purkumateriaaleissa POP-yhdisteitä, SVHC-aineita tai muita terveydelle haitallisia yhdisteitä on tärkeää etenkin purkutyöntekijöiden turvallisuuden kannalta. Työperäisten riskien arvioinnin ei tule perustua pelkästään materiaalin ympäristökelpoisuuden enimmäispitoisuusrajoihin, koska haitta-aineen pitoisuuteen työilmassa vaikuttavat työstettävän materiaalin lisäksi käytettävä työmenetelmä ja muut työolosuhteet.

Rakennuksen haitta-ainekartoittajia tulisi kouluttaa huomioimaan rakennusmateriaalien sisältämät POP- yhdisteet, SVHC-aineet ja muut mahdolliset haitta-aineet. Haitta-ainekartoittajilla tulisi olla soveltuva koulutus työhönsä ja vahvistettu todistus osaamisestaan (esim. pätevyyden osoittava henkilösertifikaatti). Haitta-ainenäytteitä analysoivilta laboratorioilta tulee vaatia samalla tavoin riippumattoman tahon toteamaa pätevyyttä eli akkreditointia. Haitta-ainekartoitustyön helpottamiseksi eri tahojen julkaisemia rakennusmateriaalitietoja pitäisi päivittää Internettiin niin, että tiedoista olisi helppoa tarkistettavissa käytössä olleiden ja olevien rakennusmateriaalien tuotesisällöt.

Myös rakennustyömaiden työntekijät ja esimiehet kaipaavat lisätietoa pölyn mukana kulkeutuvista, terveydelle haitallisista aineista. Heille on annettava taustatietoja ja kerrottava, mitä haittavaikutuksia ja seuraamuksia on, jos he eivät toimi turvallisuusohjeistuksen mukaisesti. Erityisesti yhteisillä työpaikoilla on kiinnitettävä huomiota kommunikointiin, perehdytykseen ja eri osapuolten vastuiden ja velvollisuuksien selväksi tekemiseen.

Jäteperäisiä materiaaleja käsiteltäessä pölyntorjunta voi olla haastavaa. Jos ei pystytä toteuttamaan teknisiä torjuntatoimenpiteitä vaara- ja haittatekijöiden poistamiseksi eikä työntekijöiden altistumista saada vähennettyä työjärjestelyillä, niin työntekijöitä tulee ohjeistaa henkilösuojainten oikeaan käyttöön. Myös purkurakennuskohteen vieressä asuvia ja muita toimijoita tulee tiedottaa laajasti mahdollisen pölyaltistumisen riskeistä ja niiden välttämiskeinoista.

Jäteperäisten materiaalien lajittelu ja esikäsittelyt

Syntypaikkalajittelun merkitys on suuri ja sillä voidaan ennaltaehkäistä riskejä jätteidensä hyödyntämisessä. Toimivaa syntypaikkalajittelua on kehitettävä laitosmaisena lajit-

telun sijaan, koska sekalaisen jätteen joukosta materiaalien lajittelu lisää työntekijöiden työturvallisuusriskejä varsinkin sisätiloissa. Kierrätettävien, orgaanista ainesta sisältävien materiaalien kostumista on vältettävä lajittelun ja varastoinnin aikana, jotta materiaalit eivät kontaminoidu bakteereilla ja homesienillä. Tämän vuoksi kosteudelle herkät materiaalit on säilytettävä kuivissa olosuhteissa lajitteluhetkestä hyötykäyttöön saakka.

Riskien hallintaan tarvitaan jäteperäisten materiaalien turvalliset keräys-, lajittelu- ja prosessointimenetelmät. Uusien toimintojen suunnitteluvaiheessa olisi kiinnitettävä nykyistä enemmän huomiota prosessien turvallisuuteen, koska riskien tultua jo todelliseksi, on suojaustoimenpiteiden toteuttaminen kallista ja vaikeaa. Sisätiloissa tapahtuvat materiaalien siirtelyt, kuormaus- ja lastin purkuvaiheet, seulonnat sekä muu erotelu ja murskaus voivat levittää epäpuhtauksia herkästi ilmaan ja työympäristöön riippuen mm. materiaalin laadusta, tilan ilmanvaihdosta ja siivouskäytännöistä. Terveydelle haitallisten epäpuhtauksien leviämistä työympäristöön ja niille altistumista tulee välttää ensisijaisesti teknisin torjuntatoimenpiteiden avulla. Prosessien automatisointi, kotelointi, osastointi ja niiden ohjaaminen esim. valvomosta vähentää merkittävästi työntekijöiden altistumista haitallisille aineille. Prosessien häiriö- ja huoltotilanteissa työntekijöiden on käytettävä tehtävään soveltuvia henkilösuojaimia.

Jäteperäisten materiaalien hyödyntäminen

Hyödynnettävien jätteiden koostumuksen tunteminen on kaiken lähtökohta. Jäteperäisten materiaalien kanssa työskenteleville tarvitaan koulutusta POP- ja SVHC-aineista, niiden aiheuttamista terveysriskeistä ja riskien hallintakeinoista.

Jäteperäisten materiaalien käytön osalta on ongelmallista, jos pakkausmerkinnät ja käyttöturvallisuustiedotteet puuttuvat. Lisäksi aikaisemman käytön aikana materiaaliin on saatettu lisätä toista komponenttia tai materiaali on saattanut kontaminoitua muilla kemikaaleilla tai haitta-aineilla. Jäteperäistä materiaalia vastaanottavan yrityksen olisi teetettävä haitta-aineanalyysit tai vaadittava haitta-aineanalyysitodistus materiaalkuormista ennen niiden sekoittamista muuhun materiaaliin, jotta jäteperäinen raaka-aineen laatu pysyy hyvänä ja turvallisena jatkokäyttäjille. Tämä seikka tuo lisäkustannuksia materiaalien uudelleen hyödyntämiseen, mutta lisää samalla jäteperäisiä materiaaleja käsittelevien työntekijöiden työturvallisuutta.

Tuntematonta materiaalia prosessoitaessa työilmaan saattaa vapautua haitallisia haihtumis- ja lämpöhajoamistuotteita. Lämpöhajoamistuotteista voi olla tietoa saatavilla, jos raaka-ainemateriaali tunnetaan. Muissa tapauksissa haihtumis- ja lämpöhajoamistuotteiden ilmapitoisuudet on mitattava työympäristöstä ja arvioitava niiden aiheuttamat riskit työntekijöille.

Työntekijöiden altistumisen seuranta

Työntekijöiden ja väestön altistumisen seurantaan tarkoitettuja biomonitorointimenetelmiä pitäisi käyttää enemmän terveydenhuollossa. Altistuneiden henkilöiden pitkäaikaisseurantaa tarvitaan etenkin ftalaateille, bisfenoleille ja bromatuille palonestoaineille, jotta tunnettaisiin paremmin niiden aiheuttamat terveysriskit. Laajasti käytetyn HBCD:n arviontiin on kehitteillä menetelmiä, joita pitäisi hyödyntää työntekijöiden ja väestön altistumisen selvittämiseksi. Lisäksi arviointia on kehitettävä myös toiselle yleiselle, mutta heikosti tunnetulle aineryhmälle eli klooriparafiineille.

Syöpävaarallisille aineille mahdollisesti altistuvat työntekijät tulisi kirjata Työterveyslaitoksen ylläpitämään ASA-rekisteriin myös kiertotalouden toimialoilla tai kierrätysmateriaaleihin liittyvissä työtehtävissä.

Alle 18-vuotiaita tai raskaana olevia ei tule käyttää työhön, jossa on mahdollisuus altistua POP-, SVCH-aineille tai muille terveydelle haitallisille yhdisteille.

7.8 Ympäristön ja väestön altistuminen

SVHC-aineista ei tiedetä riittävästi ja niiden leviämistä ympäristöön pitäisi selvittää, joko ympäristötarkkailuissa tai kertaluontoisten kartoitusten avulla. Ensisijaisena olisivat pysyvyyden, kertyvyyden ja hormonivaikutusten perusteella listatut aineet. Erityisen tärkeää olisi selvittää kiertotalouslaitosten ja niiden keskittymien merkitystä.

Kohdennettua tarkkailua tarvitaan siellä, missä vahvasti epäillään ympäristökuormitusta. Vastuu ympäristökuormituksesta on toiminnanharjoittajilla (päästölähde tunnetaan, muttei vaikutuksia). Suurten laitosten ympäristössä tarvitaan kertaluonteisia kartoituksia yhteistarkkailujen yhteydessä (päästölähde epävarma, mutta tieto riskittömyydestäkin arvokas).

Kemikaalien parempi hallinta edellyttää ympäristölupien ja -seurantojen yhtenäistämistä ja hyvien käytäntöjen tuntemista. Tarvitaan vertailevaa tietoa lineaaritalouden materiaalien käyttövaikutuksista, kuten loppusijoittamisen aiheuttamista päästöistä, sekä tietoa POP- yhdisteiden ja SVHC-aineiden päästöistä. Näiden tietojen perusteella voidaan arvioida kiertotalouden ympäristövaikutuksia. Toisaalta tapauskohtaista harkintaa tarvitaan, jossa AVIt ja ELYt ovat avainasemassa.

Aineiden laajempaa leviämistä ja niiden varastoja ympäristössä ja teknoosysteemissä sekä näiden aiheuttamaa riskiä tulisi selvittää. Tähän tarvitaan yhteisrahoitteisia hankkeita, joissa valtio on mukana tai pääosassa.

Väestön altistumista POP- ja SVHC-aineille olisi hyvä selvittää säännöllisin väliajoin tehtävillä väestötoksilla ja/tai tarpeen mukaan tehdyillä otostutkimuksilla. Näin väestön altistumisesta ja altistumisen mahdollisista terveyshaitoista saataisiin tietoa ja voitaisiin osaltaan seurata tehtyjen rajoittamistoimien vaikutusta.

8 Suositukset vaarallisten aineiden hallintaan kiertotaloudessa

Suositukset ovat sovellettavissa kaikille toimialoille, vaikka tapaustarkastelussa onkin käytetty rakentamisen, purkurakentamisen ja rakennusjätteen kierrätyksen, sekä muovisektorin toimialoja. Toimialakohtaisissa suosituksissa toimiala on mainittu.

1. **Tarvitaan kvantitatiivista tietoa POP- ja SVHC-aineista tuotteissa sekä jätevirroissa ja ympäristössä.** Kemikaalien tilastointia on kehitettävä, jotta myös uudet SVHC-ainelistalle päätyvät kemikaalit saadaan tunnistettua materiaali- ja jätteen- ja jätevirroista.
2. **Tarvitaan teknologiakehitystä.** Erityisesti on kehitettävä aineiden tunnistamiseen soveltuvia menetelmiä erilaisista matriiseista. Tarvitaan sekä nopeita menetelmiä kohteessa tapahtuvaan kemikaalin tunnistamiseen että laboratorioanalytiikan kehitystä POP-yhdisteiden ja SVHC-aineiden analysointia varten eri matriiseista. Tämä edellyttää myös taloudellista panostusta.
3. **Jäteperäisten materiaalien jätteen luokittelun päättymisen menetelyjen luomista kansallisesti ja tapauskohtaisesti tulee vauhdittaa,** jotta voidaan luoda ennakoitavat puitteet turvallisen kiertotalouden edistämiseksi. Lupaviranomaiset tarvitsevat ohjeistusta ja tietoa vaarallisista aineista päätöksenteon tueksi.
4. **On kehitettävä keinoja, joilla voidaan parantaa tuotteiden materiaalisältöä ja haitallisia aineita koskevan tiedonkulkua koko tuotteen elinkaaren ajalle,** aina jättevaiheeseen ja uusiin elinkaariin saakka. Tiedonkulkua on kehitettävä kansallisella ja EU:n tasolla.
 - haitallisten aineiden tietopankkeja eri toimialoille
 - koulutusta, ohjausta, neuvontaa, toimeenpanoa ja valvontaa mm. haitallisista aineista ja lainsäädännöstä
 - esineiden valmistajien velvoite SVHC-aineita sisältävien esineiden viemisestä ECHA:n tietokantaan alkaa 5.1.2021 <https://echa.europa.eu/waste>
 - On kehitettävä menetelmiä, jotka tukevat tiedon saantia (esimerkiksi purkukartoitus rakentamisessa). Näiden menetelmien on vastattava haitallisten aineiden hallinnan haasteeseen kiertotaloudessa ja tiedon oltava hyödynnettävissä avoimesti.

5. **On panostettava uusien materiaaleihin kehittämiseen.** Materiaalivalinnoilla voitaisiin vähentää ympäristö- ja terveyshaittoja sekä tuoda liiketoimintahyötyjä. Korvaavien materiaalien ja kemikaalien kehittämisessä on otettava huomioon kokonaisvaltaisesti niiden käytön terveys- ja ympäristövaikutukset.
6. **Jätteiden syntypaikkalajittelu on tärkeää.** Tarvitaan myös lajitteluun nykyistä paremmin kannustavaa valvontaa ja hintaohjausta.
7. **Riskinarviointioppaat auttaisivat hallitsemaan kemikaaleja kiertotaloudessa.** Tarvitaan mm. opas haitallisten aineiden kartoitukseen purettavista rakennuksista, joka sisältää myös ohjeistusta riskinhallintaan rakennusjätteen kierrättämisessä. Työturvallisuuden kehittämistä on resursoitava, koska toimintaympäristön muutos tuo tarvetta luoda uusia käytäntöjä, menetelmiä ja monitorointia, myös väestön altistumisen näkökulmasta.
8. **Se osa jätevirrasta, jonka sisältämiä kemiallisia aineita ei ole mahdollista tunnistaa, kannattaisi hyödyntää energiantuotannossa.** Jos materiaalin sisältämiä kemiallisia aineita ei tunnisteta, se ei voi täyttää kemikaalisääntelyssä materiaalina käyttämiseksi asetettuja reunaehtoja kuten vaatimusta REACH-rekisteröinnille.
9. **Tarvitaan taloudelliset kannusteet uusio- ja kierrätysmateriaalien käytölle.** Voimavarat on kohdistettava toimintaan, jossa voidaan saavuttaa parhaat taloudelliset ja ympäristöhyödyt. Kokonaisympäristövaikutusten arviointiin tarvitaan lisää tieteellistä tutkimusta.

9 Liitteet

LIITE 1. Vuorovaikutus asiantuntijoiden ja toimialojen kanssa

SIRKKU-hankkeen keskeisenä toimintatapana on ollut vuoropuhelu asiantuntijoiden ja toimialojen edustajien kanssa. Tieteellinen tieto on toiminut hankkeen pohjana. Hanketta kohdistettiin asiantuntijatyöpajassa, jossa valittiin purku- ja korjausrakentaminen ja rakennusjätteiden hyödyntäminen ensimmäiseksi vaarallisten aineiden hallintaan tukea tarvitseväksi toimialaksi. Työpajan tuloksena saimme myös vastauksen, mihin aineisiin tai aineryhmiin keskityimme SIRKKU-hankkeessa. Näihin kysymyksiin liittyvä sähköinen kysely toimialoille oli välitetty jo ennen työpajaa etujärjestöjen kautta.

Vuoropuhelu toimialojen kanssa toi erittäin tärkeitä kokemusperäisiä viestejä toimijakentältä. On kuitenkin huomioitava, että samallakin alalla toimivien yritysten välillä voi olla suuria eroja mm. yrityksen koon ja kansallisen tai kansainvälisen toimintaympäristön suhteen. Kuitenkin on tärkeää nostaa yritysten arjessaan kokemia asioita keskusteluun ja tuoda esille hyviä esimerkkejä mm. haitallisten aineiden hallinnasta ja työterveyden hoidosta. Kiertotalouden tavoitteet saavutetaan vain, jos uusien käytäntöjen ja menetelmien toteuttaminen on käytännön tasolla mahdollista.

Kyselytutkimus

Ennen SIRKKU-hankkeen ensimmäistä työpajaa toteutimme kyselytutkimuksen. Kyselyn tarkoituksena oli luoda pohjaa ensimmäisessä työpajassa käsiteltäville aiheille ja antaa elinkeinoelämän toimijoille mahdollisuus kertoa näkemyksiään kiertotalouden ongelmakohdista haitalliset aineet huomioiden. Kysely lähetettiin toimialojen etujärjestöjen kautta useille toimialoille. Myös asiantuntijoilla oli mahdollisuus osallistua vastaamiseen.

Kyselyn toimialajaossa käytettiin vuoden 2008 toimialaluokitusta (Tilastokeskus). Saimme 54 vastausta, joista noin 40 % oli metallialan yrityksistä ja muut vastaajat jakautuivat melko tasaisesti muille aloille (kuva 20). Kysymysten avulla haluttiin selvittää, mitkä toimialat ja niillä liikkuvat aineet ja kemikaalit vaatisivat vastaajien mielestä erityistä huomiointia kiertotaloudessa.

Kyselyn tuloksista tehtiin yhteenveto, joka jaettiin ensimmäiseen työpajaan osallistuville, jotta kyselyn tuloksia voitiin käyttää ensimmäisessä työpajassa valittavien toimialojen päättämiseen. Kyselyssä yli 20 prosenttia vastaajista koki jätehuollon ja ke-

miallisten tuotteiden valmistuksen kaipaavan erityistä tukea kemikaalien ja niihin liittyvien riskien hallintaan. Metall- sekä muovialan kemikaalihallinnan tilanne huoletti yli 10 prosenttia vastaajista.

Kysyimme myös toimialojen edustajilta, millaista tukea, ohjausta tai opastusta kemikaalien ja haitallisten aineiden hallintaan tarvittaisiin. Yleisimmin toistuvat vastaukset liittyivät jaettavaan tietoon. Tietoa toivottiin selkeämmäksi, käytännönläheisemmäksi sekä helposti digitaalisessa muodossa saatavaksi

Työpajat ja keskustelutilaisuudet

Työpaja asiantuntijoille

”Vain sitä mikä tiedetään, voidaan hallita!”

Viranomaisille, asiantuntijoille ja tutkijoille kohdennetun asiantuntijatyöpajan tavoitteena oli tunnistaa ja valita toimialat, jotka kiertotaloudessa tarvitsevat eniten tukea kemikaalien hallintaan. Työpajassa tehdyt valinnat eivät siis mitenkään sulje pois muiden toimialojen tarpeita vastaaviin kiertotaloutta ja haitallisten aineiden hallintaa tukeviin selvityksiin.

Työpajaan kutsutuilla asiantuntijoilla ja virkamiehillä oli osaamista haitta-aineiden vaarallisuuden, niiden aiheuttaman potentiaalisen altistumisen sekä terveys-/ympäristöriskien suhteen, joista tarjottiin tietoa myös työpajan alustuksissa sekä taustamateriaaleissa. Jokainen omalla asiantuntemuksellaan otti huomioon myös mm. jätteiden hyödyntämisen volyymit tällä hetkellä ja tulevaisuudessa. Taustatiedoksi oli laadittu materiaalia yrityksille suunnatun kyselyn tuloksista, vaarallisista aineista sekä toimialoista (liite 2).

Työpajan yleisessä keskustelussa todettiin, että kiertotaloudessa toimialat linkittyvät ja siksi varsinaisesti toimialakohtaista valintaa on vaikea tehdä. Lisäksi osa toimialoista oli tunnistettu poikkileikkaaviksi, kuten esimerkiksi jätehuolto, joka koskee kaikkia toimialoja.

Asiantuntijatyöpajassa järjestettiin äänestys, jonka perusteella valitsimme toimialat, joihin tätä hanketta erityisesti kohdennettiin. Osallistujia pyydettiin äänestämään toimialoja seuraavia asioita painottaen:

1. Materiaalien kierron aikajänne
2. Euroopan ulkopuolelta materiaalkiertoon tulevat vaaralliset aineet
3. Vaarallisten aineiden lista

4. Kierrätystavoitteet (relevanssi)
5. Massamäärä
6. Vaikuttavuus (taloudellinen ja ekologinen)
7. Mikrobiologia ja hyönteiset
8. Tiedon sovellettavuus toisille toimialoille

Äänestyksen tuloksena rakentamisen toimiala tunnistettiin tarvitsevan kaikkein eniten tukea haitallisten aineiden hallintaan kiertotaloudessa. Seuraavaksi eniten ääniä sai jätehuolto, kuljetus ja varastointi sekä kolmanneksi eniten ääniä sai kumi- ja muovituotteiden valmistus ja kierrätys.

Jokainen ryhmä sai vapaasti nostaa esiin ja mainita mielestään tärkeitä haitallisia ja vaarallisia aineita, joita kiertotaloudessa ja tässä hankkeessa tulisi ottaa huomioon. Kaikissa ryhmäpohdinnoissa toistuivat samat aineet (taulukko 10). Useiden eri toimialojen alla esiintyvät samat ongelmalliset aineet, kuten esim. palonsuoja-aineet.

Taulukko 10. Kaikkien ryhmien toimialamuistiinpanoissa toistuivat samat aineet, jotka on koottu tähän taulukkoon.

Toimiala	Ryhmäkeskusteluissa mainitut aineet
Tekstiilien ja vaatteiden valmistus ja kierrätys	palonsuoja-aineet, homeenestoaineet, PFAS-yhdisteet, ftalaatit, pehmittimet, biosidit, torjunta-aineet
Tietokoneiden sekä elektronisten ja optisten tuotteiden valmistus ja kierrätys (SER)	palonsuoja-aineet, raskasmetallit, pehmittimet, POP-yhdisteet
Kumi- ja muovituotteiden valmistus ja kierrätys	palonsuoja-aineet, raskasmetallit, pehmittimet, bisfenolit
Rakentaminen ja purku	asbesti, PCB, PAH, kreosootit, dioksiinit, lyijy, saumausaineiden SCCP
Jätehuolto ja muu ympäristön puhtaanapito + Kuljetus ja varastointi	ryhmät pitivät vaikeana nimetä yksittäisiä aineita, kun kyseessä on niin laaja kokonaisuus

Näiden ensimmäisessä työpajassa saatujen tulosten perusteella suuntasimme SIRKKU-hankkeen selvityksiä rakennustoimialaan sekä tiettyihin haitallisiin aineisiin kuten palonsuoja-aineisiin, lyhytketjuisiin klooriparafiineihin eli SCCP-aineisiin sekä muovienkin pehmittiminä toimiviin ftalaatteihin.

Työpaja rakennustoimialojen edustajille

Rakennus- ja purkurakennus toimialojen edustajille ja rakennusmateriaalin kierrättäjille järjestettiin työpaja, jonka tavoitteena oli vuorovaikutuksellinen keskustelu haitallisista aineista ja niiden hallinnan mahdollisuuksista. Samalla haluttiin saada selville toi-

minnanharjoittajien kokemat tietotarpeet kemikaalien hallinnan parantamiseksi. Työpajassa saatiin tietoa käytössä olevista haitallisten aineiden tunnistus-, käsittely- ja erotusmenetelmistä.

Tilaaaja isossa roolissa haitallisten aineiden hallinnassa sekä rakentamisessa että purkamisessa

Ryhmäkeskusteluissa nousi esiin tilaajan suuri merkitys uuden rakennuksen rakennustoimien suunnittelussa sekä purkusuunnitelman tilaajana. Toimialojen edustajat kertoivat, että rakennusmateriaalien valintaan vaikuttavat ensisijaisesti tilaajan asettamat reunaehdot. Tilaaja voi vaatia esimerkiksi sertifioitua rakentamista, jolloin materiaalit valitaan tätä ehtoa noudattaen. Jos rakentaminen halutaan kiertotalouden mukaiseksi, on vaikutettava tilaajiin. Toimialojen edustajat tunnistivat ongelmakohtaksi erityisesti tilaajien käsitykset siitä, että hyödynnetty jäteperäinen materiaali olisi aina huonompilaatuista kuin neitseellinen materiaali. Tällaisia käsityksiä tulisi keskustelujen mukaan purkaa todennetuilla tutkimustuloksilla. Kierrätysmateriaalien käyttöä vaikeuttavat vastaajien mielestä myös tiukat laatuvaatimukset, lupatekniset ongelmat varastoinnissa ja muut lupamenetelmät. Lupaprosessien ongelmana on toimialojen edustajien mukaan niiden keston ja lopputuloksen hankala ennustettavuus, mikä aiheuttaa epävarmuutta.

”Kiertotaloudessa voidaan uudet työmenetelmät, uudet prosessit ja laitokset sekä työturvallisuus miettiä kunnolla, toisin kuin vanhoja prosesseja läpikäydessä.”

KESKUSTELUA RAKENNUSTUOTTEIDEN UDELLEENKÄYTÖSTÄ JA MATERIAALIN KIERRÄTYKSESTÄ:

1. uudelleenkäyttöön irrotettavien rakennustuotteiden myyminen voi kestää kauan
2. uudelleenkäyttöön tai kierrätykseen menevien tuotteiden ja materiaalien purkuprosessit voivat olla hankalampia ja siten ajallisesti kestää kauemmin ja olla kalliimpia
3. jos purku ja säilyttäminen maksavat paljon, voi hinta tuotteille nousta liian korkeaksi
4. hyvälaatuista materiaalia ei välttämättä saada riittävästi
5. hiilineutraalin rakentamisen vaatimaa käyttöiän arviointia on vaikea tehdä kierrätystuotteelle
6. uudelleenkäyttöä ohjaavat markkinat, eikä kysyntää välttämättä ole
7. kenellä on vastuu siitä, täyttävätkö uudelleen käyttöön otettavat tuotteet siltä vaadittavat tekniset ominaisuudet

Ryhmäkeskusteluissa oli aiheena materiaalien ja jätteen hyödyntämisen lisäksi ympäristö- ja työterveysnäkökulma, erityisesti haitallisten aineiden tunnistaminen rakennusmateriaaleista. Useissa keskusteluissa nousi esiin perusteellisen haitta-ainekartoituksen tärkeys ennen purku-urakkaa. Purkutyön tilaaja on vastuussa haitallisten aineiden kartoituksesta ja purkus suunnitelmasta. Yleisesti toivottiin haitta-ainekartoituksiin sertifikaattia kartoittajille. Toisaalta huomautettiin, että jokainen analyysi maksaa ja mitä enemmän tiedetään haitallisista aineista, sitä enemmän purku todennäköisesti myös maksaa. Tunnistusmenetelmiä pitäisi kehittää, siten että tiedettäisiin missä uusia aineita pitäisi olla ja miten eri materiaalit reagoivat keskenään kun ne yhdistetään. Rakennukset tarvitsisivat materiaalipassin, jonka avulla tiedettäisiin mitä materiaaleja rakennuksissa on.

Monet kokivat, että vain lainsäädännölliset vaatimukset tepsisivät vastuullisen purkamisen järjestämisessä. Materiaalien ongelmattomuuden tunnistamisessa nähtiin, että ympäristömerkinnöistä voisi olla apua. Haitallisten- ja vaarallisten aineiden tunnistamisen kannalta oltiin huolissaan etenkin pienistä toimijoista, joille kemikaaleihin liittyvät kysymykset ovat vieraampia. Tätä ajatellen edustajat kaipasivat parempaa viestintää sekä kouluttamista.

Keskustelutilaisuus muovikomposiittiedustajien kanssa

Kutsuimme muovikomposiittialan edustajia keskustelemaan kanssamme komposiittimateriaalien kierrätysmahdollisuuksista ja haitallisista aineista. Hankkeessa koottua tietoa haitallisista aineista ja niiden aiheuttamista ympäristö- ja työturvallisuusriskeistä ja hallinnan mahdollisuuksista esiteltiin keskustelun lomassa.

Keskustelussa nousi esiin oikeanlaisen termistön käyttö komposiiteista puhuttaessa. Edustajat korostivat, että komposiitti ja muovikomposiitti tarkoittavat toisinaan eri alojen ihmisille eri asioita. Muovista puhuttaessa tärkeää olisi erottaa, onko kyseessä lujitekertamuovi vai kestopuovi. Esimerkiksi kertamuovikomposiitteja ei voi kierrättää. Energiahyödyntäminen ei onnistu, koska murskauksessa komposiitista energiapitoinen muovijae häviää pölyksi ja esimerkiksi pitkät kuidut tukkivat leijupedit, eli lujitekertamuoveja ei voida polttaa. Tällä hetkellä ainoana vaihtoehtona on viedä ne kaatopaikalle, johon tarvitaan lupa. Kaatopaikalle sijoittamisen luvitus voi kestää jopa useita vuosia, jona aikana yrityksen on varastoitava jätteet omiin tiloihin.

LIITE 2. Asiantuntijatyöpaja

Asiantuntijatyöpajan osallistujat 9.5.2018

Etunimi	Sukunimi	Yritys/Organisaatio
Kristina	Alakylä	Lounais-Suomen Aluehallintovirasto, työsuojelun vastuualue
John	Bachér	VTT Oy
Annukka	Berg	SYKE
Helena	Dahlbo	SYKE
Erja	Fagerlund	TEM
Olof	Forsén	Aalto-yliopisto, Hydrometallurgian ja korroosion tutkimusryhmä
Eevaleena	Häkkinen	SYKE
Elina	Ilén	Aalto Yliopisto / Muotoilu
Hannu	Ilvesniemi	LUKE
Eliisa	Irpola	Kemianteollisuus ry / Järjestöjen kemikaaliryhmän (Järkky) koordinaattori
Marika	Jestoi	Evira
Sari	Kauppi	SYKE
Hannu	Kiviranta	THL
Jutta	Laine-Ylijoki	VTT
Sirpa	Laitinen	TTL
Katri	Lautala	SYKE
Riitta	Levinen	Ympäristöministeriö
Jaakko	Mannio	SYKE
Reijo	Munther	
Jukka	Nevalainen	Kaakkois-Suomen ELY-keskus
Hinni	Papponen	Ympäristöministeriö
Tiina	Putkonen	TUKES
Outi	Pyy	SYKE
Tiina	Rantio	TTL
Pia	Rotko	
Jani	Salminen	SYKE
Pirjo	Salminen	MMM
Tiina	Santonen	TTL
Timo	Seppälä	SYKE
Jaana	Sorvari	Aalto yliopisto
Kati	Suomalainen	TUKES
Sari	Tuhkunen	TUKES
Topi	Turunen	SYKE
Kati	Vaajasaari	YM
Margareta	Wahlström	VTT Ltd
Olli	Venelampi	Evira
Erja	Ämmälähti	

Työpajan taustamateriaali

Johdanto

Perinteisen ympäristön- ja terveydensuojelun tavoitteena on turvata ympäristö ja ihmiset haitallisille aineille altistumiselta. Tämän rinnalle on kehitettävä tavoitteet turvalliseen kiertotalouteen. Kiertotalous tuo mukanaan muutoksia yhteiskunnalliseen toimintaympäristöön, jossa huolta aiheuttavien aineiden, erityisesti pysyvien orgaanisten yhdisteiden (POP) ja erityistä huolta aiheuttavien aineiden (SVHC) aiheuttamat riskit on huomioitava.

Kestävä ja turvallinen kiertotalous SIRKKU on Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan rahoittama hanke, joka käynnistyi helmikuussa 2018 ja päättyi syyskuussa 2019. Tutkimuksen tavoitteena on löytää kiertotalouden sekä haitallisimpien aineiden kannalta merkityksellisimmät kiertotalouden sektorit, joissa kemikaalien hallintaa pitäisi parantaa. Selvityksen kohteena ovat erityisesti pysyvät orgaaniset yhdisteet (POP-yhdisteet) ja ns. erityistä huolta aiheuttavat aineet (SVHC), joita ovat EU:n kemikaalilainsäädännössä (REACH-asetuksessa (EY) N:o 1907/2006) luvanvaraisiksi asetetut aineet (REACH-asetus liite XIV aineet) ja REACH-asetuksen ns. kandidaattilistalla olevat aineet. Kandidaattilista pitää sisällään syöpävaaralliseksi, mutageenisiksi tai lisääntymisterveydelle vaaraa aiheuttavia aineita, pysyviä ja ympäristöön kertyviä (PBT, vPvB) aineita sekä muita vastaavantasoisia huolta aiheuttavia aineita kuten hengitystieherkistäjiä tai hormonitoimintaa häiritseviä aineita.

Työ toteutetaan neljässä vuorovaikutteisessa työpaketissa. Hankkeen kokonaisuus muodostuu taustaselvityksistä, työpajoista ja haastatteluista, kohdennetuista selvityksistä (Jätteiden ja materiaalien käsittelyprosessit ja niiden työturvallisuuskohdat, Lainsäädännölliset velvoitteet ja ohjauskeinojen kehittäminen, Vaikutukset ympäristöön ja terveyteen), sekä meta-analyysistä, johon huomioidaan kaikki kohdennetut selvitykset. Viestintä on tärkeä osa hanketta ja siinä keskitytään erityisesti ensimmäisessä työpajassa valittuihin toimialoihin. Hanke tarjoaa mahdollisuuden järjestää toimiala- tai aihekohtaisia työpajoja yhteistyössä toimialojen edustajien kanssa.

Kyselytutkimus

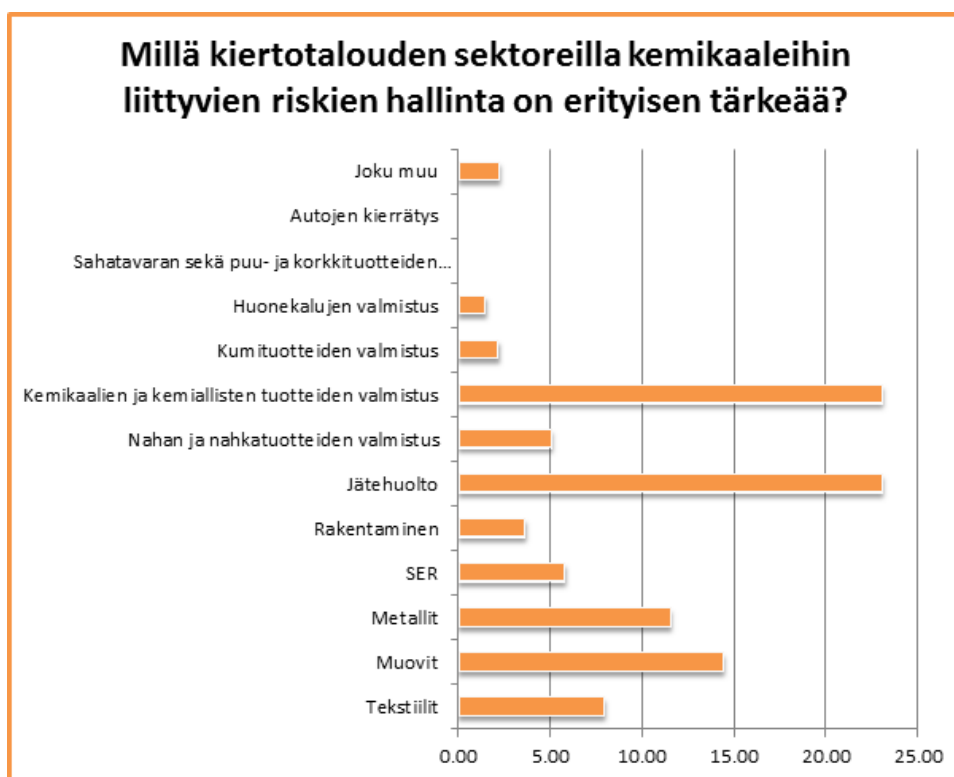
Ennen SIRKKU-hankkeen ensimmäistä työpajaa toteutimme kyselytutkimuksen, jonka tarkoituksena oli luoda pohjaa työpajassa käsiteltäville aiheille ja antaa elinkeinoelämän toimijoille mahdollisuus päästä ääneen. Kysely lähetettiin toimialojen etujärjestöjen kautta useille toimialoille. Myös asiantuntijoilla oli mahdollisuus osallistua vastaukseen.

Kyselyyn vastasi 54 henkilöä, joista noin 40 % oli metallialan työntekijöitä ja muut vastaajat jakautuivat melko tasaisesti muille aloille (kuva 20). Kysymysten avulla haluttiin selvittää, mitkä toimialat ja niillä liikkuvat aineet ja kemikaalit vaatisivat vastaajien mielestä erityistä huomiointia kiertotaloudessa.



Kuva 20. SIRKKU-hankkeen kyselyyn vastanneiden toimialat, joilla he itse työskentelevät (n = 54).

Yli 20 % vastaajista kokivat jätehuollon ja kemiallisten tuotteiden valmistuksen kaipaavan erityistä tukea kemikaalien ja niihin liittyvien riskien hallintaan (kuva 21). Metallisekä muoviala saivat yli 10 % äänistä. Varsinaisessa kyselyssä toimialavaihtoehtoja oli enemmän, mutta kuvaajaa varten toisiinsa liittyviä toimialoja on yhdistetty. Valintoja tähän kysymykseen tehtiin yhteensä 139, sillä kysymyksessä pystyi valitsemaan enintään 3 toimialaa.



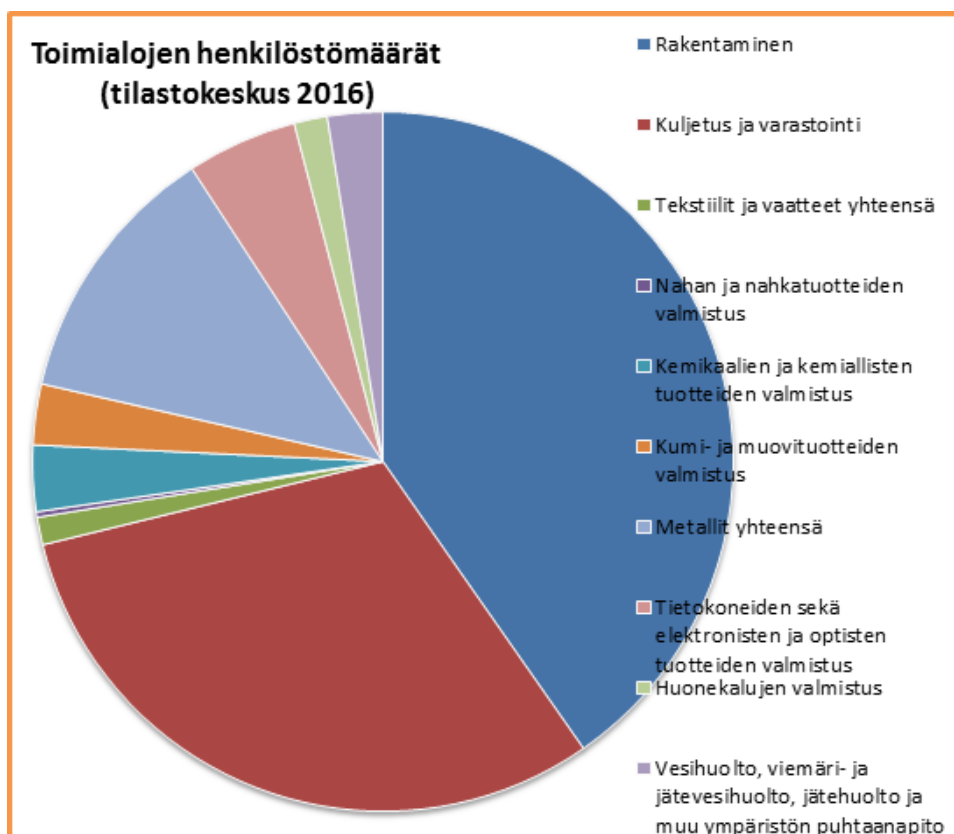
Kuva 21. Vastaajia (54 kpl) pyydettiin valitsemaan enintään 3 toimialaa, joihin tulisi erityisesti keskittyä kiertotalouden riskien hallinnassa.

Kemikaalien ja aineiden hallintaa käsittelevän kysymyksen vastaukset on esitetty kuvassa 22. Eniten eli yli 10 % äänistä on saanut syöpävaaralliset ei-kertyvät metallit sekä kertyvät raskasmetallit. Äännet jakautuvat kemikaalien ja aineiden kohdalla huomattavasti tasaisemmin, kuin toimialojen kohdalla. Kysymyksessä sai valita 5 eri ainetta, mikä voi selittää tasaisempaa vastausten jakautumista. Valintoja tehtiin yhteensä 138 kappaletta.



Kuva 22. Vastaajia (54 kpl) pyydettiin valitsemaan enintään 5 ainetta/kemikaalia, joiden hallintaan tarvittaisiin erityistä tukea kiertotaloudessa.

Toimialat



Kuva 23. Tilastokeskuksen luokituksen mukaisten toimialojen henkilöstövolyyymi Suomessa.

Tekstiilien ja vaatteiden valmistus ja jätteiden hyödyntäminen

Toimipaikat: 1 610 valmistuksessa

Henkilöstö: 5 000 valmistuksessa

Työterveys: tekstiilien valmistuksessa on diagnosoitu yksittäisiä kemikaalien (ml. väriaineet) aiheuttamia iho- ja hengitystieallergioita. Myös esimerkiksi turkispölyn aiheuttamia allergioita on tällä toimialalla todettu.

Merkittävät aineet/kemikaalit: fluoratut yhdisteet, palonsuoja-aineet, raskasmetallit, perfluoratut yhdisteet, lyhytketjuiset parafiinit, biosidit, ftalaatit, pigmentit (joilla vaarallisuus).

Nahan ja nahkatuotteiden valmistus ja jätteiden hyödyntäminen

Toimipaikat: 180 valmistuksessa

Henkilöstö: 1 000 valmistuksessa

Työterveys: Nahan parkinnassa käytetty kromi on aiheuttanut allergisia ihottumia myös työntekijöillä yksittäistapauksissa. Nykyään nahan parkinnassa käytetään kolmenarvoista kromia, joka ei ole niin herkistävää kuin kuudenarvoinen kromi.

Merkittävät aineet/kemikaalit: SCCP, kromiyhdisteet, PFOA

Huonekalujen valmistus ja jätteiden hyödyntäminen

Toimipaikat: 915 valmistuksessa

Henkilöstö: 6 000 valmistuksessa

Työterveys: Puupölyn aiheuttamia iho- ja hengitystieallergioita on tällä alalla todettu. Myös formaldehydi on tällä alalla mahdollinen ammattitautien aiheuttaja.

Merkittävät aineet/kemikaalit: palonsuoja-aineet, ftalaatit, PFOA, formaldehydi

Kemikaalien ja kemiallisten tuotteiden valmistus

Toimipaikat: 398

Henkilöstö: 12 000

Työterveys: Kemiallisten tekijöiden aiheuttamat työterveysriskit ja mahdollisten ammattitautien esiintyminen vaihtelee riippuen tarkemmasta alasta.

Merkittävät aineet/kemikaalit:

Metallien- ja metallituotteiden valmistus ja jätteiden hyödyntäminen

Toimipaikat: 4 898 valmistuksessa

Henkilöstö: 48 000 valmistuksessa

Työterveys: Eri herkistävien metallien (kromi, koboltti, nikkeli) ja muiden metallien valmistuksessa ja työstössä käytettävien kemikaalien aiheuttamia ihoallergioita todetaan tältä toimialalta vuosittain. Aiemman altistumisen aiheuttamat asbestisairaudet ovat yleisiä. Metallien aiheuttamia hengitystieallergioita todetaan myös vuosittain (kromi, nikkeli, koboltti). Metallialalta tulee metallintyöstönesteiden sisältämien aineiden, kuten isotiatsolinonit, formaldehydi, etanoliamiinit aiheuttamia ihoallergioita. Myös yksittäisiä ammattisyöpiä esimerkiksi nikkelyhdisteiden tai hitsaushuurujen (kromi(VI), nikkeli) aiheuttamina on todettu. Liuotinaineet ovat aiheuttaneet toksista liuotinaineaivosairautta. Epoksihartsit, di-isosyanaatit ja akrylaatit aiheuttavat ammattiallergioita myös metallialalla.

Merkittävät aineet/kemikaalit: Booriyhdisteet, syöpävaaralliset metallit kuten kromi(VI)yhdisteet, nikkelyhdisteet, koboltti- ja kadmiumyhdisteet, lyijy-yhdisteet, erilaiset hapot, syanidit, PFAS-yhdisteet (pintakäsittely), formaldehydi, erilaiset liuottimet

Tietokoneiden sekä elektronisten ja optisten tuotteiden valmistus ja jätteiden hyödyntäminen

Toimipaikat: 630 valmistuksessa

Henkilöstö: 20 000 valmistuksessa

Työterveys: ei haettua ammattitautitietoa tältä toimialalta.

Merkittävät aineet/kemikaalit: SER-jätteestä ja autonromuista on löytynyt bromattuja palonsuoja-aineita (mm. OktaBDE, PentaBDE ja DekabDE), tetrabromobisfeloli-A:ta (TBBP-A), useita fosforoituja palonsuoja-aineita ja pehmitteitä (TCEP, PBDPP, TPHP, EHDP ja TMMP), sekä lyijyä, kadmiumia ja kromia.

Kumi- ja muovituotteiden valmistus ja jätteiden hyödyntäminen

Toimipaikat: 626 valmistuksessa

Henkilöstö: 11 000 valmistuksessa

Työterveys: Ammattitautitilastojen mukaan muovituotteiden valmistuksessa kemikaalit ovat aiheuttaneet viime vuosina erityisesti ammatti-ihotauteja. Myös astmaa ja liuotina-aineiden aiheuttamia keskushermostohaittoja on diagnosoitu. Erityisesti epoksihartsit (BPA-epoksihartsit) ovat tavallisia allergisten ihottumien aiheuttajia. Di-isosyanaatit

ovat aiheuttaneet astmoja. Myös aiemman asbestialtistumisen aiheuttamia keuhkosairauksia on todettu vielä viime vuosina. Yksittäisiä kumikemikaalien aiheuttamia allergisia ihottumia on todettu kumituotteiden valmistuksessa.

Merkittävät aineet/kemikaalit: pehmitteet, metalliset stabiloijat (kadmium, lyijy), palonsuoja-aineet.

Rakentaminen

Yrityksiä: 40 891

Henkilöstö: 158 000

Työterveys: Rakennusalalla ammattitauteja syntyy edelleen paljon vanhasta asbestialtistumisesta, lisäksi kvartsin aiheuttamia pölykeuhkosairauksia todetaan. Uutena ovat lisääntyneet epoksihartsien aiheuttamat ihosairaudet.

Merkittävät aineet/kemikaalit: Rakennusmateriaaleista haitallisia aineita voi esiintyä ainakin betonirakenteissa, teräsrakenteissa, puurakenteissa, tiilissä sekä maaleissa, lakoissa, laasteissa, liimoissa, tasoitteissa ja saumaus- ja tiivistysmassoissa.

mm. PCB, asbesti, lyijy, kloorifenolit, PAH-yhdisteet, CCA, PVC-muovit (ftalaatit, DEPH jne), HBCD

Poikkileikkaavia sektoreita

Vesihuolto, viemäri- ja jätevesihuolto

Toimipaikat: 1 862 yhteensä vesi- ja jätehuollossa

Henkilöstö: 10 000 yhteensä vesi- ja jätehuollossa

Työterveys: Jätehuollossa tunnistettujen kemiallisten tekijöiden aiheuttamat ammattitautitapaukset ovat toistaiseksi vähäisiä. Pääasiassa on ammattitaudeiksi tunnistettu vain meluvammoja tai vanhaan altistumiseen liittyviä asbestisairauksia. Endotoksiinit ja homeet ovat aiheuttaneet yksittäisiä hengitystieallergioita.

Merkittävät aineet/kemikaalit: lääkeaineet, palonsuoja-aineet, pintakäsittelyaineet, mikromuovi.

Jätehuolto ja muu ympäristön puhtaanapito

Toimialaan kuuluu jätteen keruu, jätteen käsittely ja loppusijoitus sekä romujen purkaminen.

Toimipaikat: 1 862 yhteensä vesi- ja jätehuollossa

Henkilöstö: 10 000 yhteensä vesi- ja jätehuollossa

Työterveys: Jätehuollossa tunnistettujen kemiallisten tekijöiden aiheuttamat ammattitautitapaukset ovat toistaiseksi vähäisiä. Pääasiassa on ammattitaudeiksi tunnistettu vain meluvammoja tai vanhaan altistumiseen liittyviä asbestisairauksia. Endotoksiinit ja homeet ovat aiheuttaneet yksittäisiä hengitystieallergioita.

Merkittävät aineet/kemikaalit: lääkeaineet, palonsuoja-aineet, pintakäsittelyaineet, mikromuovi.

Kuljetus ja varastointi

Yrityksiä: 20 538

Henkilöstö: 121 000

Työterveys: Kuljetustoimialaan liittyviä ammattitauteja ei ole erikseen haettu.

Puuttuuko mielestäsi listasta jokin tärkeä toimiala? Nosta asia esiin keskustelussa!

Taustatietoa aineista/kemikaaleista

Lisätietoja POP- ja SVHC-aineista ja niiden vaikutuksista ihmiseen ja ympäristöön tausta-aineistosta (mm. Mannio ym. 2016, Kaukokulkeutuvat ympäristömyrkyt Suomen pohjoisilla alueilla – LAPCON, sekä ECHA:n, TUKES:n ja ymparisto.fi -nettisivuilla)

Bromatut ja fosforipohjaiset palonestoaineet (esim. TCEP, Deca-BDE, HBCDD)

Polybromatut difenyylieetterit (PBDE) ja heksabromisyklododekaani (HBCD) ovat orgaanisia bromiyhdisteitä, joita on käytetty laajasti erilaisissa tuotteissa, kuten kesto-
muoveissa, elektroniikkakomponenteissa, verhoilukankaissa ja rakennusmateriaaleissa alentamaan tuotteiden syttymisherkkyyttä. HBCD on POP- ja SVHC-aine.

Ftalaatit (pehmitteet muoveissa, esim. DIBP, DBP, DnHP, BBP, DEHP, DMEP, DPP, DIPP)

Ftalaatit ovat ryhmä halogenoimattomia orgaanisia yhdisteitä. Niitä ovat mm. di(2-etyyliheksyyli)ftalaatti (DEHP), dibutyyliftalaatti (DBP) ja butyylibentsyyliftalaatti (BBP). Ftalaatteja esiintyy ympäristössä maailmanlaajuisesti. Ftalaatteja käytetään mm. pehmitteinä muoveissa (erityisesti PVC:ssä) sekä lisäaineina maaleissa, liimoissa ja musteissa. DIBP, DBP, BBP ja DEHP:n käyttö on jo luvanvaraista EU:n alueella ja neljän ftalaatin käyttö on tulossa luvanvaraiseksi. Kyseessä olevat ftalaatit ovat myös SVHC-aineita.

Perfluoratut alkyylilyhdisteet (esim. PFOS, PFOA, PFDA)

Perfluorialkyylihapot (PFAA; erityisesti perfluorioktaanisulfonaatti PFOS ja perfluorioktaanihappo PFOA) ovat maailmanlaajuisesti levinneet ympäristöön ja kertyneet eliöihin. PFAA-yhdisteet ovat ympäristössä hyvin pysyviä ja niitä löydetään käytännössä kaikkialta ympäristöstä, ihmisistä ja eläimistä, myös kaukana päästölähteistä. Ne voivat aiheuttaa haittaa ihmisten terveydelle ja eläimille.

Toistaiseksi PFAS-yhdisteistä on rajoitettu vain PFOS:n ja sen johdannaisten käyttöä EU:ssa (REACH-kemikaalilainsäädäntö, POP-asetus) ja maailmanlaajuisesti Tukholman sopimuksen mukaisesti. PFOA:n ja sen johdannaisten rajoittamista EU:ssa ja maailmanlaajuisesti koskeva valmistelutyö on käynnissä.

Fenoliset yhdisteet eli nonyylifenoli (NP), nonyylifenolietoksylaatit (NPE), oktyylifenoli (OP) ja oktyylifenolietoksylaatit (OPE)

Nonyylifenolipolyetoksylaatteja käytetään maailmanlaajuisesti pintakäsittelyaineina kaupallisissa ja kodinhoitotuotteissa kuten pesuaineissa, kosmetiikkatuotteissa, vesipohjaisissa maaleissa, musteissa ja tekstiileissä. Useiden nonyylifenolilyhdisteiden käyttö on EU:n alueella luvanvaraista ja samat aineet ovat myös SVHC-aineita.

Polyklooratut bifenyylit (PCB)

Polykloorattuja bifenyylejä (PCB) on olemassa 209 kongeneeria, joista kaupallisissa tuotteissa on ollut käytössä 103 kongeneeria. PCB-yhdisteitä on käytetty mm. muuntajissa, kondensaattoreissa ja elementtitalojen saumausmassoissa, mutta myös lämmönvaihto- ja hydraulijärjestelmissä, palonsuoja-aineena, maaleissa ja lakoissa. PCB-yhdisteiden käyttöä on rajoitettu POP-asetuksella.

Lyhytketjuiset klooriparafiinit (SCCP)

SCCP-yhdisteitä on käytetty monissa eri sovelluksissa, esimerkiksi metalliteollisuuden työstönesteissä, patojen tiivisteissä, muovien ainesosana, maaleissa ja liimoissa, tiivisteissä, tekstiileissä ja palonestoaineena. SCCP-yhdisteiden käyttöä on rajoitettu POP-asetuksella. SCCP-yhdisteet ovat SVHC-aineita.

PAH-yhdisteet (esim. kreosootti)

PAH-yhdisteitä syntyy epätäydellisen palamisen yhteydessä. Monet PAH-yhdisteet ovat osoittaneet mutageenistä ja karsinogeenista aktiivisuutta sekä ovat erittäin pysyviä aineita. On huomattava, että PAH-yhdisteet voivat olla myrkyllisiä eri tavalla. Myös joitakin PAH-yhdisteitä sisältäviä tuotteita kuten kreosoottia käytetään Suomessa. PAH-yhdisteiden käyttöä autonrenkaissa ja ihokosketukseen tulevaisuudessa kuluttajatuotteissa on rajoitettu REACH-rajoituksella.

Kasvinsuojeluaineet ja biosidit (esim. desinfektioaineet, limantorjuntakemikaalit, puunsuoja-aineet, hyönteismyrkyt ja antifouling-aineet)

Kasvinsuojeluaineilla tarkoitetaan valmisteita, joita käytetään mm. suojelemaan kasveja tai kasvituotteita kasvintuhoojalta. Tukes päättää kasvinsuojeluaineeksi tarkoitettujen valmisteiden hyväksymisestä ja käytön ehdoista Suomessa ja pitää yllä rekisteriä hyväksytyistä kasvinsuojeluaineista.

Biosidit ovat kemiallisia aineita, valmisteita tai pieneliöitä, joiden tarkoitus on tuhota, torjua tai tehdä haitattomaksi haitallisia eliöitä, estää niiden vaikutusta tai rajoittaa niiden esiintymistä. Biosideja ovat esimerkiksi ihon ja pintojen desinfiointiaineet, tuholistorjunta-aineet, teollisuudessa ja teollisuustuotteissa käytettävät säilytys- ja puunsuoja-aineet sekä alusten kiinnittymisenestoaineet. Tukes päättää biosideiksi tarkoitettujen valmisteiden hyväksymisestä ja käytön ehdoista Suomessa ja pitää yllä rekisteriä hyväksytyistä biosidivalmisteista.

Lääkeaineet

Suomessa kaikki eläinten ja ihmisten terveydenhoidossa syntyvät lääkejätteet luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi. Lääkejäte tulee toimittaa apteekkiin, josta se toimitetaan edelleen ongelmajätteenkäsittelyyn.

Paisuttamiseen ja vaahdottamiseen käytetyt fluoratut kasvihuonekaasut (SF6, HFC, PFC) (ns. blowing agents)

Fluoratut kasvihuonekaasut (F-kaasut) ovat usean kemiallisen yhdisteen muodostama ryhmä kasvihuonekaasuja. F-kaasuja käytetään pääosin kylmä- ja ilmastointilaitteissa, lämpöpumpuissa, sähköisissä kytkinlaitteistoissa, palontorjunnassa, solumuovien valmistuksessa sekä aerosoleina ja liuottimina. Yhdisteiden käyttöä rajoitetaan mm.EU:n F-kaasusetuksella ja kansainvälisesti Montrealin pöytäkirjalla.

Kertyvät raskasmetallit (lyijy, kadmium, elohopea) ja alumiini

Suomen elohopeapäästöistä reilu puolet tulee energian tuotannosta ja reilu kolmannes teollisuusprosesseista ja liuottimien käytöstä. Hyvin vähäinen määrä elohopeaa vapautuu myös jätteiden käsittelystä. Erityisen riskialttiita elohopean haitoille ovat siiköt ja pienet lapset. Myös arktisten alueiden runsaasti kalaa kuluttavat ihmisryhmät ovat riskiryhmää. Raskasmetallien käyttöä on rajoitettu EU:ssa monella tapaa ja kansainvälisesti elohopean käytöstä on säännelty Minamatan sopimuksella.

Syöpävaaralliset ei-kertyvät metallit (koboltti, nikkeli, kromi sekä arseeni)

Nikkeliä käytetään seosmetallina erilaisissa teräksissä sekä muissa metalliseoksissa. Tästä johtuen nikkeliä voi olla monissa jokapäiväisissä tavaroissa, kuten vetoketjuissa sekä napeissa ja neppareissa. Myös kromi on tärkeä seosmetalli esim. ruostumattoman teräksen valmistuksessa. Kromiyhdisteillä käsitellään myös nahkavalmisteita. Näiden metallien yhdisteiden käyttöä on rajoitettu EU:ssa monella tapaa ja monet niistä ovat myös SVHC-aineita.

Herkistävät metallit (kuten platina, palladium, beryllium, nikkeli, kromi, koboltti)

Nikkeli on erittäin yleinen kosketusallergian aiheuttaja. Se herkistää metallina ja yhdisteinään. Suurin osa on herkistynyt korujen, etenkin lävistettävien korujen kautta. Koruista, hakasista tai vastaavista liukeneva nikkeli voi tunkeutua ihoon ja aiheuttaa yliherkkyyttä. Esimerkiksi nikkelin käyttöä ihokosketukseen tulevilla tuotteilla on rajoitettu REACH-rajoituksella.

Bisfenolit A ja S sekä bisfenolien diglysidyylietterit (BADGE, BFDGE)

Bisfenoli A:ta eli BPA:ta käytetään polykarbonaattimuovien rakennusaineena. Polykarbonaatista valmistetaan esimerkiksi muovisia ruokailuvälineitä ja astioita sekä juomapulloja. BPA:ta sisältävää epoksihartsia käytetään säilyke- ja virvoitusjuomatölkkien sisäpinnoitteissa suojaamaan metallin pintaa korroosiolta sekä kiinteistöjen vesijohtoverkoston saneerauspinnoituksessa. BPA:ta käytetään myös värinkehittimenä

lämpöpapereissa, kuten kassakuiteissa. BPA on SVHC-aine ja sen käyttöä on rajoitettu EU:ssa mm. polykarbonaatista valmistetuissa tuppuloissa sekä niiden tutti-osassa. Käyttöä lämpöpapereissa rajoitetaan vuoden 2020 alussa.

Boorihappo ja boraatit

Boorihappoa käytetään esimerkiksi antiseptisenä aineena, hyönteismyrkkinä, palonestoaineena, ydinvoimaloissa fissioreaktion hätäsammutukseen, painevesireaktoreissa tehon säätöön sekä muiden kemiallisten yhdisteiden lähtöaineena. Esimerkiksi boorihappo ja booraksi ovat SVHC-aineita.

Keraamiset kuidut (esim. asbesti)

Keraamisia kuituja tavataan pääasiassa teollisuudessa (metalliteollisuus, energiantuotanto). Niiden esiintyminen toimistoympäristössä on epätodennäköistä.

Asbestia on käytetty laajasti erilaisissa rakennusmateriaaleissa eri vuosikymmeninä ja useisiin toiminnallisiin tarkoituksiin.

Orgaaniset tinayhdisteet

Dibutyylitinaa (DBT), joka on TBT:n hajoamistuote, on käytetty vuosina 2007-2009

Suomessa 5-16 tonnia vuodessa (75-104 kemikaalituotetta, KETU-rekisteri) ja vuonna 2006 jopa 106 tonnia vuodessa. Muovituotteiden valmistus on ollut merkittävin DBT:n käyttökohde, mutta käyttöä on ollut myös mm. liimoissa, maaleissa ja saumausmassoissa (60 kemikaalituotetta, KETU-rekisteri, YM 2007).

Puuttuuko mielestäsi listalta jokin tärkeä aine/kemikaali? Nosta asia esiin keskustelussa!

Lähteet ja lisätietoa

Kauppi S., 2017. Kemikaalien hallinta kiertotaloudessa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 29/2017. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/225178>

Laitinen S., Rissanen R., Santonen T., 2017. Kiertotalouden työperäiset altistumisriskit. Työterveyslaitos. ISBN 978-952-261-770-5 (PDF)

Mannio J., Rantakokko P., Kyllönen K., Anttila P., Kauppi S., Ruokojärvi P., Hakola H., Kiviranta H., Korhonen M., Salo S., Seppälä T., Viluksela M. 2016. Kaukokulkeutuvat ympäristömyrkyt Suomen pohjoisilla alueilla – LAPCON. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 33/2016. Raportti löytyy osoitteesta tietokayttoon.fi, ISBN 978-952-287-280-7 (pdf)

Suomen virallinen tilasto (SVT): Teollisuustuotannon volyymi-indeksi [verkkajulkaisu]. ISSN=1796-3788. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 27.4.2018].
Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/ttvi/index.html>

Tilastokeskus, Toimialaluokitus 2008: <https://www.stat.fi/meta/luokitukset/toimiala/001-2008/index.html>

TTL: <https://www.ttl.fi/service-document/teolliset-mineraalikuidut/>

TUKES: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/>

Ympäristöön päätyvät haitalliset aineet: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ ja_ tuotanto/Kemikaalien_ymparistoriskit/Ymparistoon_paatyvat_haitalliset_aineet

LIITE 3. Rakennustoimialojen työpaja

Työpajan osallistujat 13.2.2019

Etunimi	Sukunimi	Yritys / Organisaatio
Arto	Arvola	Ympäristöteollisuus ja -palvelut YTP ry
John	Bachér	VTT Technical Research Centre of Finland Ltd
Anni	Fast	Saint-Gobain Finland Oy
Jani	Haapalainen	Umacon Oy
Riitta	Heliö	Saint-Gobain Finland Oy
Tuomo	Joutsenoja	Kreate Oy
Anne	Kaiser	Saint-Gobain Finland Oy
Tiina	Kaskiaro	Rakennusteollisuus RT ry
Sari	Kauppi	Suomen ympäristökeskus SYKE
Petrus	Kautto	Suomen ympäristökeskus SYKE
Hannu	Kiviranta	THL
Tuuli	Kunnas	RTT
Henri	Kylä-Utsuri	Rudus Oy
Sirpa	Laitinen	Työterveyslaitos
Joni	Lappi	Destaclean Oy
Juha	Laurila	INFRA ry
Katri	Lautala	Suomen ympäristökeskus SYKE
Jaakko	Mannio	Suomen ympäristökeskus SYKE
Eliina	Merta	Fcg Suunnittelu ja tekniikka Oy
Kalle	Mäki	Ekopartnerit Turku Oy
Pertti	Nurmi	Nordic Waterproofing Oy
Hinni	Papponen	Ympäristöministeriö
Lilli	Puntti	Kiilto Oy
Suvi	Raitala	Tukes
Timo	Rantanen	Katepal Oy
Pia	Rotko	Innotiimi
Kati	Suomalainen	Tukes
Sara	Turunen	Suomen ympäristökeskus SYKE
Jenni	Uljas	Teollisuusliitto ry
Mari	Vesalainen	Delete Finland Oy
Köpi	Voutilainen	Lujatalo Oy
Pekka	Vuorinen	Rakennusteollisuus RT ry

Tilaisuuden muistio

Aika: 13.2.2019 klo 9.30-14

Paikka: Radisson Blue, Ruoholahdenranta 3, 00180 Helsinki

Tavoitteena oli kuulla:

- Toimialojen edustajien ajatuksia ja mielipiteitä kemikaaleista kiertotaloudessa, erityisesti vaarallisimpien kemikaalien hallinnasta
- Mikä on yrityksenne näkemys kemikaalien hallinnasta kiertotaloudesta?
- Onko tietoa tarpeeksi tarjolla?
- Millaista viestiä haluaisit hankkeen kautta välittää päättäjille?

Päivän kulku

Päivän alkuun hankkeen jäsenet pitivät neljä taustoittavaa esitelmää haitallisista aineista kiertotaloudessa ja yksi toimialan edustaja antoi kommenttipuheenvuoron:

Materiaalit ja aineet jätteenkäsittelyssä, John Bachér, VTT

Kiertotalouden kemikaalit ja työturvallisuus, Sirpa Laitinen, TTL

*Vaaralliset aineet ympäristössä ja väestössä, Jaakko Mannio ja Hannu Kiviranta
SYKE, THL*

Kiertotalouteen liittyvä lainsäädäntö, Petrus Kautto, SYKE

Kommenttipuheenvuoro, Jenni Uljas, Teollisuusliitto

Esitelmien jälkeen siirryttiin varsinaiseen keskusteluosuuteen. Osallistujat jaettiin neljään ryhmään, jotka kiersivät neljällä kysymyspisteellä vastaamassa. Pisteillä oli mukana hankkeen työntekijöistä keskustelunohjaaja sekä kirjuri, jotta saimme ylös kaiken mitä toimialojen edustajat kertoivat.

Keskustelujen yhteenvedot

Kierrätys ja Materiaalit (1/2)

- Miten rakennusmateriaalit valitaan?
- Kierrätyksen mahdollisuudet – onko markkinoita tietyille jakeille?

Rakennusmateriaalien valinta:

Toimialojen edustajat kertoivat, että rakennusmateriaalien valintaan vaikuttavat ensisijaisesti tilaajan asettamat reunaehdot. Tilaaja voi vaatia esimerkiksi sertifioitua rakentamista, jolloin materiaalit valitaan tätä ehtoa noudattaen. Materiaalien hinta, suorituskyky ja käyttökohteen tekniset vaatimukset vaikuttavat merkittävästi tehtäviin materiaalivalintoihin. Pintamateriaalien kohdalla myös ostaja saa toisinaan sanoa mielipiteensä materiaalivalintoihin.

Kierrätyksen mahdollisuudet:

Joidenkin materiaalien kierrätys koettiin ongelmalliseksi tilaajien vanhentuneiden näkökantojen vuoksi. Esimerkkinä mainittiin asfaltin uusiokäyttö, uusiokäytetty asfaltti toimii tutkimusten mukaan erinomaisesti, mutta tilaajat toisinaan kieltävät sen käytön. Kieltäytymisen syyksi arveltiin vanhoja tapoja ja asenteita.

Keskusteluista sai kuvan, että tilaaja ei ala kovin helposti käyttämään uusia materiaalliratkaisuja ja tämän vuoksi paineen on tullava jostakin muualta, jotta tilaaja alkaa vaatia kierrätettyä materiaalia.

Kierrätetyistä materiaaleista tarvittaisiin vastaajien mukaan lisää todennettuja tutkimustuloksia, jotta niitä uskallettaisiin ottaa runsaammin käyttöön. Materiaalitiedon olisi tärkeää kulkea tuotteen mukana. Kierrätysmateriaalien käyttöä vaikeuttavat vastaajien mielestä myös tiukat laatuvaatimukset, lupatekniset ongelmat varastoinnissa ja muut lupamenetelmät. Kierrätysmateriaalin käytöstä pitää tietää jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa, jotta kierrätysmateriaalin käytölle ehditään hakea luvat.

Kierrätys ja materiaalit (2/2)

- Miten tunnistetaan kierrätettäväksi kelpaavat materiaalit tai kelpaamattomat materiaalit?
- Onko haitallisten aineiden tunnistusmenetelmiä olemassa/käytössä?
- Mitä tiedätte käytettävän?
- Rakennustuotteen uudelleenkäyttö: Mitä mahdollisuuksia näet erilaisten rakennuksen osien uudelleenkäytön liiketoiminnalle tulevaisuudessa?

Tunnistaminen:

Kokemusperäinen osaaminen, joka perustuu tutkimuksiin, antaa jo tietoa tietyn ikäisten rakennusten materiaaleista ja haitallisista aineista. Paikan päällä käytettäviä haitallisten aineiden analyysimenetelmiä ei ole yleisesti käytössä. Kun tiedetään materiaalit, joissa voi olla haitta-aineita, otetaan näistä materiaaleista näytteitä laboratorio-tutkimuksia varten. Purkus suunnitelman teko ja siihen liittyen haitta-ainekartoitukset ovat purkutyön tilaajan vastuulla. Kuormitusperäinen tunnistaminen olisi huomioitava haitta-ainekartoituksissa (esim. liikenteen aiheuttama). Haitta-ainekartoituksiin kaivattaisiin sertifikaatti kartoittajille. Uutta purkumateriaalien hyödyntämiseen liittyvää tutkimusta tehdään (esim. geopolymeeri –tutkimusta).

Suora uudelleenkäyttö:

Uudelleenkäyttöä ohjaavat markkinat, niin kuin kierrätystäkin. Kierrätysmateriaalin hyödyntämisen ongelma on, että kun löydetään hyvä materiaali, niin sitä ei välttämättä saada riittävästi (pitäisi siis taata kierrätysmateriaalin tasainen saatavuus). Vastuukysymykset voivat tuottaa ongelmia sekä uudelleen käytössä että kierrätyksessä. Keskustelua herätti esim. kierrätysmateriaaleista valmistettujen tuotteiden käyttöikä.

Terveys ja Ympäristö

- Mikä on ongelmallista altistumista haitallisille aineille? Mitkä ovat ongelmallisia aineita?
- Missä materiaaleissa näitä haitallisia aineita on? Mitkä materiaalit tunnistat ongelmallisiksi?

Ongelmallinen altistuminen:

Esimerkiksi vanhoissa työtiloissa (mm. tehtaat) on vaikea järjestää teknisiä pölyntorjuntajärjestelmiä, joten suojautuminen on monesti henkilösuojainten varassa. Myöskään pölyn koostumus ei ole aina hyvin tiedossa, eikä ymmärrys pitkäaikaisesta altistumisesta.

Monet tuotteet ovat kerroksellisia jo valmistusvaiheessa, jolloin rakentamisen aikana lisätyt pinnoitteet, (maalit, liimat, epoksit) on työlästä poistaa (hionta, hiekkapuhallus → työsuojelun huomiointi)

Kun pinta on ohut mutta haitallinen ja toisaalta kokonaisvolyymi pieni, niin materiaali on ongelmallinen sekä kierron että työsuojelun kannalta.

Ongelma-aineet:

Keskusteluissa nousi esimerkkeinä mm. :

- PAH-yhdisteet, lyijy, kvartsi
- epoksit (hartsit ja kovettimena amiiniyhdisteet), isosyanaatti (polyuretaani)
- Boori ja boorihappo (selluvillassa ja puunsuojauksessa fungisideina)
- muut biosidit (erityisesti metyyli-isotiatsolinoni ja metyylikloori-isotiatsolinoni, jotka ovat voimakkaita ihoherkistäjiä)

Näistä osa on SVHC-aineita muttei yksikään POP-yhdiste. Uusissa tuotteissa asiakkaat kyselevät aktiivisesti ainesisältöjä, jopa ohi lainsäädännön. Ympäristömerkinnät

auttaisivat ongelmattomuuden tunnistuksessa. Eräät valmistajat toimittavat etukäteenkin tietoja, esim. maaleista, mutta toisaalta voivat olla liikesalaisuuksia.

Missä materiaaleissa näitä voi olla?:

Useissa keskusteluissa nousi esiin haitta-ainekartoituksen perusteellisuuden tärkeys ennen purku-urakkaa. Sen tulee sisältää asbestin lisäksi muutkin haitalliset aineet, mutta toimijoille ei vielä ole selvää mitkä aineista on tärkeintä huomioida. Myös materiaalien tai pinnoitteiden kerroksellisuus on ongelmallista. Purkukartoituksesta vastaa sen tilaaja, jonka välittömässä intressissä tai tiedossa tämä perusteellisuus ei välttämättä ole (kustannukset, tietoisuus, omistajuuden vaihtuvuus). Toimintaketjulle tulisi luoda laatukriteerit ja esim. kartoituksen tekijöille sertifiointi. Lopulta vain lainsäädännölliset vaatimukset tepsivät.

Haitallisten aineiden tietokantoja materiaaleissa on rakennusosalalla, mm. US Health Product Declaration (HPD) <https://www.hpd-collaborative.org/>, jota ainakin isommat toimijat käyttävät. Sen sijaan pienillä toimijoilla ei ole ainetietoa juuri lainkaan. Pienet firmat eivät osaa kysyä kemikaaleihin liittyviä kysymyksiä, heille riittää, että tuotteet ovat hintalaatusuhteeltaan osuvia.

Jätehuoltolaitoksilta toivotaan enemmän materiaalien testausta. Aineiden tunnistus paikan päällä tehostaisi toimintaa. Purkuyritykset pyrkivät purkuun paikalla, joka on nykytilanteessa ja ehdoilla jopa kannattavaa. Vastaavasti purkumateriaalien varastointi voi olla kustannuskysymys, jos sisältö on epäselvä.

Ohjauskeinot

- Miltä osin nykyinen sääntely estää kiertotalouden toteuttamista rakentamisessa, korjausrakentamisessa ja purkurakentamisessa?
- Millaisilla keinoilla voidaan edistää kiertotaloutta?
- Millaisilla keinoilla voidaan edistää työturvallisuutta?

Sääntelyn ongelmakohdat:

Toimialojen edustajien mukaan lupaprosessien pitkä kesto, laajat tietovaatimukset ja hinta haittaavat kiertotalouden toteuttamista. Lupaprosessien ongelmana on myös niiden keston ja lopputuloksen hankala ennustettavuus, mikä aiheuttaa epävarmuutta. Kierrätysmateriaaleille koettiin olevan liian kovat puhtausvaatimukset verrattuna neutraaleille materiaaleille.

Kiertotalouden edistäminen:

Kaivattaisiin esimerkitapauksia. Sidosryhmät tulisi ottaa mukaan säädäntöjen valmisteluihin.

Työturvallisuuden edistäminen:

Parempaa viestintää kaivattaisiin, esim. työturvallisuuskoulutusta, sekä esimiehille että työntekijöille. Teknologiaa pitäisi mahdollistaa ja ohittaa sillä vakiintuneita käytäntöjä. Tässäkin sidosryhmien kuunteleminen olisi tärkeää.

LIITE 4. Keskustelutilaisuus komposiittiedustajien kanssa

Keskustelutilaisuuden osallistajat 20.3.2019

Etunimi	Sukunimi	Yritys/Organisaatio
John	Bachér	VTT Oy
Sari	Kauppi	SYKE
Hannu	Kiviranta	THL
Jari	Koskinen	Exel composites Oyj
Sirpa	Laitinen	Työterveyslaitos
Katri	Lautala	Syke
Jukka	Leinonen	Kevra Oy
Pirjo	Pietikäinen	Muoviteollisuus ry
Kati	Suomalainen	Tukes
Sanna	Weiström	FY-Composites Oy

Keskustelun virikkeeksi koottuja kysymyksiä

SIRKKU-hankkeessa kestäväää kiertotaloutta katsotaan teknologioiden, työ- ja ympäristöturvallisuuden sekä sääntelyn näkökulmista.

1. Mistä materiaaleista tuotteenne on valmistettu? Työturvallisuuden näkökulmasta: Onko kaikkien komponenttien raaka-ainetiedot saatavilla?
2. Onko hyödynnetty kierrätysmateriaaleja?
 - a. Kuinka paljon tuotteestanne on kierrätysmateriaalia ja vaikuttaako tämä materiaali prosessoitavuuteen?
 - b. Kuinka syötteiden ja tuotteiden laatua mitataan ja seurataan?
 - c. Mitkä parametrit ovat keskeisiä?
 - d. Millaisin toimin hallitaan kemikaaleja?
3. Miten nämä materiaalit/aineet valikoituivat?
 - a. Mitä hyviä ominaisuuksia ne tuovat tuotteeseenne? b) Vaikuttavatko aineet kierrätykseen tai uudelleenkäyttöön? c) Millaisia kemikaaleja tuote sisältää?
4. Mitkä jätteet/kierrätysmateriaalit koetaan mahdollisesti epävarmoina/arveluttavina esim. epäpuhtauksien tai haitallisten aineiden takia?
5. Kuinka paljon tuotteistanne on sellaisia, jotka tulevat sisätilojen rakenteisiin tai pintoihin tai käytetään sisätiloissa?
6. Onko raaka-aineiden kemiallisiin koostumuksiin liittyvät työturvallisuusriskit tiedossa ja arvioitu esim. mittaus- tai mallinnusmenetelmin?
7. Onko komposiittien valmistusprosessien riskit hallinnassa teknisin torjuntatoimenpitein ja asianmukaisin henkilösuojaimin?
8. Minkälaisia tulevaisuuden trendejä ja visioita näette kierrätys muovien ja komposiittien valmistuksessa? Onko tarpeeksi syötettä, tulevaisuuden koostumusvaihtelut?
9. Mitä asioita toivoisitte nostettavan SIRKKU-hankkeen raportissa esille toimialaanne koskien? (esim. tutkimustarpeita, lainsäädäntö jne)

LIITE 5. Muovien kierrättäminen ja haitallisten aineiden riskienhallinta

Euroopan Komissio asetti hiljattain uuden tavoitteen muovien kierrätysasteelle: 55% vuoteen 2030 mennessä. Tällä hetkellä muovijätteen keräys- ja kierrätysjärjestelmät ovat aktiivisen kehittämisen kohteina. Muovijätteiden jätteeksi luokittelun päättymiselle ei ole annettu asetustasoisia säädöksiä EU-tasolla tai Suomessa, mutta tällaisen sääntelyn mahdollisuuksia mekaanisen ja kemiallisen muovin kierrätyksen osalta on ryhdytty tarkastelemaan Suomessa.

Muovit ovat materiaalivirtana moninainen, josta syystä niiden kierrättämiseen liittyviä kysymyksiä ja haitallisten aineiden merkitystä tässä kokonaisuudessa pidetään usein hankalasti hahmotettavana ja säänneltävänä asiana. Tässä luvussa pyritään jäsentämään asiakokonaisuutta olemassa olevien numeeristen sekä kierrätettävyyteen ja riskinhallintaan liittyvien perustietojen valossa.

Lähestytään asiaa ensin kierrätettävyyden näkökulmasta. Toistaiseksi vain osalle muovilajeista on tuotantomittakaavan kierrätystoimintaa Suomessa; uusiomuovigranulaattien ja –tuotteiden valmistamiseen hyödynnetään lähinnä eteeni- ja propeenipolymeerejä. Esimerkiksi styreenipolymeerien tai PVC-muovin kierrätystoimintaa ei toistaiseksi ole Suomessa. Haitta-aineriskien hallinta on siis ajankohtaisinta ensiksi mainittujen muovilajien kohdalla.

Muovien kierrätettävyyteen vaikuttaa oleellisesti myös niiden käyttömäärät. Toistaiseksi vain sellaisia muovilajivirtoja, jotka ovat volyymiltään riittävän suuria, on pidetty kiinnostavina mekaanisen kierrätyksen kannalta. Kemiallisen kierrätyksen toteutuminen tuotannollisessa mittakaavassa edellyttää vielä teknologista kehitystyötä. Muovilajikohtaista kierrätyspotentiaalia ja välillisesti myös riskinhallinnan tarpeita voidaan tarkastella muoviaiaineiden ja -tuotteiden tuotanto-, tuonti- ja vientimäärien perusteella. Lisäksi tilastotietoa on saatavilla näiden muovituotteiden käyttökohteista. Tilastokeskuksen teollisuustuotanto –tilasto ja Tullin ylläpitämä ULJAS-tietokanta antavat varsin yksityiskohtaista tietoa muoviraaka-aineiden ja –tuotteiden virroista; [esimerkkejä muovituotteiden tuotantomääristä on kuvissa 26–28]. Tietoja on saatavissa sekä euro- (tuotannon ja ulkomaankaupan arvo) että massamääräisinä (kg).

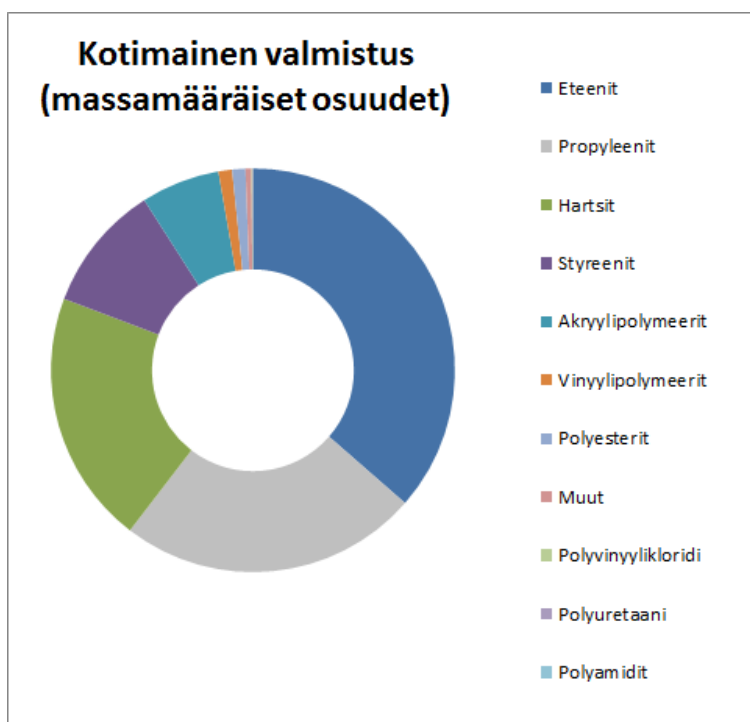
Muoviaiaineiden ja –tuotteiden tilastotiedot vuodelta 2017 osoittavat, että kotimaista tuotantoa, jonka kokonaismäärä oli noin 750 000 tonnia, dominoivat polyolefiinien (polyeteeni- ja polypropeenimuovit) tuotanto (kuva 24). Myös tuoduista muoviaiaineista polyeteenimuovien osuus oli lähes 50% vuonna 2017 (kuva 25). Myös lukuisia muita muoviaiaineita valmistetaan Suomessa, mutta niiden tuotantomäärät ovat huomattavasti alhaisempia (kuva 24). Yksittäisiä määrällisesti merkittäviä Suomessa tuotettuja muoviaiaineita ovat mm. fenolihartsit ja akryylipolymeerit. Suomeen tuotavien muoviaiaineiden kirjo on jonkin verran Suomessa valmistettujen muoviaiaineiden kirjoa laajempi

(kuva 25). Muoviaineita käytetään muovituotteiden valmistamiseen. Toimialaluokitus erottelee muovituotteiden valmistuksessa neljä pääluokkaa: 1) muovilevyjen, -kalvojen, -putkien ja -profiilien valmistus; 2) muovipakkausten valmistus, 3) rakennusmuovien valmistus; 4) muiden muovituotteiden valmistus. Euromääräisesti tarkastellen noin puolet Suomessa valmistetuista muovituotteista ryhmitellään ensimmäiseen pääluokkaan (kuva 26). Pääluokkien sisällä muovituotteiden jakautumista eri tuoteryhmiin voidaan tehdä tarkemmin. Suurimman pääryhmän, muovilevyjen, -kalvojen, -putkien ja -profiilien valmistuksen jakautumista tuoteryhmiin on havainnollistettu kuvassa 28.

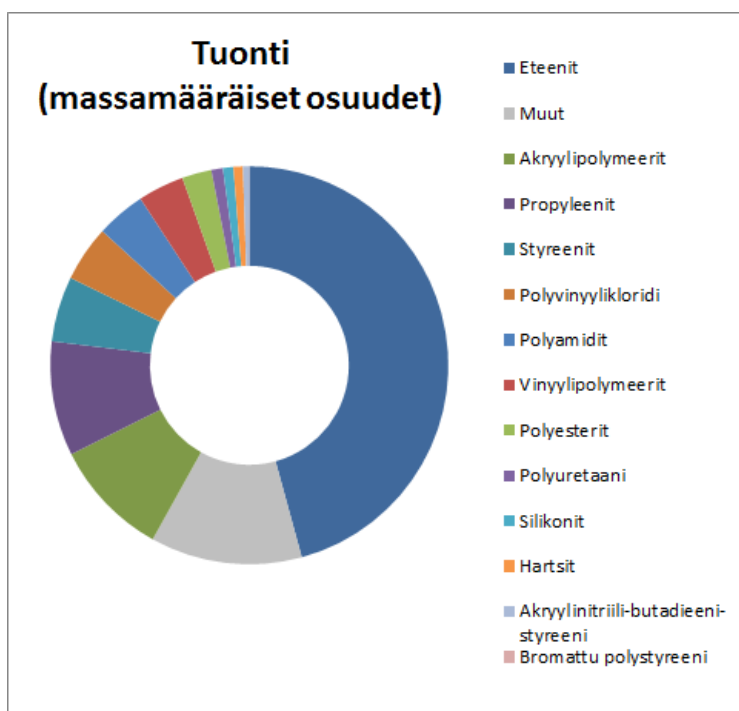
Edellä ja kuvissa 24–28 esitellyt muovimateriaaleihin liittyviä materiaaalivirtatietoja voidaan hyödyntää suuntaa-antavien materiaaalivirta- ja riskitarkasteluiden pohjana. Aineistojen hyödyntämistä, joka edellyttää perusteellisempia lisätarkasteluita tulevaisuudessa, havainnollistetaan seuraavaksi muutaman kysymysmuotoisen esimerkin avulla.

Mitkä ovat ne keskeiset muovituotevirrat, joiden kierrättämisellä voidaan merkittävimmin vaikuttaa muovinkierrätyksen volyymin kasvattamiseen ja kierrätystavoitteen saavuttamiseen? Tilastotietojen valossa yli puolet muovituotteista on eteeni- ja propyleenipolymeeripohjaisia ja näin ollen näiden tuotteiden tehokkaalla kierrättämisellä kierrätystavoite saattaisi olla saavutettavissa. Arvio on kuitenkin teoreettinen, sillä osa näistä muovituotteista ei todennäköisesti sovellu kierrätettäväksi mekaanisesti joko ominaisuuksiensa tai käyttötarkoituksensa vuoksi.

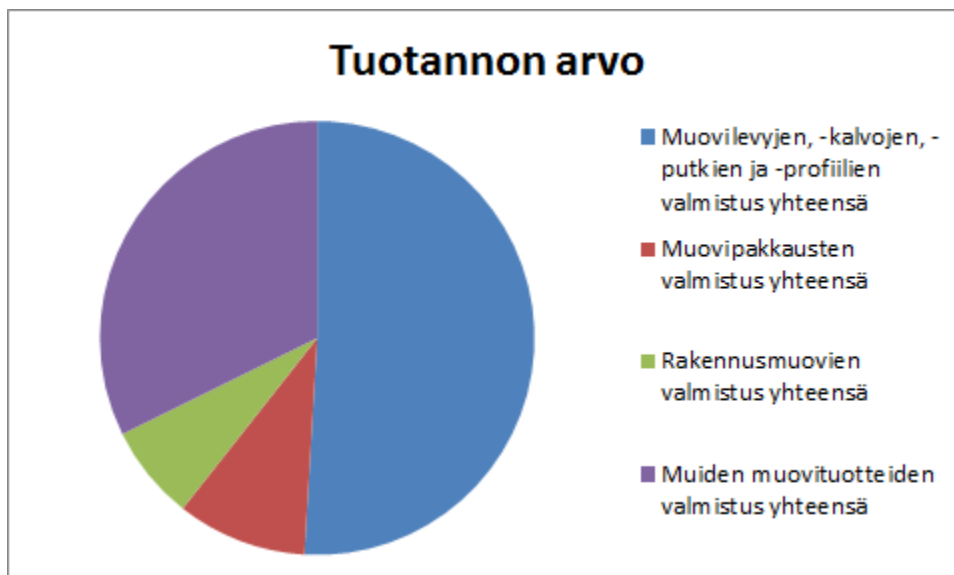
Miten kierrätykseen soveltumattomien tai haitta-aineiden riskien näkökulmasta ongelmallisten muovilajien osuudet vaikuttavat kierrätystavoitteisiin? Esimerkiksi polyuretaanista ja vinyylipolymeereistä ja PVC-muovista valmistettujen tuotteiden osuus kotimaisesta valmistuksesta ja tuonnista ovat varsin vähäiset, yhteensä noin 8 prosenttia. Kierrätystavoitteiden saavuttamisen kannalta näiden muovivirtojen rooli ei ole keskeinen.



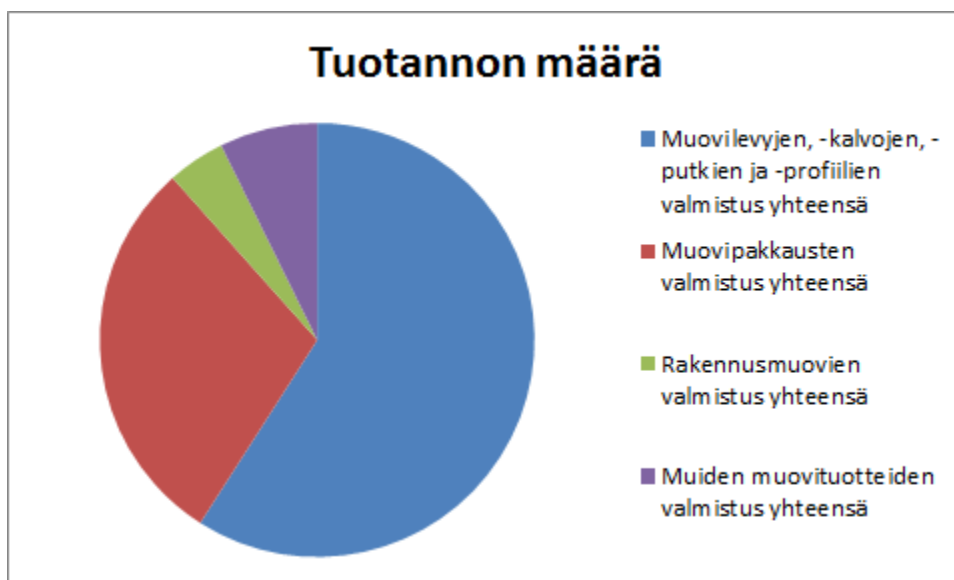
Kuva 24. Muoviraaka-aineiden kotimainen valmistus, muovilajien massamääräiset osuudet kokonaistuotannosta (noin 750 000 tonnia) vuonna 2017.



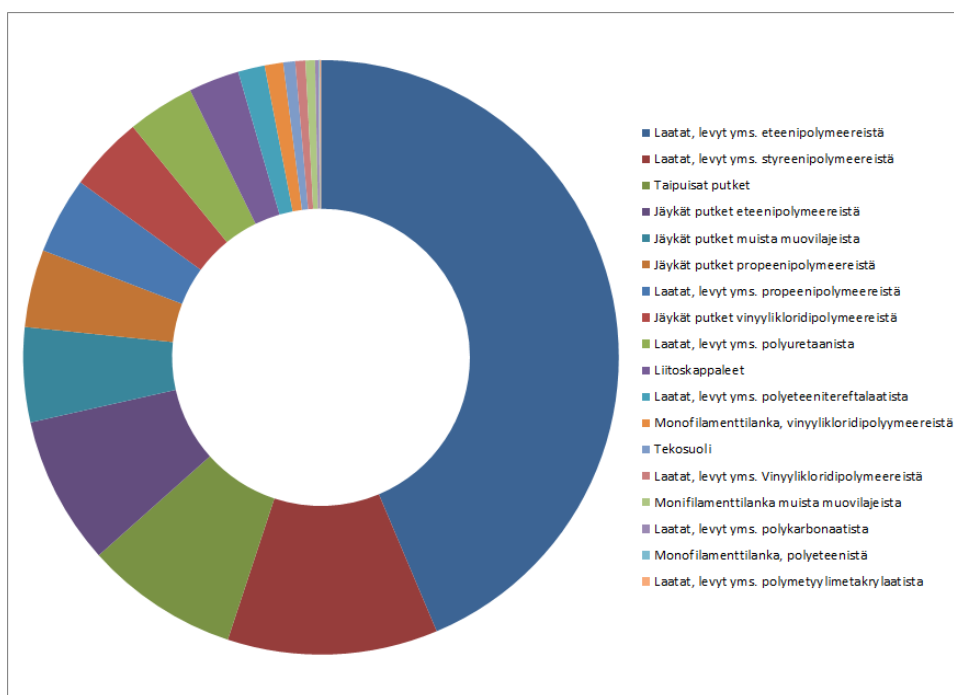
Kuva 25. Muoviraaka-aineiden tuonti Suomeen vuonna 2017. Muovilajien massamääräiset osuudet tuonnin kokonaismäärästä (noin 620 000 tonnia).



Kuva 26. Muovituotteiden valmistus Suomessa 2017 tuotetyyppien neljän pääluokan mukaisesti. Kunkin pääluokan euromääräinen osuus kokonaistuotannosta (noin 2 milj. euroa)



Kuva 27. Muovituotteiden valmistus Suomessa 2017 tuotetyyppien neljän pääluokan mukaisesti. Kunkin pääluokan massamääräinen osuus kokonaistuotannosta (noin 560 000 tonnia). Massamääräiset luvut eivät ole täysin vertailukelpoisia, koska etenkin muiden muovituotteiden tonnimääräisiä valmistusmääriä ei tilastoida.



Kuva 28. Suomessa vuonna 2017 valmistettujen muovilevyjen, -kalvojen, -putkien ja -profiilien jaottelu tuotetyyppeihin käytetyn muoviraaka-aineen mukaan eriteltynä. Kunkin tuoteryhmän massamääräiset osuudet kokonaistuotannosta (noin 330 000 tonnia).

Muovien kierrätyksessä PVC-muovin pehmittimenä käytettyjen ftalaattien, joista osa lukeutuu SVHC-aineisiin, voitaisiin rajoittaa sekä asettamalla yhdistekohtaisia raja-arvoja tai raja-arvo PVC-muovin enimmäismäärälle materiaaliepäpuhtautena kierrätettäessä mekaanisesti muita muovilajeja (polymeerejä). Tässäkin tapauksessa kyse olisi epäsuorasta tavasta rajoittaa ftalaattien esiintymistä uusiomuovimateriaalissa: Alhainen PVC-muovin enimmäispitoisuus rajoittaisi tehokkaasti myös kyseisten ftalaattien pitoisuuksia tuotetuissa uusiomuovigranulaateissa. Betonimursketta koskevassa esimerkitapauksessa PCB- tai palonestoaineiden esiintyminen ei vaikuta kielteisesti murskeen tuottamiseen tai valmiin murskeen teknisiin ominaisuuksiin. Sen sijaan uusiomuovigranulaattien tuotannossa ja hyödyntämisessä syötteenä (raaka-aineena) käytettävä, esikäsitellyn läpikäynyt muovijäte ei voi sisältää merkittäviä määriä muovipolymeeriepäpuhtauksia (esimerkiksi PVC-muovia polyeteenimuovigranulaation valmistuksessa). Tällaiset epäpuhtaudet heikentäisivät uusiomuovigranulaatin teknisiä ominaisuuksia ja laatua merkittävästi. Materiaalien kierrättämisessä etenkin silloin, kun uusiomateriaalia hyödynnetään korkeamman jalostusasteen käyttötarkoituksissa, myös teknisen laadun vaatimukset tukevat epäpuhtauksiin ja kemikaaleihin liittyvien riskien hallintaa.

Lähteet

AGS. 2007. Borsäure und natriumborate. Begründung zu Borsäure und Natriumborate in TRGS 900. März, 2007.

Ahokas P. 2016. PAH-yhdisteet bitumikatteissa ja niiden aiheuttamat riskit bitumikatteiden kierrätykselle. Lahden ammattikorkeakoulu, Ympäristönsuojelutekniikan opinnäytetyö, 50 s.

Ahrens A. 2019. Method for Comparing the Release Potential of Additives from Plastic Materials. ECHA. Platform presentation in SETAC conference, Helsinki, Finland 30.5.2019.

Alaee, M., Arais, P., Sjödin, A. & Bergman, Å. 2003. An overview of commercially used brominated flame retardants, their applications, their use patterns in different countries/regions and possible modes of release. *Environmental International* 29: 683-689.

Alaranta, J. & Turunen, T. 2017. Drawing a Line between European Waste Regulation and European Chemicals Regulation. *RECIEL* 26(2).

Aluehallintoviraston (AVI) tiedote 2019. <http://www.avi.fi/web/avi/-/pah-yhdisteita-sisaltavat-rakennusmateriaalit-huomioitava-purkukohteissa>

AMAP Assessment 2015: Human Health in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) Oslo 2015.

Ambec, S., Cohen, M. A., Elgie, S. & Lanoie, P. 2013. The Porter Hypothesis at 20: Can Environmental Regulation Enhance Innovation and Competitiveness? *Review of Environmental Economics and Policy* 7(1): 2–22.

Amlo, S. 2018. Klorparafiner i vinyl gulvbelegg. Feltstudie. Norconsult. Forum for miljøkartlegging og -sanering. 2018. * https://docs.wixstatic.com/ugd/01b968_f89fe81bb1f140dbae591e460ffa96a4.pdf

Andersen, H.V., Gunnarsen, L.B. & Kampmann, K. 2015. Migration of PCBs from Sealants to Adjacent Material. Teoksessa: Loomans, M. & te Kulve, M. (toim.). *Proceedings of Healthy Buildings 2015 [Paper ID500]* Eindhoven: International Society of Indoor Air Quality and Climate.

Andersson, M., Oxfall, H. & Nilsson, C. 2019. Mapping and Evaluation of some Restricted Chemical Substances in Recycled Plastics Originating from ELV and WEEE Collected in Europe. RISE report: 2019:28, ISBN: 978-91-88907-54-7

Anon. 2018. Disposal of exterior external thermal insulation composite systems containing EPS. *Journal Recovery*, 3/2018. *

Arevalillo, A., Hradil, P. & Wahlström, M. 2017. EC “Technical and Economic Study with regard to the Development of Specific Tools and/or Guidelines for Assessment of Construction and Demolition Waste Streams prior to Demolition or Renovation of Buildings and Infrastructures”. Final report of EU Specific Contract 30-CE-0751644/00-00–SI2.720069 <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/24562/attachments/1/translations/en/renditions/pdf>

Berg, A., Antikainen, R., Hartikainen, E., Kauppi, S., Kautto, P., Lazarevic, D., Piesik, S. & Saikku, L. 2018. Circular Economy for Sustainable Development. Helsinki: Finnish Environment Institute. Reports of the Finnish Environment Institute 26/2018.

Bhat, V. S., Durham, J. L. & English, J. C. 2014. Derivation of an oral reference dose (RfD) for the plasticizer, di-(2-propylheptyl)phthalate (Palatinol (R) 10-P), *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 70(1): 65–74.
<https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2014.06.002>

Blom, D. & Dufva, K. 2016. Lujitemuovijätteen materiaalin ja energian kierrätys sementtiuunissa. *Vapaamuotoisia julkaisuja* 71. Mikkelin ammattikorkeakoulu.

Coen, D. & Grant, W. 2006. *Managing Business and Government Relations*. Julkaisussa: Coen, D. & Grant, W. (toim.): *Business and Government: Methods and Practice*. Opladen and Farmington Hills: Barbara Budrich Publishers, 13–31.

Dahlbo, H., Poliakova, V., Mylläri, V. Sahimaa, O. & Anderson, R. 2018. Recycling potential of post-consumer plastic packaging waste in Finland. *Waste Management* 71: 52–61.

Dalhammar, C. 2014. Promoting energy and resource efficiency through the Ecodesign directive. *Scandinavian Studies in Law* 59: 147-179.

Dalhammar, C., Machacek, E., Bundgaard, A., Overgaard Zacho, K. & Remmen, A. 2014. Addressing resource efficiency through the Ecodesign Directive: A review of opportunities and barriers. Copenhagen: Nordic Council of Ministers. *TemaNord* 2014: 511.

- Darnerud, P.O., Lignell, S., Aune, M., Isaksson, M., Cantillana, T., Redeby, J. & Glynn, A. 2015. Time trends of polybrominated diphenylether (PBDE) congeners in serum of Swedish mothers and comparisons to breast milk data. *Environmental research* 138: 352–360.
- De Frond, H.L., Sebille, van, E., Parnis, J.M., Diamond, M.L., Mallos, T.K. & Rochman, C.M. Estimating the Mass of Chemicals Associated with Ocean Plastic Pollution to Inform Mitigation Efforts. *Integrated Environmental Assessment and Management* 15(4): 596–606.
- ECHA 2010. Jätettä ja hyödynnettäviä aineita koskevat toimintaohjeet. Versio 2. Toukokuu 2010.
- ECHA 2013. Evaluation of the New Scientific Evidence Concerning DINP and DIDP in Relation to Entry 52 of Annex XVII to Regulation (EC) No 1907/2006 (REACH) - Final review report, European Chemicals Agency. <http://echa.europa.eu/documents/10162/31b4067e-de40-4044-93e8-9c9ff1960715>
- ECHA 2016a. List of substances included in Annex XIV of REACH ("Authorisation List"). European Chemicals Agency. <https://echa.europa.eu/fi/authorisation-list>
- ECHA 2016b. Annex XV Restriction Report, Proposal for a Restriction, Substance Names: Four Phthalates (DEHP, BBP, DBP, DIBP), European Chemicals Agency. <https://echa.europa.eu/documents/10162/b088340c-07bf-41b5-aed7-993166d79a85>
- ECHA 2019. Annex XV restriction report – microplastics. Proposal for a restriction. Version number 1.2. Elokuu 2019.
- ECHA. Candidate List of substances of very high concern for Authorisation. <https://echa.europa.eu/fi/candidate-list-table> [Viitattu 16.7.2019]
- EEA 2018. European waters: Assessment of status and pressures 2018. EEA Report No 7/2018. <https://www.eea.europa.eu/publications/state-of-water>
- EFSA 2018. Risk to human health related to the presence of perfluorooctane sulfonic acid and perfluorooctanoic acid in food. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. *The EFSA Journal* (2018) 16 (12), 5194.
- Euroopan komissio 2018. Rakennusten purku- ja kunnostustöitä edeltäviä jätehuoltotarkastuksia koskevat ohjeet. Rakennus- ja purkujätteen käsittely ja kierrätys EU:ssa.

<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/31521/attachments/1/translations/fi/renditions/native> [Viitattu 15.3.2019]

Fausser, P., Bach, L., Daugaard, A.E., Vollertsen, J., Murphy, F., Koski, M., Christensen, A., Andersen, T.J., Scott-Fordsmand, J. & Strand, J. 2019. Risk assessment of harmful types of plastics in the marine environment. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy. Scientific Report No. 329. 74 s.

<http://dce2.au.dk/pub/SR329.pdf>

Fjäder, P. 2016. Merten roskaantumisen, muovit, mikromuovit ja haitalliset aineet. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 37/2016.

Friden, U.E., McLachlan, M.S. & Berger, U. 2011. Chlorinated paraffins in indoor air and dust: concentrations, congener patterns, and human exposure. *Environ International* 37:1169–1174.

Fromme, H., Becher, G., Hilger, B. & Volkel, W. 2016. Brominated flame retardants - Exposure and risk assessment for the general population. *International journal of hygiene and environmental health* 219: 1–23.

Fråne, A., Miliute-Plepiene, J., Almasi, A.M. & Westöö, A-K. 2019. PVC waste treatment in the Nordic countries. *TemaNord* 2019:501. Nordic Council of Ministers.

Geueke, B., Groh, K. & Muncke, J. 2018. Food packaging in the circular economy: Over-view of chemical safety aspects for commonly used materials. *Journal of Cleaner Production* 193: 491–505.

Geyer, R., Jambeck, J.R. & Law, K.L. 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances* 3. <http://advances.sciencemag.org/content/advances/3/7/e1700782.full.pdf>

Glüge, J., Wang, Z., Bogdal, C., Scheringer, M. & Hungerbühler, K. 2016. Global production, use, and emission volumes of short-chain chlorinated paraffins – A minimum scenario. *Science of the Total Environment* 573: 1132–1146.

Groh, K. 2019. Chemicals in Plastic Packaging: Prioritization Case Studies. Food Packaging Forum Foundation, Switzerland. Platform presentation in SETAC conference, Helsinki, Finland 30.5.2019.

Groh, K. J., Backhaus T., Carney-Almroth, B., Geueke B, Inostroza, P., Lennquist A., Leslie H., Maffini M., Slunge D., Trasande L., Warhurst A. M. & Muncke J. 2019 Overview of known plastic packaging-associated chemicals and their hazards. *Science of the Total Environment* 651: 3253–3268.

Guo, J., Lin, K., Deng, J., Fu, X. & Xu, Z. 2015. Polybrominated diphenyl ethers in indoor air during waste TV recycling process. *Journal of Hazardous Materials* 283: 439–446.

Hahladakis, J.N., Velis, C.A., Weber, R., Iacovidou, E. & Purnell, P. 2018. An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. *Journal of Hazardous Materials* 344: 179–199.

Hakala, E., Pyy, L., Kakko, K., Kerttula, R., Utela, J. & Koponen, M. 1991 Arseenialtistuminen ja sen mittaaminen. Loppuraportti Työsuojelurahaston hankkeesta no: 88016. Oulun aluetyöterveyslaitos, 61 s.

Hall, W. & Williams P. 2008. Quantification of polybrominated diphenyl ethers in oil produced by pyrolysis of flame retarded plastic. *Journal of the Energy Institute* 81: 158–163.

Hansen, A.B. & Lassen, P. 2008. Screening of phenolic substances in the Nordic environments. *TemaNord* 2008:530. Nordic Council of Ministers, Copenhagen. ISBN 978-92-893-1681-1

Hansen, E., Nilsson, N.H., Lithner, D. & Lassen, C. 2013. Hazardous substances in plastic materials. TA-3017/2013. Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif).

Hansen, E., Nilsson, N.H., Lithner, D. & Lassen, C. 2014. Hazardous substances in plastic materials. Survey of chemical substances in consumer products. Danish EPA report No. 132, 2014. * <https://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2014/12/978-87-93283-31-2.pdf>

Higgins, F. 2013. Rapid and reliable phthalate screening in plastics by portable FTIR spectroscopy. Application note, Agilent Technologies, USA.

HILMA: <https://www.hankintailmoitukset.fi/fi/docs/yleista/> [Viitattu 4.4.2019]

Hinchliffe, S. & Ward, K. J. 2014. Geographies of folded life: how immunity reframes biosecurity. *Geoforum* 53(May 2014):136–144.

Honkala, I. 2018. HBCD in insulation materials.XRF in Preliminary Detection. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. *

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/149579/Honkala_Inka.pdf?sequence=1&isAllowed=y

HTP-arvot 2018. Haitalliseksi tunnetut pitoisuudet. STM:n julkaisuja 9/2018.

Häkkinen, T., Kuittinen, M. & Vares, S. 2019. Plastics in buildings – A study of Finnish apartment buildings and day-care centre. Ministry of the Environment.

Hämäläinen, L. 2018. HBCD:n kartoitus Suomen rakennuskannassa. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. *

http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/137305/Hamalainen_Lauri.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Jang, Y.C. & Townsend, T.G. 2001. Occurrence of organic pollutants in recovered soil fines from construction and demolition waste. Waste Manag. 21(8):703–15.

Janssen, M.P.M., Spijker, J., Lijzen, J.P.A. & Wesselink, L.G. 2016. Plastics that contain hazardous substances: recycle or incinerate? National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), RIVM Letter report 2016-0025.

Järvelä, P. & Järvelä, P. 2015. Teknisten muovien kierrätys ja uusiokäyttö. Ympäristöministeriö.

Järvinen, P. 2017. Muovit ja muovituotteiden valmistus. Bookwell Oy, Porvoo. 239 s.

Kaartinen, T., Laine-Ylijoki, J. & Wahlström, M. 2007. Jätteen termisen käsittelyn tuhkien ja kuonien käsittely- ja sijoitusmahdollisuudet. VTT Tiedotteita 2411. Espoo.

Kallio, N., Väänänen, V., Taxell, P., Koponen, M., Saalo, A., Mikkola, J., Hirvonen, M. & Santonen, T. 2017. REACH–asetuksen vaikutus työturvallisuuteen: 1. väliarviointi. Työterveyslaitos. <https://julkari.fi/handle/10024/132066>

Kauppi, S. ja Junntila, V., 2019, Rakennusmateriaalien haitalliset aineet (käsikirjoitus, julkaisematon), Suomen ympäristökeskus.

Kauppi, J., Turunen, T., Häkkinen, E., Salminen, J. & Lazarevic, D. 2018. Jätteen luokittelun päättymisen hyödyt ja haitat. Ympäristöministeriön raportteja 9/2018. Ympäristöministeriö, Helsinki.

Kautto, P. & Valve, H. 2019. Cosmopolitics of a regulatory fit: The case of nanocellulose. *Science as Culture* 28(1): 25–45.

KEMI 2016. Hazardous chemicals in construction products – proposal for Swedish regulation. Report from a government assignment. Report 4/16. Swedish chemicals agency, Stockholm.

Keskisaari, A., Butylina, S. & Kärki, T. 2016. Use of construction and demolition wastes as mineral fillers in hybrid wood-polymer composites. *Journal of Applied Polymer Science* 133, 43412.

Kinnunen, R. & Kupiainen, R. 2019. Rakennustyömaan muovijätevirrat ja lajittelun ympäristövaikutukset. Opinnäytetyö. Karelia-ammattikorkeakoulu.

Kokkonen A., Nykänen M. & Pasanen P. 2014. Rakennustyöpaikan pölyn leviämisen hallinta vesisumutusmenetelmällä. Loppuraportti. Itä-Suomen yliopisto.

KOM (2018) 32, lopull. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle – vaihtoehtoja kemikaali-, tuote- ja jätelainsäädännön rajapinnalla yksilöityjen ongelmien ratkaisemiseksi.

Kontturi, K., Lankiniemi, S. & Yliruusi, H. 2018. Kemikaaliviisaat julkiset hankinnat – opas kunnille. Turun ammattikorkeakoulun oppimateriaaleja 118.

Korhonen, M-R., Pitkänen, K. ja Niemistö, J. 2018. Selvitys orgaanisen jätteen kaatopaikkakiellon vaikutuksista. Suomen ympäristö 3/2018.

Kärhä, V. 1999. Muovit rakentamisessa – perustietoa. Teoksessa: Pesonen, R. (toim.). Rakentajain kalenteri 2000. 84. vuosikerta. Osa 1 Käsikirja. Rakennustieto Oy.

Laasonen, H. 2013. Remontoinnin aikaisten terveyshaittojen riskinarviointi.

Laine-Ylijoki, J., zu Castell-Rüdenhausen, M., Kaartinen, T., Kärki, J., Pellikka, T., Punkkinen, H., Saastamoinen, H., Wahlström, M. & Pohjakallio, M. 2018. Selvitys eräiden jätteiden ja rejektien käsittelykapasiteetin sekä muutaman jäteperäisen materiaalin markkinan tilanteesta Suomessa. Ympäristöministeriö, Helsinki.

Lehtonen, K. 2019. Purkutyöt-opas. Ohjeita tekijöille ja teettäjiille. Ympäristöministeriö. Lausunnolla ollut dokumentti 2019.

- Leslie, H., Leonards, P. E., Brandsma, S. & Jonkers, N. 2013. POP STREAM POP-BDE waste streams in the Netherlands: analysis and inventory. Amsterdam.
- Liang, S., Xu, F., Tang, W., Zhang, Z., Zhang, W., Liu, L., Wang, J. & Lin K. 2016 Brominated flame retardants in the hair and serum samples from an e-waste recycling area in southeastern China: the possibility of using hair for biomonitoring. *Environmental Science and Pollution Research* 23:14889–14897.
- Liikanen, M., Grönman, K., Deviatkin, I., Havukainen, J., Hyvärinen, M., Kärki, T., Varies, J., Soukka, R. & Horttanainen, M. 2019. Construction and demolition waste as a raw material for wood polymer composites – Assessment of environmental impacts. *Journal of Cleaner Production* 225: 716-727.
- Liikanen, M., Helppi, O., Havukainen, J. & Horttanainen, M. 2018. Rakennusjätteen koostumustutkimus – Etelä-Karjala. FISS Etelä-Karjalan teollisten symbioosien palvelu –hanke. Tutkimusraportit – Research Reports 82. LUT Scientific and Expertise Publications. Lappeenranta teknillinen yliopisto.
- Louhelainen, K., Uuksulainen, S., Saalo, A., Mikkola, J., Hyytinen, E-R., Karjalainen, A., Priha, E. & Santonen, T. 2017. Kemikaaliriskien hallinta kuntoon: Rekisteritietoon perustuva selvitys kemikaaleille altistavista riskitoista ja -ammateista. Työterveyslaitos. <http://www.julkari.fi/handle/10024/134853>
- Lowry, S & Bradley, M. 2011. Using FT-IR Spectroscopy to Characterize Plastics and Other Materials. *Advanced Materials & Processes* 169. ASM International.
- Lappeenranta University of Technology LUT. Puu-muovikomposiitit. <https://docplayer.fi/2629054-Puu-muovikomposiitit.html>.
- Mannio, J., Rantakokko, P., Kyllönen, K., Anttila, P., Kauppi, S., Ruokojärvi, P., Hakola, H., Kiviranta, H., Korhonen, M., Salo, S., Seppälä, T. & Viluksela, M. 2016. Kaukokulkeutuvat ympäristömyrkyt Suomen pohjoisilla alueilla – LAPCON. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 33/2016. Raportti löytyy osoitteesta tietokayttoon.fi, ISBN 978-952-287-280-7 (pdf)
- Mehlhart, G., Möck, A., & Goldmann, D. 2018. Effects on ELV waste management as a consequence of the decisions from the Stockholm Convention on decaBDE. Öko-Institut. ACEA, the European Automobile Manufacturers Association.

Mikkela M. 2019a. Työmaan kannustaminen lajittelemaan – Rakennus- ja purkujätteen uudelleenkäytön ja kierrätyksen parhaat käytännöt 2/10. Puhas Oy. Blogikirjoitus. <https://kiertotaloudentiella.net/2019/03/15/tyomaan-kannustaminen-lajittelemaan-rakennus-ja-purkujatteen-uudelleenkayton-ja-kierratyksen-parhaat-kaytannot-2-10/>

Mikkela M. 2019b. Työntekijät toteuttavat syntypaikkalajittelun – Rakennus- ja purkujätteen uudelleenkäytön ja kierrätyksen parhaat käytännöt 3/10. Puhas Oy. Blogikirjoitus. <https://kiertotaloudentiella.net/2019/03/29/tyontekijat-toteuttavat-syntypaikkalajittelun-rakennus-ja-purkujatteen-uudelleenkayton-ja-kierratyksen-parhaat-kaytannot-3-10/>

Ministry of Infrastructure and Water Management March, the Netherlands, 2018: HBCDD concentrations in EPS/XPS products and waste streams, Inventory in the Netherlands. *

Muoviteollisuus ry. 2014. Muovikomposiittien kierrätys. https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/julkaisukirjasto/muoviteollisuus_ryn_julkaisu/ [Viitattu 9.8.2019]

Muoviteollisuus ry. Komposiitit. <https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/komposiitit/> [Viitattu 1.8.2019]

Muoviteollisuus ry. Muovien luokitus. http://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/muovien_luokitus/ [Viitattu 17.6.2019]

Muoviteollisuus ry:n putkijaosto 2018. Muoviputkien keräys ja kierrätys. Julkaisu nr. 43. https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/julkaisukirjasto/muoviteollisuus_ryn_julkaisu/ [Viitattu 9.8.2019]

Myller, E. 2015. Sekalaisen puujätteen testaus erilaisten lopputuotteiden valmistuksessa; Projektin ohjausryhmän loppuraportti. Ympäristöministeriön raportteja 28/2015.

Myllymaa, T. (toim.), Moliis, K., Häkkinen, E., Seppälä, T. & 2015. Pysyvien orgaanisten yhdisteiden (POP) esiintyvyys, tunnistaminen ja erottaminen muovijätteistä. Ympäristöministeriön raportteja 25/2015, Helsinki.

Najafi, S.K. 2013. Use of recycled plastics in wood plastic composited – A review. Waste Management 33: 1898–1905.

Nieminen, M., Suomalainen, M. & Mäkinen, T. 2006. Gasification of shredder residue. VTT Research Notes 2344. ISBN 951-38-6800-1

Nordström, P. 2012. Rakennusjätehanke Cirkulera! Jätepihin rakentajan opas sekä Opas talon purkajalle – kaksi tieto-opasta rakennusjätteen käsittelystä Länsi-Uudella- maalla. Novia. ISBN (digital): 978-952-5839-47-0

Nørbygaard, T. & Berg, R.W. 2002. Application of ft-raman spectroscopy for analysis of phthalate esters in pvc plastics. Technical University of Denmark.
<https://www.yylady.net/UploadPic/2011/08/15/20110815110518168843.pdf>

Petersen, K. 2012. Short and medium chained chlorinated paraffins in buildings and constructions in the EU. Master Thesis.

PlasticsEurope 2018a. Plastics - the Facts 2018: An analysis of European plastics production, demand and waste data. https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics_the_facts_2018_AF_web.pdf

PlasticsEurope 2018b. Plastic waste from B&C in EU 2018. Final report.

Poropudas, M. 2011. Polyvinyylidikloridin (PVC) kierrätys ja uusiokäyttö. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto.

Porras, S., Hyytinen, E-R., Koponen, M., Heinälä, M. & Santonen, T. 2015. Hormoni- toimintaa häiritseville kemikaaleille altistuminen työpaikoilla. Työterveyslaitos. ISBN 978-952-261-522-0 (pdf)

Potrykus, A., Milunov, M. & Weißenbacher, J. 2015. Identification of potentially POP- containing Wastes and Recyclates – Derivation of Limit Values. Umweltbundesamt.

Punkkinen, H., Oasmaa, A., Laatikainen-Luntama, J., Nieminen, M. & Laine-Ylijoki, J. 2017. Thermal conversion of plasticcontaining waste: A review. ARVI Research Report D4.1-22. ISBN 978-952-7205-15-0

PUTUSA-tutkimushanke 2013. Ohjeita korjausrakentamisen pölyntorjuntaan. Itä-Suo- men yliopisto, VTT ja Työterveyslaitos. https://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2013/Pu- tusa_ohje_laaja_130415.pdf

Rajala, J., Mäkelä, M. & Tuomi, T. 2010. Altistuminen ja suojauminen PAH-yhdis- teitä sisältävien vesieristeiden purkutyössä. Loppuraportti Työsuojelurahastolle. Työ- terveyslaitos. 27 sivua. <https://www.tsr.fi/valmiit-hankkeet/hanke?h=107233#materials>

Ratu 82-0381. 2001. Kivihiilipikeä sisältävien rakenteiden purku. Rakennustieto Oy, Helsinki.

Ratu 82-0382. 2011. PCB:tä tai lyijyä sisältävien saumausmassojen purku. Rakennustieto Oy, Helsinki.

Ratu 84-0386. 2011. Suojaus. Rakennustieto Oy, Helsinki.

Ratu RT 18-11244. 2016. Haitta-ainetutkimus. Tilaajan ohje. Rakennustieto Oy, Helsinki.

Ratu RT 18-11245. 2016. Haitta-ainetutkimus. Rakennustuotteet ja rakenteet. Rakennustieto Oy, Helsinki.

Ratu S-1221. 2009. Purkutöiden suunnittelu. Purkusuunnitelma ja purkutöiden tehtäväsuunnittelu. Rakennustieto Oy, Helsinki.

Ratu S-1226. 2010. Rakennuttajan työturvallisuusvelvoitteet rakennushankkeessa. Rakennustieto Oy.

Retkin, R. 2012. Bromattujen palonestoaineiden rajoitusten vaikutus jätteiden hyödyntämiseen ja käsittelyyn. Helsinki.

RIL 2019. Rakennetun omaisuuden tila (ROTI) 2019 -raportti. Rakennukset: 8–13.

RIL 216-2013. Rakenteiden ja rakennusten elinkaaren hallinta. ISBN: 978-951-758-556-9

Rosenberg C., Hämeilä M., Tornaesus J., Säkkinen K., Puttonen K., Korpi A., Kiilunen M., Linnainmaa M. & Hesso A. 2011. Exposure to flame retardants in electronics recycling sites. *Annals of Occupational Hygiene* 55(6): 658–665.

de Römph, T. & Reins, L. 2016. Waste-to-Energy and the Circular Economy – Connecting the Dots. OGEL 3/2016, s. 3.

Salminen, J., Tikkanen, S. & Koskiahho, J. (toim.) 2017. Kohti vesiviisasta kiertotaloutta. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 16/2017. ISBN 978-952-11-4840-8 (PDF) ISSN 1796-1718 (pain.) ISSN 1796-1726 (verkkok.) SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS

SCCS 2010. Scientific Committee on Consumer Safety SCCS opinion on Boron compounds. SCCS/1249/09 Revision of 28 September 2010. http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consumer_safety/docs/sccs_o_027.pdf

Schlummer M. 2011. Contributions to the Stockholm Convention guideline drafts. Vienna, Austria 23.11.2011.

Schlummer M., Maurer A., Leitner T. & Spruzina W. 2006. Report: Recycling of flame-retarded plastics from waste electric and electronic equipment (WEEE). Waste Management Research 24: 573–583.

Schlummer, M., Vogelsang, J., Fiedler, D., Gruber, L. & Wolz, G. 2015. Rapid identification of polystyrene foam wastes containing hexabromocyclododecane or its alternative polymeric brominated flame retardant by X-ray fluorescence spectroscopy. * Waste Management & Research 33(7): 1–9. DOI: 10.1177/0734242X15589783

Scott, G. 1996. Recycling of PVC: Effect of the Processing Operation. Teoksessa: La Mantia, F.P. (toim.) Recycling of PVC & mixed plastic waste. ChemTec Publishing. 1–22.

Seppälä, J., Sahimaa, O., Honkatukia, J., Valve, H., Antikainen, R., Kautto, P., Myllymaa, T. Mäenpää, I., Salmenperä, H. Alhola, K. Kauppila, J. & Salminen, J. 2016. Kiertotalous Suomessa – toimintaympäristö, ohjauskeinot ja mallinnetut vaikutukset vuoteen 2030. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 25/2016.

SFT. 2003. Kartlegging av farlege kjemikalier i utvalgte bygg- og anleggsmateriale Materialstrømsanalyse 2002.TA-1992/2003. * <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/klif2/publikasjoner/kjemikalier/1992/ta1992.pdf>

Sigsgaard T., Bach B. & Malmroos P. 1990. Respiratory impairment among workers in a garbage handling plant. American Journal of Industrial Medicine 17: 92–93.

Siik, K., Kuronen, H., Hakala, S., Aalto, T. & Vuorinen, J. 2007. Lujitemuovin kierrätys ja uusiokäyttö KIERRÄ. Projektin loppuraportti. TTY.

Siimes, K., Vähä, E., Junttila, V., Lehtonen, K. & Mannio, J. (toim.) 2019. Haitalliset aineet Suomen vesissä: tilanne ja seurannan suuntaviivat. SYKE raportteja 8/2019. 216 s.

Sormunen, P. & Kärki, T. 2019. Recycled construction and demolition waste as a possible source of materials for composite manufacturing. Journal of Building Engineering 24, 100742.

Stenmarck, Å., Belleza, E.L., Fråne, A., Busch, N., Larsen, Å. & Wahlström, M. 2017. Hazardous substances in plastics – ways to increase recycling. TemaNord 2017:505. Nordic Council of Ministers.

Stokes, E. 2012. Nanotechnology and the products of inherited regulation. Journal of Law and Society 39(1): 93–112.

Strååt, M. & Nilsson, C. 2018. Decabromodiphenyl ether and other flame retardants in plastic waste destined for recycling. Swerea IFM, Project report, M-973

SUDDEN Kestävä lääkekehitys - hanke, Sustainable Drug Discovery and Development with End-of-Life Yield, <https://sudden.fi>, [Viitattu 8.8.2019]

Suomen Pakkauskierrätys RINKI Oy. Kotitalouksen pakkausätteet Rinki-ekopisteisiin. <https://rinkiin.fi/kotitalouksille/rinki-ekopisteet/> [Viitattu 17.6.2019]

Suomen virallinen tilasto (SVT): Jätetilasto [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-3339. Helsinki: Tilastokeskus. [Viitattu: 17.6.2019]

Suonpää, P. & Niemi, T. 2019. Rakennustyömaan jätteiden lajittelun toteutuminen ja työntekijöiden suhtautuminen lajitteluun. Opinnäytetyö. Karelia-ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan koulutus.

SWD (2018) 20 final. Commission Staff Working Document Accompanying the document Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the implementation of the circular economy package: options to address the interface between chemical, product and waste legislation.

Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuvien rekisteri (ASA-rekisteri). www.ttl.fi/fi/rekisterit/asa-rekisteri

Terveystieteiden tutkimuskeskus (THL). Fluoratut yhdisteet <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ymparistomyrkyt/tarkempaa-tietoa-ymparistomyrkyista/fluoratut-yhdisteet> [Viitattu:]

Tilastokeskus 2008. Toimialaluokitus: <https://www.stat.fi/meta/luokitukset/toimiala/001-2008/index.html>

Tsuchida, A., Kawazumi, H., Kazuyoshi, A. & Yasuo, T. 2009. Identification of Shredded Plastics in milliseconds using Raman Spectroscopy for Recycling. IEEE SENSORS 2009 Conference.

Turku, I., Keskisaari, A., Kärki, T., Puurtinen, A. & Marttila, P. 2017. Characterization of wood plastic composites manufactured from recycled plastic blends. *Composite Structures* 161: 469–476.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES). Aineet esineissä <https://tukes.fi/kemikaalit/reach/aineet-esineissa> [Viitattu 13.9.2019]

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES) 2018. Kiertotalouslaitosten turvallisuusriskit. Loppuraportti.

Työterveyslaitos 2016. PAH-yhdisteiden tavoitetasoperustelumuistio. <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/12/pah-yhdisteet-tavoitetaso.pdf>

UNEP 2013. Metal Recycling: Opportunities, Limits, Infrastructure, A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel. Reuter, M. A., Hudson, C., van Schaik, A., Heiskanen, K., Meskers, C. & Hagelüken, C.

UNEP 2017. Guidance on best available techniques and best environmental practices for the recycling and disposal of wastes containing polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants.

Wahlström, M., zu Castell-Rüdenhausen, M., Hradil P, Hauge Smith, K., Oberender, A., Ahlm, M., Götbring, J., & Bjerre Hansen, J. 2019. Improving quality of construction & demolition waste - Requirements for pre-demolition audit, *TemaNord* 2019:508 <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:norden:org:diva-5502>

Valtioneuvosto 2019. Pääministeri Antti Rinteen hallituksen ohjelma 6.6.2019. Osallistava ja osaava Suomi – sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta. Helsinki: Valtioneuvosto. Valtioneuvoston julkaisuja 2019:23.

Valvira 2016. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. Osa III Asumisterveysasetus § 14–19, ohje 8/2016.

Wassenaar, P.N.H., Janssen, N., de Poorter, L.R.M. & Bodar, C.W.M. 2017. Substances of very high concern and the transition to a circular economy, An initial inventory. RIVM Letter report 2017-0071. National Institute for Public Health and the Environment. Netherlands. DOI 10.21945/RIVM-2017-0071

Weber R & Kuch B. 2003. Relevance of BFRs and thermal conditions on the formation pathways of brominated and brominated-chlorinated dibenzodioxins and dibenzofurans. *Environment International* 29: 699–710.

Villanueva, A. & Eder, P. 2014. End-of-waste criteria for waste plastic for conversion. Technical proposals. JRC Technical reports. European Commission.
doi:10.2791/13033

VinylPlus. A Voluntary Commitment. <https://vinylplus.eu/About-VinylPlus/voluntary-commitment> [Viitattu: 5.8.19]

Viskari, E-L., Kauranen, H., Nieminen, M., Nippala, E., Tuominen, E-L. & Honkala, I. 2018. Palosuoja-aine HBCD rakennuseristeissä ja pakkausmateriaaleissa – esiintymisen, tunnistamisen ja turvallinen käsittely. Tampereen ammattikorkeakoulu. ISBN 978-952-7266-30-4 (PDF)

Wood Environment & Infrastructure Solutions UK Limited. 2019. Safe Chemicals Innovation Agenda. Towards a Research Agenda for Safe Chemicals, Materials and Products. The Ministry of infrastructure and Water Management.

Worrell, E. & Reuter, M. 2014. Handbook of Recycling. State of the art for practitioners, analysts and scientists. ISBN: 978-0-12-396459-5

WRAP. 2006. Develop a process to separate brominated flame retardants from WEEE polymers Final Report Project code: PLA- 037 November 2006. Banbury, Waste Resources Action Program.

Vuorinen, J., Mustakangas, M. & Annala, M. Komposiitit - loputtomasti mahdollisuuksia. Tampereen teknillisen yliopiston, Patrian ja Moviteollisuus ry:n yhteistyössä tekemä esitys. Löytyy sivulta <https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/komposiitit/> [Päivitetty 4.5.2016]

Yamawaki, T. 2003. The gasification recycling technology of plastics WEEE containing brominated flame retardants. Fire and Materials 38: 315–319.

Yli-Rantala, E., Salminen, J., Keskisaari, A., Kärki, T., Vuorinen, T. 2019. Jätteestä raaka-aineeksi – näkökulmia jätteen tuottajalle, jalostajalle ja jäteperäisen materiaalin käyttäjälle. RECOMPOSE-projektin loppuraportti, osa 1.

Ympäristöministeriö 2016a. Pysyviä orgaanisia yhdisteitä sisältävien jätteiden käsittelyvaatimukset – EU:n POP-asetuksen jätteitä koskevat määräykset ja niiden soveltaminen sähkölaiteromuun ja romuajoneuvoihin. Helsinki.

Ympäristöministeriö 2016b. Laamanen, M. (toim.). Suomen merenhoitosuunnitelman toimenpideohjelma 2016–2021. Ympäristöministeriön raportteja 5/2016. Helsinki.

Ympäristöministeriö 2018. Vähennä ja vältä, kierrätä ja korvaa. Muovitiekartta Suomelle.

Säädökset

Ekosuunnittelulaki 1005/2008 ja sen muutosasetukset 1009/2010 ja 1175/2018.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2016/425 henkilösuojaimista ja neuvoston direktiivin 89/686/ETY kumoamisesta EUVL L 81, 31.3.2016, s. 51–98.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) N:o 2019/1021, annettu 20 päivänä kesäkuuta 2019, pysyvistä orgaanisista yhdisteistä. EUVL L 169, 25.6.2019, s. 45–77.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) N:o 305/2011, annettu 9 päivänä maaliskuuta 2011, rakennustuotteiden kaupan pitämistä koskevien ehtojen yhdenmukaistamisesta ja neuvoston direktiivin 89/106/ETY kumoamisesta. EUVL L 88, 4.4.2011, s. 5–43.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1272/2008, annettu 16 päivänä joulukuuta 2008, aineiden ja seosten luokituksesta, merkinnöistä ja pakkaamisesta sekä direktiivien 67/548/ETY ja 1999/45/EY muuttamisesta ja kumoamisesta ja asetuksen (EY) N:o 1907/2006 muuttamisesta. EUVL L 353, 31.12.2008, s. 1–1355.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1907/2006, annettu 18 päivänä joulukuuta 2006, kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista (REACH), Euroopan kemikaaliviraston perustamisesta, direktiivin 1999/45/EY muuttamisesta sekä neuvoston asetuksen (ETY) N:o 793/93, komission asetuksen (EY) N:o 1488/94, neuvoston direktiivin 76/769/ETY ja komission direktiivien 91/155/ETY, 93/67/ETY, 93/105/EY ja 2000/21/EY kumoamisesta. EYVL L 396, 30.12.2006, s. 1–849.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 850/2004, annettu 29 päivänä huhtikuuta 2004, pysyvistä orgaanisista yhdisteistä sekä direktiivin 79/117/ETY muuttamisesta. EUVL L 158, 30.4.2004, s. 7–48.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/851, annettu 30 päivänä toukokuuta 2018, jätteistä annetun direktiivin 2008/98/EY muuttamisesta EUVL L 150, 14.6.2018, s. 109–140.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/852, annettu 30 päivänä toukokuuta 2018, pakkauksista ja pakkausjätteistä annetun direktiivin 94/62/EY muuttamisesta. EUVL L 150 14.6.2018, s.141-154.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2019/904 tiettyjen muovituotteiden ympäristövaikutusten vähentämisestä EUVL L 155, 12.6.2019, s. 1–19.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/98/EY jätteistä ja tiettyjen direktiivien kumoamisesta. EUVL L 312, 22.11.2008, s. 3–30.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/125/EY energiaan liittyvien tuotteiden ekologiselle suunnittelulle asetettavien vaatimusten puitteista. EUVL L 285, 31.10.2009, s. 10–35.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/75/EU teollisuuden päästöistä (yhdenäistetty ympäristön pilaantumisen ehkäiseminen ja vähentäminen). EUVL L 334, 17.12.2010, s. 17–119.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2011/65/EU annettu 8 päivänä kesäkuuta 2011, tiettyjen vaarallisten aineiden käytön rajoittamisesta sähkö- ja elektroniikka-laitteissa. EYVL L 174, 1.7.2011, s. 88–110.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2012/18/EU, annettu 4 päivänä heinäkuuta 2012, vaarallisista aineista aiheutuvien suuronnettomuusvaarojen torjunnasta sekä neuvoston direktiivin 96/82/EY muuttamisesta ja myöhemmästä kumoamisesta ETA:n kannalta merkityksellinen teksti EUVL L 197, 24.7.2012, s. 1–37.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2012/19/EU, annettu 4 päivänä heinäkuuta 2012, sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta. EUVL L 197, 24.7.2012, s. 38–71.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/24/EU julkisista hankinnoista ja direktiivin 2004/18/EY kumoamisesta. EUVL L 94, 28.3.2014, s. 65–242.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 94/62/EY pakkauksista ja pakkausjätteistä. EYVL J L 365, 31.12.1994, s. 10–23.

Jätelaki 646/2011.

Kemikaalilaki 599/2013.

Komission asetus (EU) N:o 715/2013, annettu 25 päivänä heinäkuuta 2013, arviointiperusteista sen määrittämiseksi, milloin kupariromu lakkaa olemasta jätettä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2008/98/EY nojalla.

Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 954/2012.

Laki syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuvien rekisteristä 717/2001.

Laki työsuojelun valvonnasta ja työpaikan työsuojeluyhteistoiminnasta 44/2006.

Laki vaarallisten aineiden käytön rajoittamisesta sähkö- ja elektroniikkalaitteissa 387/2013.

Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 390/2005.

Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11.

Neuvoston asetus (EU) N:o 333/2011, annettu 31 päivänä maaliskuuta 2011, arviointiperusteista sen määrittämiseksi, milloin tietyntyyppiset romumetallit lakkaavat olemasta jätettä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2008/98/EY nojalla.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus kemikaaleja koskevien tietojen toimittamisesta 553/2008.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus kemikaalien määrätietojen toimittamisesta 1155/2011.

Työministeriön päätös syöpäsairauden vaaraa aiheuttavista tekijöistä 838/1993 ja sen muutosasetukset 1232/2000 ja 1014/2003.

Työterveyshuoltolaki 1383/2001.

Työturvallisuuslaki 738/2002.

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 843/2017.

Valtioneuvoston asetus hyvän työterveyshuoltokäytännön periaatteista, työterveyshuollon sisällöstä sekä ammattihenkilöiden ja asiantuntijoiden koulutuksesta. VNa 708/2013.

Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta 151/2013.

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013.

Valtioneuvoston asetus kemiallisista tekijöistä työssä 715/2001.

Valtioneuvoston asetus lisääntymisrterveydelle työssä vaaraa aiheuttavista tekijöistä ja vaaran torjunnasta 603/2015.

Valtioneuvoston asetus pakkauksista ja pakkausjätteistä 518/2014

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009.

Valtioneuvoston asetus työhön liittyvän syöpävaaran torjunnasta 716/2000.

Valtioneuvoston päätös henkilönsuojainten valinnasta ja käytöstä työssä VNp 1407/1993.

Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 555/2013.

TIETOKAYTTOON.FI

