

PVC:n lisäaineiden terveysvaikutukset

Roosa Saarinen

LuK-tutkielma

Ympäristötiede

Itä-Suomen yliopiston ympäristötieteen laitos

Kesäkuu 2016

ITÄ-SUOMEN YLIOPISTO, Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta

Ympäristötiede

Roosa Saarinen: PVC:n lisäaineiden terveysvaikutukset

LuK -tutkielma 22 sivua

Tutkielman ohjaajat: Marko Hyttinen

Kesäkuu 2016

Avainsanat: PVC, Ftalaatit, Stabilisaattorit, Terveysvaikutukset

TIIVISTELMÄ

PVC eli polyvinyylikloridi sisältää useita eri lisäaineita. Riippuen käyttökohteesta lisättäviä aineita ovat täyteaineet, stabilisaattorit, voiteluaineet, pehmitinaineet, pigmentit ja palonestoaineet. Näistä tärkeimpiä niin terveysvaikutuksiltaan kuin tuotantomääriltään ovat pehmitinaineet ja stabilisaattorit. Pehmitinaineiden tehtävänä on lisätä PVC:n joustavuutta ja muokattavuutta. Stabilisaattorit taas suojaavat PVC:tä lämmön, UV-säteilyn, hapen ja otsonin vaikutuksilta sekä suojaamaan muovia korkeissa valmistuslämpötiloissa. Tutkielmassani (PVC:n lisäaineiden terveysvaikutukset) keskitynkin juuri näihin kahteen ryhmään ja niiden terveysvaikutuksiin ihmisissä. Pehmitinaineissa keskityn etenkin ftalaatteihin, koska muiden pehmitinaineiden osuus on todella pieni, eikä niiden terveysvaikutuksia ole laajasti tutkittu.

Tärkein altistumisreitti pehmitinaineille ja stabilisaattoreille on ruuansulatuskanava. Kuitenkin myös iholla ja hengitysteillä on merkittävä rooli altistumiselle. Etenkin ftalaattien hajoamistuotteen 2-etyyli-1-heksanolille altistuminen tapahtuu hengitysteitse. Erityisen herkkä ryhmä ftalaateille ovat lapset, etenkin ennenaikaisesti syntyneet ja sairaat. He altistuvat ftalaateille monia eri reittien kautta, ruuan, sisäilman ja ihon. Lisäksi altistumista tapahtuu suun kautta, lasten ryömiessä lattialla ja imiessä leluja. Altistuminen on vähentynyt sen jälkeen, kun haitallisimpien ftalaattien, kuten di(2-etyyliheksyyli) ftalaatti (DEHP), käyttö kiellettiin leluissa ja lastentarvikkeissa. Ftalaatit eivät ole akuutisti toksisia. Eniten huolta aiheuttavat ftalaattien mahdolliset vaikutukset hormonitoimintaan ja näin ollen ihmisen lisääntymiseen ja kehittymiseen. Mahdollisia haittavaikutuksia ovat siittiöiden määrän lasku, muutokset kiveksissä ja hedelmällisyyden lasku. Myös kohtukuolemien määrä voi kasvaa, syntymäpaino ja -pituus vähentyä ja erilaisten epämuodostumien määrä kasvaa. Ftalaatit voivat vaikuttaa myös allergioiden ja astman syntyyn. Etenkin ftalaattien hajoamistuote 2-etyyli-1-heksanoli on yhdistetty vahvasti astman syntyyn.

Stabilisaattorit ovat laaja lisäaineryhmä. Perinteiset stabilisaattorit ovat lyijypohjaisia, mutta niiden käyttöä on alettu vähentää lyijyn myrkyllisyyden vuoksi. Niitä on korvattu mm. kalsium-sinkki -pohjaisilla stabilisaattoreilla. Lyijy itsessään on neurotoksinen ja karsinogeeninen aine. Se voi vahingoittaa hermostoa, lisääntymiselimiä, verenkiertoelimiä, maksaa, immuunisysteemiä ja munuaisia. Erityisen haitallista altistuminen lyijylle on lapsille. Monien muiden stabilisaattoreiden terveysvaikutuksia ei ole tutkittu paljoa.

Altistumisen vähentäminen PVC:n lisäaineille on haastavaa, koska sitä hyödynnetään monissa eri käyttökohteissa. Tärkeintä olisi kehittää lisäaineita vähemmän haitallisiksi ja kieltää kaikkein haitallisimpien aineiden käyttö muoveissa.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	4
2. MENETELMÄT	5
3. KIRJALLISUUSKATSAUS	6
3.1 PVC:n lisäaineet	6
3.1.1 Pehmitinaineet	6
3.1.2 Stabilisaattorit	9
3.1.3 Ftalaattien hajoamistuotteet	12
3.3 Terveysvaikutukset	13
3.3.1 Ftalaattien terveysvaikutukset	13
3.3.2 Stabilisaattorien terveysvaikutukset	15
3.3.3 Ftalaattien hajoamistuotteiden terveysvaikutukset	16
3.4 Altistumisen vähentäminen	18
4. JOHTOPÄÄTÖKSET	19
LÄHDELUETTELO	21

1. JOHDANTO

Muoveja tuotettiin maailmanlaajuisesti noin 245 miljoonaa tonnia vuonna 2008. Euroopassa tämä luku oli 60 miljoonaa tonnia (Euroopan komissio 2013). Tuotantomäärät ovat siis valtavia. Muoveista on tullut osa jokapäiväistä elämäämme ja niiden välttäminen on vaikeaa. Muovien suosion syynä ovat niiden monipuoliset ominaisuudet, keveys, kestävyys ja edullisuus. Muovit itsessään eivät ole haitallisia, mutta niihin lisätään paljon erilaisia lisäaineita ominaisuuksien ja käytettävyyden parantamiseksi. Lisäaineiden ongelmana on, etteivät ne ole kemiallisesti sitoutuneet muovin rakenneosasiin ja voivat näin ollen vapautua ja kulkeutua muovista ilmaan, pölyyn ja muualle ympäristöönsä. Lisäaineet voivat myös hajota erilaisista syistä, esim. kosteuden vuoksi, jolloin vapautuu mahdollisesti haitallisia hajoamistuotteita.

Yksi tärkeä muovilaatu on PVC. PVC:n käyttö on hyvin laajaa, sitä sisältäviä tuotteita ovat mm. rakennusten sisäpinnoitteet, putket, vaatteet, kosmetiikka, lääkinnälliset tuotteet, lelut sekä vahat (Jaakkola ja Knight 2008. Heudorf ym. 2007). Syynä laajaan käyttöön on PVC:n monikäyttöisyys, läpinäkyvyys, helppo muokattavuus, säänkestävyys ja joustavuus. Vuonna 2007 sen tarve maailmanlaajuisesti oli noin 35 miljoonaa tonnia ja määrä on jatkuvasti kasvanut (Plastic additives and compounding 2007). PVC:n osuus muovin kokonaistuotannosta on noin viidesosa (Euroopan yhteisöjen komissio, 2000). Sen lisäksi, että PVC:tä tuotetaan paljon, se vaatii myös eniten erilaisia lisäaineita verrattuna muihin muovilajeihin. Esimerkiksi valmiin PVC:n painosta reilusti yli puolet voivat olla pehmitinaineita. (Halden 2010. Euroopan yhteisöjen komissio 2000. Rudel ym. 2009). Toinen tärkeä lisäaineryhmä terveyden kannalta on stabilisaattorit. Niiden tehtävänä on parantaa PVC:n valon- ja lämmönkestoa, jotta se ei hajoaisi niiden vaikutuksesta. Useat stabilisaattorit sisältävät raskasmetalleja kuten lyijyä ja tinaa. Vuonna 2006 stabilisaattoreita käytettiin 670 000 tonnia (Plastic additives and compounding 2007) Asia erikseen ovat lisäaineiden hajoamistuotteet, kuten di(2-etyyliheksyyli) ftalaatin hajoamistuote 2-etyyli-1-heksanoli. Tutkimuksissa on havaittu, että PVC voi alkaa hajota käytön aikana johtuen kosteudesta ja korkeasta pH:sta. Tällöin alkaa vapautua mainittua 2-etyyli-1-heksanolia ja muita yhdisteitä.

Tutkielmassani keskityn niihin lisäaineisiin, joilla on tutkitusti merkittäviä terveysvaikutuksia ja joiden käyttö PVC-muoveissa on yleistä. Tarkoitukseni on koota yhteen eri tutkimuksien saamia tuloksia ftalaattien ja stabilisaattoreiden terveysvaikutuksista.

2. MENETELMÄT

Tutkielma tehtiin kirjallisuuskatsauksena. Artikkeleita etsittiin eri tietokannoista, käyttäen hakusanoina tutkimuksen keskeisimpiä termejä ja käsitteitä.

Artikkeleita etsittiin käyttäen Google Scholaria ja Nelli-portaalia. Hakusanoina käytettiin tutkielman keskeisimpiä käsitteitä, kuten PVC, PVC:n hajoaminen, ftalaatit, stabilisaattorit ja terveysvaikutukset. Hakusanat käännettiin englanniksi tietokannan kielen vuoksi sekä englanninkielisten tutkimusten määrän ja saatavuuden vuoksi. Tutkielmaan valitut artikkelit käsittelivät itse PVC:tä sekä valittuja lisäaineita ja niiden terveysvaikutuksia.

Artikkelien valintaan vaikutti niiden saatavuus. Jos artikkelia ei ollut saatavilla internetin välityksellä, sitä ei käytetty. Seuraavaksi artikkeleita tarkasteltiin niiden otsikoiden ja tiivistelmien pohjalta. Kaikkien otsikon perusteella aiheeseen sopivien artikkelien tiivistelmät luettiin, jonka perusteella valittiin artikkelit, jotka luettiin tarkemmin. Tarkemman lukemisen jälkeen valittiin lopulliset työhön käytettävät artikkelit. Artikkeleita haettiin kahdessa osassa, ensin ftalaatteihin liittyvät ja sen jälkeen stabilisaattoreihin. Ftalaatteihin liittyviä artikkeleita valikoitui tarkempaan tarkasteluun 13 artikkelia. Lisäksi mukaan otettiin tietokantahakujen ulkopuolelta muutamia lähteitä, kuten REACH-asetus ja Euroopan komission materiaaleja. Stabilisaattoreihin liittyviä artikkeleita löytyi melko vähän, etenkin niiden terveysvaikutuksiin liittyen. Tarkempaan tarkasteluun otin 10 artikkelia.

3. KIRJALLISUUSKATSAUS

3.1 PVC:n lisäaineet

Raaka PVC on rakenteeltaan kovaa, sään- ja veden kestävä ainetta, jonka heikkona kohtana on valon- ja lämmönkesto. Jotta nämä heikot kohdat voidaan korjata ja muokattavuutta eri tarkoituksiin parantaa, PVC:hen lisätään käyttökohteen mukaan erilaisia lisäaineita. Näitä lisäaineita ovat täyteaineet, stabilisaattorit, voiteluaineet, pehmittimet, pigmentit ja palonestoaineet. Pitoisuuksien ja terveysvaikutusten suhteen näistä tärkeimmät ovat pehmitinaineet ja stabilisaattorit, joiden suuri määrä PVC:ssä erottaa sen muista muoveista. (Euroopan yhteisöjen komissio 2000). PVC onkin lisäaineiden tärkein käyttökohde.

3.1.1 Pehmitinaineet

Vuonna 2004 ftalaatteja tuotettiin maailmalaajuisesti noin 6 miljoonaa tonnia (Rudel ja Perovich 2009. Plastic additives and compounding 2007). Läntisessä Euroopassa tämä luku on noin miljoona tonnia, josta noin 900 000 tonnia käytetään PVC-muovin pehmittimenä (Jaakkola ja Knight 2008). Tärkein käyttökohde ftalaateille onkin PVC-muovien pehmentäminen. PVC:tä ja näin ollen ftalaatteja sisältäviä kuluttajatuotteita ovat mm. rakennusmateriaalit, lattiapäällysteet, lelut, vaatteet ja erilaiset lääkinnälliset tuotteet. (Heudorf ym. 2007. Rudel ja Perovich 2009). Pehmitinaineita käytetään PVC:ssä lisäämään sen joustavuutta ja muokattavuutta. Pehmitinaineiden määrä riippuu lopputuotteesta, mutta se voi olla jopa 80 % kokonaismassasta. (Halden 2010). Yleisesti ftalaattien määrä lopputuotteessa vaihtelee 10 ja 60 prosentin välillä (Rudel ja Perovich 2009). Erilaisia pehmitinainetyyppejä on tunnistettu yli 300 ja niistä 50–100 käytetään kaupallisesti. Tärkein pehmitinaineryhmä on ftalaatit. (Jaakkola ym. 2008). Muita käytettyjä pehmitinaineita ovat adipaattit, trimellitaaatit, organofosfaatit sekä epoksoidut soijaöljyt. Niiden käyttöosuus on kuitenkin todella pieni eikä niiden terveys- ja ympäristövaikutuksia ole tutkittu paljon. (Euroopan yhteisöjen komissio 2000). Koska ftalaatit ovat käytetyin ja tutkituin pehmitinaine, keskityn tutkielmassani niiden terveysvaikutuksiin. Kokosin taulukkoon 1 tärkeimpiä ja yleisimpiä ftalaatteja sekä niiden lisätietoja, mm. lyhenteet, helpottaakseni tekstin ymmärtämistä.

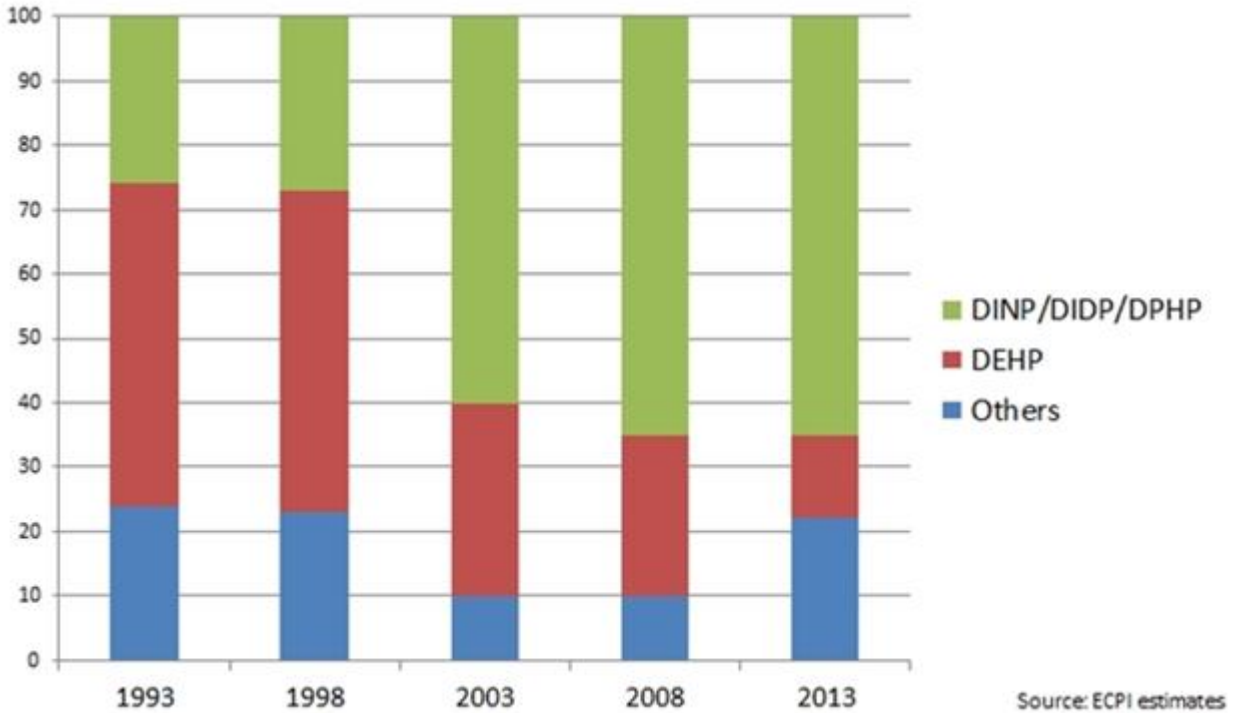
Taulukko 1. Yleisimmät ja tärkeimmät ftalaatit sekä niiden lyhenne, rakennekaava, kiehumispiste, CAS-numero ja lisätietoja.

Nimi	Lyhenne	Rakenne	Kp (°C)	CAS nro	Lisätietoja
Di(2-etyyliheksyyli)ftalaatti	DEHP	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	385	117-81-7	DEHP:n, DBP:n ja BBP:n yhteismäärä leluissa ja lastentarvikkeissa ei saa ylittää 0,1 painoprosentin pitoisuutta. Vuodesta 2015 eteenpäin valmistaminen ja maahantuonti ilman lupaa kielletty, lukuunottamatta EY-asetuksessa tarkoitettujen lääkevalmisteiden pakkauksia
Dibutyyliftalaatti	DBP	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	340	84-74-2	
Butyylibeentsyyliftalaatti	BBP	C ₁₉ H ₂₀ O ₄	370	85-68-7	
Di-isodekyyliftalaatti	DIDP	C ₂₈ H ₄₆ O ₄	250-257	26761-40-0	DIDP:n, DINP:n ja DnOP:n yhteismäärä leluissa ja lastentarvikkeissa, jotka lapsi voi laittaa suuhun, ei saa ylittää 0,1 painoprosentin pitoisuutta
Di-isononyyliftalaatti	DINP	C ₂₆ H ₄₂ O ₄	244-252	28553-12-0	
Di-iso-oktyyliftalaatti	DnOP	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	380	117-84-0	
Dietyyli ftalaatti	DEP	C ₁₂ H ₁₄ O ₄	295	84-66-2	

Ftalaatteja ja niiden terveysvaikutuksia on tutkittu paljon ja niiden käyttöä tietyissä kohteissa on myös rajoitettu. Itse ftalaattien lisäksi ongelmia aiheuttavat niiden hajoamistuotteet, esimerkiksi 2-etyyli-1-heksanoli. Altistuminen ftalaateille tapahtuu useaa eri reittiä koko elämän ajan. Altistumisreittejä ovat ruuansulatuskanava, hengitystiet ja iho. Lisäksi lääkinnällinen altistus sairaalahoidossa on merkittävä, johtuen ftalaattien pääsystä suoraan kehoon. Ruuansulatuskanavan kautta ftalaatteja pääsee kehoon pääasiassa ravinnon mukana, mutta etenkin pienillä konttausikäisillä lapsilla, lattioilla oleva ftalaatteja sisältävä pöly on suuri altistuslähde. Ihon kautta imeytyvien ftalaattien tärkein lähde on kosmetiikka. Hengityksen kautta imeytyvät haihtuvat ja kevyet ftalaatit esimerkiksi maaleista ja lattiamateriaaleista. (Halden 2010).

Hyvä esimerkki ftalaattien käytön rajoittamisesta on DEHP. Parhaimpina vuosinaan sitä tuotettiin maailmanlaajuisesti 3–4 miljoonaa tonnia vuodessa ja sen käyttökohteita olivat monet

kuluttajatuotteet, tavarat ja rakennusmateriaalit. Eläinkokeissa on kuitenkin todettu sen olevan kaikista toksisin ftalaatti ja sen riskiryhmään kuuluvat etenkin pienet lapset, sairaat lapset sekä raskaana olevat naiset, jotka käyvät erilaisissa hoidoissa. Monet maat ovat kieltäneet etenkin DEHP:n käytön lasten leluissa sekä tarvikkeissa, mutta myös monen muun ftalaatin käytön. EU:n alueella ftalaattien käytöstä säädetään REACH-asetuksessa. DEHP:n, DBP:n ja BBP:n yhteismäärä ei saa ylittää missään lasten leluissa tai tarvikkeissa 0,1 painoprosenttia. DIDP:ssa, DIDP:ssa ja DnOP:ssa sama rajoitus koskee imeskeltäviä leluja ja tarvikkeita. Lisäksi DEHP:n, DBP:n ja BBP:n valmistaminen ja maahantuonti ilman erityistä lupaa on kielletty vuodesta 2015 eteenpäin. Rajoitus ei kuitenkaan koske tiettyjä lääkepakkauksia. (REACH 2015) Kuten mainittu, DEHP:ta käytetään nykyään lähinnä erilaisissa lääkinnällisissä laitteissa, joissa pitoisuudet voivat olla hyvinkin suuria. Näin ollen sairaat ja pitkäkestoisissa hoidoissa olevat ihmiset voivat altistua melko suurillekin pitoisuuksille. Lääkinnällisiä laitteita ovat mm. erilaiset letkut, veripussit, hemodialyysilaitteet ja katetrit (Latini ym. 2004). Etenkin imeväisikäisille ja lapsille, jotka ovat pitkäaikaisessa hoidossa, altistus voi olla suurta. Erityisen haitallista altistuminen on ennenaikaisesti syntyneille ja sairaille vastasyntyneille johtuen pienestä koosta, heikosta fyysisestä kunnosta sekä useiden lääkinnällisten toimenpiteiden tarpeesta. (Heudorf ym. 2007, Latini ym. 2010). Tämä muutos näkyy Euroopan pehmitinaineiden käyttömäärien muutoksena (Kuva 1). Vuodesta 1993 vuoteen 2013 DEHP:n osuus on laskenut noin neljäsosaan, samalla kun DINP:n, DIDP:n ja DPHP:n määrä on lähes kolminkertaistunut. Myös muiden pehmitinaineiden käyttömäärät ovat kasvaneet.



Kuva 1. DINP:n, DIDP:n, DPHP:n, DEHP:n ja muiden pehmitinaineiden osuudet Euroopassa vuosina 1993-2013 (VinylPlus 2014b).

Ftalaattien ongelmallisuus PVC:n pehmitinaineena johtuu siitä, ettei se ole kemiallisesti sitoutunut muovin rakenneosiin. Tämä mahdollistaa sen vapautumisen ympäristöönsä, kuten sisäilmaan tai ruokaan. Vapautuminen voi tapahtua huuhtoutumalla, kulkeutumalla tai haihtumalla. Vapautuminen ympäristöön kiihtyy PVC-tuotteen, esim. lattiamaton kuluessa. (Rudel ym. 2009. Jaakkola ja Knight 2008. Halden 2010). Toinen ongelma on PVC:n hajoaminen kosteuden vaikutuksesta, jota käsittelemme kappaleessa 3.1.3.

3.1.2 Stabilisaattorit

Stabilisaattoreita käytetään suojaamaan PVC:stä valmistettuja tuotteita lämmön, UV-säteilyn, hapen ja otsonin vaikutuksilta. Lisäksi niitä käytetään PVC:n valmistusvaiheessa estämään muovin polymeerien ennen aikaista polymerisoitumista sekä estämään polymeerien hajoamista korkeassa valmistuslämpötilassa. (Seppälä 2008). Käytettyjä stabilisaattoreita ovat mm. lyijystabilisaattorit, sekametallistabilisaattorit, kuten kalsium-sinkki- ja barium-sinkkistabilisaattorit, tinapohjaiset

stabilisaattorit ja uudempana orgaaniset stabilisaattorit (Taulukko 2) (Plastic additives and compounding, 2007). Lisäksi aiemmin käytettiin paljon myös kadmiumstabilisaattoreita, mutta niiden käyttöä on vähennetty paljon (Euroopan yhteisöjen komissio). Euroopassa sen käyttöä rajoitetaan REACH-asetuksella. Kadmiumia ei saa käyttää REACH-asetuksessa luetelluissa muovimateriaaleissa, mukaan lukien PVC:ssä, niin että se ylittäisi painoprosentin 0,01 (REACH-asetus 2015). Yleisimmin käytetty stabilisaattori on lyijystabilisaattori, esimerkiksi lyijysulfiitti ja lyijyfosfiitti, lisäksi lyijykromaattia voidaan käyttää muovin keltaisena väriaineena. Viime aikoina lyijystabilisaattoreita on alettu korvaamaan muilla aineilla. Muutos on kuitenkin melko hidasta lyijyn halvan hinnan ja tehokkuuden takia. (Kalouskova ym. 2004). Euroopassa muutosta on silti tapahtunut.

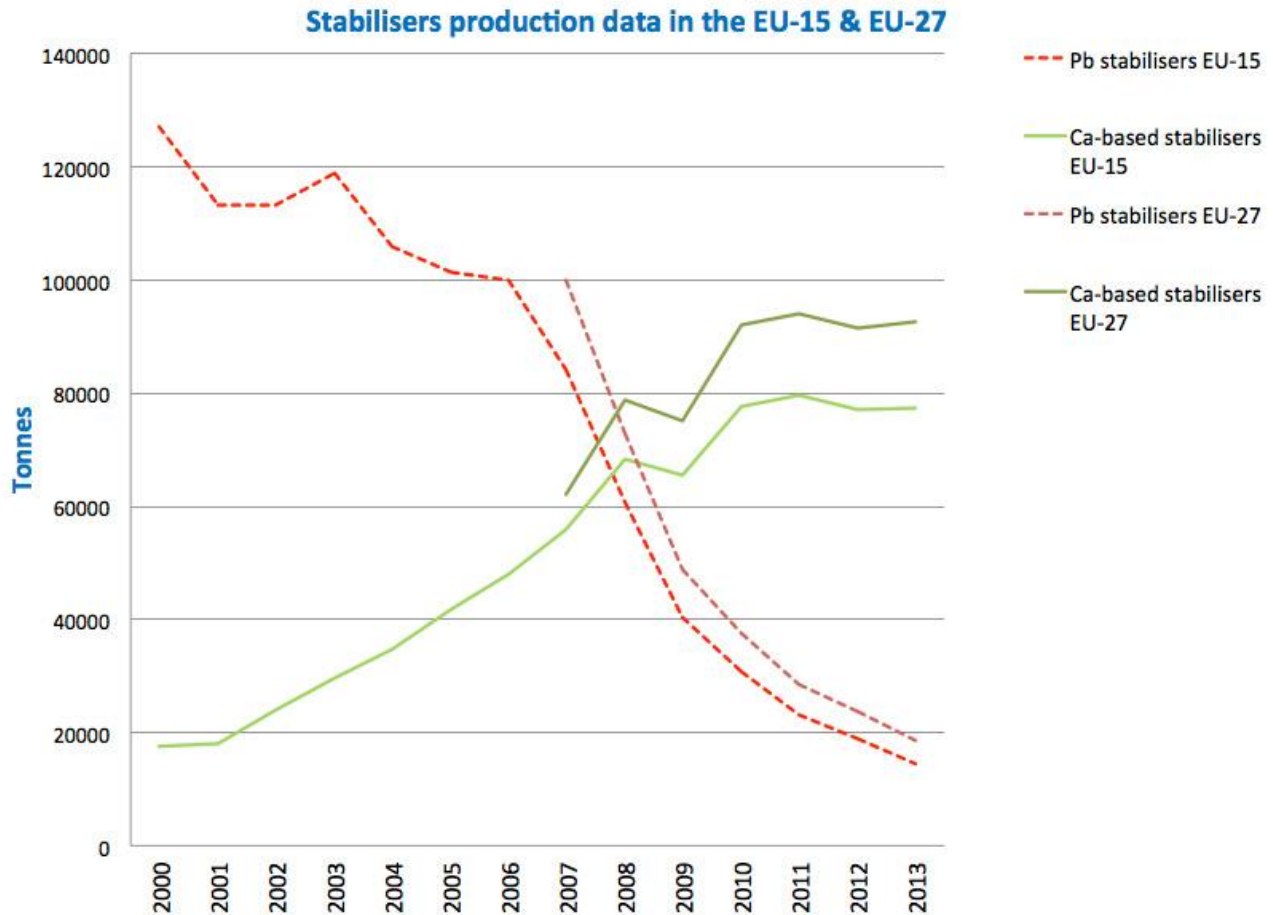
Taulukko 2. Käytetyt stabilisaattoriryhmät, esimerkit ryhmistä, yleisimmät käyttökohteet sekä lisätietoja eri stabilisaattoriryhmistä.

Stabilisaattoriryhmät	Esimerkit	Käyttö	Lisätietoa
Lyijypohjaiset	Lyijysulfiitti, lyijystearaatti	Kova ja pehmeä muovi; johdot, kaapelit, putket, profiilit	Euroopassa PVC-teollisuus on luvannut lopettaa lyijyn käytön stabilisaattorina kokonaan vuoteen 2015 mennessä
Sekametalliyhdisteet	Kalsium-sinkki, barium-sinkki	Kovat muovit ja pehmeät muovit; Lattia- ja seinäpäällysteet, elintarvikepakkaukset	Käytetty korvaamaan lyijypohjaisiastabilisaattoreita
Orgaaniset tinayhdisteet	Bibutyylitina, dioktyylitina	Jäykät ja läpinäkyvät muovit; kalvot, pullot, putket, 60 % a ruokapakkauksiin Euroopassa	Euroopan komission mukaan turvallista käyttää suurimmassa osassa muovituotteita, lukuunottamatta pientä osaa seinä- ja lattiapäällysteistä
Orgaaniset yhdisteet		Putket, profiilit, lattiapäällysteet	Vaihtoehto lyijylle, käyttö vielä vähäistä

Euroopan PVC:n teollisuuden vapaaehtoisohjelma Voluntary Commitment to sustainable development, VinylPlus, pyrkii lisäämään tietoa PVC:stä ja ohjaamaan sen kestäväää käyttöä.

Ohjelmassa on mukana kaikki Euroopan 28 maata sekä Norja ja Sveitsi. Vuonna 2015 sen tavoitteena oli lisätä PVC:n kierrätystä ja kehittää lisäaineiden kestäväää käyttöä. Lisäaineiden osalta ohjelman myötä mm. kadmiumstabilisaattorit poistettiin käytöstä vaiheittain vuoden 2007 loppuun mennessä. (VinylPlus 2014a).

Stabilisaattoreita käytettiin PVC:hen vuonna 2006 yhteensä 670 000 tonnia (Plastic additives and compounding 2007). Vuonna 1998 lyijystabilisaattoreita käytettiin Euroopassa 112 000 tonnia, joka oli vain 3 % kokonaislyijyn kulutuksesta (Euroopan yhteisöjen komissio 2000). Vuoteen 2005 mennessä lyijyn käyttömäärät laskivat Euroopassa 20 %. Vuoteen 2015 Euroopan PVC-teollisuuden tavoitteena oli korvata lyijy kokonaan muilla stabilisaattoreilla. Tavoitteeseen ei päästy, mutta vähennystä tapahtui. Vuosien 2007–2014 lyijyn käyttö väheni 86 %. (VinylPlus 2014a). Kuvasta 2 näkee lyijystabilisaattorien tuotannossa selkeän laskun ja kalsiumpohjaisten stabilisaattoreiden osalta selkeän nousun.

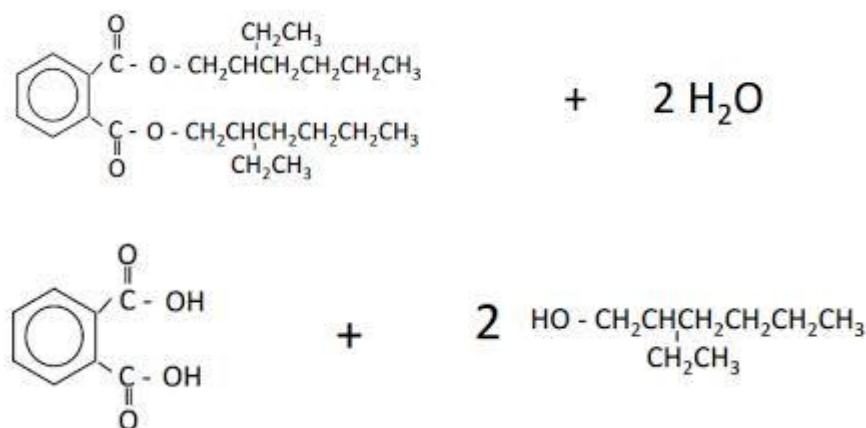


Kuva 2. Vuoden 2007–2013 lyijy- ja kalsiumpohjaisten stabilisaattoreiden käyttömäärien muutokset (VinylPlus 2014a).

3.1.3 Ftalaattien hajoamistuotteet

Jo pelkät lisäaineet aiheuttavat terveysvaikutuksia, mutta lisäksi niiden hajoamistuotteilla voi olla haitallisia vaikutuksia. Ftalaattien hajoamistuotteita on tutkittu viime aikoina melko paljon (Jaakkola ja Knight 2008, Tuomainen ym. 2004, Nordbäck ym. 2000). Tutkimuksissa on huomattu yhteys 2-etyyli-1-heksanolin ja astman, allergioiden ja hengitysteiden ärsytyksen välillä. Ei kuitenkaan ole täysin varmaa onko 2-etyyli-1-heksanoli syy oireisiin vai onko se jokin muu kosteuden vaikutuksesta vapautuva kemikaali. (Jaakkola ja Knight 2008)

Ftalaatit alkavat hajota kosteuden ja korkean pH:n seurauksena. Syynä kosteuteen ja korkeaan pH:seen voi olla esimerkiksi kosteusvaurio rakenteissa tai liian aikaisin sementin päälle asennettu lattiapinnoite. (Chino ym. 2009). Esimerkiksi DEHP:ta sisältävät lattiamatot ja liimat alkavat hajota kosteuden noustessa, jolloin DEHP:n hajoamistuotetta 2-etyyli-1-heksanolia alkaa vapautua (Kuva 3). 2-etyyli-1-heksanoli toimiikin kosteusvaurioiden indikaattorina. DINP:n ja DIDP:n päänajoamistuotteita taas ovat eripituiset alko-isomeerit (C9-alkoholit). Hajoamisessa vapautuvien c9-alkoholien määrän ei kuitenkaan uskota olevan terveydelle haitallisia, mutta niitä vapautuu ympäristöön herkemmin kuin 2-etyyliheksanolia. Nopeampi alkoholien vapautuminen taas voi vaikuttaa itse lattiapäällysteen kestävyYTEEN ja ominaisuuksiin. (Backlund ym. 2014).



Kuva 3. DEHP:n hajoaminen kosteuden ja korkean pH:n vaikutuksesta. (Lappi 2013)

3.3 Terveysvaikutukset

3.3.1 Ftalaattien terveysvaikutukset

Ftalaateilla on todettu olevan matala toksisuus. Annos, joka tappaa puolet koe-eläimistä (LD50), on DEHP:lla yli 20 000mg/kg hengitettynä ja suonensisäisesti annettuna 200mg/kg (Tukes 2009). Lyhyt- ja pitkäaikaisissa jyrksijätutkimuksissa on huomattu vaikutuksia maksassa ja munuaisissa sekä tiettyjen ftalaattien kohdalla myös kilpirauhasen kudoksissa ja kiveksissä. Kaikkien ftalaattien

kohdalla genotoksisuus ja mutageenisuus ovat poissuljettuja. Eniten huolta aiheuttaa kuitenkin ftalaattien vaikutukset ihmisen lisääntymiskykyyn ja kehitykseen. National Toxicology Program Center arvioi, että altistuminen ftalaateille voi laskea siittiöiden määrää, aiheuttaa muutoksia kiveksien kudoksissa sekä laskea hedelmällisyyttä. Useissa tutkimuksissa ftalaattialtistuksen on todettu olevan mahdollisesti yhteydessä synnytystä edeltävään kuolleisuuden kasvuun, laskeneeseen syntymäpainoon ja -pituuteen sekä luuston, sisäelinten ja ulkoisten epämuodostumien määrän kasvuun. (Heudorf ym. 2007). Myös erilaiset hengitystieongelmat on yhdistetty ftalaattialtistukseen lapsena, esimerkiksi keuhkoputken ahtaumat ja astma. Etenkin astman ilmaantuvuus viime vuosikymmeninä on kasvanut merkittävästi ja se onkin yksi yleisimmistä kroonisista taudeista lapsilla ja murrosikäisillä. (Bornehag ja Nanberg 2010)

Ruotsalaistutkimuksessa Bornehag ym. (2015) tutkivat ftalaattialtistuksen yhteyttä ruotsalaispoikien feminisoitumiseen. Tutkimuksessa oli mukana 196 poikaa. Feminisoitumisen mittarina käytettiin anogenitaalista etäisyyttä eli pojilla etäisyyttä peräaukosta kiveksien tyveen, joka pojilla on normaalisti jopa kaksinkertainen verrattuna tyttöihin. Aiemmin jo jyrksijätutkimuksissa oli havaittu että raskaudenaikainen altistus lyhentää poikavauvojen anogenitaalista etäisyyttä, mutta tutkimuksia ihmisillä ei ollut tehty kuin muutama. Tutkimuksessa äideiltä mitattiin ftalaattialtistusta virtsasta ftalaattien metaboliiteilla. Lopuksi vertailtiin eri ftalaattien ja anogenitaalisen etäisyyden yhteyttä. Selkein yhteys oli DINP:n metaboliittien ja anogenitaalisen etäisyyden välillä.

Lääkinnällisistä laitteista vapautuva DEHP on yhdistetty erityisesti maksan ja keuhkojen erilaisiin ongelmiin. Esimerkiksi hepatoblastooma, joka on lasten harvinainen maksasyöpä, on yhdistetty intensiiviseen sairaalahoitoon. Lapsien riski hepatoblastoomaan kasvaa erittäin matalan syntymäpainon myötä, joka voi myös johtua altistuksesta ftalaateille. Lisäksi altistuminen DEHP:lle on yhdistetty kolestaasin eli sapen salpauman syntyyn, jolloin sappineste ei virtaa pohjukaissuoleen. (Latini ym. 2010).

3.3.2 Stabilisaattorien terveysvaikutukset

Stabilisaattoreiden terveysvaikutuksia on tutkittu vähän. Tärkein ja tutkituin terveysvaikutuksia aiheuttava stabilisaattoriryhmä on lyijypohjaiset aineet. Lyijy on neurotoksinen ja karsinogeeninen aine. Se voi vahingoittaa hermostoa, lisääntymiselimiä, verenkiertoelimistöä, maksaa, immuunisysteemiä ja munuaisia. Erityisen haitallista altistuminen lyijylle on lapsille. Heidän kehonsa voi imeyttää jopa 50 % kehoon päätyneestä lyijystä, kun aikuisilla vastaava luku on 5–10 %. (Greenway ja Gerstenberger 2010).

Greenway ja Gerstenberger (2010) tutkivat 10 päiväkodin 535 lelun lyijypitoisuuksia. Tarkoituksena oli vertailla PVC-lelujen ja muista muoveista tehtyjen lelujen pitoisuuksia ja sitä ovatko pitoisuudet suurempia keltaisissa leluissa mahdollisen lyijykromatin vuoksi (keltainen väriaine). Tuloksissa selvisi, että 29 (5,4 %) lelussa seitsemästä päiväkodista lyijypitoisuus oli yli 600 miljoonasosaa (ppm). Näistä noin 69 prosenttia oli PVC:stä valmistettuja leluja. Lyijypitoisuus näissä 29 lelussa vaihteli väliltä 621–8081ppm ja keskiarvo oli 2019ppm. 31 lelussa pitoisuudet olivat 10–599ppm. Yli 600ppm pitoisuuden 29 lelusta 17 oli keltaisia. Kokonaisuudessaan leluista keltaisia oli 115, joten yhteys keltaisen värin ja korkean lyijypitoisuuden välillä oli selkeä.

Mazumdar ja Goswami (2014) tutkivat intialaisten muoviteollisuuden työntekijöiden altistumista lyijylle. Altistumista tutkittiin 47 työntekijän osalta, joilta altistus mitattiin veri ja virtsanäytteiden avulla. Kaikki tutkittavat työntekijät olivat työskennelleet tehtaissa 10–25 vuotta 8–12 tuntia päivittäin. Altistuminen lyijylle tapahtui tehtaissa joko kaasuna, pölynä tai itse muovin lisäaineena. Vertailuryhmänä oli 42 henkilön ryhmä, jotka eivät olleet altistuneet lyijylle. Tulosten vertailussa selvisi, että lyijypitoisuudet lyijylle altistuneissa työntekijöissä olivat noin kolme kertaa suurempia kuin kontrolliryhmässä. Suuri pitoisuus virtsassa ja veressä viittaa siihen, että lyijyä on alkanut kerääntyä kudoksiin. Myös hemoglobiiniarvot työntekijöillä olivat laskeneet merkittävästi. Tämä voi johtua joko lyijyn suorista toksisista vaikutuksista tai anemiasta, joka johtuu työntekijöiden huonoista elinoloista ja -tavoista. Lisäksi maksasta mitattujen entsyymien määrät vaihtelivat suuresti ryhmien välillä. Osa entsyymiarvoista oli jopa nelinkertaistunut työntekijöillä. Muutokset viittaavat erilaisiin vaurioihin maksassa ja lyijyn aiheuttamiin maksan solujen kuolemaan, jotka voivat aiheuttaa entsyymien vuotoa. Tutkimuksessa oli myös viittauksia oksidatiivisen stressin kasvuun kehossa. Tämä taas on yksi tekijä syövän synnyssä.

Tutkimustietoa orgaanisten tinayhdisteiden haittavaikutuksista ihmiseen on vähän. Piver (1973) kokoaa artikkelissaan yhteen organotinayhdisteiden tutkittuja terveysvaikutuksia. Tärkeä havainto oli, että organotinayhdisteiden todettiin olevan PVC:n toksisin yhdiste, kun stabilisaattorina käytettiin organotinayhdisteitä. Tutkimuksessa huomattiin myös, että organotinayhdisteet liukenivat käytettyyn pehmitinaineeseen. Tämän jälkeen ne voivat irrota muovista ja kulkeutua esimerkiksi ruokapaketeista itse ruokaan tai lääkinnällisistä laitteista suoraan kehoon. Kehossa niiden on havaittu mm. estävän mitokondrioiden hengitystä ja aiheuttavan solukuolemaa. Takahashi ym. (1999) huomasivat butyyli-1-tinayhdisteiden kertyvän ihmisten ja nisäkkäiden, kuten apinoiden ja koirien maksaan. Koirilla ja ihmisillä pitoisuudet maksassa olivat 96–360 ng/g. Apinoilla pitoisuudet olivat alle havaitsemisrajan. Syy eroon voi olla ruokavalioissa ja elinympäristössä. Ihmiset ja koirat syövät paljon lihaa, ovat kosketuksissa teollisiin materiaaleihin, kuten muoviin, ja asuvat saasteisemmissä ympäristöissä. Apinat taas syövät pääosin hedelmiä ja siemeniä ja asuvat kauempana teollisista alueista.

3.3.3 Ftalaattien hajoamistuotteiden terveysvaikutukset

Altistuminen 2-etyyli-1-heksanolille on yhdistetty jo melko pitkään astmaoireisiin, allergioihin ja nenäoireisiin. Norbäck ym. (2000) tutkivat olemassa olevien astmaoireiden ja sisäympäristön välistä yhteyttä, erityisesti kosteuteen ja yleisimpiin allergeeneihin liittyvää altistusta. Tutkimuskohteena toimi Ruotsin Ystadin 4 vanhainkotiä, jotka valittiin edustamaan eri-ikäisiä ja tyylisiä rakennuksia. Vanhainkoti 1 oli rakennettu vuonna 1925 ja tyyliltään vanha, 2. oli rakennettu vuonna 1985 ja sen lattian rakenteissa tiedettiin olevan kosteutta, 3. oli moderni, vuonna 1993 rakennettu ja 4. vuonna 1995, harkiten suunniteltu ja rakennettu rakennus, jossa vältettiin muovin käyttöä sisäpinnoilla. Työntekijöille tehtiin terveystarkastus ja rakennuksiin tehtiin kartoitus ja mittauksia.

Mittauksissa selvisi, että vain kahdessa rakennuksessa (2. ja 3.) oli merkkejä kosteudesta lattiassa. Juuri näistä kahdesta rakennuksesta mitattiin myös 2-etyyli-1-heksanolipitoisuuksia ilmasta. Tuloksia käsiteltäessä selvisi, että astmaoireiden määrän kasvulla ja 2-etyyli-1-heksanolilla oli merkittävä yhteys. Myös astmaoireilla ja suhteellisella kosteudella lattian rakenteissa sekä

ammoniakkipitoisuudella muovimaton alla oli merkittävä yhteys. Kuitenkin on mahdollista, että syynä astmaoireisiin on jokin muu kosteudesta johtuva tekijä tai useamman tekijän yhteisvaikutus. 2-etyyli-1-heksanoli voi vain olla merkki kosteudesta, mutta ei välttämättä itse syy oireisiin.

Tuomainen ym. (2004) tutki toimistotyöntekijöiden astman korkean esiintyvyyden ja toimistotilojen kosteuden välistä yhteyttä. Työntekijöiden astman ilmaantuvuus neljältä vuodelta ennen remonttia oli 8 uutta tapausta. Myös valituksia ilmanlaadusta ja hajusta oli paljon. Rakennuksessa tehtiin mittauksia kahdesti, ennen remonttia ja remontin jälkeen. Ennen remonttia havaittiin pieniä pitoisuuksia 2-etyyli-1-heksanolista, keskiarvoltaan $2\mu\text{g}/\text{m}^3$, remontin jälkeen pitoisuuksia ei ollut. Se oli kuitenkin lattiapäällysteistä otetuista näytteistä määrältään tärkein haihtuva yhdiste. Myös mikrobipitoisuuksia mitattiin ilmasta ja mahdollisesti vahingoittuneista rakennusmateriaaleista. Jokaisesta ilmanäytteestä löytyi pieni määrä kosteutta indikoivia mikrobeja ja lähteen uskottiin olevan ulkoseinien eristysmateriaalissa. Ulkoseinistä otettiin 52 näytettä, mutta vain 6 oli kosteutta indikoivia mikrobeja. Ulkoseiniä ei remontoitu. Lattioista mitattiin myös kosteutta ja huomattiin että kosteus oli kasaantunut huoneisiin, joissa oli yhtenäinen PVC-matto. Suhteellinen kosteus betonilattiassa oli kuitenkin suomalaisten rakennusmääräysten mukainen, 73 %. Tutkimuksessa huomattiin myös, että märkään betoniin oli diffusoitunut haihtuvia yhdisteitä.

Remontissa vanhat lattiamateriaalit poistettiin ja huoneiden annettiin kuivua rauhassa yli kaksi viikkoa, jonka jälkeen uudet lattiapinnoitteet asennettiin paikoilleen. Remontti näkyi astmatapauksien ilmaantuvuudessa; uusia tapauksia ei tullut seuraavan kolmen vuoden aikana ja astmaatikat pystyivät vähentämään lääkitystään. Tämä viittaa siihen, että ainakin yksi sisäilman ongelma onnistuttiin poistamaan. Tuomaisen mielestä tulokset viittaavat siihen, että PVC lattiamateriaalien hajoamistuotteet voiva olla yhteydessä astman ilmaantuvuuteen. Tätä tulosta tukee myös aiemmin mainittu Nordbäckin ym. (2000) tutkimus vanhainkotien sisäilman ja astmaoireiden välisestä yhteydestä.

Kuitenkin tässä ja muissa 2-etyyliheksanoliin liittyvissä tutkimuksissa voi kuitenkin olla mahdollista, että syynä on jokin muu tekijä kuin 2-etyyliheksanoli. 2-etyyliheksanoli on merkki kosteusvauriosta, mutta kosteudesta tai muista tekijöistä johtuen ilmaan vapautuu muitakin kemikaaleja, jotka voivat

aiheuttaa terveysongelmia. Kuitenkaan niiden vaikutuksia ei ole pystytty erottamaan 2-etyyliheksanolin terveysvaikutuksista. (Jaakkola ja Knight 2008).

2-etyyliheksanolin yhteys astman ja allergioiden syntyyn ei siis ole täysin varmaa, vaikka pitoisuuksia siitä on mitattu paikoissa, joissa astmaa ja allergioita esiintyy. Kuitenkin yhteys kosteuden ja näiden oireiden välillä on varmaa. Bornehag (2005) tutki rakennuskosteuden yhteyttä hengitystie-, nenä- ja iho-oireisiin. Hän huomasi, että pelkällä PVC:llä ei ollut yhteyttä kyseisiin oireisiin, mutta yhdistettynä kosteuteen yhteys oli vahva. Syy tähän ei kuitenkaan ole varmaa. Yksi vaihtoehto on jo mainittu PVC:n hajoaminen kosteuden vaikutuksesta, jolloin eri yhdisteitä vapautuu ilmaan ja aiheuttaa ärsytystä hengitysteissä ja iholla. Toinen mahdollinen syy on vesivahingosta aiheutuva remontti ja uusien PVC-lattioiden asentaminen ja niistä vapautuvat kemikaalit.

3.4 Altistumisen vähentäminen

Altistumisen vähentäminen on hankalaa. PVC:tä käytetään hyvin laajasti monissa eri käyttökohteissa ja muovin välttäminen täysin on melko mahdotonta. Toki käyttöesineissä ja irtaimistossa muovin kartaaminen on mahdollista, mutta työpaikan tai kodin vaihtaminen esimerkiksi PVC-lattian vuoksi on hankalampaa. Haitallisimpien ftalaattien käyttöä on kuitenkin rajattu etenkin lastentarvikkeissa ja leluissa. Myös tuottajilla on vastuunsa, onko oikein tuottaa PVC:stä lasten leluja, jos ne eivät edes ulkonäöllisesti tai ominaisuuksiltaan eroa muista muoveista valmistetuista leluista. Toki vastuu on myös vanhemmilla, jotka leluja ostavat. Hinnan sijasta tulisi mieluummin tarkastella lelujen ja muiden tuotteiden materiaaleja.

Viime vuosina rakennustekniikka on muuttunut paljon ja muovilla on korvattu useita muita materiaaleja. Tulevaisuudessa tulisi tarkastella muita materiaalivaihtoehtoja, tarkastella rakennustapoja ja kuinka PVC:n hajoamista ja lisäaineiden vapautumista voitaisiin vähentää. Ihmiset viettävät suurimman osan ajastaan sisätiloissa, jolloin altistuminen näille aineille on suurta. Yksi tapa vähentää altistumista olisi viettää aikaa raikkaassa ulkoilmassa kaukana saastuttavista tekijöistä, kuten liikenteestä ja tehtaista. Olisiko loppujen lopuksi halvempaa rakentaa puusta ja teräksestä ilman muovia, kun ottaa huomioon muovien lisäaineista johtuvat terveysongelmat ja niiden kustannukset?

Sairaiden ihmisten altistuksen vähentäminen DEHP:lle onnistuisi ainoastaan käyttämällä muoveja tai muita materiaaleja, jotka eivät sisällä DEHP:ta. Mahdollisesti myös hepariinilla päällystetyt letkujensisäpinnat vähentävät DEHP:lle altistumista erilaisissa hoidoissa (Heudorf ym. 2007). Kuitenkin korvaavan materiaalin tulisi toimia vähintään yhtä hyvin kuin DEHP:ta sisältävän tai tulisi ainakin punnita eri vaihtoehtojen hyötyjä ja haittoja. Vakavasti sairaille henkilöille hoito on välttämätöntä ja ilman hoitoa kuolisi, tällöin DEHP:sta mahdollisesti aiheutuvat haitat ovat pieniä verrattuna kuolemaan.

Tärkeintä olisikin kehittää käytössä olevia lisäaineita niin, ettei niistä aiheutuisi haittaa ihmisille, eläimille tai ympäristölle. Myös haitallisimpien aineiden käytön kieltäminen ja rajoittaminen olisi tarpeen.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET

PVC-muoveista on tullut tärkeä osa nyky-yhteiskuntaa ja niiden poistaminen käytöstä on mahdotonta. Kuitenkin, kun huomioimme kaikkien niiden lisäaineiden aiheuttamat terveysvaikutukset, meidän tulisi miettiä korvaavia aineita terveyttämme haittaaville aineille. Etenkin muovien, jotka ovat käytössä lääkinnällisissä laitteissa ja kosketuksissa ruokaan, tulisi olla turvallisia. On myös huolestuttavaa, että turvallisempana pidetty DINP, jolla DEHP on korvattu, aiheuttaa muutoksia lisääntymiskykyyn ja etenkin poikien kehitykseen. Onkin hieman outoa, että Suomessakin, jossa kaikkia asioita säädellään tarkkaan, sallitaan haitallisiksi todettujen ftalaattien käyttö.

Monet ihmiset eivät edes tiedä, tai eivät ole ajatelleet, että PVC voisi olla haitallista. Monista haittavaikutuksista ei ole juurikaan puhuttu, joka edesauttaa PVC:n huoletonta käyttöä. Jos ihmiset tietäisivät PVC:n haitallisista vaikutuksista, he varmasti myös mieltäisivät sen käyttöä tarkemmin. Etenkin vaikutukset ihmisen lisääntymiskykyyn ja kehitykseen ovat sellaisia, jotka varmasti kiinnittäisivät vanhempien huomion ja he mieltäisivät tarkemmin mitä tarvikkeita ja leluja lapsilleen

ostavat. Samoin kuin ftalaattialtistuksen ja astman yhteys, tuskin kukaan vanhempi haluaisi lisätä lastensa riskiä sairastua astmaan

2-etyyliheksanolin yhteyttä astmaan, allergioihin ja erilaisiin hengitystieoireisiin tulisi tutkia tarkemmin. Astma tapauksien määrä on viimeisten vuosikymmenien aikana kasvanut merkittävästi, joten olisi tärkeää tietää oikea syy, jotta ongelma voidaan korjata. Vaikka 2-etyyli-1-heksanolin ja astman välillä on havaittu selkeä yhteys, se ei tarkoita että 2-etyyli-1-heksanoli olisi syypää ainakaan yksin kaikkiin oireisiin. Tarvittaisiin lisää tutkimuksia, joissa mitattaisiin myös muita kosteuden seurauksena vapautuvia aineita ja tutkittaisiin niiden yhteyttä ja yhteisvaikutuksia eri oireiden esiintyvyyteen.

Lisätutkimuksia terveysvaikutuksien osalta tarvitaan, koska monet ftalaattialtistustutkimukset on tehty eläinkokeilla ja tuloksia on sitten arvioitu ja vertailtu saatavilla olevaan ihmisten altistusta ja arviointia koskevaan tietoon. Myös DEHP:ta sisältävien lääkinnällisten laitteiden terveysvaikutuksia tulisi tutkia lisää ja tarkastella onko riski terveysvaikutuksille suurempi juuri DEHP:n takia vai johtuvatko ne pelkästään lääkinnällistä laitteista sisältivätpä ne DEHP:ta tai ei. Tulisi myös miettiä, miten altistumista lääkinnällisistä laitteista vapautuville kemikaaleille voidaan vähentää ja olisiko muiden materiaalien käyttö mahdollista. Kuitenkin ftalaattien osalta monet ongelmat ovat tiedossa, toisin kuin stabilisaattoreilla, joiden terveysvaikutuksia ei ole tutkittu kovinkaan paljon. Toki lyijyn ongelmat, kuten neurotoksiset ja karsinogeeniset ominaisuudet ovat tiedossa, jonka vuoksi lyijypohjaisten stabilisaattoreiden käyttöä on rajoitettu ja Euroopassa sen käyttö on tarkoitus lopettaa kokonaan lähivuosina. Kuitenkaan uusien lyijyä korvaamaan kehitettyjen aineiden vaikutukset eivät ole tarkkaan tiedossa. Olisikin hyvä tutkia stabilisaattoreita tarkemmin, jotta myöhemmin ei tarvitse korjailla niiden mahdollisesti aiheuttamia vahinkoja.

LÄHDELUETTELO

Backlund P., Talvitie O., Lappalainen K. ja Tuomi T. 2014. Uusien lattiamuovipäällysteiden emissiot. Työterveyslaitos.

Bornehag C. G., Carlstedt F., Jönsson B. AG., Lindh C. H., Jensen T. K., Bodin A., Jonsson C., Janson S. ja Swan S. H. 2015. Prenatal phthalate exposures and anogenital distance in Swedish boys. *Environmental health perspectives* 1, 101–107

Bornehag C. G. ja Nanberg E. 2010. Phthalate exposure and asthma in children. *International journal of andrology* 33, 333–345.

Bornehag C. G., Sundell J., Hagerhed-Engman L., Sigsgård T., Janson S., Aberg N. ja the DBH Study Group. 2005. ‘Dampness’ at home and its association with airway, nose, and skin symptoms among 10,851 preschool children in Sweden: a cross-sectional study. *Indoor air* 15, 48–55

Chino S., Kato S., Seo J. ja Ataka Y. 2009. Study on emission of decomposed chemicals of esters contained in PVC flooring and adhesive. *Building and environment* 44, 1337–1342.

Euroopan komissio. 2013. Vihreä kirja: Ympäristössä olevaa muovijätettä koskevasta eurooppalaisesta strategiasta.

[http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com/com_com\(2013\)0123_/com_com\(2013\)0123_fi.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com/com_com(2013)0123_/com_com(2013)0123_fi.pdf). Luettu 7.4.2016

Euroopan yhteisöjen komissio. 2000. Vihreä kirja: PVC ja ympäristö.

<http://ec.europa.eu/environment/waste/pvc/pdf/fi.pdf>. Luettu 7.4.2016

Greenway J. A. ja Gerstenberger S. 2010. An evaluation of lead contamination in plastic toys collected from day care centers in the Las Vegas Valley, Nevada, USA. *Bull Environ Contam Toxicol* 85, 363–366

Halden Rolf U. 2010. Plastics and Health Risks. *Annual review of public health* 31, 179–94

Heudorf U., Mersch-Sundermann V. ja Angerer J., 2007. Phthalates: Toxicology and exposure. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 210, 623–634

Jaakkola J. ja Knight Trudy L. 2008. The role of exposure to phthalates from polyvinyl chloride products in the development of asthma and allergies: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Health Perspectives* 116, 845–853

Kalouskova R., Novotna M. ja Vymazal Z. 2004. Investigation of thermal stabilization of poly(vinyl chloride) by lead stearate and its combination with synthetic hydrotalcite. *Polymer degradation and stability* 85, 903–909.

Lappi Sanna. 2013. Uudempien PVC-lattiapäällysteiden hajoaminen kosteusrasituksen johdosta.

https://www2.uef.fi/documents/976466/1799771/LappiSanna_virallinen.pdf/8eaf54a6-56ad-4bbd-bb1f-08aee7ace4e7. Luettu 1.6.2016

Latini G., Ferri M. ja Chiellini F. 2010. Materials degradation in PVC medical devices, DEHP leaching and neonatal outcomes. *Current Medical Chemistry* 17, 2979–2989

Mazumdar I. ja Goswami K. 2014. Chronic exposure to lead: A Cause of oxidative stress and altered liver function in plastic industry workers in Kolkata, India. *Ind J Clin Biochem* 29, 89–92

Norbäck D., Wieslander G., Nordström K. ja Wålinder R. 2000. Asthma symptoms in relation to measured building dampness in upper concrete floor construction, and 2-ethyl-1-hexanol in indoor air. *The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease* 4, 1016–1025

Piver W. T. 1973. Organotin compounds: Industrial applications and biological investigation. *Environmental Health Perspectives*.

PVC additives – What lies ahead? *Plastic additives and compounding*. November/December 2007.

Reach-asetus. 2015. Liite XIV ja XVII.

<http://www.kemikaalineuvonta.fi/Documents/reach/asetus/LIITE%20XIV.pdf>. Luettu 7.4.2016

<http://www.kemikaalineuvonta.fi/Documents/reach/asetus/LIITE%20XVII.pdf>. Luettu 7.4.2016

Rudel R. A. ja Perovich L. J. 2009. Endocrine disrupting chemicals in indoor and outdoor air. *Atmospheric Environment* 43, 170–181

Seppälä J. 2008. *Polymeeriteknologian perusteet*. 6. painos. Helsinki: Hakapaino

Takahashi S., Mukai H., Tanabe S., Sakayama K., Miyazaki T. ja Masuni H. 1999. Butyltin residues in livers of humans and wild terrestrial mammals and in plastic products. *Environmental Pollution* 106, 213–218

Tukes. 2009. Kemikaalien EU-riskinarviointi ja –vähennys: Di-(2-etyyliheksyyli)ftalaatti.

<http://www.tukes.fi/Tiedostot/Kemikaalituotteet/tietokortit/117-81-7.pdf>. Luettu 25.4.2015

Tuomainen A., Seuri M. ja Sieppi A. 2004. Indoor air quality problems associated with damp floor coverings. *Int Arch Occup Health* 77, 222–226

VinylPlus. 2015. *Progress Report 2015*.

http://www.vinylplus.eu/uploads/docs/VinylPlus_Progress_Report_2015_English.pdf. Luettu 5.4.2016

VinylPlus. 2014a. The European PVC industry's experience in replacing lead and cadmium-based stabilisers.

http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Lead_Cadmium/docs/GC27%20Followup%20013/VinylPlus_Contribution%20Cefic_Eu%20Industry.pdf. Luettu 2.5.2016

VinylPlus. 2014b. <http://www.vinylplus.eu/progress/annual-progress/2013-2>. Luettu 25.4.2016.