



PVC-muovin työstössä muodostuvien ilman epäpuhtauksien tavoitetasoperustelumuistio

Työterveyslaitos

Topeliuksenkatu 41 a A, 00250 Helsinki
puh. 030 4741, faksi 030 474 2779

Otsikko

Sisällysluettelo

1 PVC-muovin ominaisuudet ja käyttö	3
2 Lämpöhajoamistuotteiden syntyprosessi ja koostumus	4
3 Vertailu- ja raja-arvoja eri maissa	5
4 Altistuminen	6
4.1 Altistumistasot suomalaisilla työpaikoilla	6
4.2 Muut altistumistutkimukset työympäristössä	7
5 Altistumisen hallintakeinot	7
6 Terveysvaikutukset	8
6.1 Eläinkokeiden havainnot	8
6.2 Havainnot ihmisillä	8
7 Ehdotus tavoitetasoksi	9
8 Kirjallisuus	10

YHTEENVETO

Ehdotetut tavoitetasot ilmapitoisuuksille sekä suositeltavat mittausmenetelmät:

Mitattava aine	Mittausmenetelmä	Näytteenkeräysaika	Lakisääteinen taso (mg/m ³)	Tavoitetaso (mg/m ³)
Muoviaerosoli (I)	IR	vähintään 4 h	1 (8h) ¹	0,1 (8h)
Hengittyvä aerosoli (I)	HM	vähintään 4 h	-	0,2 (8h)
Kloorivety (I)	IC	vähintään 4 h	7,6 (15 min)	0,1 (8h)
VOC	TD-GC-MS	noin 1 h	-	yhdisteiden laadullinen tarkastelu

¹ parafiinihuurun HTP-arvo

(I) = indikaattoriaine

IR = keräys teflonsuodatin (SKC 225-1705), analyysi infrapunaspektroskopia

HM = hengittyvän jakeen mittaus tallentavalla hiukkasmittarilla (esim. Grimm 1.008)

IC = keräys tislattu vesi, analyysi ionikromatografia

TD-GC-MS = keräys Tenax TA, analyysi kaasukromatografia-massaspektrometria

1 PVC-muovin ominaisuudet ja käyttö

Jäykkyytensä, sitkeytensä ja ulkoilmakestävyytensä ansiosta polyvinyylikloridia eli PVC-muovia käytetään runsaasti rakennusteollisuudessa (Uusi muovitieto 2008). Suomessa suurin käyttökohde ovat erilaiset putket. Myös suurin osa pehmeistä letkuista on PVC:tä. Tapeteissa ja lattiamatoissa PVC-kerros yhdistetään muihin materiaaleihin mm. antamaan kosteussuojan. Sähköjohtojen ja -kaapeleiden pinnoitteet on yleensä valmistettu pehmeästä PVC:stä. PVC-polymeeri on hauras ja lämmössä herkästi hajoava. Työstöominaisuuksien ja lopputuotteiden laadun parantamiseksi PVC:hen on vinyylikloridipolymeerin (Kuva 1) lisäksi lisättävä useita eri lisäaineita.

DEPH eli dietyyliheksyyliiftalaatti on perinteisesti ollut käytetyin PVC:n pehmitin. Sen osuus muovista saattoi olla jopa 80 %. DEHP on luokiteltu lisääntymiselle vaaralliseksi ja viime vuosina sen käyttö on vähentynyt. DEPH on korvattu mm. di-isononyyliiftalaatilla (DINP), di-isodekyyliiftalaatilla (DIDP) ja adipaateilla, esim. dioktyyliadipaattilla. PVC-lattiamateriaaleissa on jonkin verran käytetty bentsyylibutyyliftalaattia (BBP), mutta myös tämä lisääntymisriskille haitallinen ftalaatti on pyritty korvaamaan muilla aineilla. DEPH:n, BBP:n ja dibutyyliftalaatin (DBP) käyttö on EU:ssa luvanvaraista helmikuusta 2015 alkaen (143/2011/EU oikaisuineen), joten näiden aineiden käyttö tulee oletettavasti lähivuosina edelleen vähenemään. PVC:n pehmittämiseen käytetään myös sebasaatteja ja azelaatteja. Niiden avulla saadaan tuote, joka on säänkestävää (Uusi muovitieto 2008). Fosforihapon estereitä, kuten tris(2-etyyliheksyyli)fosfaattia käytetään sekä pehmittiminä että palonestoaineina (Pfäffli 1997).

Voiteluaineilla parannetaan PVC:n sulamisominaisuuksia sekä tarttumista työstökoneen kuumiin metallipintoihin. Käytetyimmät voiteluaineet ovat steariinihappo ja sen suolat, luonnon vahat, rasvahappoamidit, parafiinit ja mineraaliöljyt (Pfäffli 1997).

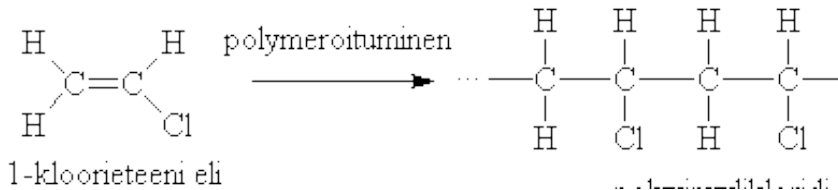
PVC:hen lisätään stabilaattoreita estämään muovin hajoaminen työstön korkeassa lämpötilassa ja/tai lisäämään sen kestävyyttä UV-valossa. Elintarvikepakkauksissa käytetään kalsium-sinkki-yhdisteitä. Tinayhdisteet (esim. dioktyylitina) ovat yleisiä stabilisaattoreita PVC-kalvoissa, -pulloissa ja -putkissa. Uusimmat stabilaattorit ovat orgaanisia yhdisteitä (Uusi muovitieto 2008). UV-stabilaattoreina käytetään bentsofenonia ja bentsotriatsolia sekä myös sinkki- ja titaanidioksidgeja (Pfäffli 1997).

Hauraan PVC:n lujittamiseksi käytetään mm. metyylietaklylaattibutadienistyreeniä (MBS). Sitä on tyypillisesti seostettu PVC-pullotyyppisiin vajaan 10 %. Muissa PVC-tuotteissa käytetään mm. akryyli/metakrylaatti-kopolymeeriä ja kloorattua polyeteeniä (Uusi muovitieto 2008).

Yleisimmin käytetty täyteaine on kalsiumkarbonaatti eli liitu. Liidun lisäys PVC-sekoitteeseen laskee sen hintaa ja vaikuttaa tuotteiden fysikaalisiin ominaisuuksiin. Muita täyteaineita ovat mm. kaoliini ja talkki (Uusi muovitieto 2008).

PVC:n sisältämä kloori vähentää muovin paloherkkyyttä kun taas pehmittimillä on paloherkkyyttä lisäävä vaikutus. Pehmitetyille PVC:lle käytettyjä palonestoaineita ovat mm. klooriparafiinit ja antimonitrioksidi (Pfäffli 1997).

PVC:n väriaineina voidaan käyttää hienojakoisia jauhemaisia väriaineita: metallioksiedeja (raudan, titaanin, nikkelin, antimonin, kromin, sinkin ja koboltin), sulfideja, karbonaatteja ja kromiyhdisteitä. (Pfaffli 1997)



Kuva 1. Vinyylikloridin polymeroituminen.

2 Lämpöhajoamistuotteiden syntyprosessi ja koostumus

PVC-muovin työstössä vapautuu haihtumis- ja lämpöhajoamistuotteita. Polymeerien lämpöhajoamisessa lämpöenergia katkaisee polymeeriketjun, jolloin muodostuu kloorivetyä ja epästabiileja radikaalimolekyylejä (Engström ym. 2005). Radikaalimolekyylit hajoavat edelleen tai reagoivat muodostaen pysyviä hajoamistuotteita. Ilman läsnä ollessa happimolekyylit voivat osallistua reaktioon, jolloin muodostuu ns. alkoksiradikaaleja ja edelleen hiilimonoksidia, aldehydejä, ketoneja ja karboksyylihappoja. Lämpöhajoamisessa muodostuu sekä kaasumaisia yhdisteitä että kiinteitä ja nestemäisiä hiukkasia (aerosoleja). Aerosolit sisältävät matalan kiehumispisteen omaavia lisäaineita, mahdollisesti niiden reaktiotuotteita sekä kloorivetyä (Zitting 1998).

Lämpöhajoamistuotteiden määrään ja laatuun vaikuttavat mm. polymeerin koostumus, lisäaineiden määrä ja laatu, lämpötila sekä läsnä olevan hapen määrä.

Lämpöhajoamistuotteita muodostuu muovituotteiden valmistuksessa, kun muovimassa (esim. granulaatit) pehennetään lämmittämällä. Myös muovituotteiden ja muovilla pinnoitettujen tuotteiden jälkikäsittelyssä, kuten hitsauksessa, hionnassa ja polttoleikkauksessa syntyy lämpöhajoamistuotteita (Engström ym. 2005).

3 Vertailu- ja raja-arvoja eri maissa

PVC-muovin lämpöhajoamistuotteille kokonaisuudessaan ei ole annettu työhygieenisiä ohjearvoja. Lämpöhajoamistuotteiden yksittäisten komponenttien HTP-arvoja on koottu taulukkoon 1. Taulukossa 2 on esitetty eri maissa annettuja ohjearvoja parafiinihuuruille, kloorivedylle ja DEHP:lle.

Taulukko 1. HTP-arvot keskeisimmille PVC-muovin lämpöhajoamistuotteille (STM 2018).

	HTP _{8h} (mg/m ³)	HTP _{15min} (mg/m ³)
Asetaldehydi	-	46
Asetoni	1200	1500
Etikkahappo	13	25
Formaldehydi	0,37	1,2
Muurahaishappo	5	19
Kloorivety	-	7,6

Taulukko 2. Parafiinihuurujen, kloorivedyn ja dietyyliheksyyliiftalaatin työhygieenisiä ohjearvoja eri maissa.

	Parafiini- huurut, 8h (mg/m ³)	Parafiini- huurut, 15min (mg/m ³)	Kloorivety, 8h (mg/m ³)	Kloorivety, 15min (mg/m ³)	DEHP, 8h (mg/m ³)	DEHP, 15min (mg/m ³)
Suomi	1	-	-	7,6	-	-
Ruotsi	-	-	-	8	3	5
Tanska	2	-	-	7	3	6
Norja	2	-	-	7	3	-
Saksa	-	-	3	6	10	80
Englanti	2	6	2	8	5	10
USA (ACGIH)	2	-	-	3	5	-

4 Altistuminen

4.1 Altistumistasot suomalaisilla työpaikoilla

PVC-muovin lämpöhajoamistuotteille altistutaan PVC-muovin prosessoinnissa muoviteollisuudessa. Lämpöhajoamistuotteille altistutaan myös muovipinnoitettuja metalleja hitsattaessa, hiottaessa ja polttoleikkattaessa eri teollisuuden aloilla, kuten telakoilla, konepajoissa, autokorjaamoissa ja rakennuksilla.

Tutkimuksissa (Pfähfli ja Vainiotalo 1984; Vainiotalo ja Pfähfli 1990) mitattujen muoviaerosolien keskipitoisuus PVC-muovin työstössä oli työstömenetelmästä riippuen $<0,1-0,8$ mg/m³, formaldehydin $0,01-0,1$ mg/m³ ja asetaldehydin $0,04-0,20$ mg/m³ (Taulukko 3). Kloorivedyn keskipitoisuus oli $<0,03-0,3$ mg/m³. Korkeimmat kloorivetytitoisuudet mitattiin PVC-levyjen hitsauksessa, jossa lämpötila oli suurin. DEHP:n keskipitoisuus oli $<0,02-0,5$ mg/m³. Ftaalihappoanhydridin ilmasta mitatut pitoisuudet olivat vähäisiä (Taulukko 3).

Työterveyslaitoksen vuosien 2001-2009 palvelumittauksissa muoviaerosolien pitoisuus oli $0,1-1,3$ mg/m³ PVC-muovin kalanteroinnissa ja noin $0,1$ mg/m³ suulakepuristuksessa. Kalanteroinnissa mitattu formaldehydin pitoisuus oli $0,01-0,06$ mg/m³, asetaldehydin $0,01-0,1$ mg/m³, kloorivedyn $<0,005-0,01$ mg/m³ ja DEHP:n $0,1-0,7$ mg/m³.

Taulukko 3. PVC-muovien työstössä mitatut lämpöhajoamistuotteet ja muut haihtuvat epäpuhtaudet työpaikkojen ilmassa (keskiarvo ja keskihajonta) (Pfähfli ja Vainiotalo 1984; Vainiotalo ja Pfähfli 1990).

	Suulake- puristus; 150-200 °C (mg/m ³)	Ruisku- puhallus; 150-190 °C (mg/m ³)	Kalante- rointi; 130-200 °C (mg/m ³)	Kuuma- rosotus; 180 °C (mg/m ³)	Saumaus (mg/m ³)	Ahto- puristus; 150 °C (mg/m ³)	Hitsaus; 220-400 °C (mg/m ³)
Aerosoli	0,4±0,1	0,4	0,7	0,8	0,4	<0,1	0,4
Formaldehydi	0,02±0,01	0,04	0,10	0,01	0,10	0,04	-
Asetaldehydi	0,04±0,02	0,04	0,20	0,07	-	0,04	-
Muurahais- happo	0,03±0,03	0,02	0,02	-	-	0,08	-
Etikkahappo	0,12±0,00	0,02	0,12	0,07	-	0,12	-
Kloorivety	0,12±0,03	0,05± 0,02	0,15± 0,03	0,03± 0,02	<0,03	0,04± 0,01	0,28± 0,02
DEHP	0,03 - 0,30	-	0,5±0,5	0,05± 0,02	<0,02	-	0,30± 0,05
Ftaalihappo- anhydridi	0,0003± 0,0005	-	0,0002± 0,0001	-	-	-	0,005± 0,002

4.2 Muut altistumistutkimukset työympäristössä

DEHP:n metaboliitteja on tutkittu PVC-jalkinetehtaassa ja -kaapelitehtaassa työskentelevien virtsanäytteistä. Molemmilla työpaikoilla ilman DEHP-pitoisuudet vaihtelivat suuresti työpäivän mittaan ja olivat korkeimmillaan 1,2 mg/m³. DEHP:n metaboliittien pitoisuudet nousivat enimmillään nelinkertaisiksi työvuoron aikana (Dirven ym. 1993).

5 Altistumisen hallintakeinot

Lämpöhajoamistuotteiden muodostuminen on riippuvainen työstölämpötilasta. Prosessissa, jossa lämpötilat pysyvät alhaisina, on hajoamistuotteiden muodostuminen tästä syystä vähäistä. Lämpöhajoamistuotteiden pitoisuutta työilmassa voidaan alentaa tehokkailla kohdepoistoilla ja riittäväällä yleisilmanvaihdolla. Koteloitu kone yhdessä kohdepoiston kanssa on paras ratkaisu, mikäli se on mahdollista toteuttaa. Muovipinnoitettujen metallien työstössä voidaan lämpöhajoamistuotteiden muodostuminen estää poistamalla pinnoite ennen hitsausta tai muuta kuumakäsittelyä. Muovin leikkaukseen käytettävät kuormalangat ja -terät on puhdistettava säännöllisesti.

DEHP ja BBP ovat lisääntymisriskille vaarallisia, minkä vuoksi raskaana oleville tulee tarjota työtä, jossa ei altistuta kyseisille aineille. Paras riskinhallintakeino on pyrkiä korvaamaan näitä ftalaatteja sisältävä PVC-muovi sellaisella muovilaadulla, jossa pehmittiminä on käytetty vähemmän haitallisia aineita.

Raaka-aineiden valmistajan vastuulla on kirjata tiedot keskeisistä lämpöhajoamistuotteista käyttöturvallisuustiedotteisiin. Käyttöturvallisuustiedotteesta tulee löytyä myös tieto oikeasta prosessilämpötilasta.

PVC-muovien väriaineissa saatetaan käyttää terveydelle haitallisia metalliyhdisteitä (mm. kromi- ja lyijy-yhdisteet). Tämä tulee tarkistaa tuotteen käyttöturvallisuustiedotteesta ja ottaa huomioon altistumisen arvioinnin yhteydessä. Syöpävaarallisille aineille altistuvat tulee ilmoittaa ASA-rekisteriin.

6 Terveysvaikutukset

6.1 Eläinkokeiden havainnot

Kokeessa, jossa hiiriä altistettiin PVC-muovin lämpöhajoamistuotteille, altistuminen lämpötiloissa 150-175 °C muodostuneille tuotteille ei aiheuttanut tilastollisesti merkitseviä muutoksia hiirten hengitysnopeudessa (Schaper ym. 1994). Lämpötiloissa 230-285 °C muodostuneet tuotteet sen sijaan aiheuttivat annoksesta riippuvan hengitysnopeuden laskun, joka hiirillä viittaa hengitystieärsytykseen. RD50-arvo eli annos, joka aiheutti hengitysnopeuden alenemisen puoleen alkuperäisestä, oli aerosolihiukkasten massana PVC:lle 12 mg/m³. Kaasumaisten tuotteiden pitoisuuksia ei mitattu. Altistuneiden hiirten keuhkoissa ei havaittu muutoksia.

RD50-arvon on arvioitu korreloivan ihmisen kokeman ärsytysvaikutuksen kanssa seuraavasti: pitoisuudessa RD50 ärsytysvaikutus on hyvin voimakas, pitoisuudessa 0,1 x RD50 vähäinen ja pitoisuudessa 0,01 x RD50 vaikutusta havaitaan tuskin lainkaan (Schaper 1993). Pitoisuustasoa 0,03 x RD50 on käytetty työympäristön vertailupitoisuutena, jonka ylittyessä on todennäköistä, että työntekijät kokevat silmä- ja ylähengitystieärsytystä. Edellä esitetyn tutkimuksen perusteella tämä pitoisuus PVC:n lämpöhajoamisessa muodostuville aerosolihiukkasille olisi 0,4 mg/m³.

6.2 Havainnot ihmisillä

Voimakkaan altistumisen PVC-huuruille on raportoitu aiheuttaneen työntekijöillä silmien, ylähengitysteiden ja ihon ärsytystä (Zitting 1998). Kloorivetyä alkaa muodostua jo 180 °C:ssa. Jos lämpötilat nousevat yli 200 °C, myös muiden ärsyttävien ja herkistävien yhdisteiden määrä nousee merkittävästi. Myös muodostuvat aerosolit ja kiinteät hiukkaset voivat olla ärsyttäviä ja herkistäviä. Hiukkaset absorboivat pintaansa nesteitä ja kaasuja, jotka saattavat näin helpommin kulkeutua keuhkoihin (Engström ym. 2005).

PVC:n lämpöhajoamistuotteille altistuneilla on havaittu työperäistä allergista nuhaa (Airaksinen 2010). Nielsenin ym. (1989) tutkimuksessa oli mukana 20 PVC:n työstöä tekevää työntekijää ja 19:n hengen altistumaton vertailuryhmä. Kahdella altistuneella työntekijällä oli lievä työperäinen astma (vertailuryhmässä 1) ja viidellä epäspesifistä keuhkoputkien hyperreaktiivisuutta (vertailuryhmässä 0). Kahdella altistuneella oli silmäoireita ja kuivaa yskää. Keuhkojen toimintakokeissa ei ryhmien välillä ollut eroja. Muutamien epidemiologisten ja immunologisten tutkimusten perusteella DEHP on mahdollinen astman aiheuttaja (Jaakkola ja Knight 2008). Myös altistuminen ftaalihappoanhydriille ja formaldehydille saattaa aiheuttaa astmaa (Quint ym. 2008). Muovityöpaikoilla koetut ärsytysoireet voivat osaksi johtua ilmassa esiintyvistä vapaista radikaaleista ja muista lyhytikäisistä välituotteista. Luotettavien määritysmenetelmien kehittäminen näille yhdisteille olisi tarpeen, jotta syy-seurausyhteyksiä pysyttäisiin tutkimaan (Engström ym. 2005).

PVC-muovin työstössä muodostuva kloorivety on silmiä ja hengitysteitä ärsyttävä aine, mutta ärsytysvaikutuksia koetaan vasta pitoisuuden ollessa noin 7,5 mg/m³ (IARC 1992). Formaldehydin pitoisuudet PVC-muovin työstössä alittavat WHO:n sisäilmalle asettaman ohjearvon 0,1 mg/m³ (2010). Ohjearvo on annettu silmä- ja ylähengitystieärsyttävyyden perusteella, mutta sen on

arvioitu suojaavan myös formaldehydin pitkäaikaisvaikutuksilta, kuten nenän ja nielun alueen syövilä sekä leukemialta.

DEHP on EU:ssa luokiteltu lisääntymisterveyttä vaarantavaksi. Aineen vaikutuksia lisääntymisterveyteen on tutkittu väestötasolla ja eläinkokeissa (Matsumoto ym. 2008). Laadukasta epidemiologista tutkimusta ftalateille altistuneista työntekijöistä ja lisääntymisterveysvaikutuksista ei ole saatavilla.

Altistumisen PVC-muovipölylle on havaittu vaikuttavan keuhkojen toimintaan. Kolmella PVC-pellettien tuotantolaitoksella tehdyssä tutkimuksessa todettiin PVC-pölylle altistuneilla (n=24) keuhkojen alentunut ventilaatiokyky (Lee ym. 1991). Myös hengityksen vinkunaa oli huomattavasti enemmän kuin vertailuryhmässä. Keskimääräinen altistumistaso oli 1,6 (0,2-2,9) mg/m³.

PVC-muovien lämpöhajoamisessa muodostuvia yhdisteitä on lukuisia, eikä kaikkia tunneta. Muodostuvien hajoamistuotteiden määrä ja laatu ovat riippuvaisia materiaalin koostumuksesta ja prosessilämpötilasta. PVC-muovien koostumus vaihtelee eri käyttökohteissa. Muovien koostumukseen vaikuttavaa tuotekehitystä tehdään jatkuvasti.

7 Ehdotus tavoitetasoksi

Lakisääteinen taso

PVC-muovin lämpöhajoamisessa syntyviä muoviaerosoleja muistuttavien parafiinihuurujen HTP-arvo on 1 mg/m³/8h (STM 2018). Kloorivedyn HTP-arvo on 7,6 mg/m³/15 min. Muiden kaasumaisten lämpöhajoamistuotteiden HTP-arvoja on esitetty kappaleessa 3.

Tavoitetaso

PVC-muovin lämpöhajoamisessa muodostuu silmiä ja hengitysteitä ärsyttäviä ja hengitysteitä herkistäviä tuotteita. Muoviaerosolien keskipitoisuudet PVC-muovin työstössä ovat tyypillisesti olleet tasoa 0,1 - 1,0 mg/m³, mutta mittaustuloksia viime vuosilta on hyvin vähän. Kloorivedyn pitoisuus on pääsääntöisesti ollut alle 0,1 mg/m³. Eläinkokeiden perusteella altistumistaso, jonka ylittyessä on odotettavissa ärsytysoireita, on noin 0,4 mg/m³ muoviaerosoleina mitattuna (Schaper ym. 1994). Muoviaerosoleja muistuttavien parafiinihuurujen on raportoitu aiheuttavan epämiellyttävää oloa pitoisuustasolla 0,6 - 2,0 mg/m³ (ACGIH 1991). PVC-muovipölyn on todettu vaikuttavan keuhkojen toimintaan pitoisuustasolla 1,6 (0,2 - 2,9) mg/m³ (Lee ym. 1991).

Ärsytysvaikutusten minimoimiseksi ehdotettu tavoitetaso PVC-muovin lämpöhajoamistuotteille on muoviaerosoleina mitattuna 0,1 mg/m³/8h (IR-menetelmä) tai hengittyvänä aerosolina mitattuna 0,2 mg/m³/8h (hiukkasmittari). Kloorivetypitoisuuden tavoitetaso on 0,1 mg/m³/8h. Esitetty taso on saavutettavissa kohdassa 5 esitettyjen torjuntatoimien avulla. Altistumisen alentaminen tavoitetasoon vähentää myös astman ja allergisen nuhan riskiä PVC-muovin työstössä.

Lisäksi voidaan laadullista arviointi varten tarvittaessa määrittää haihtuvat orgaaniset hiilivedyt (VOC-yhdisteet), esimerkiksi oireiden perusteella tai kun esiintyy poikkeavaa hajua. Mittausmenetelmät on kuvattu taulukossa 4.

Taulukko 4. Polyvinyylikloridin haihtumis- ja lämpöhajoamistuotteiden mittauksiin suositeltavat menetelmät ja indikaattorit.

Mitattava aine	Mittausmenetelmä	Näytteenkeräys-aika	Tavoitetaso mg/m ³ /8h
Muoviaerosoli (I)	IR	vähintään 4 h	0,1
Hengittyvä aerosoli (I)	HM	vähintään 4 h	0,2
Kloorivety (I)	IC	vähintään 4 h	0,1
VOC	TD-GC-MS	noin 1 h	yhdisteiden laadullinen tarkastelu

(I) indikaattoriaine

IR keräys teflonsuodatin (SKC 225-1705), analyysi infrapunaspektroskopia

HM hengittyvän jakeen mittaus tallentavalla hiukkasmittarilla (esim. Grimm 1.008)

IC keräys tislattu vesi, analyysi ionikromatografia

TD-GC-MS keräys Tenax TA, analyysi kaasukromatografia-massaspektrometria

8 Kirjallisuus

ACGIH (1991). Paraffin wax fumes. Teoksessa: Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices. 6. painos. s. 801-802. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

ACGIH (2009). Documentations of the Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs). Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

Airaksinen L (2010). Occupational rhinitis. Diagnosis and health-related quality of life. Väitöskirja. Helsinki: Työterveyslaitos ja Helsingin yliopisto.

Dirven H, van den Broek P, Arends A, Nordkamp H, Lepper A, Henderson P, Jongeneelen F (1993). Metabolites of the plasticizer di(2-ethylhexyl)phthalate in urine samples of workers in polyvinylchloride processing industries. Int Arch Occup Environ Health 64:549-554.

Engström K, Backlund P, Henriks-Eckerman M-L (2005). Muovit ja lämpöhajoaminen. Teoksessa: Vainio H, Liesivuori J, Lehtola M ym. Kemikaalit ja työ. Helsinki: Työterveyslaitos.

IARC (1992). Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Vol 54. Occupational Exposures to Mists and Vapours from Strong Inorganic Acids; and Other Industrial Chemicals. Lyon: International Agency for Research on Cancer. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol54/volume54.pdf>

IARC (2006). Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Vol. 88. Formaldehyde, 2-butoxyethanol and 1-tert-Butoxy-2-propanol. Lyon: International Agency for Research on Cancer. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol88/mono88-6.pdf>

Jaakkola J, Knight T (2008). The role of exposure to phthalates from polyvinyl chloride products in the development of asthma and allergies: A systematic review and meta-analysis. Environ Health Persp 116: 845-853.

Kerns WD, Pavkov KL, Donofrio DJ, Gralla EJ, Swenberg JA (1983). Carcinogenicity of formaldehyde in rats and mice after long-term inhalation exposure. Cancer Res 43: 4382-4392.

Lee HS, Ng TP, Phoon WH (1991). Diurnal variation in peak expiratory flow rate among polyvinylchloride compounding workers. Br J Ind Med 275-278.

Matsumoto M, Hirata-Koizumi M, Ema M (2008). Potential adverse effects of phthalic acid esters on human health: A review of recent studies on reproduction. Reg Toxicol Pharmacol 50:37-49.

Pfäffli P, Vainiotalo S (1984). Ilman epäpuhtaudet muovien työstössä. Polyolefiinit, polyvinyylikloridi, styreenikestomuovit. Työterveyslaitoksen tutkimuksia n:o 205. Työterveyslaitos.

Pfäffli P (1997). Kirjassa The Workplace Vol.2 Osa 4.3. .Oslo. International Occupational Safety and Health Information Centre (CIS), International Labor Office, Geneve ja Scandinavian Science Publisher.

Quint J, Beckett WS, Campleman SL, Sutton P ym. (2008). Primary prevention of occupational asthma: identifying and controlling exposures to asthma causing agents. Am J Ind Med 51: 477-491.

Schaper M (1993). Development of a database for sensory irritants and its use in establishing occupational exposure limits. Am Ind Hyg Assoc J 54: 488-544.

Schaper M, Thompson R, Detwiler-Okabayashi K (1994). Respiratory responses of mice exposed to thermal decomposition products from polymers heated at and above workplace processing temperatures. Am Ind Hyg Assoc J 55: 924-934.

SCOEL (2006). Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for Formaldehyde. SCOEL/SUM/125. Brussels: Scientific Committee on Occupational Exposure Limits.

Silva MJ, Barr DB, Reidy JA, Malek NA ym. (2004). Urinary levels of seven phthalate metabolites in the U.S. population from the national health and nutrition examination survey (NHANES) 1999-2000. *Environ Health Persp* 112: 331-338.

STM (2018). HTP-arvot 2018. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisu 9/2018. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö.

Uusi muovitieto (2008). Muovifakta Oy. Porvoo.

Vainiotalo S, Pfäffli P (1990). Air impurities in the PVC plastics processing industry. *Ann Occup Hyg* 34: 585-590.

WHO (2010). Guidelines for Indoor Air Quality: Selected pollutants. Kööpenhamina. http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf

Zitting A (1998). The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals. 124. Thermal degradation products of polyethylene, polypropylene, polystyrene, polyvinylchloride and polytetrafluoroethylene in the processing of plastics. *Arbete och Hälsa* 1998: 12.

ASIAANTUNTIJAT

Tämän tavoitetasomuiston ovat toimittaneet Eija-Riitta Hyytinen, Piia Taxell, Ilpo Ahonen ja Eero Priha, 2011.