

HAITTA-AINEET RAKENNUKSISSA JA NIIDEN TUTKIMINEN

Arto Toorikka

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013
Rakennustekniikka
Kiinteistöpitotekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Kiinteistönpitotekniikan suuntautumisvaihtoehto

TOORIKKA, ARTO:

Haitta-aineet rakennuksissa ja niiden tutkiminen
Opinnäytetyö 84 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Toukokuu 2013

Rakennusten haitta-aineista on jonkin verran kirjallisuutta, mutta se on ollut hyvin hajanaista, eikä yhtään kokoavaa teosta ole ollut. Myös haitta-aineita koskevat lait, määräykset ja suositukset ovat hajanaisia ja vaativat perehtymistä. Työn aihe muodostui Vahanen Tampere Oy:n tarjouksesta tehdä opinnäytetyö haitta-ainekartoituksesta case tutkimuksena. Työn varsinainen rakenne muotoutui kirjoittajan mielenkiinnosta aiheeseen ja halusta tehdä opas, joka antaisi tietoja haitta-aineiden tutkimiseen rakennuksissa.

Tässä työssä on keskitytty 1970-luvulla valmistuneissa asuin-, liike- ja palvelurakennuksissa esiintyviin haitta-aineisiin, mutta esitetyt tiedot ja menetelmät ovat sovellettavissa myös muihin rakennuksiin. Aluksi työssä keskitytään taustoihin ja periaatteisiin miksi ja miten haitta-aineita tutkitaan. Seuraavaksi esitetään keskeisimmät haitta-aineet; niiden ominaisuudet, esiintyminen rakennuksissa ja rakenteissa, terveyshaitat ja tutkimusmenetelmät. Case-tutkimuksena käydään lävitse yksi kirjoittajan 1970-luvulla valmistuneeseen asuinkerrostalokiinteistöön tekemä haitta-ainetutkimus. Pohdinnassa esitetään kirjoittajan keskeisimmät havainnot ja ajatukset opinnäytetyöprosessin aikana ja lopuksi.

Eri haitta-aineiden ominaisuudet poikkeavat hyvin paljon toisistaan. Jotkin aineet ovat terveydelle haitallisia vain hengitettynä pölynä tai hiukkasina. Toiset taas ovat kaasumaisia ja kulkeutuvat jopa tavallisten rakenteiden läpi. Edelleen osa kaasumaisista aineista erittyy voimakkaimmin välittömästi rakentamisen jälkeen, kun toisia taas syntyy vain myöhempinä reaktiotuotteina. Joidenkin aineiden jatkuva, voimakas altistuminen aiheuttaa vain ärsytysoireita kun toiset ovat pienissäkin määrissä tappavia. Yhteistä aineille on haitallisuus ihmiselle tai ympäristölle ja näistä lähtökohdista niitä myös pyritään tässä työssä käsittelemään.

Asiasanat: haitta-aine, sisäilma, terveellinen rakennus, haitallinen jäte, haitta-ainetutkimus

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Facility Engineering

TOORIKKA, ARTO:
Hazardous Materials in Buildings and their Investigations

Bachelor's thesis 84 pages, appendices 0 pages
May 2013

There is some literature available about hazardous building materials, but there has not been any compilative books written in Finnish. Laws and regulations concerning the subject are quite dispersed, and it is not easy to comprehend them. The subject for this thesis was offered by Vahanen Tampere Ltd, but composition was formulated by writer's interest and will to make a guidebook for himself.

This thesis focuses on residential, commercial and utility buildings that have been constructed in the 1970's. The information provided by this thesis is also applicable to buildings constructed for other purposes regardless of their age. The beginning of the thesis concentrates on the background information needed to understand and research hazardous materials in general. Next, cardinal hazardous materials are presented along with their attributes, occurrence in materials and structures, disadvantages to health and substance specific research methods. A research of building's hazardous materials is presented as a case example. The writer's most essential thoughts during the writing process are expressed at the conclusion.

Hazardous substances differ quite much from one other. Some impose health risks only when breathed as a dust or fibers. Others are gaseous, and can emit even through common structures. Furthermore, some gaseous substances emit most powerfully instantly after they are applied while some emit only as reaction products. Long-term exposure to some substances can cause only slight irritation symptoms, while some can be instantly lethal. The common factor among all hazardous substances discussed is their hazardous features to humans or the environment.

Key words: hazardous building material, indoor air, healthy building, hazardous substance, research of building's hazardous materials

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	HAITTA-AINEET, MÄÄRÄYKSET JA TUTKIMUKSET	9
2.1	Haitta-aineena tässä työssä käsiteltävät aineet	9
2.1.1	Muut terveydelle haitalliset sisäilman epäpuhtaudet	10
2.2	Lait, asetukset, määräykset ja ohjeet.....	10
2.2.1	Rakentaminen, käyttö ja korjausrakentaminen	10
2.2.2	Raja-arvot rakennusten käytössä	11
2.2.3	Jätteenkäsittely	13
2.3	Milloin haitta-ainetutkimus tulee tehdä	15
2.4	Tutkimuksen rajaus.....	16
2.5	Tutkimuksen kulku	16
3	RAKENNUSFYSIKKA JA HAITTA-AINEET	18
3.1	Kosteus	18
3.2	Lämpötila	18
3.3	Ilmanvaihto.....	19
3.3.1	Rakennuksen painesuhteet	19
3.4	Emissiot.....	21
3.4.1	Höyrynpaine.....	22
3.4.2	Sorptioilmiöt	22
4	TUTKIMUSMENETELMÄT	23
4.1	Asiakirjoihin ja käyttöhistoriaan tutustuminen	23
4.2	Aistinvarainen tarkastelu	24
4.3	Materiaalinäytteet	24
4.4	Ilmanäytteet.....	25
4.4.1	Mittausolosuhteet.....	26
4.4.2	Kuidut ja hiukkaset	27
4.4.3	Kaasut ja höyryt	27
4.4.4	Mittauksen kulku.....	28
4.5	Laskeumanäytteet	29
4.6	Emissiomittaukset.....	30
4.6.1	FLEC-mittaus.....	30
4.6.2	BULK-näytteet.....	31
5	HAITTA-AINEET	33
5.1	Ammoniakki.....	33
5.1.1	Pitoisuudet ja terveyshaitat.....	33
5.1.2	Käytettävät tutkimusmenetelmät	34

5.2	Arseeni	35
5.3	Asbesti.....	35
5.3.1	Asbestin käyttö.....	36
5.3.2	Terveyshaitat.....	38
5.3.3	Käytettävät tutkimusmenetelmät	41
5.4	CFC-yhdisteet.....	42
5.5	Elohopea.....	42
5.6	Formaldehydi.....	43
5.6.1	Tutkimusmenetelmät	44
5.7	Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC).....	44
5.7.1	Tutkimusmenetelmät	47
5.7.2	PVC-muovimatot ja TXIB ja 2-etyyli-1-heksanoli.....	47
5.7.3	Linoleumi-lattianpäällysteet	49
5.7.4	Styreeni	49
5.8	Kromi	49
5.9	Lyijy	50
5.10	Mineraalivillat	51
5.11	Polyklooratut bifenyylit (PCB)	53
5.11.1	Esiintyminen	53
5.11.2	Terveyshaitat.....	56
5.11.3	Tutkimusmenetelmät	56
5.12	Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH).....	57
5.12.1	Esiintyminen	57
5.12.2	Kivihiihterva	57
5.12.3	Tutkimusmenetelmät	58
5.12.4	Jätteenkäsittely	59
5.13	Puun suoja-aineet.....	59
5.14	Raskasmetallit	60
5.15	Sinkki	61
5.16	Öljihiilivedyt.....	61
5.16.1	Käyttö	61
5.16.2	Raja-arvot ja haitallisuus	62
6	CASE-TUTKIMUS	63
6.1	Lähtötiedot	63
6.2	Kenttätutkimukset.....	63
6.2.1	Asbesti	64
6.2.2	Raskasmetallit ja PCB.....	69
6.2.3	Polysykliset aromaattiset hiilivedyt.....	69

6.3	Laboratorioanalyysien tulokset.....	69
6.4	Tulokset ja johtopäätökset	70
6.4.1	Haitta-ainepitoiset materiaalit tilojen käytön kannalta	71
6.4.2	Haitta-ainepitoiset materiaalit korjaustöiden kannalta.....	71
6.4.3	Haitta-ainepitoiset materiaalit jätteiden kannalta.....	72
6.5	Tutkimuksen pohdinta	72
7	POHDINTA.....	74
	LÄHTEET	77

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Vahanen Tampere Oy:lle osana yhtä kirjoittajan suorittamaa haitta-ainekartoitusta.

Kirjoittaja on perehtynyt rakennusten haitta-aineisiin hieman jo ennen tätä työtä, mutta kirjoitustyön edetessä on ollut helppo huomata, kuinka laaja aihepiiri on. Haitta-aineiden tutkimiseen ei ole juuri ollut suomenkielistä kirjallisuutta. Tässä työssä pyritäänkin kokoamaan hajanaista tietoa aiheesta yhteen teokseen. Työn luonne on muodostunut kirjoittajan tarpeesta tehdä itselleen opas haitta-aineiden tutkimiseen.

Työssä ei ole tarkoitus antaa seikkaperäisiä ohjeita tutkimusten suorittamiseen, vaan ennemmin tuoda esille perusteet, joiden mukaan tutkimuksia tehdään. Työn tarkoitus on vastata seuraaviin kysymyksiin:

- Miksi haitta-aineita tutkitaan?
- Miten haitta-aineita tutkitaan?
- Mitä ovat haitta-aineet?
- Miten haitta-aineet rakennusmateriaaleissa vaikuttavat terveyteen ja ympäristöön?
- Miten haitta-aineet tulee huomioida rakennusten käytössä ja korjausrakentamisessa?

Työssä esitettyjen menetelmien soveltamista esitellään case-tutkimusta käsittelevässä luvussa.

Kirjoittajan kokemusten perusteella usein, jopa laajoissa julkishallinnon hankkeissa, haitta-aineita sisältäviä materiaaleja ei kartoiteta lain edellyttämällä laajuudella ennen niihin kohdistuvia purku- ja kunnostustöitä. Usein sisäpuolisilta osilta on suoritettu vain asbestikartoitus riippumatta siitä, mitä haitta-aineita rakennus todennäköisesti sisältää. Myös purkutyöt suoritetaan tämän tiedon perusteella. Näin erityisesti rakennustyöntekijät ovat altistuneet haitta-aineille ja vaarallista jätettä on käsitelty täysin määräysten vastaisesti. Toisaalta esimerkiksi asbesti (kuten muut tunnetut haitta-aineet ja home) on käsitteenä ”mörkö”, eikä sitä voi usein sanoa ääneen aiheuttamatta aiheetonta pelkoa ja epätietoisuutta. Asbestia löytyy lähes jokaisesta 1970-luvulla

valmistuneesta rakennuksesta, mutta pelkkä olemassaolo ei aiheuta terveyshaittaa. Tämän työn on tarkoitus antaa perustiedot jotka jokaisen haitta-aineiden - eli rakentamisen tai kiinteistöjen - parissa työskentelevän tulisi hallita. Näin puutteellisesta tiedosta johtuvia ongelmia voitaisiin välttää.

2 HAITTA-AINEET, MÄÄRÄYKSET JA TUTKIMUKSET

Tässä pääluvussa määritetään tässä työssä käsiteltävät haitta-aineet ja esitellään aihetta koskevaa lainsäädäntöä, määräyksiä ja ohjeita. Lisäksi käydään lävitse yleisiä asioita haitta-ainetutkimuksista.

2.1 Haitta-aineena tässä työssä käsiteltävät aineet

Tässä työssä haitta-aineella tarkoitetaan rakennusmateriaaleissa olevia aineita, jotka ovat haitallisia ihmisille tai ympäristölle. Näitä aineita on lisätty rakennusmateriaaleihin eri aikoina, yleensä parantamaan niiden ominaisuuksia. Kun näiden aineiden haitallisuudesta on saatu tietoa, on niiden käyttö kielletty tai sitä on rajoitettu, mutta teknisiltä ominaisuuksiltaan yhtä hyvää ainetta ei aina ole löydetty. On huomioitavaa että myös esimerkiksi betoni ja kotimainen käsittelemätön puu, joita ei sinänsä voida pitää haitta-aineina, saattavat pölyntyessään olla vaarallisia. Toisaalta useat haitta-aineetkaan eivät ole terveydelle haitallisia rakennusmateriaaliin sitoutuneena.

Haitta-aineita, jotka ovat joutuneet rakenteisiin käytönaikaisen kontaminaation seurauksena, käsitellään niissä rajoissa kun niitä saattaa tyypillisesti esiintyä 1970-luvulla asuin-, liike- ja palvelurakennuksiksi valmistuneissa rakennuksissa.

Työssä ei käsitellä haitta-aineena esimerkiksi mikrobeja (home- ja lahottaj sienet, bakteerit) tai radon-kaasua, joita ei ole tarkoituksellisesti lisätty rakennusmateriaaleihin, mutta joita saattaa niissä olla ja aiheuttaa terveyshaittoja. Työssä esitellyt menettelmät ja periaatteet tosin ovat pääosin yhteneväisiä näitä tutkittaessa.

Haitta-aineiksi määriteltäviä aineita, joita ei tyypillisesti esiinny tämän työn aikakauden ja käyttötarkoituksen mukaisissa rakennuksissa, ei pääsääntöisesti käsitellä. Sellaisia haitta-aineita, joita on saatettu käyttää näitä rakennuksia myöhemmin saneerattaessa, pyritään käsittelemään.

Haitta-aineet ja niiden vaikutusmekanismit voidaan jakaa

- tilojen käytön kannalta haitta-ainepitoisiin materiaaleihin
- purku- ja käsittely tilanteessa haitta-ainepitoisiin materiaaleihin
- materiaalin jätteenkäsittelyn kannalta haitallisiin materiaaleihin
- ympäristön kannalta haitallisiin materiaaleihin. (Vahanen Oy 2013.)

2.1.1 Muut terveydelle haitalliset sisäilman epäpuhtaudet

Tässä työssä haitta-aineina käsiteltyjen lisäksi useat epäpuhtaudet aiheuttavat sisäilmassa terveyshaittoja. Nämä saattavat olla peräisin esimerkiksi ulkoilmasta, maaperästä, ihmisistä ja näiden toiminnoista, kotieläimistä, elintarvikkeista ja mikrobeista. Ne voivat kulkeutua huonetiloihin haitta-aineiden tavoin tai ulkoilmasta.

2.2 Lait, asetukset, määräykset ja ohjeet

Suomen lainsäädäntö ei tunne ”haitta-aine” termiä tässä työssä tarkoitettussa merkityksessä. Lukuisissa laeissa ja asetuksissa määrätään lähinnä näiden aineiden käytöstä rakentamisessa, sallituista pitoisuuksista ja jätteenkäsittelystä. Määräykset ovat pääasiassa yleisluontoisia tai ohjeellisia, eikä esimerkiksi sitovia raja-arvoja ole kuin asbestikuitujen määrälle työpaikan ilmassa ja lyijyn pitoisuudelle veressä ja tietyissä tilanteissa työpaikan ilmassa. Lisäksi suuri osa rakentamista koskevista määräyksistä koskee uusia rakennuksia, mutta ne lienevät sovellettavissa myös vanhoihin, käytössä oleviin rakennuksiin. Seuraavissa alaluvuissa pyritään käsittelemään keskeisimmät haitta-aineisiin liittyvät lakien, asetusten, määräysten ja ohjeiden kohdat.

2.2.1 Rakentaminen, käyttö ja korjausrakentaminen

Maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/99) todetaan 117c§:ssä, ettei rakennuksesta saa aiheutua terveyden vaarantumista sisäilman epäpuhtauksien vuoksi.

Myös nykyistä maankäyttö- ja rakennuslakia edeltäneen rakennuslain (370/58), joka oli voimassa 1970-luvulla, 124§ määräsi että rakennuksen tulee tyydyttää terveelli-

syiden vaatimukset, ja milloin se terveyden kannalta on vaarallinen, voidaan se määrätä korjattavaksi tai purettavaksi.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto (2012) määrätään, että uusi rakennus tulee suunnitella ja rakentaa siten, ettei sen sisäilmassa esiinny terveydelle haitallisessa määrin kaasuja, hiukkasia tai mikro-
beja eikä viihtyisyyttä alentavia hajuja.

Terveydensuojelulain (763/94) 26§:n mukaan asunnon ja muun sisätilan sisäilman puhtauden ja muiden olosuhteiden tulee olla sellaiset, ettei niistä aiheudu terveyshaittaa.

Työturvallisuuslain (738/2002) 32§:ssä todetaan että työpaikan rakenteiden ja materiaalien tulee olla turvallisia ja terveellisiä työntekijöille.

2.2.2 Raja-arvot rakennusten käytössä

Raja-arvoja voidaan antaa sekä ilman epäpuhtauksille, että ihmisistä otettaville biologisille näytteille. Raja-arvot voivat olla ohjeellisia tai sitovia. Ohjeellisten määräysten tulkinnassa tulee kirjoittajan arvion mukaan käyttää aina tapauskohtaista harkintaa. Useimmat määritykset käsittelevät altistumista työpaikoilla, mutta ovat sovellettavissa myös asuinrakennuksiin.

Sosiaaliministeriö on hyväksynyt vuonna 1960 noudatettaviksi Enimmäispitoisuusohjeet, joissa on määritelty haitallisia pitoisuuksia. Haitalliseksi tunnettuja pitoisuuksia (HTP-arvot) on määritetty tällä, nykyisellä käsitteellä vuodesta 1981. (Starck ym. 2008, 41–42.)

Valtioneuvoston asetuksessa kemiallisista tekijöistä työssä todetaan, että työnantajan tulee arvioida työpaikan kemikaaliriskit ja tarvittaessa tehdä työhygieenisiä mittauksia ja verrata niitä raja-arvoihin. Asetuksessa todetaan myös, että työnantajan tulee ottaa huomioon HTP-arvot työpaikan ilman puhtautta, työntekijöiden altistumista ja mittauksien merkitystä arvioidessaan. (Valtioneuvoston asetus kemiallisista tekijöistä työssä 715/2001.)

Sosiaali- ja terveysministeriö antaa julkaisussaan HTP-Arvot 2012 (2012) määräyksiä ja ohjeita haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista, jotka on vahvistettu Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista (1213/2011).

Rakentamismääräyskokoelman osassa D2 (2012) esitetään ohjearvoja kuusi kuukautta käytössä olleen rakennuksen sisäilman enimmäispitoisuuksille mm. ammoniakkin ja amiinien ($20\mu\text{g}/\text{m}^3$), asbestin (0 kuitua / cm^3), formaldehydin ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$), styreenin ($1\mu\text{g}/\text{m}^3$) ja hiukkasten PM_{10} ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$) osalta. Lisäksi luodaan HTP-arvoille ns. 1/10 -sääntö.

Muiden epäpuhtauksien pitoisuus voi tavanomaisissa tiloissa olla yleensä korkeintaan 1/10 työpaikkojen ilman haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista (HTP), kun yksittäisen aineen vaikutus on täysin hallitseva. Jos ilmassa esiintyy useita haitallisiksi tunnettuja aineita, joiden yhteisvaikutusta ei tunneta, katsotaan hyväksyttävän pitoisuuden ylittyneen, jos

$$\sum_i = \left(\frac{C_i}{HTP_i} \right) > 0,1$$

jossa C_i on mitattu yhden aineen pitoisuus ja HTP_i on kyseessä olevan aineen haitalliseksi tunnettu pitoisuus. (Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto 2012.)

Tätä 1/10 -sääntöä voitaneen tarkemman ohjeistuksen puuttuessa soveltaa myös vanhoihin rakennuksiin. Lähtökohtaisesti terveyshaittaa arvioitaessa rakennuksia ei voida rakentamisvuoden perusteella jakaa ryhmiin, vaan ihmisille ei saa aiheutua rakennusten käytöstä terveyshaittaa.

Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisema asumisterveysohje (2003) antaa ohjearvoja mm. asbestille (alle $0,01$ kuitua/ cm^3), formaldehydille ($100\mu\text{g}/\text{m}^3$) ja hiukkasille PM_{10} ($70\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Valtioneuvoston asetuksessa asbestityöstä annetun valtioneuvoston päätöksen muuttamisesta (318/2006) annetaan sitova raja-arvo työntekijän päivittäiselle asbestille altistumiselle ($0,1$ kuitua/ cm^3).

2.2.3 Jätteenkäsittely

Jätelain mukaan muiden kuin kotitalouksien tulee pakata ja merkitä vaarallinen jäte sekä antaa siitä tarpeelliset tiedot siten, että sitä voidaan seurata syntypaikalta hyödyntämiseen tai loppukäsittelyyn. Vaarallista jätettä ei myöskään saa laimentaa tai sekoittaa muuhun jätteeseen, jollei se ole jätteen käsittelemiseksi tarpeellista. Jätelaissa ongelmajätteistä ja vaarallisista jätteistä käytetään nimitystä haitallinen jäte. (Jätelaki 646/2011.) Valtioneuvosto tarkentaa asbestijätteen osalta käsittelyä määräämällä että:

Jätteen haltijan on huolehdittava siitä, että toiminnassa syntyvä asbestijäte kerätään ja kuljetetaan viivytyksettä käsittelyyn erillään muusta jätteestä. Asbestijätteen säilyttämisessä ja kuljettamisessa on käytettävä tiiviisti suljettavia kestäviä pakkauksia, joiden merkinnöistä käy ilmi, että ne sisältävät asbestia. Niitä on rikkoontumisen ehkäisemiseksi käsiteltävä varovasti ja huolellisesti. (Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012.)

Asetuksen 179/2012 7 §:ssä määrätään, että jäte on pakattava ja merkittävä, eikä säilyttämisestä ja kuljettamisesta saa aiheutua vaaraa terveydelle ja ympäristölle. 8 §:ssä määrätään seuraavasti:

Vaarallisen jätteen pakkauksen on oltava tiivis ja tiiviisti uudelleen suljettava ja sen on kestävä tavanomaisesta käytöstä, siirtämisestä ja säilytysolosuhteista aiheutuva kuormitus ja rasitus. Pakkauksen ja sulkimen materiaalit eivät saa reagoida vaarallisen jätteen kanssa siten, että jätteestä aiheutuu vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle. (Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012.)

Asetuksen 179/2012 9 §:ssä määrätään vaarallisen jätteen merkitsemisestä. Ensimmäisen momentin mukaan ”Vaarallisen jätteen pakkaukseen on merkittävä jätteen haltijan nimi, jätteen nimi sekä turvallisuuden ja jätehuollon järjestämisen kannalta tarpeelliset tiedot ja varoitukset”. Kolmannessa momentissa määrätään ”Jos vaarallisen jätteen koostumusta ei voida kohtuudella selvittää, on pakkauksessa oltava merkintä ”Vaarallista jätettä, koostumus tuntematon. Farligt avfall, sammansättningen obekant”.” (Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012.)

Asetuksen 179/2012 liitteissä 4 ja 5 luodaan myös luettelo yleisimmistä jätteistä sekä vaarallisista jätteistä. Luettelo koostuu kuusinumeroisilla tunnusnumeroilla varustetuista jätenimikkeistä. Ensimmäiset kaksi numeroa liittyvät jätteen syntytapaan ja seuraavat kaksi tarkentavat jätelajia. Viimeiset kaksi täsmentävät jätteen tyyppin. Vaaralli-

set jätteet merkitään luettelossa tähdellä (*). Esimerkiksi asbestia sisältävät eristysaineet luokitellaan seuraavasti:

- 17 Rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät jätteet (pilaantuneilta alueilta kaivetut maa-ainekset mukaan luettuina)
- 17 06 eristysaineet ja asbestia sisältävät rakennusaineet
- 17 06 01* asbestia sisältävät eristysaineet. (Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012.)

Vaikka materiaalin haitta-ainepitoisuus ei ylittäisikään muita raja-arvoja, saattaa kysymykseksi muodostua sen sijoittaminen kaatopaikalle. Valtioneuvoston asetuksessa 202/2006 määrätään muun muassa siitä, minkä tyyppiselle kaatopaikalle tietyn raja-arvon ylittäviä jätteitä sijoitetaan. Kaatopaikat jaetaan tässä pysyvän-, tavanomaisen- ja ongelmajätteen kaatopaikkoihin. Tämän asetuksen perusteella esimerkiksi polysyklisten aromaattisten hiilivetyjen PAH16 raja-arvo on pysyvän jätteen kaatopaikalle sijoitettaessa 40 mg/kg. Raja-arvo ongelmajätteenkaatopaikalle toimittamiseen on 200 mg/kg, joten PAH16-pitoisuuden ollessa alle 200 mg/kg voidaan jäte sijoittaa tavanomaisen jätteen kaatopaikalle. (Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista annetun valtioneuvoston päätöksen muuttamisesta 202/2006.) Jotkin tavanomaisen jätteen kaatopaikat ovat tosin asettaneet omia raja-arvojaan PAH16-pitoisuudelle (esim. Ämmässuon kaatopaikka 150 mg/kg) (Komulainen 2013).

Lisäksi jätteistä on syytä huomioida asetuksen (179/2012) 15 § ja 16 §. 15 §:ssä todetaan, että käyttökelpoiset esineet ja aineet tulee ottaa talteen ja käyttää uudelleen ja syntyvän rakennus- ja purkujätteen määrän ja haitallisuuden tulee olla mahdollisimman pieni. 16 §:ssä määrätään, että rakennus- ja purkujätteen haltijan tulee kerätä erikseen ainakin

- 1) betoni-, tiili-, kivennäislaatta- ja keramiikkajätteet
- 2) kipsipohjaiset jätteet
- 3) kyllästämättömät puujätteet
- 4) metallijätteet
- 5) lasijätteet
- 6) muovijätteet

7) paperi- ja kartonkijätteet

8) maa- ja kiviainesjätteet. (Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012.)

Lisäksi on syytä huomioida erikseen materiaalien mahdollinen kierrätyskäyttö rakennusosissa ja materiaaleissa, jolloin tulee huomioida Suomessa kaikilta osiltaan vuoden 2013 heinäkuussa voimaan astuva ns. rakennustuoteasetus (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 305/2011). Asetuksen perusteella osien ja materiaalien uusio- ja kierrätyskäytössä tulee aluksi huomioida vähintään REACH-asetuksen (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 1907/2006) määrittämät kemikaalit. Rakennustuoteasetuksen 67:n artiklan mukaan rakennusosien ja materiaalien uusio- ja kierrätyskäytön määräyksiä tullaan tarkastelemaan tarkemmin viimeistään vuonna 2014 tavoitteena varmistaa rakennustuotteita käyttävien työntekijöiden ja rakennuskohteen käyttäjien terveyden ja turvallisuuden suojelun korkea taso. (305/2011/EU.)

Käytettäessä murskattua betonia ja tiiltä maarakentamisessa tulee huomioida valtioneuvoston asetuksessa 403/2009 annetut raja-arvot. Asetus määrittelee liukoisuuden ja pitoisuuden raja-arvot mm. PAH- ja PCB-yhdisteille, mineraaliöljyille ja monille raskasmetalleille. (Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa annetun valtioneuvoston asetuksen liitteiden muuttamisesta 403/2009.)

2.3 Milloin haitta-ainetutkimus tulee tehdä

Haitta-aineet tulee tutkia rakennuksesta aina, kun on syytä epäillä niiden aiheuttavan terveyshaittaa. Lisäksi tutkimus tulee tehdä ennen mahdollisesti haitta-ainepitoisiin rakennusmateriaaleihin kohdistuvia muutos- tai purkutöitä. Myös töiden aikana tulee mahdollisesti esiin tulevat haitta-aineet tutkia. Jollei haitta-aineita tutkita, tulee työt toteuttaa ja purkujäte käsitellä siten kuin siinä olisi haitta-aineita.

Kiinteistön omistajalla on ensisijainen vastuu rakennuksessa käytettyjen rakennusmateriaalien tai käytössä olevien laitteiden sisältämien aineiden tunnistamisesta ja niiden vaihtamisesta, jotta ne eivät joutuisi ympäristöön tai aiheuttaisi terveyshaittoja käyttäjille.

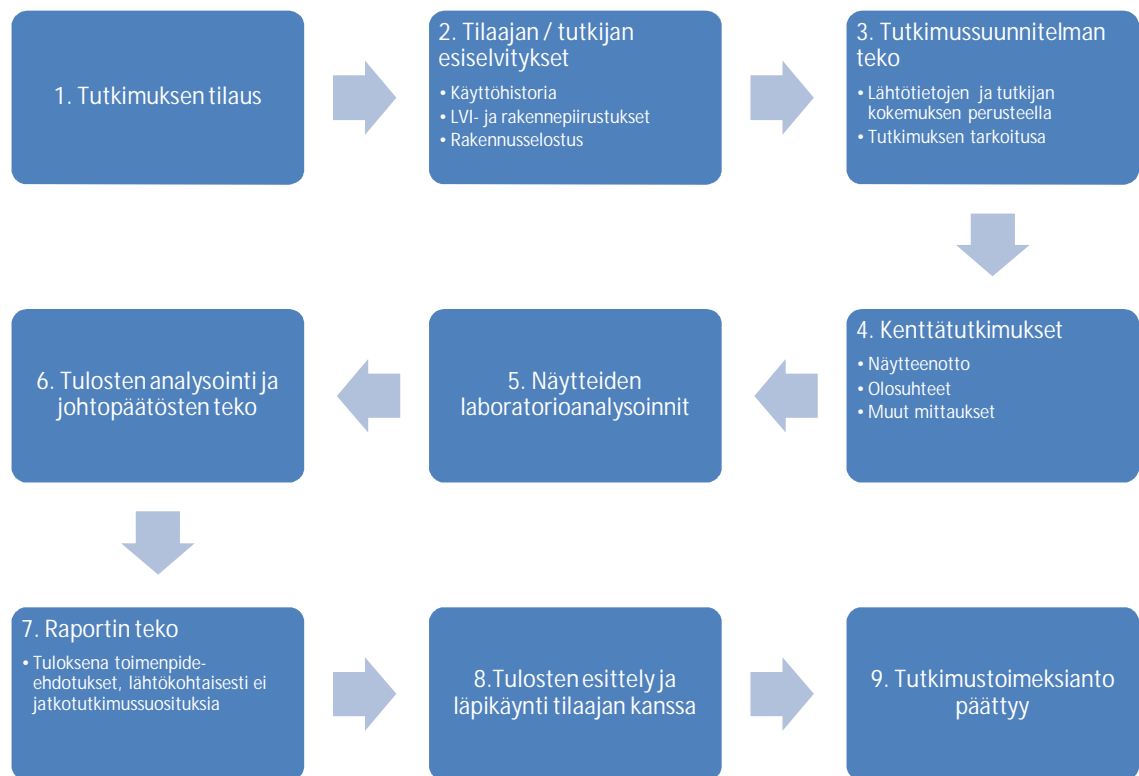
Rakennustyössä vastuu haitta-aineista ja niiden aiheuttamasta haitasta ja vaarasta on päätoteuttajalla. Myös muiden korjaushankkeen osapuolien, kuten korjaustyön suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden on omalta osaltaan huolehdittava että työ voidaan suorittaa turvallisesti. (Valtioneuvoston päätös rakennusjätteistä 295/1997.)

2.4 Tutkimuksen rajaus

Haitta-ainetutkimus voidaan rajata koskemaan esimerkiksi vain tiettyä osaa tutkittavasta kiinteistöstä. Tavallisia rajoituksia ovat esimerkiksi sisä- ja ulkopuoliset tutkimukset. Tutkimuksen tarkoitus saattaa myös vaikuttaa rajaukseen. Jos tarkoituksena on selvittää materiaalien haitta-aineita kiinteistön purku- tai korjaustoimenpiteitä varten, ei sisäilmatutkimukseen liene tarvetta. Jos taas selvitetään käyttäjien kokemia oireita, on laajempi kosteustekninen kuntotutkimus usein tarpeen ongelmien todellisten syiden selvittämiseksi. Tällöin tässä työssä esitetyt haitta-aineiden tutkimukset saattavat olla osa laajempaa tutkimusta.

2.5 Tutkimuksen kulku

Tutkittaessa haitta-aineita tässä työssä esitetyillä tavoilla, voidaan tutkimuksen kulku yleisesti esittää seuraavan kuvan mukaisella prosessikaaviolla.



Kuva 1. Tutkimusprosessi (Lammi 2013, mukailtu.)

Esitetty kaavio on hyvin yleispiirteinen ja jotkut vaiheet saattavat toistua tai prosessijärjestys muuttua. Tavanomaisesti osaprosesseja ei kuitenkaan jää pois. Esiselvitykset ovat joskus jo tarjouspyynnön mukana ja mahdollisesti alustava tutkimussuunnitelma tarjouksessa. Tulosten analysointi, johtopäätösten teko ja raportin kirjoitus ovat usein rinnakkain kulkevia vaiheita, mutta yksittäisten päätelmien osalta noudattavat edellä esitettyä järjestystä. Raportin teko sekä tulosten esittely ja läpikäynti tilaajan kanssa on haluttu eritellä, koska on erityisen oleellista että tilaaja ymmärtää tutkimuksen tulokset. On myös tärkeää, että tutkimus voidaan suorittaa tarvittavalla laajuudella, jotta voidaan antaa selkeät toimenpideehdotukset.

3 RAKENNUSFYSIKKA JA HAITTA-AINEET

Jotta haitta-aine voisi vaikuttaa haitallisesti terveyteen, tulee sen päästä vaikuttamaan ihmiseen. Tämä voi tapahtua suorana kontaktina materiaaliin tai sisäilman välityksellä. Tässä pääluvussa keskitytään niihin mekanismeihin ja olosuhteisiin, joiden johdosta haitta-aineita erittyy ja kulkeutuu sisäilman mukana elimistöön.

3.1 Kosteus

Liiallinen kosteus voi aiheuttaa rakennusmateriaaleissa paitsi mikrobivaurioita, myös materiaalien hajoamisreaktioita. Näiden hajoamisreaktioiden johdosta voi sisäilmaan vapautua sekundääriemissioina haitallisia yhdisteitä. Erityisesti lattiarakenteiden päällysteiden ja liimojen VOC-emissiot lisääntyvät kun kosteuspitoisuus on korkea (Järnström 2005, 17). Rakennuksen sisä- ja ulkoilman kosteus sekä näiden suhde vaihtelevat suuresti eri vuodenaikoina, ja tämä tulee ottaa huomioon tutkimuksissa. Rakennusten terveellisyyden kannalta suurin merkitys rakennusmateriaalien kosteudella on kuitenkin tavallisesti mikrobien kasvun mahdollistavana ja kiihdyttävänä tekijänä.

3.2 Lämpötila

Lämpötila vaikuttaa sekä haitta-aineiden syntymiseen ja erittymiseen materiaaleista että leviämiseen huoneilmaan ja huoneilmassa. Eri hajoamisreaktiot, tai niiden nopeus saattavat olla riippuvaisia lämpötilasta. Erityisesti herkästi haihtuvat aineet, joiden kiehumislämpötila on alhainen, haihtuvat herkemmin korkeammassa lämpötilassa. Lämpötilaerot rakenteissa, vaipan osien sekä sisä- ja ulkoilman välillä synnyttävät ilmavirtauksia, joiden välityksellä haitta-aineet voivat liikkua. Lämpötilalla on suuri merkitys myös mikrobien kasvuun, mikä on sidottu tiettyyn, kullekin lajikkeelle ominaiseen lämpötila-alueeseen.

Lämpötilan muuttuminen saattaa olla tekijänä tilanteissa, joissa materiaalien suunniteltu käyttö muuttuu. Tämä on tilanne esimerkiksi kun vanhasta ulkoseinärakenteesta

tuleekin laajennuksessa väliseinä tai ulkoiset olosuhteet muuttuvat vaikkapa rakennettavan katulämmityksen johdosta (Komulainen 2013).

3.3 Ilmanvaihto

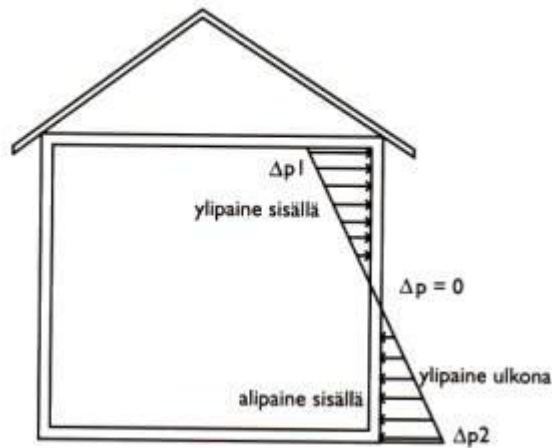
Ilmanvaihdon merkitys sisäilmaongelmissa on kaksijakoinen. Sisäilman vaihtuessa laimentuvat rakennusmateriaaleista peräisin olevien haitta-aineiden pitoisuudet, jos korvausilma on pitoisuudeltaan vähäisempää kuin poistuva ilma. Haitta-aineen lähteenä huoneilmaan saattaa myös olla juurikin korvausilma. Haitta-aineet myös leviävät sisäilmassa ilmavirtojen mukana.

3.3.1 Rakennuksen painesuhteet

Rakennuksen tulee lähinnä kosteusteknisistä syistä olla hieman alipaineinen ulkoilmaan nähden. Ylipaineisista sisätiloista pyrkii sisäilman kosteus siirtymään konvektion avulla rakenteisiin. Jos sisätilojen alipaineisuus on liian suuri, pyrkii korvausilmaa tulemaan hallitsemattomasti rakenteiden epätiivetyksistä.

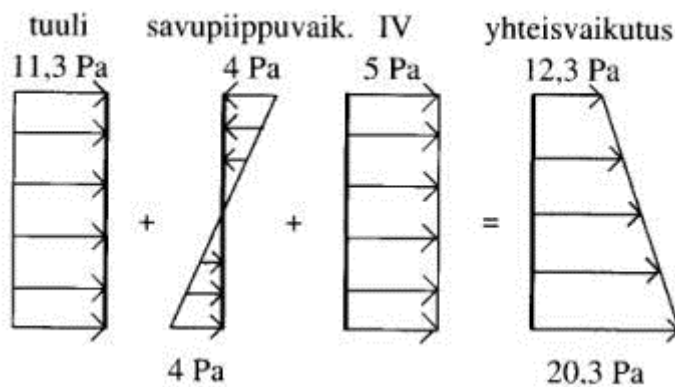
Tuuli aiheuttaa siihen pintaan, jota vasten se puhaltaa ylipainetta ja muille pinnoille alipainetta. Myös rakennuksen aukkojen sijainti vaikuttaa sisäpuolisiin painesuhteisiin. Jos rakennuksen tuulenpuoleinen seinä on muita epätiivimpiä (enemmän aukkoja) muodostuu sisälle ylipaine. Jos taas tuulenpuoleinen seinä on muita tiiviimpiä, muodostuu sisälle alipaine. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus 1997.)

Varsinkin jos rakennuksessa on korkeita, vapaita tiloja on ns. savupiippuvaikutus otettava huomioon rakennuksen paine-eroa ulkoilmaan määrittäessä. Tällöin syntyy paine-ero, kun rakennuksen sisällä lämmin ilma nousee kevyempänä ylös. Tästä aiheutuu alla seuraavan kuvan mukainen painejakauma.



Kuva 2. Savupiippuvaikutus (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus 1997)

Tuuli, savupiippuvaikutus ja ilmanvaihto saattavat yhdessä aiheuttaa ilmanvaihdon kannalta oikeinkin mitoitettussa rakennuksessa suhteellisen voimakkaan alipaineen, jonka vaikutuksesta voi haitta-aineita siirtyä ilmavirtausten mukana huoneilmaan. Tätä yhteisvaikutusta on esitetty seuraavassa kuvassa.



Kuva 3. Tuulen, savupiippuvaikutuksen ja ilmanvaihdon yhteisvaikutus (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus 1997)

Myös rakennuksen sisäiset paine-erot voivat aiheuttaa ongelmia joissain tapauksissa. Tämä voi johtua rakenteiden läpi kulkeutuvan ilman mukanaan kuljettamista aineista tai toisesta tilasta kulkeutuvasta ”likaisesta” ilmasta.

3.4 Emissiot

Emissio tarkoittaa kaasumaisten yhdisteiden haihtumista ympäröivään ilmaan. Emissio ilmoitetaan massayksikkönä pinta-ala- ja aikayksikköä kohden eli $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Ilmiönä haihtumisnopeus voidaan ilmaista kaavalla 1 (Aikivuori 2001, 9)

$$E = k(VP_p - VP_{ilma}) \quad (\text{kaava 1})$$

missä

E = haihtumisnopeus
 k = massansiirtokerroin
 VP_p = yhdisteen höyrynpaine materiaalin pinnalla
 VP_{ilma} = yhdisteen höyrynpaine ympäröivässä ilmassa. (Aikivuori 2001, 9.)

Rakennusmateriaalien emissiot eivät kuitenkaan ole näin yksiselitteisiä. Haihtuneet yhdisteet voivat siirtyä muuhun huoneilmaan, josta niiden pitoisuudet laimentuvat ilmanvaihdon johdosta. Ne voivat myös siirtyä takaisin materiaaliin, tai toiseen materiaaliin. Massansiirtokerroin on riippuvainen materiaaliominaisuuksista, kuten massasta, pinta-alasta ja ominaispinta-alasta. Rakennusmateriaalien päästöt ovat suurimmillaan rakentamisvaiheessa. Tätä uuden rakennusmateriaalin ominaista päästöä kutsutaan ominaisemissioksi tai primääriemissioksi. Rakennustyöntekijät altistuvat suurimmille hetkellisille primääriemissioille. Sekundääriemissiot syntyvät joko hajoamisreaktioiden tai sorptioilmiöiden johdosta. (Aikivuori 2001, 9-14.)

Työturvallisuuslaissa on määritelty monien ilman epäpuhtauksien haitalliseksi tunnettujen pitoisuuksien käsite (HTP), jotka sosiaali- ja terveysministeriön HTP-arvot määrittävät. Nämä on annettu eripituisille altistusajoille: 8 tunnin, 15 minuutin tai hetkellisille keskipitoisuuksille. Aikivuoren (2001, 13) mukaan HTP-arvojen soveltaminen asumiseen on kyseenalaista, koska altistumisaika voi olla lähes jatkuvaa eikä elimistölle jää riittävästi puhdistumisaikaa ja pientenkin pitoisuuksien vaikutus voi alkaa kumuloitua. Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 (2012) onkin korjattu tilannetta tuomalla tämän työn kappaleessa 2.2.2 esitelty 1/10-sääntö.

3.4.1 Höyrynpaine

Höyrynpaine kertoo, kuinka herkästi aine haihtuu ympäristöön. Se riippuu atomien ja molekyylien välisistä sidoksista ja höyrynpaineen käsittelyn perusta luodaankin kiinteessä molekyyli-teoriassa. Tämän perusteella höyrynpaine muuttuu lämpötilan funktiona tilavuuden ollessa vakio. (Young & Freedman 1999.)

3.4.2 Sorptioilmiöt

Kun kaasumaisessa olomuodossa oleva aine on kosketuksissa pinnan kanssa, osa siitä kiinnittyy eli adsorboituu pintaan. Kun em. aine imeytyy materiaalin sisään, se absorboituu. Desorptio on vastakkainen ilmiö, eli silloin ainetta vapautuu materiaalin pintaan ja pinnalta. Ainetta siirtyy kiinteään materiaalin sisällä myös diffuusion (eli pitoisuserojen tasoittumisen) välityksellä. Kun aine ensin siirtyy materiaaliin sorptiolla, kulkee sen lävitse diffuntoitumalla ja desorptoituu vastakkaiselta pinnalta, kutsutaan prosessia permeaatioksi (Dupont 2012).

Sorptioilmiöiden johdosta saattaa kaasumaisia haitta-aineita haihtua sisäilmaan vielä senkin jälkeen, kun niiden alkuperäinen lähdemateriaali on poistettu. Esimerkiksi muovimaton ja liiman reaktiotuotteet voivat absorboitua ja varastoitua alapuoliseen tasoitteeseen ja betonilaattaan. Pintamateriaalin purun jälkeen nämä saattavat diffuntoitua rakenteen läpi ja desorptoitua huoneilmaan. Myös sisäilmaan päässyt kaasumainen haitta-aine voi adsorboitua rakennusmateriaaliin ja vapautua myöhemmin.

Näiden ilmiöiden merkitys on suuri korjaustöissä koska haitallisten yhdisteiden pitoisuudet sisäilmassa saattavat nousta purkutöiden aikana hyvinkin suuriksi. Materiaalista ja yhdisteestä riippuen saattaa esimerkiksi kipsilevyyn adsorptoituneita haihtuvia orgaanisia yhdisteitä vapautua joidenkin päivien tai viikkojen ajan (Villberg ym. 2004).

4 TUTKIMUSMENETELMÄT

Haitta-aineita tutkittaessa voidaan selvittää eri asioita: Missä ja millaisissa pitoisuuksissa niitä on rakennuksessa sekä millaisia pitoisuuksia niitä on sisäilmassa tai voi päästä sisäilmaan. Tässä pääluvussa esitetään yleispiirteisesti tärkeimmät tutkimusmenetelmät ja niiden käyttötarkoitukset. Tarkemmin kunkin haitta-aineen tutkimiseen liittyvät menetelmät esitetään luvussa 5.

4.1 Asiakirjoihin ja käyttöhistoriaan tutustuminen

Rakennusasiakirjoista pyritään selvittämään käytetyt rakenteet ja rakennusmateriaalit, jotta voidaan arvioida haitta-aineiden esiintymistä. Erityisen olennaista on selvittää myös rakennuksessa tehdyt muutostyöt sekä rakennuksen käyttöhistoria.

Muutostöiden, jotka voivat olla rakentamisaikaisia (piirustukset ym. asiakirjat vs. työmaan ratkaisut) ja/tai käytönaikaisia, merkitys saattaa olla ratkaisevaa haitta-aineiden syntymisen (sekundääriemissiot) ja leviämisen kannalta. Luonnollisesti myös sellaisia haitta-ainepitoisia materiaaleja, joita ei alkuperäisten suunnitelmien perusteella ole tarkoitettu käytettäväksi, on saatettu käyttää.

Käyttöhistoriaa selvittämällä voidaan saada tietoa rakennuksen käytöstä johtuvista kontaminaatioista ja rasituksista. Käyttötarkoitus voi antaa myös viitteitä käytetyistä materiaaleista ja niiltä vaadituista ominaisuuksista.

Myös käyttäjien oireilu on usein merkki sisäilmaongelmasta. Tämä saattaa selvitä tehdyistä kyselyistä tai työterveyden tai muun tahon tekemistä muista selvityksistä. Näiden perusteella saattaa olla mahdollista päätellä, mille haitta-aineelle altistumisesta terveysongelmat saattavat johtua.

4.2 Aistinvarainen tarkastelu

Jotkin haitta-aineita sisältävät materiaalit ja haitta-aineet sisäilmassa ovat tunnistettavissa ulkonäön ja hajun perusteella. Aistinvarainen tarkastelu on kuitenkin aina epävarmaa, eikä sen perusteella voida ainakaan sulkea pois mahdollisten haitta-aineiden esiintymistä. Kokenut kartoittaja käyttää aistinvaraista tarkastelua apuvälineenä kohdistettaessa näytteenottoa ja muita tarkempia tutkimuksia. Tarkempiin tutkimuksiin voitaneen lukea myös rakenneavaukset, joita saatetaan tarvita, jotta piilossa olevia haitta-aineita voidaan tutkia.

Haju voi kertoa mahdollisesta mikrobivauriosta, kemiallisesta reaktiosta, heikkolaa-tuisesta tai runsaspäästöisestä pintamateriaalista ja värimuutokset puolestaan mahdollisista kosteusvaurioista tai kemiallisista reaktioista. Aina ei poikkeavaa hajua voida tunnistaa, sillä monien kemiallisten yhdisteiden hajukynnys on korkea, usein yli 100 µg/m³. (Metiäinen 2009.)

4.3 Materiaalinäytteet

Materiaalinäytteestä tehtävä analyysi oikein toteutettuna on varma tapa selvittää sisältääkö tietyn rakenteen tietty osa tiettyä haitta-ainetta. Tällöin tulee kuitenkin olla selkeä tieto siitä, mitä tutkitaan. Tämä korostuu erityisesti menetelmän pistokoeluo-ntoi- sesta otannasta johtuen. Materiaalinäytteen otto riippuu suuresti tutkittavasta aineesta, materiaalista ja materiaalin sijainnista rakenteesta.

Materiaalinäytettä otettaessa tulee aina huolehtia, ettei pääse tapahtumaan ristikota- minaatiota. Näytteenottovälineet tulee puhdistaa näytteiden välillä ja näytteet pakata huolellisesti ja yksilöidysti. Pakkausmateriaalit ja -tapa tulee valita näytteen mukaan. Lisäksi jotkin näytteet (esim. mikrobinäytteet) vaativat kylmäketjun kuljetuksen ja varastoinnin ajaksi.

Materiaalinäytettä voidaan myös tutkia kentällä, irrottamatta sitä rakenteesta, esimer- kiksi röntgenfluoresenssispektrometrialla (XRF). Menetelmällä voidaan selvittää mm. näytteen raskasmetallipitoisuuksia ja sitä, onko näyte PVC-muovia. XRF-laitteella

tehtyjen raskasmetallianalyysien tulokset eivät kuitenkaan ole virallisten määritelmien mukaisia, ja tulokset tulee varmistaa tarkemmilla analyyseilla. (Holger-Hartmann 2012; Komulainen 2013)

Myös haitta-aineen tarpeeton leviäminen ja tämän johdosta terveystaitan syntyminen näytteenoton seurauksena tulee ehkäistä. Lisäksi tulee huomioida, että ainetta rikkovia mittauksia ja näytteenottoa ei tule kontaminaatioriskin vuoksi tehdä (ainakaan välittömästi) ennen ilmanäytteiden ottoa.

4.4 Ilmanäytteet

Ilmanäytteestä voidaan selvittää tutkittavan haitta-aineen pitoisuutta ilmassa. Ilmanäyte kerätään huoneen oleskeluvyöhykkeen keskeltä noin 1 m – 1,5 m korkeudelta (Sisäilmaopas 2009; Valvira 2013). Tutkittavasta kohteesta ja haitta-aineesta riippuen tarvitaan yleensä 1-2 näytettä ja mahdollisesti vertailunäyte, joka otetaan vastaavasta tilasta jossa ei ole ko. epäpuhtauslähdettä. Tarkempi keräysaika ja -tapa määritetään erikseen tutkittaville epäpuhtauksille. Näytteenoton yhteydessä kirjataan ylös mm.

- IV-laitteiston toiminta
- sää
- huoneen ilmankosteus ja lämpötila
- ilmanpaine-ero ulkoilmaan ja viereisiin tiloihin
- käytetyt mittalaitteet ja niiden kalibrointitiedot
- kuvaus tilassa käytetyistä materiaaleista
- tilassa käytettävät pesu- ja puhdistusaineet
- todennäköiset epäpuhtauslähteet
- hajuhavainnot
- mittauksiin mahdollisesti vaikuttaneet häiriötekijät
- mittauspisteet pohjapiirroksen. (Asumisterveysohje 2003.)

Ilmanäytteestä voidaan haitta-aineita tutkittaessa määritellä kuituja, hiukkasia ja kaasuja. Esimerkiksi polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen pitoisuuksia määritettäessä ilmaa pumpataan sekä suodattimen että adsorbentin lävitse. Tällöin hiukkasjakeen

komponentit jäävät esim. lasikuitusuodattimeen ja kaasujakeen XAD-adsorbenttiin (Työterveyslaitos 2012).

Sekä ilmasta että materiaalista kemikaaleja voidaan tutkia sekä kvalitatiivisesti (laadullisesti) – jolloin selvitetään mitä ainesosia näyte sisältää – että kvantitatiivisesti. Tässä määritetään tutkittavien aineiden määrät näytteessä. Määrät voidaan ilmoittaa sekä yhdisteen omalla vasteella, että toluenin vasteella eli tolueniekvivalenttina. (Visuri 2010, 18–20.)

4.4.1 Mittausolosuhteet

Mittaukset tulisi tehdä aina mahdollisimman hyvin käytön tavanomaisia olosuhteita vastaavassa tilanteessa. Esimerkiksi haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuuksia määritettäessä ilmanvaihdon on toimittava normaalisti, mutta toisaalta huoneessa ei saa käyttää siivouskemikaaleja kahteen vuorokauteen ennen mittausta. (MetropoliLab 2011.)

Paine-eromittauksia tehdään tavallisesti sähköisillä paine-eromittareilla, mutta myös nestemanometrejä voidaan käyttää. Rakennuksen ilmanpaine-erojen mittaaminen vaatii tarkkoja mittalaitteita, koska paine-erot ovat yleensä pieniä, luokkaa 0...50 Pa. Paine-ero ulkoilmaan ja viereisiin tiloihin tulee määrittää aina sisäilmasta tehtävien mitausten yhteydessä, ja kirjata olosuhteet, jotta tuloksia voidaan arvioida oikein ja mitaus tarvittaessa toistaa vastaavissa olosuhteissa. Mittauksia suoritettaessa ikkunoiden tulee olla suljettuina ja ilmastoinnin normaalisti käynnissä.

Ilmanpaine-eroista johtuvien ongelmien määrittämiseksi rakenteiden epätiiveyksiä ja ilman kulkureittejä voidaan tutkia esimerkiksi merkkiainetutkimusten ja merkkisavujen avulla. Merkkiainetutkimuksessa rakenteen sisään, huoneeseen, ryömintätilaan tms. päästetään merkkiainetta, jonka kulkeutumista ja pitoisuuksia voidaan tutkia analysaattorin avulla.

4.4.2 Kuidut ja hiukkaset

Sisäilman kuitujen ja hiukkasten pitoisuutta määritettäessä pumpataan ilmaa suodattimen läpi vakionopeudella tietty aika. Tällöin voidaan laskea suodattimen läpi pumpattu ilmamäärä. Pitoisuus määritetään joko massana tai lukumääränä ilmatilavuutta kohden.

Asbestikuituja määritettäessä kokonaiskuitupitoisuus määritetään keräämällä näyte selluloosaesterisuodattimelle (huokoskoko 0,8 μm) ja laskemalla kuitujen kokonaisuusmäärä valomikroskopoinnilla. Jos ilman kuitupitoisuus on suurempi kuin 0,01 kuitua/ cm^3 , varmistetaan asbestikuitujen olemassaolo keräämällä vastaava näyte polykarbonaattisuodattimelle (reikäkoko 0,2 μm) ja tutkimalla se elektronimikroskopiolla. (Asumisterveysopas 2009.)

4.4.3 Kaasut ja höyryt

Kaasuja ja höyryjä voidaan mitata joko suoraan osoittavilla tai keräävillä menetelmillä. Osoittavia menetelmiä ovat mm. ilmaisinputket ja sähkökemialliset laitteet. Keräävät menetelmät voidaan jakaa aktiivisiin ja passiivisiin menetelmiin.

Ilmaisinputket eli osoitinputket ovat halpoja ja yksinkertaisia mittavälineitä joiden toiminta perustuu tutkittavan aineen aiheuttamaan värimuutokseen lasinputkessa ja joiden tulos on suuntaa antava. Putken läpi imetään tietty ilmamäärä. (Ahonen 2008, 318–321.) Ilmaisinputkilla voidaan tehdä alustavia altistumismittauksia monille epäorgaanisille kaasuille sekä joillekin liuotintyyppisille yhdisteille, kun ne esiintyvät ilmassa yksinään. Ilmaisinputkilla mitataan yleensä hetkellisiä pitoisuuksia, mutta ilmaisinputkia on myös pitkäkestoisiin mittauksiin. Ilmaisinputkilla voidaan saada pahastikin virheellisiä tuloksia, jollei tunneta mittausmenetelmän rajoituksia ja mahdollisia virhelähteitä. (Rantanen & Pääkkönen 2008.)

Ahosen (2008, 330) mukaan yleisimmin käytetyt ilmanäytteiden keräysmenetelmät perustuvat adsorptioon. Adsorptiossa kaasumaisesta aineesta osa kiinnittyy kiinteään aineen pintaan. Materiaalin, adsorbentin tehokkuus riippuu sen huokoisuudesta. Aktiiv-

vihili onkin yleisimmin käytetty adsorboiva näytteenottomateriaali (Ahonen 2008, 331). Muita adsorbentteja ovat mm. polymeeriset adsorbentit, joista eniten käytetyt ovat Ahosen (2008, 334) mukaan Tenax TA ja GR.

Passiivisissa näytekeraimissa näyte kulkeutuu keräimeen diffuusioon tai diffuusioon ja permeatioon perustuen. Keräysaineena toimii yleensä jokin kiinteä adsorbentti (esim. aktiivihili tai molekyylliseula) tai permeatioon perustuissa keräimissä absorptioliuos. Menetelmässä ei tarvita näytteenottopumppua. Tutkittavat aineet määritetään keräimestä laboratoriossa, jolloin voidaan analysoida samasta näytteestä useita yhdisteitä. Diffuusio ja permeatio ovat hitaita ilmiöitä, joten keräimet sopivat parhaiten pitkäaikaiseen (tuntien) näytteenottoon. Menetelmä soveltuu huonosti pitoisuushuippujen määrittämiseen. Eniten keräimiä on käytetty liuotinhöyryjen mittaamiseen. Muita käyttöalueita ovat formaldehydin ja haihtuvien orgaanisten hiilivetyjen (VOC) mittaukset. (Rantanen & Pääkkönen 2008.)

Absorptiopullonäytteessä ilman epäpuhtaus kerätään absorptiopullossa olevaan nesteeseen. Ilmaa pumpataan kuplittimella liuokseen, johon sitoutuu tutkittavaa ainetta. Näyte tutkitaan laboratoriossa. (Ahonen 2008, 328–330.)

Kylmäketjua, tai ainakin näytteiden säilytystä jääkaapissa, suositellaan ainakin PAH-yhdisteiden ilmanäytteille ja VOC-näytteille ilmasta (Työterveyslaitos 2012; SFS-EN ISO 16017-1:2000).

4.4.4 Mittauksen kulku

RT-kortissa 14-10775 sisäilman ammoniakkipitoisuuden määrittäminen esitetään mittauksen kulku seuraavan luettelaman mukaisesti. Tätä menettelyä voitaneen soveltaa muidenkin haitta-aineiden sisäilmasta tapahtuviin mittauksiin.

1. Mittauksen tarkoitus
 - a. sisäilman laatuun liittyvien ongelmien selvittäminen
2. Esikatselmus
 - a. ilmanvaihdon ja tilojen käytön suunnitellun mukaisuus
 - b. mittauksen ja mittauspisteiden suunnittelu

- c. käyttäjien ohjeistus
 - d. esikatselmuspöytäkirja
3. Näytteenotto
 - a. olosuhteiden tarkistus
 - b. näytteenotto
 - c. mittauspaikan ja olosuhteiden kuvaus
 4. Analyysi
 5. Tulosten laskeminen
 6. Mittausraportti
 - a. mittaukset: missä, milloin, miten
 - b. tulokset
 - c. tulkintaan vaikuttavat tekijät
 - d. tulosten epävarmuudet
 7. Tulosten tarkastelu
 - a. altistusten arviointi
 - b. sisäilman laadun arviointi. (RT 14-10775 Sisäilman ammoniakkipitoisuuden määrittäminen 2003.)

4.5 Laskeumanäytteet

Kuitujen ja hiukkasten esiintymistä voidaan arvioida pinnoilta kerättävien laskeumanäytteiden avulla. Laskeumanäytteet voidaan ottaa joko pyyhintänäytteillä (keräämällä pölyä 1-2 litran Minigrip-muovipusseihin) tai teippinäytteillä keräämällä pölyä geeliteippeihin. Teippinäytteet otetaan painamalla teippi säännöllisesti siivottuun kohtaan, esimerkiksi PC:n näyttöruudun päälle tai lattiapinnalle. Seuraavaksi teippi kiinnitetään petrimaljaan ja toimitetaan laboratorioon analysoitavaksi. Teipiltä lasketaan stereomikroskoopilla yli 20 µm pituiset teolliset mineraalikuidut ja tulos ilmoitetaan yksikössä kpl/cm². (Sisäilmayhdistys 2007.)

Toinen tapa teippinäytteenotolle on kerätä pölyä petrimaljan kannelle. Petrimaljan kansi asetetaan pinnalle, ja pölyn annetaan laskeutua siihen kahden viikon ajan. Seuraavaksi kanteen kiinnitetään geeliteippi, malja suljetaan ja toimitetaan laboratorioon analysoitavaksi. (Työterveyslaitos 2013.)

4.6 Emissiomittaukset

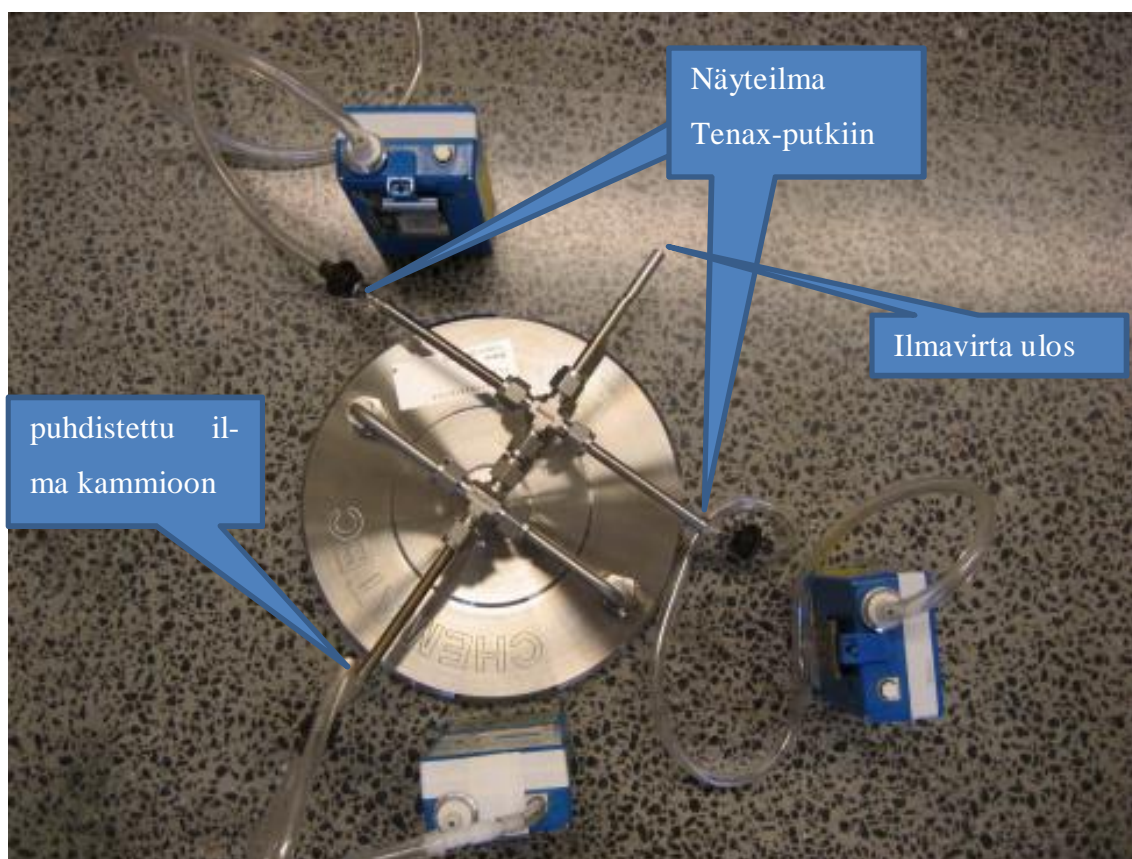
Mittaamalla tietyltä pinnalta emissioita, saadaan tietää leviääkö materiaalista ilmaan terveydelle haitallisia aineita. Tutkimus kannattaa yleensä tehdä, jos huoneilman VOC-mittaus on osoittanut selviä merkkejä normaaliarvoja ylittävistä määristä tai jos VOC-mittauksissa ei löytynyt mitään poikkeavaa, mutta siitä huolimatta tilassa olevat saavat oireita.

4.6.1 FLEC-mittaus

FLEC (Field and Laboratory Emission Cell) -menetelmällä voidaan selvittää tietyltä pinnalta emittoituvia kaasuja. FLEC-mittaukset tehdään pääasiassa kenttämittauksina ehjän materiaalin päältä.

FLEC-mittauksen suorittamiseksi ovat ISO-standardit 16000-16010. Näissä standardeissa määritellään varsin tarkoin sekä näytteenotossa käytettävä välineistö että näytteenoton suoritus. Erityistä huomiota on kiinnitetty näytteenotossa käytettävien välineiden puhtauteen.

Mittauksessa puhdistettu mittauskammio asetetaan tiiviisti pintaa vasten. Seuraavaksi tarkastetaan laitteen tiiviys ja suoritetaan huuhtelu. Tämä toistetaan ennen jokaista mittauskertaa. Kammioon johdetaan aina vain puhdistettua ilmaa. Tämän jälkeen suoritetaan näytteenotto. Ensimmäiseksi kustakin tilasta otetaan aina nollanäyte (emittoimattomalta pinnalta) ja tämän jälkeen pintojen emissionäytteet. (Työterveyslaitos 2011d.) Mittausjärjestely on esitetty seuraavassa kuvassa.



Kuva 4. FLEC mittausjärjestely (Työterveyslaitos 2011d, muokattu.)

4.6.2 BULK-näytteet

Materiaalinäytteistä voidaan mitata emissioita myös laboratorio-olosuhteissa. Tällöin puhutaan BULK-näytteestä. Tutkittavasta materiaalista otetaan näyte, joka pakataan ensin tiiviisti alumiinifolioon ja edelleen minigrip-pussiin, ja toimitetaan laboratorioon analysoitavaksi.

BULK-analyysien tulokset ilmoitetaan yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$ (mikrogrammaa tutkittavaa yhdistettä haihtuu grammasta tutkittavaa materiaalia kuutiometriin ilmaa) tai $\mu\text{g}/\text{gh}$ (mikrogrammaa tutkittavaa yhdistettä haihtuu grammasta tutkittavaa materiaalia tunnissa). Tuloksissa ilmoitetaan kunkin tunnistetun yhdisteen yksittäinen pitoisuus (yhdisteen omalla vasteella tai tolueeniekvivalenttina laskettuna) sekä niiden yhteenlaskettu pitoisuus tolueeniekvivalenttina (TVOC). (Komulainen 2013.)

Menetelmä ei sovellu pintaemissioiden mittaamiseen koska emissiot ovat peräisin tutkittavan materiaalin kaikista osista, eivät vain sen pinnasta. Bulk-näytteestä saadaan

kattavampi kuvan materiaalin emissioista, ja voidaan arvioida myös rakenteisiin kulkeutuvien päästöjen määrää. BULK-analyysien tuloksia on suositeltavaa verrata samasta tilasta kerättyjen sisäilman VOC-analyysien ja FLEC-analyysien tuloksiin. (Harkonen 2012.)

5 HAITTA-AINEET

Tässä pääluvussa esitellään keskeisimmät haitta-aineet. Alaluvuissa käydään lävitse niiden ominaisuuksia, käyttöä, terveyshaittoja ja tutkimusmenetelmiä.

5.1 Ammoniakki

Ammoniakki, NH_3 on huoneenlämpötilassa kaasumainen yhdiste, jolla on tunnistettava, pistävä haju. Sitä voi vapautua erityisesti vanhoista orgaanista sideainetta, gelatiinia ja kaseiinia, sisältävistä tasoite- ja liima-aineista niiden kastuessa. Tällöin proteiinit ja muut orgaaniset aineet hajoavat, ja ilmaan vapautuu myös muita ärsyttäviä kemiallisia yhdisteitä. (Asumisterveysohje 2003, 63; Asumisterveysopas 2009, 130–131; Seuri ym. 2011, 65.)

Ennen mittauksia tulisi varmistaa, että ilmanvaihto toimii suunnitellusti ja tilan käyttö on normaalia eikä se aiheuta ammoniakkipitoisuuden kasvua. Sisäilman ammoniakkipitoisuus tulisi määrittää, kun sisäilma haisee lämpötilan ja kosteuden vaihtelua seuraavan vaihtelevan pistävälle mädän tyyppiselle hajulle tai kun lattiapinnoitteessa on tummia värimuutoksia. Ammoniakkimissiot mitataan, kun sisäilman ammoniakkipitoisuudet ovat korkeita. (Asumisterveysohje 2003, 63-64; RT 14-10775 Sisäilman ammoniakkipitoisuuden määrittäminen 2003; RT 14-10776 Pintojen ammoniakkiemissioiden määrittäminen 2003.)

5.1.1 Pitoisuudet ja terveyshaitat

Ammoniakin pitoisuus voidaan määrittää sekä ilman ammoniakkipitoisuutena ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$) että emissionopeutena materiaalin pinnalta ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$). Eri ohjeiden mukaan hyvänä tai tavanomaisena sisäilman ammoniakkipitoisuutena voidaan pitää arvoa 10...30 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$. 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ taasen on tyydyttävän tai mahdollista terveyshaittaa indikoivan arvon raja. Seinä-, katto- ja lattiapintojen päältä mitattujen ammoniakkiemissioiden tarkastelussa vertailuarvoina käytetään rakennusmateriaalien päästöluokitusta.

Sisäilmastoluokituksen (2008) mukaisen M1-luokan raja-arvo on $30 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ ja luokan M2 $60 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. (RT 14-10775 Sisäilman ammoniakkipitoisuuden määrittäminen 2003; RT 14-10776 Pintojen ammoniakkiemissioiden määrittäminen 2003; Sisäilmastoluokitus 2008.)

Ammoniakki sisäilmassa voi Uitin ja Taskisen (2011) toimittaman teoksen *Työperäiset sairaudet* mukaan aiheuttaa mm. hajuhaittoja, hengitystieoireita ja astmaa. Villbergin ym. sisäilman laadun hallinta -projektin tuloksia esittelevässä kirjassa ammoniakkin yli $40 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ pitoisuuksille on löydetty korrelaatio yskä- ja silmäoireille, hengenahdistukselle, limaisuudelle ja käheydelle. Teoksessa todetaan myös, että on epäselvää onko ammoniakki itse oireiden aiheuttaja, vai merkkiaine joillekin muille yhdisteille. (Villberg ym. 2004, 92.)

5.1.2 Käytettävät tutkimusmenetelmät

Sisäilman ammoniakkipitoisuutta mitataan esim. kuplitusmenetelmällä (absorptiopullonäyte). Menetelmässä otetaan laimeaa rikkihappoliuosta sisältävän pesupullon läpi kuplittamalla tunnettu määrä ilmaa. Näytteenoton jälkeen näytteenottopullot suljetaan ja toimitetaan laboratorioon analysoitaviksi. Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila mitataan tutkittavasta tilasta ennen ja jälkeen näytteenottoa. (RT 14-10775.)

Pintojen emissioiden määrittäminen tehdään luvussa 4.7.1 esitettyllä FLEC-menetelmällä. Mittaus tehdään ammoniakkilähteen paikallistamiseksi. Mittaukset tehdään lattianpäällysteen päältä, seinästä ja katosta. Näytteenottokohdat valitaan niin, että ne edustavat tavalliselle hoidolle ja kulumiselle altistuneita normaaleita sisäilman kanssa kosketuksissa olevia pintoja. Ellei tilojen käytöllä tai pintaemissioilla voida selittää tilojen korkeaa ammoniakkipitoisuutta, voidaan emissio mitata lattianpäällysteen alta. Tällöin poistetaan päällyste ja liimajäämät $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ alueelta, annetaan rakenteen tuulettua vähintään kaksi vuorokautta ja suoritetaan mittaus. (RT 14-10775 Sisäilman ammoniakkipitoisuuden määrittäminen 2003.)

5.2 Arseeni

Arseeni on alkuaine, jonka tunnus on As. Arseeni ja sen yhdisteet luokitellaan ihmisissä syöpää aiheuttavaksi aineeksi (luokka 1A) (IARC Cancer Databases 2013). Sitä on aiemmin käytetty maalien ja tapettien vihreässä värissä ja se on aiheuttanut pitkäaikaisia myrkytyksiä (Åbo Tidningar 1842). Sitä käytetään edelleen muovien tuotannossa antimikrobiologisenä lisäaineena (Hakala 2008a). 1970-luvulla ja sen jälkeen valmistuneissa rakennuksissa merkityksellisintä lienee käyttö puunsuoja-aineena CCA-kyllästeissä.

Arseenia sisältävää puutavaraa ei ole saanut luovuttaa kuluttajille heinäkuun alusta 2004 alkaen valtioneuvoston asetuksen 440/2003 perusteella. Tätä määräystä ja arseenin käyttöä on tarkennettu myöhemmin, ja vuonna 2009 valtioneuvoston asetus 415/2009 sääti käytettäväksi Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen 1907/2006. Tämän mukaan vain rakennusalan ammattilaiset saavat käyttää arseenia sisältävää puutavaraa ja vain hyvin rajoitetuissa kohteissa. Lisäksi ne on merkittävä seuraavasti: "Vain ammattimaiseen ja teollisuuskäyttöön, sisältää arseenia". (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 1907/2006.)

5.3 Asbesti

Asbesti on yleisnimi kahdelle luonnossa esiintyvälle silikaattimineraalille, serpentiinille ja amfibolille. Ohuimmat krysotiilikuidut ovat läpimitaltaan vai 0,03 µm, ja näiden muodostamat kuitukimput ja muut asbestikuidut yleensä alle 1 µm paksuisia (Tossavainen 2008a, 122).

Asbestikuituja erotetaan kuusi eri tyyppiä:

- krysotiili (valkoinen asbesti)
 - käytetty asbestisementtituotteissa ja tiivisteissä
- krokidoliitti (sininen asbesti)
 - vaarallisin asbestityyppi
 - käytetty ruiskutuseristeenä
 - käyttö kielletty 1976

- amosiitti (ruskea asbesti)
 - käytetty putkien ja lämmityskattiloiden eristeenä
- antofylliitti
 - käytetty asbestipahveissa, sementti- ja eristemassoissa
 - louhittu Suomessa vuosina 1918-1974
- aktinoliitti
- tremoliitti.

Aktinoliittia ja tremoliittia esiintyy vain epäpuhtautena asbestissa. (Tossavainen 2008a, 122-123; Nordman & Oksa 2011, 83-84; RT 08-10521 Asbesti, asbestikartoitus ja siitä aiheutuvat toimenpiteet 1993.)

Materiaali on perinteisesti katsottu ja myös useissa julkaisuissa määritelty asbestipitoiseksi, jos siinä on asbestia yli 1 painoprosentti. (Oksa, Korhonen & Koistinen; RT 08-10521) Valtioneuvoston asetuksen 179/2012 liitteen 4 perusteella asbestia sisältävä rakennusaine tai eristysaine on jätteenä vaarallista. Liitteessä 3 taasen todetaan, että jos jäte sisältää syöpää aiheuttavaa (ryhmä 1 tai 2, T ja R45, R49) ainetta vähintään 0,1 painoprosenttia katsotaan sen sisältävän vaaraominaisuuden, eli se on haitallista jätettä. Ryhmän 3 syöpävaaralliselle aineelle raja-arvo on 1 painoprosentti. Kansainvälinen kemikaalikortti on asbestimineraaleista krokidoliitille ja krysotiilille, ja nämä aineet ovat korttien mukaan EU-luokiteltuja T ja R45/48. Korttien lisätiedoissa todetaan, että Suomessa aineet luokitellaan syöpäsairauden vaaraa aiheuttaviksi ryhmässä 3. Tämä ei kuitenkaan liene merkityksellistä koska luokkien T, R45 ja R49 mukaisesti luokiteltuna krokidoliitin ja krysotiilin raja-arvo on 0,1 painoprosenttia. Lisäksi krysotiilin kemikaalikortin huomautuksissa todetaan, että kortin suositukset koskevat myös muita asbestilaatuja. Erityisiä suosituksia kortissa ei kuitenkaan anneta. Voitaneen siis olettaa, että näillä suosituksilla tarkoitetaan myös luokituksia. Näin ollen kaikille asbestilaaduille tulisi soveltaa raja-arvoa 0,1 painoprosenttia. (International Chemical Safety Cards 2013; Valtioneuvoston asetus 179/2012)

5.3.1 Asbestin käyttö

Asbestilla on lukuisia teknisiä ominaisuuksia – kuten mekaaninen lujuus, palamattomuus, lämmöneristävyys ja kemikaalinkestävyys – joiden vuoksi sitä on käytetty run-

saasti rakentamisessa. Asbestia on käytetty Suomessa saviastioissa jo noin vuonna 5100 eaa. ja rakennuseristeenä mahdollisesti jo ennen vuotta 2000 eaa. (Huurre 1998; Rushton 2007, 4). Laajemmalti sen käyttö alkoi 1920-luvulla, ja 1970-luvun alkupuoliskolla asbestin kokonaiskäyttö oli yli 10 000 tonnia vuodessa (Tossavainen 2008a, 123). Tämän jälkeen se on tasaisesti vähentynyt ja väheni muutamaan sataan tonniin kotimaisen asbestituoteteollisuuden loputtua vuonna 1988. Suomen rakennuskannassa on vuonna 2008 ollut vielä yhteensä 2/3 kaikesta käytetystä asbestista, 200 000 tonnia. (Tossavainen 2008a, 123; Nordman & Oksa 2011, 83.)

Asbestin ja asbestipitoisen tuotteen valmistus ja maahantuonti on kielletty 1.1.1993 lähtien sekä myyminen ja käyttöön ottaminen 1.1.1994 alkaen (Valtioneuvoston päätös asbestin ja asbestipitoisen tuotteen valmistuksen, maahantuonnin, myymisen ja käyttöön ottamisen kieltämisestä 852/92).

Rakennuksen käyttötarkoitus saattaa antaa viitteitä asbestin mahdollisesta esiintymisestä. Asuinrakennuksissa asbestia esiintyy usein lämmönjakohuoneiden ja yhteistilojen putkieristeissä, lattianpäällysteissä, julkisivu-, alakatto- ja vesikatelevyissä, tasoiteissa, kiinnitys- ja saumaustaasteissa ja saunojen lämpösuojauksissa. Majoitusrakennuksille, kuten hotelleille, matkustajakodeille ja motelleille, asetettujen tiukempien paloteknisten vaatimusten johdosta on niissä saatettu käyttää enemmän asbestipitoisia materiaaleja (RT 08-10521). Hallinto-, toimisto- ja liikerakennuksissa ja muissa julkisissa rakennuksissa ilmanvaihdolle ja akustiikalle on asetettu erityisvaatimuksia, joten verhouksena on voitu käyttää asbestipitoisia huokoisia levyjä tai asbestiruiskutusta (RT 08-10521). Seuraavassa kuvassa on esitetty joitakin tyypillisiä asbestipitoisia rakennusmateriaaleja. Asbestia on käytetty näiden lisäksi monissa muissa materiaaleissa ja sovelluksissa.



Kuva 5. Asbestipitoisia rakennusmateriaaleja (Oksa, Korhonen ym. 2011)

5.3.2 Terveyshaitat

Asbesti ei aiheuta vaaraa terveydelle rakennusmateriaaliin sidottuna. Asbestille altistuttaessa asbestikuidut pääsevät hengitysilman mukana elimistöön ja aiheuttavat lukuisia sairauksia. Nordmanin ja Oksan (2011, 85–106) mukaan kaikki asbestikuitutyypit aiheuttavat

- keuhkosityöpää
- mesoteliomaa (keuhkopussin tai vatsakalvon syöpä)
- kurkunpään syöpää
- asbestoosia (pölykeuhkosairaus)
- keuhkopussin sairauksia.

Asumisterveysohjeen (2003) mukaan sisäilman asbestikuitupitoisuuden tulee olla alle $0,01$ kuitua/cm³. Valtioneuvoston asetuksessa (318/2006) työntekijän päivittäiselle altistumiselle sitova raja-arvo on $0,1$ kuitua/cm³.

Asbestipitoiset rakennusmateriaalit voidaan jakaa seuraavan taulukon mukaisiin vaarallisuusluokkiin sen perusteella, kuinka suuren altistumisvaaran ne aiheuttavat. Asbestipitoiset materiaalit voidaan jakaa myös yksinkertaisemmin siten, että ne joko sisältävät tai eivät sisällä asbestia (Vahanen 2013).

Taulukko 1. Asbestimateriaalin vaarallisuus (RT 08-10521, muokattu)

Luokitus	Kuvaus
* asbestialtistumisvaara tarviketta purettaessa	Tarvikkeet ovat vaarattomia normaalikäytössä ja aiheuttavat vain purettaessa asbestialtistumisvaaran. Tuotteen purkua suunniteltaessa tulee ottaa yhteyttä siihen aluehallintoviraston työsuojeluosastoon, jonka alueella purkutyö suoritetaan.
** suuri asbestialtistumisvaara tarviketta purettaessa	Tarvikkeet ovat normaalikäytössä vaarattomia, mutta aiheuttavat purettaessa suuren asbestialtistumisvaaran. Kahden tähden tarvikkeiden purkua saavat tehdä ainoastaan työsuojeluviranomaisten valtuuttamat asbestipurkajat. Tarvikkeen purkua suunniteltaessa tulee ottaa yhteyttä siihen aluehallintoviraston työsuojeluosastoon, jonka alueella purkutyö suoritetaan.
*** asbestialtistumisvaara, jos tarvikkeeseen kohdistuu mekaaninen rasitus	Tarvikkeet ovat vaarallisia myös käyttötilanteissa. Vaarallisuus perustuu tarvikkeen rikkoutuessa, kolhiutuessa ja hioutuessa vapautuvan asbestipitoisen pölyn suureen määrään. Vaurioitunut kolmen tähden tarvikke tulee heti eristää siten, ettei vauriokohdasta vapaudu lisää asbestia tilan ilmaan.
*** krokidoliittiasbesti, asbestialtistumisvaara aina	Paljaan ruiskutetun krokidoliittiasbestieristeen katsotaan aiheuttavan aina asbestialtistumisen. Vaarallisuus perustuu työtavasta ja tarvikkeesta aiheutuvaan suureen pölyävyyteen. Krokidoliittipölyä on jo työvaiheen aikana joutunut kaikille tilan pinnoille. Lisäksi tarvikkeen rikkoutuessa, kolhiutuessa ja hioutuessa siitä vapautuu erittäin helposti suuria määriä asbestipitoista pölyä. Vaurioitunut kohta tulee heti eristää siten, ettei siitä vapaudu lisää asbestia tilan ilmaan.

5.3.3 Käytettävät tutkimusmenetelmät

Asbestipitoisten materiaalien tutkimukset voidaan usein kohdistaa varsin tarkoin rakennusasiakirjojen ja silmämääräisen havainnoinnin perusteella. Asiakirjoihin tutustuminen ja rakennusajankohdan tyypillisten asbestipitoisten materiaalien tuntemus onkin keskeistä, koska kaikkia mahdollisesti asbestia sisältäviä rakenteita ei tavallisesti päästä visuaalisesti tarkastamaan. Esimerkiksi putkieristeissä oleva asbesti on usein tunnistettavissa, mutta putket on usein ainakin osittain koteloitu tai asennettu rakenteiden sisään. Toisaalta esimerkiksi laasteista ja tasoitteista asbestia on mahdotonta tunnistaa ilman materiaalinäytteiden laboratoriotutkimuksia. Tunnistamista helpottavat erilaiset luettelot asbestipitoisista rakennusmateriaaleista.

Asbestipitoisuutta voidaan mitata rakennusmateriaalista, ilmasta, laskeutuneesta pölystä tai biologisista näytteistä. Valviran (2013) mukaan pintanäytteet paljastavat ilmanäytteitä herkemmin, onko tilassa asbestikuituja.

Valomikroskooppisella hiukkasten laskennalla voidaan määrittää kuidut pöly- ja materiaalinäytteistä. Menetelmä sopii käytettäväksi, kun ilman asbestipitoisuus on yli 0,01 kuitua/cm³. Pienempien pitoisuuksien määrittämiseen tarvitaan elektronimikroskopiaa. Materiaalinäytteistä asbesti voidaan tunnistaa luotettavasti polarisaatiomikroskopiolla, jos kuidut esiintyvät helposti irtoavassa muodossa, kuten putkieristeissä. Pyyhkäisyelektronimikroskopiolla ja läpivalaisuelektronimikroskopiolla voidaan määrittää kuidut tarkemmin materiaaleista ja myös ympäristönäytteistä. Valo- ja elektronimikroskopian tulokset eivät ole keskenään suoraan vertailukelpoisia, ja asbestin raja-arvo koskee vain valomikroskooppista laskentaa. (Tossavainen 2008b, 359–361.) Asbestikuitujen määrä ilmassa ilmoitetaan seuraavat ehdot täyttävien kuitujen määränä:

- kuidun pituus yli 5 µm
- kuidun halkaisija alle 3 µm
- kuidun pituuden suhde halkaisijaan vähintään 3:1 (Rantanen & Pääkkönen 2008; Tossavainen 2008b, 359).

5.4 CFC-yhdisteet

CFC-yhdisteet eli freonit (engl. chlorine-fluorine-carbon, CFC) muodostuvat kloorista, fluorista ja hiilestä. Klooratut ja/tai fluoratut hiilivedyt ovat molekyylipainoltaan pieninä yhdisteinä kaasumaisia, pidempinä ketjuina nestemäisiä tai vahamaisia ja pitkinä polymeereinä muoveja, kuten teflon. Yhteistä näille kemikaaleille on se, että ne eivät reagoi helposti muiden kemikaalien kanssa, ja ovat siten myös turvallisia ihmiselle. CFC -yhdisteitä on käytetty useissa rakennusmateriaaleissa ja tarvikkeissa, ja ne aiheuttavat otsonikatoa (Rushton 2006, 21–22).

Rakennusmateriaaleja (mm. vaahтомуovit kuten polyuretaani ja polystyreeni), joiden valmistuksessa on käytetty cfc-yhdisteitä, ei tämän johdosta tarvitse käsitellä vaarallisenä jätteenä. Sen sijaan, jos cfc-yhdisteitä on käytetty kylmälaitteistojen tai muiden koneiden kiertoaineena, tulee cfc-yhdisteet ottaa näistä talteen.

5.5 Elohopea

Elohopea on metallinen alkuaine, jonka tunnus on Hg. Se poikkeaa muista metalleista siinä, että sen sulamispiste on huomattavan alhainen, 38,9 °C. Se siis esiintyy nestemäisenä ja myös höyrystyy normaalissa huoneenlämmössä ja ilmanpaineessa. Väritään elohopea on harmaata.

Elohopeaa on käytetty muun muassa kaivostoiminnassa, akuissa, hammaspaikoissa ja lämpö- ja painemittareissa (Salomon & Sirén 2011). Elohopean suoloja on käytetty mm. muovien valmistuksessa ja orgaanisia elohopeayhdisteitä väriteollisuudessa (Hakala 2008b). Rakennuksissa elohopeaa löytyy mahdollisesti vanhoista akuista, mitta-areista ja sähkölaitteista sekä maaleista. Näitä saattaa löytyä esimerkiksi vanhoista turvavalaisiin ym. järjestelmistä (akut) sekä lämmönjakohuoneiden laitteista. Erityinen kohde ovat myös hammaslääkärin toimitilojen tms. viemäriputket, joihin on saattanut kerääntyä elohopeaa (PCB ja elohopea vanhojen talojen kiusana 2004). Lisäksi loistevalonlamput sisältävät elohopeaa.

Myrkyllisintä ihmiselle on orgaaninen elohopea. Tällöin sitä kutsutaan metyylielohopeaksi. Sen jälkeen, kun metallista elohopeaa vapautuu, se kulkeutuu ilmakehässä, josta se laskeutuu vesiin ja luonnon bakteerit muuntavat sen orgaaniseen muotoon. Se rikastuu ravintoketjussa, ja luonnosta sitä löytyykin eniten isoista petokaloista sekä niitä ravinnokseen käyttävistä eläimistä. (Greer, Bender ym. 2006.)

Elohopea aiheuttaa ihmisessä päänsärkyä, pahoinvointia, vatsakipuja ja vapinaa. Pitkäaikainen tai toistuva altistus voi aiheuttaa sisäelin- ja hermostovaurioita. Sikiölle se voi tuottaa epämuodostumia ja keskushermoston vaurioita. (Hakala 2008b, 163; Salomon & Sirén 2011.)

Elohopean pitoisuuden raja-arvo pysyvän jätteen kaatopaikalle sijoittamiseksi on 0,01 mg/kg ja tavanomaisen jätteen kaatopaikalle sijoittamiseksi 0,2 mg/kg (Valtioneuvoston asetus 202/2006).

5.6 Formaldehydi

Sisäilman formaldehydi (H_2CO) on yleensä peräisin ureaformaldehydihartsista, jota on käytetty liima-aineena lastulevyissä ja paneeleissa. Myös happokovetteiset lakat, maalit, pinnoitteet, itesesiliävät tekstiilit ja kokolattiamatot saattavat sisältää formaldehydiä. (Asumisterveysohje 2003.)

Sisäilman formaldehydipitoisuudelle on asumisterveysohjeessa 2003 annettu ohjearvo $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ihmisten herkkyys formaldehydin ärsytysvaikutuksille vaihtelee suuresti. Se voi aiheuttaa ärsytysoireita iholla, silmissä, limakalvoilla ja hengityselimissä. Ärsytyskynnyksenä pidetään pitoisuutta $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja hajukynnyksenä $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (Asumisterveysohje 2003; Aikivuori 2001, 18.) Työterveyslaitoksen (2011c) käyttämien viitearvojen mukaan yli $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pitoisuus viittaa sisäilman epätavallisiin lähteisiin. Formaldehydi luokitellaan ihmisissä syöpää aiheuttavaksi aineeksi (luokka 1A) (IARC Cancer Databases 2013).

5.6.1 Tutkimusmenetelmät

Formaldehydin määrää voidaan mitata ns. passiivikeräimellä tai nestekromatografialla asetonintriittiutteesta. Passiivikeräimellä määritetään formaldehydin pitkän ajan keskiarvopitoisuus asettamalla keräin huoneistoon 1 vuorokauden ajaksi. Tämän jälkeen se toimitetaan laboratorioanalyysiin. Nestekromatografialla tutkittaessa näyte kerätään pumpulla dinitrofenyylihydratsiinilla päällystettyyn silikageelipatruunaan. Näytteen koko on 100 litraa ja keräysnopeus 0,5 litraa minuutissa. Menetelmällä voidaan mitata formaldehydin lisäksi myös muita aldehydejä. Toteamisraja vaihtelee välillä 5-20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 100 litran näytteellä eri aldehydien mukaan. (Asumisterveysohje 2003.)

Mitattaessa tulee ottaa huomioon, että syksyllä ulkoilman kosteuden ollessa korkeimmillaan, voi mittausulos olla moninkertainen verrattuna talviaikaan mitattuun tulokseen nähden.

5.7 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (volatile organic compounds, VOC) ovat orgaanisia yhdisteitä, joiden on kemiallisen rakenteensa vuoksi mahdollista haihtua normaalissa huoneenlämmössä ja ilmanpaineessa (United States Environmental Protection Agency 2012). Liuotinaineet, joita käytetään esim. hartsien, muovien ja rasvojen ohentamisessa, ovat orgaanisia yhdisteitä. Niitä saadaan öljynjalostuksen sivutuotteina (alifaattiset ja aromaattiset hiilivedyt) ja myös mm. alkoholit ja eetteri ovat liuottimia. Niiden haitallisuus ihmisille riippuu niiden haihtuvuudesta. Mitä alhaisempi aineen kiehumislämpötila on, sitä helpommin se haihtuu ilmaan ja altistaa terveyttä. Myös liuottimen rasvaliukoisuus on haitallista terveyden kannalta. (Starck, Kalliokoski ym. 2008.) Haihtuvat orgaaniset yhdisteet voidaankin jakaa ryhmiin niiden kiehumispisteen perusteella seuraavan taulukon mukaan.

Taulukko 2 Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden ryhmät (Asumisterveysopas 2003)

Ryhmä englanninkielinen lyhenne	Ryhmä	Kiehumispiste, °C
VVOC	erittäin haihtuvat yhdisteet	>0...50-100
VOC	haihtuvat yhdisteet	50-100...240-260
SVOC	puolihaihtuvat yhdisteet	240-260...380-400
POM	hiukkasiin sitoutuneet yhdisteet	>380

Asumisterveysoppaan (2003) mukaan sisäilmasta on tutkittu pääasiassa VOC-alueen orgaanisia yhdisteitä, joita on analysoitu 50–300 erilaista yhdistettä. Näiden tutkiminen sisäilmasta saattaa olla tarpeen mm. kun sisäilmassa havaitaan hajuja. Sisäilman tavanomainen TVOC pitoisuus on 200 – 300 µg/m³. (Asumisterveysopas 2003.)

Seuraavassa taulukossa on esitetty joitain haihtuvia orgaanisia yhdisteitä ja näiden päästölähteitä.

Taulukko 3 Sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästölähteitä (Rundt ym. 2005)

yhdisteryhmä: yhdisteitä	mahdollisia päästölähteitä
aldehydit: pentanaali, heksanaali, heptanaali, oktanaali, nonanaali	puurakenteet, lastulevy, tapetit, lattiavahat, hajusteet, linoleum, kostea mineraalivilla
bentsaldehydi	pakokaasut, lastu- ja kuitulevyt
alifaattiset ja sykliiset hiilivedyt: heksaani, heptaani, oktaani, sykloheksaani, metyyliisykloheksaani	liimat, bensiini, pakokaasut, liuottimet, polyuretaani
nonaani, dekaani, un-, do-, tri-, tetra-, penta- ja heksadekaani	pakokaasut, polttoöljy, dieselöljy
C4-C5-hiilivedyt: butaanit, pentaanit	kylmä-, ponne- ja vaahdotusaineet, neste-kaasu(butaani), polyuretaani
alkoholit: propanolit, butanolit, pentanolit	liuottimet, puhdistusaineet, maalit
aromaattiset hiilivedyt: etyylibentseeni, ksyleenit, trimetyylibentseenit, tolueni	maalit, lakat, liimat, pakokaasut, bensiini, liuottimet, seinäpinnoitteet, polyuretaani, puhdistusaineet
bentseeni	bensiini, pakokaasut, tupakka
styreeni	polyesteri(lujitemuovi)hartsit, kumimatot
glykolit: 1-metoksi-2-propanoli, 1-etoksi-2-propanoli	vesiohenteiset maalit, lakat
1,2-propaanidioli, 2-(2-etoksietoksi)etanoli	korkkilaatat
klooratut hiilivedyt: tri- ja tetrakloorieteeni, 1,1,1-trikloorietaani	liuottimet, kuivapesuaineet, liimat
siloksaanit : mm. dekametyyliisyklopentasiloksaani	sauma-aineet, kosteuseristeet, tekstiilien hyljintäpinnoitteet
terpeenit: alfa- ja beeta-pineeni, 3-kareeni, limoneeni	puumateriaalit, hajusteet, puhdistusaineet, maalit, liuottimet
muut: TXIB, 2-etyyliheksanoli	muovimatot
1,4-diklooribentseeni	deodorantit, koimyrkyt, ilmanraikasteet

5.7.1 Tutkimusmenetelmät

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden emissioita rakennusmateriaalin pinnalta voidaan mitata FLEC-menetelmällä. Pitoisuuksien määrittäminen sisäilmasta on esitetty ISO 16000-6 -standardissa.

Näytteestä määritetään yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet, jotka yhteen laskemalla saadaan haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus, TVOC (Total Volatile Organic Compounds). Yksittäisistä yhdisteistä tulee määrittää ISO standardin 16000-6 mukaan heksaanin ja heksadekaanin välillä eluoituvat yhdisteet, mukaan lukien heksaani ja heksadekaani. Ennen VOC-aluetta eluoituvat yhdisteet ovat VVOC-yhdisteitä ja sen jälkeen eluoituvat ovat SVOC-yhdisteitä. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus eli TVOC lasketaan tältä väliltä tolueeniekvivalenttina. (SFS-EN ISO 16000-6.)

Sisäilmasta haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuuksia tutkittaessa mitataan rakenteiden tilaa sisäilman kautta. Sillä ei pyritä mittaamaan varsinaisesti sisäilmanlaatua eikä terveysvaikutuksia tai -haittoja (ei ainakaan tulisi pyrkiä). VOC-yhdisteiden pitoisuuksien avulla voidaan selvittää, onko esimerkiksi aihetta rakenteellisiin kunto-tutkimuksiin mikrobivaurion vuoksi. Samasta näytteestä voidaan myös määrittää, tulee sisäilmaan päästöjä rakennusmateriaaleista tai muista epäpuhtauslähteistä, kuten polttoaineista. VOC-näytteestä voi ilmetä myös mahdollinen ilmanvaihto-ongelma. Kohonneena, sisäilman epätavallisiin lähteisiin viittaavana pitoisuutena voidaan työ-terveyslaitoksen (2011c) mukaan pitää arvoa $250 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Toisaalta asumisterveysoppaan (2009) mukaan $200 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ - $300 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ pitoisuuksia voidaan pitää tavanomaisina.

5.7.2 PVC-muovimatot ja TXIB ja 2-etyyli-1-heksanoli

PVC-muovimatot sisältävät useita eri komponentteja, joilla vaikutetaan muovimaton valmistusprosessin onnistumiseen, käyttöominaisuuksiin, kestävyys- ja elinkaaren pituuteen. Muovimatoissa on yleisesti käytetty viskositeetin alentajana 2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidioli di-isobutyraattia, minkä kaupp nimi on TXIB. Sen käyttö

pohjoismaissa valmistetuissa tai maahantuoduissa matoissa loppui lähes kokonaan vuonna 1995. TXIB voi haihtua sisäilmaan joko maton huonon laadun tai märästä betonista vapautuvan kosteuden aiheuttaman kemiallisen reaktion seurauksena. TXIB aiheuttaa tutkimusten mukaan silmän ärsytysoireita ja saattaa lisätä astmaan sairastumisen riskiä. TXIB -pitoisuuden kohotessa yli $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kasvaa ärsytysoireiden vaara. (Metiäinen 2009; Asumisterveysopas 2009, 137.)

Yleisin Pohjoismaissa käytetty PVC-muovimaton pehmitin on DEHP, jota muovimatoissa on usein jopa 30 painoprosenttia. Kosteus betonirakenteessa luo emäksiset olosuhteet, mikä mahdollistaa hajoamisreaktion muovimatoissa ja liimojen akrylaattikopolymeereissä. Tämän reaktion tuloksena syntyy mm. 2-etyyli-1-heksanolia. Työterveyslaitoksen (2011b) mukaan kohonneiden 2-etyyli-1-heksanoli pitoisuuksien on todettu korreloivan lattian todetun rakennekosteuden sekä muovimaton väriläiskien kanssa. Toisaalta Harkosen (2012) Tampereen ammattikorkeakoulussa työterveyslaitokselle tekemänsä opinnäytetyön tuloksien perusteella myös vaurioitumattomista PVC-lattiamatoista emittoituu 2-etyyli-1-heksanolia sellaisia pitoisuuksia, joiden on oletettu merkkäavan vaurioitunutta materiaalia. Harkosen tutkimustulokset saavutettiin BULK-analyysillä. Asumisterveysoppaan (2009, 137) mukaan 2-etyyli-1-heksanoli aiheuttaa vastaavia oireita kuin TXIB. Työterveyslaitoksen ja Metiäisen mukaan emissioiden niissä pitoisuuksissa, kuin sitä sisäilmassa esiintyy, ei ole todettu suoraan korreloivan oireilun kanssa. (Työterveyslaitos 2011b; Metiäinen 2008, 36–38.) Toisaalta Valviran lausunnon (2011, 4, 6) (jonka myös Metiäinen on allekirjoittanut) mukaan 2-etyyli-1-heksanolin sisäilman pitoisuuden ylittäessä $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tolueenin vasteella laskettu tulos) voidaan tämän perusteella todeta terveyshaitta.

Sekä TXIB:n että 2-etyyli-1-heksanolin pitoisuuksia ilmassa mitataan luvussa 4.5.2 esitetyillä menetelmillä. Lisäksi mittauksia voidaan tehdä luvussa 4.7.1 esitetyllä FLEC -menetelmällä. Näin erityisesti silloin, jos on suoritettu korjaustöitä ja halutaan varmistua onko tietty pinta emissioiden lähteenä, vai johtuuko ilman kohonnut pitoisuus sorptio-ilmioista.

5.7.3 Linoleumi-lattianpäällysteet

Linoleumi-lattianpäällysteet ovat luonnonmateriaalipohjaisia. Ne ovat herkkiä kosteudelle ja päästöt (ketonit, aldehydit ja karboksyylihapot) lisääntyvät huomattavasti materiaalin kostuessa (Seuri ym. 2011).

Linoleumi-päällysteitä on pinnoitettu esim. pvc-muovilla ja polyuretaanilla. Tällöin estetään kosteuden haihtumista päällysteen pinnalta. Tällöin kosteus materiaalissa saattaa lisääntyä huomattavasti ja lisätä päästöjä. Näin etenkin, jos pinnoitteen alapuolinen kosteus ylittää tasapainokosteuden. Tasapainokosteus voi ylittyä esimerkiksi maanvaraisissa alapohjissa tai pinnoitettaessa tuoretta betonivalua.

5.7.4 Styreeni

Styreeni on aromaattinen hiilivety. Sillä on makeahko, pistävä ominaishaju jo alhaisissa pitoisuuksissa (Kivistö 2008). Styreeniä saattaa esiintyä sisäilmassa, jos rakennusmateriaaleissa käytetyn polyesterihartsin eri komponentit eivät ole reagoineet keskenään täydellisesti (Asumisterveysohje 2003). Elimistöön se imeytyy pääasiassa hengitysteitse, mutta myös ihon lävitse (Kivistö 2008).

Asumisterveysohjeen (2003) mukaan sisäilman styreenipitoisuus saa olla enintään 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Styreenille tyypillistä on sen pistävä haju (hajukynnys 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Normaalisti styreenin pitoisuus sisäilmassa on hyvin pieni, jopa alle 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pienten pitoisuuksien pitkäaikaisvaikutuksia ei tunneta. (Asumisterveysohje 2003.) Kansainvälinen syövän tutkimuslaitos luokittelee styreenin ihmisissä mahdollisesti syöpää aiheuttavaksi aineeksi (luokka2B) (IARC Cancer Databases 2013).

5.8 Kromi

Kromi on alkuaine, jonka tunnus on Cr. Se on kova, kiiltävän harmaa metalli. Sen aiheuttamat terveyshaitat riippuvat sen hapetusasteesta. Kromia esiintyy teollisuudes-

sa käytetyissä yhdisteissä yleensä hapetusasteissa 0, 3 ja 6. Kuusiarvoiset (VI) yhdisteet imeytyvät elimistöön helpommin kuin kolmiasteiset (III). (Kiilunen 2008.)

Puun kyllästyskemikaalissa kromi on kuusiarvoisena kromi(III)oksidina, joka on myrkyllistä nieltynä ja iholle joutuessaan syövyttävää ja herkistävää. Kromi(III)oksidi on todettu ihmisellä syöpää aiheuttavaksi aineeksi hengitettynä. Kyllästetyssä puussa kuusiarvoinen kromi muuttuu suurelta osin kolmiarvoiseksi. Sen ei ole todettu aiheuttavan syöpää, mutta se on haitallista hengitettynä ja se ärsyttää ihoa. (Tukes 2012.)

Lisäksi kromia on käytetty väriaineena maali- posliini- ja kumiteollisuudessa. Tärkeimpänä kromi(III)oksidi, joka on oliivinvihreä jauhe. Myös kuusiarvoiset kromiyhdisteet, jotka ovat erittäin värikkäitä, ovat käytettyjä väriaineina. Myös erikoissemeneissä on käytetty kromia, kunnes sen käyttöä on rajoitettu määräyksillä vuosina 1987 ja 2000. Myös tulenkestävissä tiilissä on käytetty kromia. (Kiilunen 2008.)

Kromiyhdisteiden kokonaispitoisuuden raja-arvo pysyvän jätteen kaatopaikalle sijoittamiseksi on 0,5 mg/kg ja tavanomaisen jätteen kaatopaikalle sijoittamiseksi 10 mg/kg (Valtioneuvosten asetus 202/2006).

5.9 Lyijy

Lyijy on alkuaine, jonka tunnus on Pb. Se on sinertävänharmaa, kiiltävä ja pehmeä metalli, jonka vetolujuus on huono. Joutuessaan kosketukseen ilman kanssa se hapettuu ja sen pinnalle muodostuu nopeasti himmeän harmaa emäksinen karbonaattikerros. Lyijy ja kaikki sen yhdisteet ovat myrkyllisiä.

Lyijyä on käytetty rakennuksissa jo pitkään erityisesti katoissa, maaleissa ja putkissa. Sitä on käytetty levynä myös kosteuseristyksiin (Heiniö ym. 1948, 113–114, 500–501, 561). 1970-luvulla lyijyä on käytetty ainakin ulkomaaleissa, saumausmassoissa ja valurautaviemärien muhviliitoksissa sekä hajulukoissa.

Lyijymaalit ovat erittäin kestäviä ja ne torjuvat, sekä hometta, että loiseliöitä ja kasveja (sateenkaari perinnetaito). Maaleissa ja muovituotteissa on käytetty ns. lyijynval-

koista pigmenttiä, jota valmistetaan lyijystä ja viinietikasta, erityisesti sävynsä johdosta. Lisäksi lyijyvalkoinen on nopeuttanut maalin kuivumista. Sisätiloissa lyijyvalkoi- sen käyttö kiellettiin lailla vuonna 1929. Ulkomaalauksessa se on kielletty valtioneu- voston päätöksellä vuoden 1993 alusta. Kielto ei kuitenkaan koskenut ”taideteosten ja historiallisten rakennusten sekä niiden entisöinnissä ja kunnossapidossa käytettäviä maaleja”. (Palomäki 1993.) Myös valtioneuvoston asetuksen 647/2009 mukaan voi- daan ”lyijysulfaatteja sisältäviä maaleja käyttää taideteosten ja historiallisten raken- nusten ja niiden sisätilojen ammattimaisessa entisöinnissä ja kunnossapidossa, jos se on kohteen säilymisen ja/tai kunnostuksen kannalta välttämätöntä.” (Valtioneuvoston asetus 647/2009). Muita lyijynoksideita kuin lyijynvalkoista on käytetty tämän jäl- keenkin,

Lyijyä on käytetty yleisesti kaksikomponenttisten polysulfidisaumaussmassojen kovet- teissa. Lyijyn käyttö väheni 1970-luvun puolivälin jälkeen, kun saumaussmassavalmis- tajat kehittivät mangaanipohjaiset kovetteet (Haukijärvi & Pentti 2000). Yleisesti saumaussmassanäytteistä tutkitaan sekä lyijyä, että PCB. Tosin vuoden 1979 jälkeen valmistuneista rakennuksista ei RATU kortin 82-0382 (PCB:tä tai lyijyä sisältävien saumaussmassojen purku) mukaan tarvitse tutkia PCB:tä, mutta lyijyä tulee tutkia myös vuonna 1989 tai aiemmin valmistuneista rakennuksista. Ratu kortti 82-0382 suositte- lee, että yli 1500 mg/kg lyijyä sisältävä saumaussmassajäte käsiteltäisiin ongelmajät- teenä. Eri lyijykemikaalien haitallisen jätteen raja-arvot ovat 1000 – 2500 mg/kg (So- siaali- ja terveysministeriön asetus 807/2001; Valtioneuvoston asetus 1128/2001; In- ternational Chemical Safety Cards 2013).

5.10 Mineraalivillat

Epäorgaanisia kuituja ovat mm. lasikuidut (tekniset lasikuidut) ja mineraalivillakuidut kuten vuorivilla, lasivilla ja kuonavilla. Ne voivat esiintyä sisäilmassa leijuvina ja pinnoille laskeutuvina. Mineraalivillakuidut ovat halkaisijaltaan alle 3 µm:stä noin 8 µm:iin.

Mineraalivillakuituja käytetään mm. rakennusten lämmön-, äänen- ja paloneristysmateriaaleissa ja ilmanvaihtosuodattimissa. Sisäympäristön kuidut ovat usein peräisin ilmanvaihtojärjestelmien vanhoista äänenvaimentimista. (Sisäilmayhdistys 2007.)

Usein siivottujen huonepintojen kuitupitoisuuden pitäisi olla alle 0,2 kpl/cm² ja harvoin siivottujen alle 3 kpl/cm², jotta välttyttäisiin kuitujen aiheuttamilta ärsytysoireilta. Ilmanvaihtojärjestelmän kuitupitoisuudelle ei ole vielä suositusarvoja. Puhtausluokitelluille ilmanvaihtotuotteille on puhtausvaatimukset, joiden mukaan käytössä olevasta äänenvaimentimesta irtoavien kuitujen kokonaispitoisuus tulee olla alle 0,01 kpl/cm². (Sisäilmayhdistys 2007.)

Sisäilman mineraalikuitupitoisuudet ovat yleensä muutamasta kymmenestä muutama sataan kuitua/m³, jos rakennusmateriaaleissa tai ilmanvaihtojärjestelmässä on käytetty mineraalivillavalmisteita. Kun halkaisijaltaan yli 3 µm epäorgaanisten kuitujen pitoisuus sisäilmassa ylittää 100 kuitua/m³, saattavat teolliset mineraalikuidut olla todennäköisenä syynä ylähengitysteiden, ihon tai silmien ärsytysoireille. (Sisäilmayhdistys 2007.) Ärsytysoireiden kokemisessa on suuria yksilöllisiä eroja (Tossavainen 2008).

Huonepinnoille laskeutuneet kuidut, jotka voivat nousta tilapäisesti ilmaan, ovat merkittävämpi altistumisen lähde kuin ilmassa leijuvat kuidut. Pinnoilta kuidut tarttuvat helposti myös käsiin aiheuttaen ihoärsytystä ja käsistä ne voivat kulkeutua silmiin. (Sisäilmayhdistys 2007.)

Mineraalivillojen side- ja pölynsidonta-aineet voivat olla myös kaasumaisten emissioiden lähteenä. Nämä emissiot ovat kuivissa villoissa pienehköjä, mutta saattavat villojen kostuttua ja lämpötilan noustessa 50 °C:n satakertaistua. Kosteat mineraali- ja lasivillat emittoivat mm. alifaattisia aldehydejä ja aromaattisia aldehydejä kuten bent-saldehydiä ja ketoneja. (Alkivuori 2001, 21.)

Kansainvälinen syövän tutkimuslaitos luokittelee keraamiset kuidut ihmisissä mahdollisesti syöpää aiheuttavaksi aineeksi (luokka 2B) (IARC Cancer Databases 2013).

5.11 Polyklooratut bifenyylit (PCB)

Polyklooratut bifenyylit eli PCB-yhdisteet ovat joukko synteettisesti valmistettuja orgaanisia klooriyhdisteitä, bifenyylin klooraustuotteita, joiden kemiallinen kaava on yleisesti $C_{12}H_{10-x}Cl_x$, missä x on klooriatomien määrä. Klooriatomeja voi olla kiinnittyneenä jokaiseen molekyyliin yhdestä kymmeneen, näin ollen saavutetaan eri kloorausasteita. Eri PCB-yhdisteitä on olemassa 209, joista yli 130 on löydetty tuotteista. Tekniset PCB-tuotteet koostuvat useista eri PCB-yhdisteistä. Yhteistä yhdisteille on erittäin suuri kestävyys korkeille lämpötiloille, kemikaaleille ja sähköjännitteille sekä hyvä lämmönjohtavuus. Ne ovat myös myrkyllisiä, vaikeasti hajoavia ja kertyvät ravintoketjuun. Ne liukenevat hyvin rasvaan ja orgaanisiin liuottimiin, mutta eivät veteen. (Tuhkanen ym. 2007; Lodenius 2010; Tuomisto, Vartiainen & Tuomisto 2011; The Lancet Oncology 2013.)

PCB-yhdisteiden pitoisuuksia on aiemmin määritelty eri kongeneerien eli yhdisteiden pitoisuuksina, ja näiden tulosten vertailu on hankalaa. Nykyään PCB-pitoisuus tulee määrittää seitsemän yhdisteen yhdistelmäarvona, PCB7:nä. Nämä kongeneerit ovat PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153 ja PCB-180. (Saura 2010; SFS-EN 15308; Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 591/2006; Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007.)

Raja-arvo PCB7-pitoisuudelle betonin hyödyntämiseen maarakentamisessa on 1 mg/kg ja ongelmajätteen raja-arvo 50 mg/kg (Työterveyslaitos 2012b; Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 591/2006). Ympäristöministeriön asetuksella yleisimpien jätteiden sekä ongelmajätteiden luettelosta (1129/2001) asetetaan PCB-pitoisuudelle raja-arvo 50 mg/kg. Tämän pitoisuuden ylittävää materiaalia käsitellään ongelmajätteenä. (Suomen ympäristökeskus 2011.)

5.11.1 Esiintyminen

PCB-yhdisteet tuotiin markkinoille 1929. Niiden pääasiallisena käyttökohteena ovat olleet kondensaattorit ja muuntajat, mutta niitä on käytetty myös esimerkiksi sau-

mausmassoissa, maaleissa, lakoissa ja betoneissa. PCB toimikunnan mietinnön mukaan (1983) Suomessa käytettiin vuonna 1969 PCB-yhdisteitä saumausmassoihin 5 tonnia ja maaleihin sekä lakkoihin 30 tonnia.

1970-luvulla PCB-yhdisteiden haittoihin kiinnitettiin huomiota ja käyttö väheni. PCB:n ja niitä sisältävien tuotteiden valmistus, maahantuonti, myynti tai luovutus kiellettiin Suomessa valtioneuvoston päätöksellä (1071/89) vuoden 1990 alussa. PCB:tä tai lyijyä sisältävien saumausmassojen purkua on käsitelty samannimisessä RATU kortissa (82-0382), mutta muille rakennusmateriaaleille ei ole erikseen ohjetta. Tätä ohjetta voitaneen kuitenkin soveltaa myös muihin rakennusmateriaaleihin.

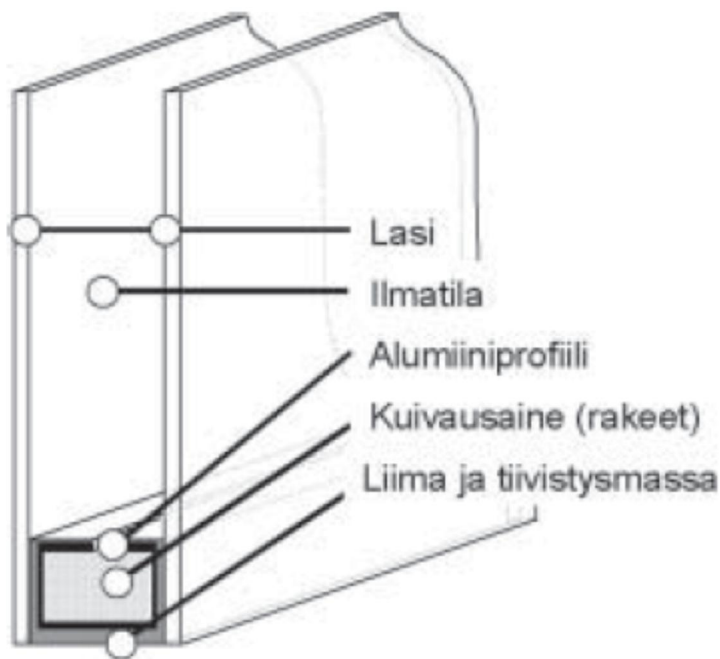
PCB-yhdisteistä on huomattava, että ne voivat imeytyä ympäröiviin materiaaleihin. Esimerkiksi PCB-pitoisesta saumausmassasta saattaa Haukijärven ja Pentin (2000) mukaan imeytyä ympäröivään betoniin niin paljon PCB:tä että betonin ja tämän jälkeän asennetun, PCB:tä sisältämättömän, saumausmassan pitoisuus ylittää ongelmajätteen raja-arvon. Toisaalta Tuhkasen ym. (2007) suorittamien kokeiden perusteella PCB ei näyttäisi kulkeutuvan merkittävästi maalista alla olevaan betoniin. Joka tapauksessa on suositeltavaa tutkia ainakin julkisivusaumoista PCB-pitoisuus, vaikka ne olisi kertaalleen uusittu, jos sitä on mahdollisesti aiemmassa sauma-aineessa ollut. Näissä sorptioilmiöissä on huomattavaa, että se riippuu voimakkaasti myös sen materiaalin, johon imeytyminen tapahtuu, huokoisuudesta ja muista ominaisuuksista. PCB-yhdisteitä sisältävän saumausmassan kanssa kosketuksessa olleisiin puurakenteisiin voidaan PCB:n olettaa imeytyvän voimakkaasti (Tuhkanen ym. 2007).

PCB:tä sisältävät laitteet on eri asetusten ja direktiivien perusteella tullut poistaa käytöstä. Näitä on kuitenkin edelleen satunnaisesti käytössä. Laitteista PCB-yhdisteitä saattavat sisältää vanhat kondensaattorit, muuntajat ja hydrauliset laitteet. (Suomen ympäristökeskus 2011.) Tällaisista laitteista on vuotojen seurauksena saattanut päästä PCB-pitoisia nesteitä rakenteisiin.

PCB-pitoisia maaleja ja lakkoja on käytetty Suomessa 1940-luvulta 1970-luvun alkuun. Niitä esiintyy erityisesti teollisuuslaitoksissa, mutta yleisesti myös kellareiden, portaikkojen ja seinien betonipinnoilla esimerkiksi asunnoissa, kouluissa ja kasarmeissa. PCB-yhdisteitä on lisätty ainakin kloorikautsu, syklokautsu- ja vinyylimalei-

hin pitoisuuksien vaihdellessa hyvin pienistä jopa 10 painoprosenttiin maalin kuivapainosta. Betonilattiamaalista on löydetty jopa yli 100 000 mg/kg pitoisuuksia. Maalit ja lakat ovat suuri terveysriski, koska niitä on käytetty sisätiloissa. Osa näistä vanhoista maaleista on yhä paikallaan, osa on hilseillyt ympäristöön ja suuri osa purettu ja kuljetettu rakennusjätteen mukana kaatopaikoille. (Tuhkanen ym. 2007)

Saumausmassoista on löydetty PCB-yhdisteitä Pyyn ja Lylyn (1998) mukaan vuosina 1957- 1979 rakennetuista taloista. Elastisia polysulfidipohjaisia saumausmassoja on käytetty elementtirakenteisten rakennusten elementtien, ikkunoiden, ovien ja julkisivuvarusteiden saumauksissa. Vuosina 1970–1974 asennettujen lämpölasien lasiliimasta ja tiivistysmassasta on löytynyt 5000- 50000 mg/kg PCB:tä. Kuvassa 6 esitetään käyttö lämpölaseissa. Julkisivujen sandwich-elementtien saumausmassoista on erityisesti huomattava, että rakennusten alkuperäisistä saumauksista niitä leviää noin 1-2 % piha-alueen maaperään saumojen kunnan huonontuessa ja saumasaneerausten yhteydessä. Siksi pintamaan PCB-pitoisuudet seinien läheisyydessä ovat kohonneita ylittäen usein ongelmajätteen raja-arvon. (Ympäristöministeriö 2004.)



Kuva 6. PCB:n käyttö lämpölaseissa (Ympäristöministeriö 2004).

5.11.2 Terveyshaitat

Elimistöön PCB-yhdisteitä voi päästä hengitysteitse, ihon läpi tai nieltynä. Niitä on löydetty lähes kaikkialta ympäristöstä 1940-luvun jälkeen. Suuria määriä PCB:tä on viety kaatopaikoille, kaadettu maahan tai vuotanut ympäristöön. Suomalaisten suurin altistus johtuukin ravinnon mukana tulevasta PCB:stä. (Tuhkanen ym. 2007.)

PCB-yhdisteillä on lähinnä pitkäaikaisia vaikutuksia ihmisiin. Ne kerääntyvät rasvakudokseen sekä maksaan ja erittyvät hitaasti virtsan, ulosteiden ja rintamaidon kautta. PCB-yhdisteet voivat myös kulkea istukan läpi äidistä sikiöön. Terveysvaikutuksia ovat ainakin kehityshäiriöt, immuunijärjestelmän ja umpieritysjärjestelmän häiriöt. (Tuhkanen ym. 2007, 18–20.) Kansainvälinen syöväntutkimuslaitos on arvioinut PCB-yhdisteet ihmisessä todennäköisesti syöpää aiheuttavaksi aineeksi (luokka 2A) (IARC Cancer Databases 2013). Lisäksi ne ovat erittäin myrkyllisiä vesieliöille ja aiheuttavat pitkäaikaisia haittavaikutuksia vesiympäristössä.

PCB-yhdisteitä käsiteltäessä tulee huomioida, että ne tunkeutuvat helposti ihon, PVC:n ja lateksin lävitse. PCB:tä läpäisemättömiä aineita ovat muiden muassa polyeteeni, polyvinyylisetaatti, PTFE, butyylikumi, ntriilikumi ja neopreeni. (Ympäristöministeriö 2004.)

5.11.3 Tutkimusmenetelmät

Saumausmassoista otetaan PCB- ja lyijymääritystä varten vähintään kolme, noin 5-10 senttimetrin pituista näytettä rakennusta ja saumausmassatyypistä kohden. Näytteet irrotetaan puukolla, joka puhdistetaan huolellisesti liuottimella jokaisen näytteen jälkeen. Näytteet tulee pakata kaksinkertaiseen folioon. (RATU 82-0382; Työterveyslaitos 2012b.) Maalipinnoilta näyte voidaan rapsuttaa tai piikata.

Tuhkanen ym. (2007) esittelevät useita ulkomaisia tutkimuksia, joissa ilmanäytteenottoa on käytetty apuna PCB-pitoisten rakennusmateriaalien etsimisessä: Sisäilman kohonnut PCB-pitoisuus kertoo rakennuksen sisältävän PCB:tä. Tämä lieneekin hyvä

tapa varmistaa onko rakennuksessa PCB-yhdisteitä, ellei niitä materiaalinäytteistä löydetty.

5.12 Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH)

Polysyklisillä aromaattisilla hiilivedyillä, PAH-yhdisteillä, tarkoitetaan laajaa joukkoa orgaanisia yhdisteitä, jotka koostuvat hiilestä ja vedystä ja muodostuvat kahdesta tai useammasta yhdistyneestä aromaattisesta renkaasta. Ne ovat hyvin laajalle levinneitä ympäristön epäpuhtauksia joita syntyy orgaanisen materiaalin epätäydellisessä palamisessa. Suuren osan niistä on joko todettu olevan ihmiselle syöpävaarallisia (bentso[a]pyreeni ja kivihiilipiki) tai todennäköisesti tai mahdollisesti aiheuttavan ihmisille syöpäsairauden vaaraa. (IARC 2010, 35; IARC Cancer Databases 2013)

5.12.1 Esiintyminen

Polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä sisältäviä rakennusmateriaaleja on käytetty rakennuksissa veden- tai kosteudeneristeenä. Aiemmin kivihiilitervaa, luonnonasfalttia ja bitumia sekä näillä kyllästettyä huopaa käytettiin piharakenteiden, rakennusten alapohjien ja perustusten, märkätilojen ja välipohjien tiivistämiseen. Ulko- ja väliseinissä sekä putkieristeiden päällysteenä käytettyjä tervapahveja on kyllästetty puu- ja kivihiilitervalla ja bitumilla. Kattohuopien kyllästysaineena on käytetty kivihiilipikeä, luonnonasfalttia, erilaisia öljyseoksia ja myöhemmin bitumia. Nykyisin käyttö rajoittuu lähinnä kreosootin rajattuun ammattikäyttöön puun kyllästysaineena sekä bitumin käyttöön. Bitumin syöpävaarallisuudesta ei ole näyttöä. (Karvinen 2011.)

5.12.2 Kivihiiliterva

Kivihiiliterva koostuu sadoista yhdisteistä, pääasiassa polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä (PAH) (60–85 %), fenoleista sekä heterosyklisistä rikki- ja typpi-yhdisteistä. Kivihiiliterva esiintyy yleensä kiinteässä pikimäisessä olomuodossa. Se on tumman väristä, ja siinä on voimakas pistävä haju. Kuivissa olosuhteissa haihtuvat

yhdisteet ovat saattaneet hävitä, jolloin kivihiilipien olomuoto on muuttunut sitkeästä hauraaksi ja haju vaikeasti havaittavaksi. (Työterveyslaitos 2011a.)

Kreosootti on muodostunut yleisnimeksi kivihiilitervan tisleille, joita on käytetty rakentamisessa. Tarkemmin kivihiilitervan tislaustuotteet voidaan jakaa kemialliseen öljyyn, kreosoottiin (puunkyllästeaine) ja kivihiilipikeen (kosteuseristys, katteet) (IARC 2010).

Kivihiilipikeä on levitetty lähinnä ennen 1960-lukua kosteuden- ja vedeneristeeksi kiviaineisille pinnoille (Työterveyslaitos 2011a). 1970-luvulla kreosoottia on käytetty puun kyllästysaineena. Kreosootin käyttö puun kyllästeenä on kielletty lukuun ottamatta tiettyjä teollisuus- ja ammattikäyttöjä vuonna 2003 (Valtioneuvoston asetus kreosootin ja sillä käsitellyn puun käytön ja markkinoille luovuttamisen rajoittamisesta 8/2003). Kivihiilitervan haitallisimmat aineet ovat polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä.

Iholla kivihiiliterva voi aiheuttaa herkistymistä ja ärsytysoireita. Osa kivihiilitervan komponenteista voi imeytyä ihon kautta elimistöön (pääasiallinen altistumisreitti) ja aiheuttaa mm. heikkouden tunnetta, päänsärkyä, sekavuutta, huimausta ja pahoinvointia (IARC 2010). Nieltynä kivihiiliterva on aiheuttanut kuoleman aikuisella noin 7 g ja lapsella noin 1-2 g annoksella (Työterveyslaitos 2011a). Kansainvälinen syöväntutkimuslaitos IARC on arvioinut kivihiilitervan ihmisessä todennäköisesti syöpää aiheuttavaksi aineeksi (luokka 2A) (IARC Cancer Databases 2013).

5.12.3 Tutkimusmenetelmät

Polysyklisten aromaattisten hiilivetyjen näytteestä analysoidaan EPA:n (Yhdysvaltojen ympäristösuojeluvirasto) priorisoimat 16 PAH-yhdistettä (Työterveyslaitos 2012a).

Materiaalinäytteeksi otetaan puhdistetuin välinein noin 10 g tutkittavaa materiaalia. Esim. betoni tai sementti näyte on hyvä hiertää hienommaksi. Näyte pakataan alumiinifolioon ja edelleen minigrip-pussiin. (Työterveyslaitos 2009.)

Ilmanäyte otetaan imemällä keräimen läpi tietty määrä ilmaa. Keräimessä tulee olla sekä suodatin hiukkasjakeelle että adsorptiomateriaali kaasujakeelle jotta näytteeseen saadaan molemmat jakeet. PAH-yhdisteet jakautuvat ilmassa sekä kaasu- että hiukkasfaasiin. Naftaleeni, joka on PAH-yhdisteryhmän haihtuvin, on yleensä höyryjakeen pääkomponentti. Höyryjakeessa esiintyvät myös asenaftyleeni, asenafteeni, fluoreeni, fenantreeni sekä antraseeni. Fluoranteeni ja pyreeni esiintyvät sekä höyry- että hiukkasjakeessa. Hiukkasjakeen yhdisteisiin, jotka ovat vaikeasti huoneenlämpötilassa haihtuvia (kiehumispisteet 375–545 °C), kuuluvat bentso[a]antraseeni, kryseeni, bentso[b]fluoranteeni, bentso[k]fluoranteeni, bentso[a]pyreeni, indeno[1,2,3-cd]pyreeni, dibentso[a,h]antraseeni, bentso[ghi]peryleeni sekä fluoranteeni ja pyreeni, jotka esiintyvät osittain myös höyrymuodossa. (Työterveyslaitos 2012a; Karvinen 2011.)

5.12.4 Jätteenkäsittely

Ratu -kortissa 82-0381 (2011), jossa ohjeistetaan kivihiihliipikeä sisältävien rakenteiden purkuun, esitetään että kivihiihliipikijäte tulee pakata tiiviisiin ja kestäviin pakkauksiin. Sitä ei saa välivarastoida työmaalle ja kaatopaikalle ilmoitetaan etukäteen PAH-yhdisteitä sisältävästä jätteestä ja sen määrästä. (Ratu 82-0381.) Tätä voitaneen soveltaa muihinkin PAH-yhdisteitä sisältäviin jätteisiin.

Raja-arvo PAH-pitoisuudelle betonin hyödyntämiseen maarakentamisessa on 20 mg/kg ja ongelmajätteen raja-arvo 200 mg/kg (Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 591/2006; Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista annetun valtioneuvoston päätöksen muuttamisesta 202/2006).

5.13 Puun suoja-aineet

Puun kyllästykseen on tavallisesti käytetty vesiliukoisia suolakyllästeitä ja kreosoottia. CCA-tyypin suolakylläste sisältää arseenia, kromia ja kuparia. Suolakyllästetty puu on hajutonta ja väriltään vihertävää. Kreosoottikyllästetty puu on väriltään ruskea, haisee voimakkaasti ja tahrii. (Palomäki 1993.)

Vaarallisia aineita haitallisina pitoisuuksina sisältävä puujäte on ongelmajätettä (valtionneuvoston asetus 1128/2001 ja ympäristöministeriön asetus 1129/2001). Ongelmajätteeksi luokiteltavia puujätteitä ovat esimerkiksi kreosottiöljykyllästeillä sekä arseeni- ja kromipitoisella (CCA, CC) kyllästysaineella käsitelty puu. Tällaiset jätteet tulee aina toimittaa käsitellyn puun erilliskeräilypaikkaan tai ongelmajätteen vastaanottoonpaikkaan. Näin on toimittava myös silloin, jos ei ole tiedossa, millä kyllästysaineella puu on käsitelty.

Kyllästetystä puusta liukenee maaperään ja veteen käytön aikana vaarallisia aineita. Nämä ovat ympäristöön jouduttuaan monille eliöille erittäin myrkyllisiä. CCA-kyllästeen sisältämät raskasmetallit eivät hajoa, vaan kertyvät ympäristöön ja eliöihin. Kyllästetystä puusta rakennetuilla leikkipaikoilla lasten altistuminen voi olla mahdollista ihokosketuksen ja hiekkaan huuhtoutuneiden aineiden välityksellä. (Tukes 2012.)

5.14 Raskasmetallit

Raskasmetalli on lääketieteellinen yleisnimitys erilaisille ympäristölle ja terveydelle haitallisille metalleille. Lääketieteessä näiksi metalleiksi luokitellaan myös alkuaineiden jaksollisessa järjestelmässä keveitä metalleja. Raskasmetallit saattavat säilyä pitkään elollisen luonnon kierrossa.

Ympäristöministeriön asetuksen mukaan

"raskasmetallilla" tarkoitetaan kaikkia antimoni-, arseeni-, kadmium-, kromi(VI)-, kupari-, lyijy-, elohopea-, nikkeli-, seleeni-, telluuri-, tallium- ja tinayhdisteitä, mukaan luettuina nämä metallit metallisessa muodossa, mikäli ne on luokiteltu vaarallisiksi aineiksi. (Ympäristöministeriön asetus yleisimpien jätteiden sekä ongelmajätteiden luettelosta 1129/2001.)

Rakennusmateriaalien haitta-aineiden kannalta keskeisimpiä raskasmetalleja käsitellään tässä työssä erikseen omissa luvuissaan.

5.15 Sinkki

Sinkki on alkuaine, jonka kemiallinen merkki on Zn. Se on metalli, joka kiinteänä on kiiltävää ja sinertävän valkoista. Huoneenlämmössä sinkki on haurasta ja kiteistä. Sinkki esiintyy rakennustarvikkeissa erityisesti sinkityissä teräksissä (mm. rakenteet, naulat, ohutlevyt). Sinkityksellä suojataan metallia hapettumiselta. Sinkkiferriittiä ja sinkkioksidia on käytetty maaleissa. Sinkkijauhe ja useat sinkin yhdisteet ovat ympäristövaarallisia, raja-arvo on 2500 mg/kg (Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetus kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä 807/2001).

5.16 Öljyhiilivedyt

Raakaöljy on lukuisten erilaisten yhdisteiden muodostama seos. Se koostuu enimmäkseen eripituisista hiilivedyistä, mutta sivukomponentteina on myös happea, typpeä, rikkiä ja vaihtelevasti metalleja sisältäviä orgaanisia yhdisteitä. Öljyhiilivedyissä on suoria (alifaattisia), haaroittuneita, syklisiä, alisyklisiä, polysyklisiä, aromaattisia sekä polyaromaattisia yhdisteitä, joiden osuudet vaihtelevat öljyalaaduittain. Öljyä jalostettaessa se jaetaan hiilivetykoostumukseltaan vaihteleviin fraktioihin, joiden ominaisuudet poikkeavat huomattavasti toisistaan. Alimmissa lämpötiloissa tislautuvien kevyiden jakeiden kuten moottoribensiinin hiililuku vaihtelee välillä $C_3 - C_{12}$. Keskitis- leiden, kuten dieselöljyn ja kevyen polttoöljyn hiililuku vaihtelee välillä $C_9 - C_{27}$. Raskaimpiin jakeisiin lukeutuvat mm. raskas polttoöljy, voiteluöljy ja bitumi. Niiden sisältämät yhdisteet muodostuvat jopa 100 hiiliatomia sisältävistä molekyyleistä. (Sil- lanpää 2007.) Öljyhiilivedyt voidaan jakaa myös seuraavasti: Bensiinijakeet ($C_5 - C_{10}$), keskitisleet ($>C_{10} - C_{21}$) ja raskaat öljyjakeet ($>C_{21} - C_{40}$) (Valtioneuvoston ase- tus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007). Raken- nuksien haitta-aineita tutkittaessa käsitellään tavallisesti jakeiden, joiden hiililuku on $C_{10} - C_{40}$, summaa. Tämän analysointiin käytetään standardimenetelmää SFS-ISO 16703:2004 (Paxal 2012).

5.16.1 Käyttö

1970-luvulla tai sen jälkeen ei esimerkiksi valuasfaltteja, jotka vanhemmissa rakennuksissa ovat suuri öljyhiilivetyjen lähde, ole käytetty. Suurin merkitys lieneekin käytönaikaisilla kontaminaatioilla, joissa öljyä on usein imeytynyt betoniin ja tästä mahdollisesti edelleen maaperään. Myös Komulaisen, Säntin ja Huttusen (2011) mukaan betonissa haitallisten aineiden esiintymisen yleisin syy on tutkituissa tiloissa tapahtunut öljyvahinko tai tiloissa olleet materiaalit, koneet ja laitteet.

Öljysäiliö- ja kattilahuoneiden sekä muiden vastaavien tilojen, joissa jo luonteensa puolesta on käsitelty öljyjä, lisäksi erityisesti irtainvarasto, ajoneuvosäilytys ym. tiloissa saattaa rakenteisiin olla päässyt öljytuotteita. Riippuen öljytuotteesta, se saattaa öljyhiilivetyjen ohella sisältää esimerkiksi PCB-yhdisteitä (kondensaattoriöljyt) sekä raskasmetalleja ja PAH-yhdisteitä (jäteöljyt) (Komulainen 2013).

5.16.2 Raja-arvot ja haitallisuus

Sisäilmastoseminaarissa 2012 Säntti ja Komulainen (2012) esittivät mittausten perusteella saatuja laskennallisia arvioita, että jo hieman alle 100 mg/kg öljyhiilivetypitoisuus betonissa voi aiheuttaa sellaisia VOC-emissioita, ettei rakennusmateriaalien päästöluokka M1 ei täyty. Pitoisuudella 250 mg/kg saattaa M2 päästöluokan raja ylittyä. Pienehkötkin öljyvahingot voivat siis olla ongelmallisia, vaikka jätteen hyötykäytön maarakentamisessa ja pysyvän jätteen kaatopaikalle sijoittamisen raja-arvo on jakeilla C₁₀-C₄₀ 500 mg/kg. (Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista annetun valtioneuvoston päätöksen muuttamisesta 202/2006; Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa annetun valtioneuvoston asetuksen liitteiden muuttamisesta 403 /2009.)

Öljyt aiheuttavat paitsi syöpää, myös myrkytyksiä, kehityshäiriöitä ja lisääntymisongelmia. Osa öljyjen yhdisteistä on rasvaliukoisia, joten luontoon päästyään ne rikastuvat ravintoketjussa. Kevyemmät jakeet ovat herkempiä haihtumaan, jolloin ne myös aiheuttavat oireita pienemmillä materiaalipitoisuuksilla. (Gråsten & Kiukas 2004.)

6 CASE-TUTKIMUS

Tässä pääluvussa esitellään pääpiirteittäin yksi kirjoittajan Vahanen Tampere Oy:ssä työsuhteessa tekemä haitta-ainekartoitus. Kyseinen haitta-ainekartoitus oli osa laajempaa, useiden asiantuntijoiden yhteistyössä tekemää julkisivu ja taloteknisen peruskorjauksen suunnittelua. Kirjoittajan tekemän kartoituksen tavoitteena oli selvittää kiinteistössä käytetyt haitta-aineet erityisesti korjaustöiden kannalta. Tutorina ja ohjaajana toimi Vahanen Tampere Oy:n RF-palveluvastaava Toni Lammi.

6.1 Lähtötiedot

Tutkimuksen kohteena oli Tampereella sijaitseva kolmen asuinkerrostalon ja yhden liikerakennuksen muodostama kiinteistö, jossa asuinrakennusten sisäpuoliset osat olivat tutkimuksen kohteena. Kohdekiinteistössä on 77 asuntoa ja se on rakennettu vuonna 1970. Lähtötietoasiakirjoina käytettiin rakennuspiirustuksia 2000-luvulta, jolloin kohteessa oli toteutettu ulkopuolisia korjaustöitä. Rakennusselostusta tai muuta tietoa rakennuksessa käytetyistä materiaaleista ei sisätilojen osalta ollut saatavissa. Kaikki lähtötiedot saatiin tilaajalta, joka on keskisuuri vuokratalosäätiö ja kyseisen kiinteistön omistaja.

6.2 Kenttätutkimukset

Kenttätutkimukset suoritettiin keväällä 2013. Tutkimuksia suoritettiin kiinteistön yhteistiloissa sekä neljässä asuinhuoneistossa. Ensimmäisenä kenttäpäivänä otettiin näytteitä silmämääräisen havainnoinnin perusteella haitta-aineita mahdollisesti sisältävistä rakennusmateriaaleista.

Materiaalinäytteitä otettiin, ja niistä tehtiin laboratorioanalyysjä taulukon 4 mukaisesti. Näytteet N1-N17 otettiin niistä keskeisistä materiaaleista, joiden haitta-aineet haluttiin selvittää, tai materiaaleja haluttiin tarkastella tarkemmin. Kaikille materiaalinäytteille ei siis suoritettu laboratoriotutkimuksia, mutta näistä haluttiin kokeneemman

tutkijan arvio. Materiaaleja, jotka eivät kokemukseräisen tiedon mukaan todennäköisesti sisällä haitta-aineita, ei tutkittu. Kaikille näytteille ei tehty laboratorioanalyysyjä. Loput näytteet (N18-N21) otettiin, koska näytteen N3 (putkieristeen tervapahvipinnoite) sisäpinnasta löytyi laboratorion mikroskooppitutkimuksissa irtonaisia asbestikuituja ja haluttiin selvittää oliko kyseessä yksittäistapaus.

Taulukko 4 Näytteet ja analyysit

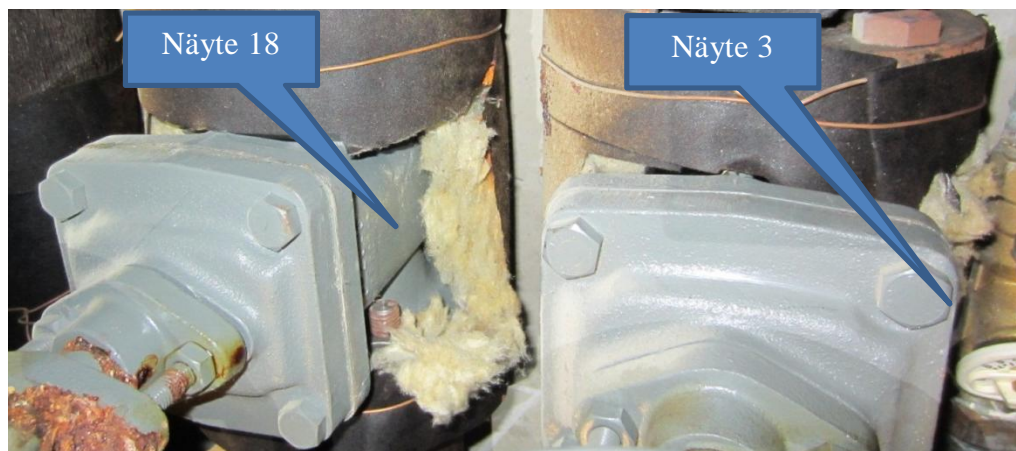
Näyte nro.	Materiaali	Analyysi
N1	Putkieristeen päällyste (tervapahvi)	Ei analysoitu
N2	Kellarin lattiamaali + tasoite	Raskasmetallit + PCB
N3	Putkieristeen päällyste (tervapahvi)	PAH + asbesti
N4	Putkieristeen päällyste (tervapahvi)	PAH
N5	Putkieristeen päällyste (tervapahvi)	PAH
N6	Seinälaatta + laasti	Asbesti
N7	Lattiamatto + keltainen liima	Asbesti
N8	Katon akustolevy + liima + pinnoite	Ei analysoitu
N9	jalkalista + musta liima	Raskasmetallit
N10	lattialaatta + liima	Asbesti
N11	Muovitapetti + liima + tasoite	Asbesti
N12	Seinälaatta+ laasti	Asbesti
N13	lattiamatto + keltainen liima	Asbesti
N14	Katon akustolevy + pinnoite	Ei analysoitu
N15	IV-poiston kuitusementtilevy	Asbesti
N16	Alkup. Linoleumimatto	Ei analysoitu
N17	Putkieriste (kangaspäällysteellä)	Asbesti
N18	Putkieriste (tervapahvipäällysteellä)	Asbesti
N19	Putkieriste (tervapahvipäällysteellä)	Asbesti
N20	Putkieriste (tervapahvipäällysteellä)	Asbesti
N21	Putkieriste (tervapahvipäällysteellä)	Asbesti

6.2.1 Asbesti

Asbestin todennäköinen esiintyminen putkieristeissä on tavallisesti helposti tunnistettavissa kokemukseräisesti. Pinnoitteena käytetty kangas, eristemassa (koko matkalla tai mutka-, liitos- ja venttiilikohdissa) ja putken pintaa vasten oleva asbestipahvi ovat yleisimpiä asbestipitoisia materiaaleja.

Näytteestä N3 ei tilattu asbestianalyysia, mutta laboratoriossa huomattiin pinnassa pieniä puutikun näköisiä kappaleita ja näyte otettiin asbestin selvittämiseksi tarkempaan analyysiin. Tervapahvi tai näytteessä tämän alla ollut mineraalivilla eivät materiaaleina tyypillisesti sisällä asbestia, joten asbestikuidut olivat oletettavasti joutuneet

näytteen pinnalle muusta materiaalista. Laboratorion mukaan näytteessä asbestikuidut olivat niin harvassa, etteivät ne välttämättä päädy otettuun satunnaisnäytteeseen, eikä näytteestä voi arvioida niiden kulkutapaa näytteeseen (Nieminen 2013). Näyte otettiin putkikotelossa kulkevasta lämpöputkesta tarkastusluukun kautta. Vastaavaa tervapahvia, jonka alla oli mineraalivilla tai pahvikouru (asbestivapaa, alumiinilaminaatti sydämellä) oli käytetty kiinteistössä muissakin pohja/kellarikerroksen alakatoissa ja koteloidissa kulkevissa putkissa (kuvat 7 ja 8). Näissä eristeissä ei myöskään mutka-, liitos- tai muissa vastaavissa kohdissa ollut putkea vasten käytetty eristeenä muuta kuin villaa tai pahvikourua.



Kuva 7. Tervapahvi + villa



Kuva 8. Tervapahvi + aaltopahvikouru + alumiinilaminaattipaperi

Näkyvissä kulkevat putket oli pinnoitettu ”piiloputkissa” käytetyn tervapahvin sijaan kankaalla (kuva 9), joka oli sivelty silmämääräisesti tarkasteltuna asbestipitoisella massalla ja tämän jälkeen maalattu. Useiden koeavausten perusteella ei kuitenkaan vaikuttanut siltä, että putkieristeiden pinnoitetta olisi uusittu, joten ei ollut oletettavaa

että piilossa kulkevissa putkissa olisi aiemmin ollut asbestipitoinen pinnoite, joka olisi korvattu nykyisillä mustilla pinnoitteilla.



Kuva 9. Putkieristeen maalattu päällystekangas

Myös putkiliitosten laippatiivisteet (kuva 10) saattavat mahdollisesti sisältää asbestia. Näistä ei kuitenkaan otettu näytteitä, koska näytteenotto paineellisten putkien tiivisteistä olisi varsin hankalaa.



Kuva 10. Laippatiiviste

Kiinteistössä oli porraskäytävissä ja muissa yhteistiloissa käytetty yleisesti seuraavan kuvan mukaista vinyylilattialaattaa, joka usein sisältää asbestia. Myös kyseisten laattojen kiinnitysliimana käytetty musta bitumiliima sisältää usein asbestia. Lattialaatasta ja liimasta otettiin yksi näyte, josta teetettiin asbestitutkimus.



Kuva 11. Vinyylilaattoja ja jalkalista

Yhteiskäytössä olevat sauna- ja pesutilat vaikuttivat uusituilta aikana, jolloin asbestipitoisia materiaaleja ei todennäköisesti ole niissä käytetty. Alkuperäiset kiinnitys- ja tasoituslaastit saattavat kuitenkin sisältää asbestia, eikä näitä ole usein poistettu riittävän huolellisesti pintamateriaaleja uusittaessa. Näytteitä ei kuitenkaan otettu, koska satunnainen näyte ei mahdollisesti osu kohtaan, jossa vanhaa laastia on jäljellä. Kuvassa 12 näkyvät pesutilojen uusitut pintamateriaalit. Alkuperäisiltä vaikuttavia keraamisia laatoituksia olivat keittiöiden ja WC:n välitilojen laatoitukset (kuva 13), joista otettiin yksi näyte.



Kuva 12. Talosaunan löyly- ja pesuhuone



Kuva 13. Asuinhuoneiston keittiön välitilan laatoitus

Myös erityisesti kosteissa tiloissa käytetyt muovimatot ja muovitapetit sisälsivät 1970-luvulla usein asbestia. Seuraavassa kuvassa näkyy kostean tilan muovimatto ja muovitapetti, joista molemmista otettiin yksi näyte asbestin selvittämiseksi.



Kuva 14. Asuinhuoneiston pesuhuoneen muovimatto ja muovitapetti

Kuvassa 12 näkyy saunan kiukaan yläpuoli, missä on tavallisesti talosaunoissa palon-
suojailevy, jona usein on 1970-luvulla käytetty asbestikuitusementtilevyä. Mahdollisesti asbestipitoista kuitusementtilevyä on käytetty ainakin yhteistiloissa ilmanvaihtokanavien poistoventtiilien yhteydessä. Syynä käyttöön on tavallisesti ollut levyn paloneristysominaisuudet.



Kuva 15. Kuitusementtilevy yhteistilojen ilmanvaihtoventtiilin yhteydessä

6.2.2 Raskasmetallit ja PCB

1970-luvulla käytettyjen erityisesti maanvastaisten betonirakenteiden maalit saattavat sisältää PCB-yhdisteitä ja raskasmetalleja. Kohdekiinteistön kaikkien rakennusten pohjakerrosten betonilattiat oli maalattu alun perin ruskealla maalilla, jonka päälle oli useimmissa tiloissa maalattu siniharmaalla maalilla. Näistä ja alla olevasta tasoitekerroksesta otettiin seuraavan kuvan mukaisesta kohdasta yksi näyte. Tästä tutkittiin raskasmetallit sekä PCB-yhdisteet.



Kuva 16. Betonilattiamaa

Aikakaudella käytetyt muovituotteet saattavat sisältää raskasmetalleja. Porrashuoneissa oli käytetty mustaa muovista jalkalistaa (kuva 11). Tästä otettiin yksi näyte, josta teetettiin raskasmetallianalyysi.

6.2.3 Polysykliset aromaattiset hiilivedyt

Sisätiloissa havaittiin kenttätutkimusten yhteydessä mahdollisesti PAH-yhdisteitä sisältäviä materiaaleja putkieristeiden päällysteinä (kuvat 7 ja 8). Näitä mustia tai tummanruskeita kyllästettyjä pahveja ja huopia oli kolmea eri tyyppiä. Joka tyyppistä otettiin näytteet analysoitavaksi.

6.3 Laboratorioanalyysien tulokset

Näytteet lähetettiin Vahanen Oy:n laboratoriopalveluyksikköön, jossa suoritettiin asbestianalyysit ja teetettiin muut tutkimukset edelleen ALS Finland Oy:llä. Asbestianalyysistä saatiin seuraavan taulukon mukaiset tulokset.

Taulukko 5. Asbestianalyysit. Vahanen Oy / Laboratorio 2013.

Näyte	Tila	Materiaali	Asbestia	Tyyppi	Analyysi
3, 19, 20, 21	A-talo, kellari	Putkieristeen pinnoite	Kyllä*	Antofylliitti	VM
6	A-talo, kellari, WC	Keraaminen seinälaatta + laastit	Kyllä	Antofylliitti	VM
7	A-talo, kellari, WC	Lattiamatto + keltainen kiinnityslima	Ei	-	SEM
10	A-talo, porrashuone	Vihreä vinyylilaatta + musta kiinnityslima	Kyllä**	Antofylliitti Krysotiili	VM
11	As. 11 KPH	Valkoinen muovitapetti, liima, tasoite	Ei	-	SEM
12	As. 11, keittiö	Keraaminen seinälaatta + laastit	Ei	-	VM
13	As. 13 KPH	Sinertävänharmaa lattiamatto + kelt. liima	Ei	-	SEM
15	C-talo, WC	IV-poiston kuitusementtilevy	Kyllä	Krokidoliitti Krysotiili	VM
17	A-talo, kellari	Putkieristeen päällyskangas	Kyllä	Antofylliitti	VM
18	A-talo, kellari	Putkieriste, lämpöjohdon venttiili	Kyllä***	Antofylliitti	VM

* Näyte 3, 19, 20 ja 21: Musta pinnoite itsessään ei sisällä asbestia. Näytteiden 3 ja 19 ulko- ja sisäpinnoilla havaittiin kuitenkin olevan yksittäisiä irrallisia asbestikuitukimppuja.

** Näyte 10: Vinyylilaatta ja musta liima kumpikin sisältävät asbestia.

*** Näyte 18: Mustan bitumihuovan ulko- ja sisäpinnalla havaittiin olevan yksittäisiä irrallisia asbestikuitukimppuja.

Kaikkien näytteiden tutkitut raskasmetalli-, PCB- ja PAH-pitoisuudet alittivat selkeästi haitallisen jätteen raja-arvot (ALS Finland Oy 2013,). Tuloksia tarkasteltaessa tulee ottaa huomioon virhemarginaalit analyyseissä sekä materiaalien epähomogeenisuus. Näiden johdosta saattaa olla tarpeellista käsitellä haitta-ainepitoisina sellaisiakin materiaaleja jotka eivät selkeästi alita raja-arvoja.

6.4 Tulokset ja johtopäätökset

Kartoitetussa rakennuksessa on käytetty huolto- ja korjaustöiden kannalta haitallisia sekä vaaralliseksi jätteeksi luokiteltavia materiaaleja. On mahdollista, että kohteessa tehtävien korjaus- ja purkutöiden yhteydessä rakenteiden sisällä tai uusien materiaalien alla havaitaan haitta-ainepitoisia materiaaleja, joita ei tämän tutkimuksen aikana ollut mahdollista havaita ja tutkia. Tämän vuoksi on mahdollista, että rakenteista joudutaan ottamaan lisää näytteitä mahdollisten purku- ja korjaustöiden yhteydessä.

6.4.1 **Haitta-ainepitoiset materiaalit tilojen käytön kannalta**

Mustalla pahvilla ja huovalla päällystettyjen putkien eristeiden pinnoitteiden sisä- ja ulkopinnoilla on yksittäisiä irtonaisia asbestikuitukimppuja. Nämä putket kulkevat koteloiden ja alakattojen sisässä, mutta putkien ympäristössä huoltotöitä suoritettaessa tulee huomioida mahdollisten asbestikuitujen esiintyminen.

6.4.2 **Haitta-ainepitoiset materiaalit korjaustöiden kannalta**

Porrashuoneiden lattioiden vinyylilaatoitukset ja kiinnitykseen käytetyt mustat bitumi-liimat sisältävät asbestia. Vinyylilaatoitusten ja liimojen purkutyö on tehtävä asbestipurkutyönä, kuten valtioneuvoston asetuksessa 205/2009 on asetettu.

Valkoiseksi maalattujen putkien eristeet sisältävät asbestia ja niiden purkutyö on tehtävä asbestipurkutyönä, kuten valtioneuvoston asetuksessa 205/2009 on asetettu.

Mustalla pahvilla ja huovalla päällystettyjen putkien eristeen pinnoitteen sisä- ja ulkopinnalla on yksittäisiä irtonaisia asbestikuitukimppuja ja niiden purkutyö on tehtävä asbestipurkutyönä, kuten valtioneuvoston asetuksessa 205/2009 on asetettu. Koska kyseessä oli ns. rajatapaus, asiaa tiedusteltiin puhelimitse Länsi- ja Sisä-Suomen aluehallintoviraston työsuojeluosastolta. Vastauksen perusteella purku tulee tehdä asbestipurkutyönä, koska on oletettavissa, että asbestia voi purkutyön yhteydessä vapautua ilmaan. Edelleen, missä on mustalla pahvilla/huovalla päällystettyjä putkia, on putkien kotelorakenteiden ja alakattojen peltilevyjen pinnalle saattanut kulkeutua asbestikuituja. Näiden alakattojen peltilevyjen ja putkien kotelorakenteiden purkutyö on tehtävä asbestipurkutyönä, kuten valtioneuvoston asetuksessa 205/2009 on asetettu.

Putkistojen vanhoissa laippaliitosten tiivisteissä on aikaisemmin käytetty asbestia. Vanhoja laippaliitoksia havaittiin kiinteistön putkilinjoissa.

Alkuperäisten keraamisten seinälaattojen kiinnitykseen ja/tai saumaukseen on käytetty asbestipitoista laastia. Asbestipitoisen laastin purkutyö on tehtävä asbestipurkutyönä, kuten valtioneuvoston asetuksessa 205/2009 on asetettu.

Ainakin pohjakerroksissa on ilmanvaihdon poistokanavien venttiilien yhteydessä käytetty asbestisementtikuitulevyä. Näiden purkutyo on tehtävä asbestipurkutyoenä, kuten valtioneuvoston asetuksessa 205/2009 on asetettu.

Kaikissa purkutöissä on kiinnitettävä erityistä huomiota pölyntorjuntaan sekä asianmukaiseen henkilösuojaimien käyttöön.

6.4.3 Haitta-ainepitoiset materiaalit jätteiden kannalta

Yhteistiloissa käytetyn vinyylilaatoituksen ja sen liimojen, alkuperäisten keraamisten seinälaattojen laastien ja asbestisementtikuitulevyjen purkamisesta syntyvä jäte kuuluu Valtioneuvoston asetuksen 179/2012 mukaiseen jäteluokkaan 17 06 05* (asbestia sisältävät rakennusaineet) ja se on vaarallista jätettä.

Pohjakerroksissa sijaitsevien valkoiseksi maalattujen putkieristeiden purkamisesta syntyvä jäte kuuluu Valtioneuvoston asetuksen 179/2012 mukaiseen jäteluokkaan 17 06 01* (asbestia sisältävät eristysaineet) ja se on vaarallista jätettä.

6.5 Tutkimuksen pohdinta

Haitta-aineita tutkittaessa kohdistetun tutkimuksen luotettavuus on kiinni paitsi tutkijan kokemuksesta, myös näytemäärästä, joka on aina kompromissi kulujen ja tulosten luotettavuuden välillä. Tutkimustulokset tulee kuitenkin pystyä esittämään sillä varmuudella, että jatkotoimet voidaan niiden pohjalta suorittaa turvallisesti. Tässä tutkimuksessa esitettiin tarjouksessa tietty näytemäärä, joka oli kuitenkin alustava arvio. Tästä jouduttiinkin poikkeamaan hieman ylöspäin PAH-yhdisteiden ja asbestianalyysien määrän osalta aiemmin selitetyin perustein.

Lisäämällä näytemäärää asbestin osalta vielä esimerkiksi kymmenellä näytteellä, olisi asbestin esiintyminen mustalla kyllästetyllä pahvilla tai huovalla pinnoitetuissa putkissa voitu selvittää luotettavammin. Nyt irtonaisia asbestikuituja löydettiin yhdessä kotelossa kulkevien putkien pinnalta, mutta alakattorakenteissa ja muissa kotelossa

kulkevien samanlaisten putkien osalta ei asbestin esiintymistä voitu sulkea pois. Alakattojen peltien yläpinnoilta ja koteloiden vaakapinnoilta olisi voitu myös ottaa pyyhintänäytteitä irtonaisten asbestikuitujen selvittämiseksi. Tutkimuksen tulokset olivat varsin epätavallisia siten, että osa materiaaleista tulee purkaa asbestipurkutyönä, mutta näitä materiaaleja ei tarvitse käsitellä asbestijätteenä.

Yhteistiloista ei ollut mahdollista tarkastaa puhelinjakamoa eikä hissikuiluja tai niiden konehuoneita. Puhelinjakamossa on saatettu tyypillisesti käyttää sähkölaitteissa raskasmetalleja ja taustaseinänä asbestilevyä. Myös muissa sähkölaitteissa on saatettu käyttää raskasmetalleja ja PCB:tä. Hissikuiluissa on saatettu käyttää esimerkiksi asbestia palonsuojalevyissä. Myöskään kaikkia huoneistoja ei tarkastettu, ja näissä saattaa olla materiaaleja, joita ei tarkastetuissa huoneistoissa ollut.

Tämän tyyppistä tutkimusta ei voida koskaan suorittaa siten, että saataisiin täysi varmuus kaikista materiaaleista ja rakenteista, vaan tulos perustuu aina osin olettamuksiin. Saavutettuja tuloksia voitaneen kuitenkin pitää riittävän luotettavina, jotta niitä noudattamalla voidaan toimia oikein ja turvallisesti.

7 POHDINTA

Suomessa on noin 1,4 miljoonaa asuin-, liike- ja palvelurakennusta, joista noin 200 000, eli 14 % on rakennettu 1970-luvulla (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2011a). Vuoden 2011 lopussa käytössä olevista asunnoista (2 835 639 kpl) 1970-luvulla oli valmistunut 21 % (588 690 kpl) (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2011c). Tästä voidaan olettaa, että joka viides suomalainen viettää runsaasti aikaa 1970-luvulla valmistuneissa rakennuksissa. Tämän aikakauden rakennuksien korjausrakentaminen on myös voimakasta. Vuonna 2011 asunto-osakeyhtiöiden korjauskustannuksista (1 318 miljoonaa euroa) 21 % kului 1970-luvulla valmistuneisiin rakennuksiin (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2011b).

Ottaen edellisessä kappaleessa esitetyt luvut huomioon, onkin erityisen keskeistä tietää, mitä haitta-aineita tämä rakennuskanta sisältää. Kuten tässä työssä on lukuisissa kohdissa tullut esille, 1970-luvulla tiettyjen rakennusaineiden haitallisista ominaisuuksista oli rajallista. Tämä tieto on edelleenkin rajallista ja osin ristiriitaista. Tieto kuitenkin lisääntyy koko ajan. Kuten työssä on todettu, on lainsäädäntö muuttunut tarkemmaksi, mutta se ja muut määräykset ovat hajanaisia ja vaikeaselkoisia. Toisaalta on tullut selkeitä raja-arvoja, mutta niiden soveltaminen on joissain tapauksissa epäselvää. Kun otetaan lisäksi huomioon, ettei haitta-aineista ole ollut minkäänlaista kokoavaa kirjallisuutta, on niistä ollut vaikea saada tietoa. Tämä työ korjaa tilannetta omalta osaltaan, mutta ei pyri olemaan ohje esimerkiksi kiinteistönomistajille. Tämän työn on ennemminkin tarkoitus tuoda esille ilmiöt ja määräykset sekä keskeisten haitta-aineiden keskeiset ominaisuudet.

Selvitettäessä haitta-aineiden käyttöä tietyn rakennuksen eri materiaaleissa on otettava huomioon lukuisia seikkoja liittyen erityisesti niiden vaarallisuuteen rakennuksen käyttäjille, saneeraustyöntekijöille, ympäristölle ja jätteenkäsittelylle. Taustatietona tulee olla paitsi kyseessä olevan tutkimuskohteen asiakirjat ja käyttöhistoria myös laaja tietämys muun muassa siitä, mitä haitta-ainepitoisia materiaaleja kyseessä olevassa kohteessa tyypillisesti olisi käytetty, jotta tutkimukset voidaan kohdistaa oikein.

Kartoittamalla tietyn rakennuksen haitta-aineet voidaan tehdä vahvoja oletuksia, joiden pohjalta tulevat toimenpiteet voidaan kohdistaa oikein. On kuitenkin myös muis-

tettava, että vaikka materiaalinäytteitä otettaisiin lähes äärettömästi, eikä haitta-aineita niistä löytyisi, ei haitta-aineiden käyttöä rakennuksessa voida täysin sulkea pois. Esimerkiksi asbestia on saatettu työmaalla yksittäisen työntekijän toimesta sekoittaa johonkin tuotteeseen, jota on käytetty vain rajatussa osassa rakennusta. Tätä vaikutusta voidaan oleellisesti minimoida käyttämällä kartoittajaa, joka kykenee määrittelemään todennäköisimmät ja keskeisimmät haitta-ainepitoiset materiaalit. Toinen huomioitava seikka on tutkimuksen laajuus tutkittavien aineiden osalta. Tässä työssä on esitelty keskeisimmät haitta-aineet 1970-luvulla valmistuneissa rakennuksissa, mutta läheskään kaikkia näistäkään ei aina tutkita. Usein haitta-aineista tutkitaan vain asbesti sekä mahdollisesti saumausmassojen lyijy ja PCB. Tämä ei kuitenkaan ole millään tasolla riittävä laajuus, jollei muiden haitta-aineiden käyttöä voida erityisellä perusteella sulkea pois.

Alalla toimivien tieto haitta-aineista on rajoitettua, ja tämä onkin varsin ymmärrettävää. Ymmärrettävää siksi, että ainakaan Tampereen ammattikorkeakoulun, jota pidetään jopa alan parhaana oppilaitoksena, rakennustekniikan opinnoissa haitta-aineita ei juuri ole käsitelty. Kirjoittajan kokemuksen mukaan niitä käsitellään hieman joissain vapaavalintaisissa kursseissa, mutta tällöinkin lähinnä asbestin, kivihiilitervan, sekä saumausmassojen lyijyn ja PCB:n osalta. Myöskään nykyiset, haitta-aineita koskevien lakien ja määräysten sisällöt, eivät kuulu opintojaksoihin. Luonnollisesti koko rakentamisen kenttä on todella laaja, ja nykypäivänä rakennusinsinöörin tulisi tietää ja osata liian monta aihepiiriä. Kirjoittajan mielestä perusasioiden haitta-aineista ja niitä sisältävistä materiaaleista pitäisi silti kuulua rakennusinsinöörin ja muiden rakennusalalle koulututtavien opintoihin. Näin muun muassa rakennustyömaan toiminnan suunnittelusta ja työnjohdosta vastaavat henkilöt voisivat toimia turvallisemmin.

Koulutustoimien avulla voidaan haitta-aineista saada lisää tietoa ja toivottavasti myös ymmärrystä rakennusalalla toimiville. Tämä ei kuitenkaan riitä, jos asenteet eivät ole kunnossa. Oikea toiminta saatetaan kokea rakennusalalla niin haitta-aineiden kuin muidenkin vaatimusten osalta kalliina. Tämä ei useinkaan pidä paikkaansa, eikä ihmisten terveyden tai ympäristön pilaantumista voi mitata rahassa. Oikeita toimintatapoja tässä ja muissa työ- ja yleiseen terveyteen ja turvallisuuteen liittyvissä asioissa tulisi kenties kannustaa. Tässä voisi toimia myös sanktiomenettely, joka nykyisin lieenee rakennusalalla lähes nimellistä. Ainoastaan vakavammissa työturvallisuusrikok-

sissa on tuomittu sakkorangaistuksia ja pienistä puutteista ei useinkaan aiheudu seuraamuksia. Myös valvonta on varsin kevyttä, eivätkä sitä suorita haitta-aineiden osalta kuin aluehallintovirastojen työsuojeluosastot. Tilanne saattaisi parantua, jos myös muut viranomaiset, kuten rakennusvalvonta, kiinnittäisivät tähän osaltaan huomiota. Rakennusvalvontaviranomainen voisi esimerkiksi vaatia joidenkin rakennuslupaa edellyttävien saneeraustöiden yhteydessä haitta-ainekartoituksen esittämistä.

LÄHTEET

Ahonen, I. 2008. Kaasumaiset aineet. Teoksessa Starck, J., Kalliokoski, P., Kangas, J., Pääkkönen, R., Rantanen, S., Riihimäki, V. & Karhula, A. (toim.) 2008. Työhygieniä. Mittaaminen. Kemialliset tekijät. Mittausmenetelmän valinta. Helsinki: Työterveyslaitos.

Aikivuori, A. 2001. Terveen rakennuksen evoluutio. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

ALS Finland Oy. 2013. Laboratoriotutkimusraportti K1300246. Helsinki: ALS Finland Oy.

Asumisterveysohje. 2003. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö.

Asumisterveysopas. 2009. 3. painos. Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas. Pori: Ympäristö ja terveys-lehti.

Dupont. 2012. Permeation guide. Luettu 28.3.2013.
www.dpp-europe.com/chemical/inc/lang/flyer_en.pdf

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 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 1907/2006. 18.12.2006/1907.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus rakennustuotteiden kaupan pitämistä koskevien ehtojen yhdenmukaistamisesta ja neuvoston direktiivin 89/106/ETY kumoamisesta. 9.3.2011/305

Greer, L., Bender, M., Maxson, P. & Lennett, D. 2006. Elohopean vähentäminen. Teoksessa Pitkänen, K. (toim. & suom.) Maailman tila 2006. Raportti kehityksestä kohti kestävää yhteiskuntaa. Worldwatch-instituutti. Helsinki: Gaudeamus

Gråsten, J. & Kiukas, I. 2004. Öljyvahingot Etelä-Savon, Kaakkois-Suomen ja Keski-Suomen alueilla. Etelä-savon ympäristökeskuksen moniste 59. Mikkeli: Etelä-savon ympäristökeskus

Hakala, E. 2008a. Arseeni. Teoksessa Starck, J., Kalliokoski, P., Kangas, J., Pääkkönen, R., Rantanen, S., Riihimäki, V. & Karhula, A. (toim.) 2008. Työhygieniä. Tavallisimmat altisteet. Altistuminen kemiallisille tekijöille. Metallit. Helsinki: Työterveyslaitos.

Hakala, E. 2008b. Elohopea. Teoksessa Starck, J., Kalliokoski, P., Kangas, J., Pääkkönen, R., Rantanen, S., Riihimäki, V. & Karhula, A. (toim.) 2008. Työhygieniä. Tavalliset altisteet. Altistuminen kemiallisille tekijöille. Metallit. Helsinki: Työterveyslaitos.

Harkonen, K. 2012. Vaurioitumattomien lattiapintamateriaalien referenssitiedon kartuttaminen bulk-emissiotutkimuksilla. Laboratorioalan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Haukijärvi, M. & Pentti, M. 2000. Rakennusten saumaussmassat ja PCB-yhdisteet. Tampereen teknillinen korkeakoulu, rakennustekniikan osasto. Tutkimusraportti 954/2000. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu.

Heiniö, S., Castrén, V., Heinonen, V., Karasjoki, Y., Keso, E., Kivisalo, B., Korhonen, U., Lehtola, K., Linnavuori, A., Meurman, O., Männistö, A., Nissinen, Y., Paloheimo, E., Puomi, W., Solitander, H., Soratie, A., Taivainen, R., Varjo, U. & Viluksela, M. 1952. Tekniikan käsikirja. II Osa. 7. painos. Jyväskylä: K. J. Gummerus osakeyhtiö

Holger-Hartman. 2012. Kannettavan XRF:n teoria ja - käyttökoulutus. Niton XL2 600. Vahanen Oy koulutusaineisto.

HTP-Arvot 2012. 2012. Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2012:5. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö.

Huurre, M. 1998. Kivikauden Suomi: Sakari Pälsin, Aarne Äyräpään ja Ville Luhon muistolle. Helsinki: Otava

IARC Cancer Databases. 2013. International Agency for Research on Cancer. Luettu 20.2.2013.

www.iarc.fr.

IARC. 2010. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 92. Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures. Lyon: International Agency for Research on Cancer.

International Chemical Safety Cards. 2013. Saatavissa:

<http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/>

Jätelaki 17.6.2011/646

Järnström, H. 2005. Muovimattopinnoitteen lattiarakenteen VOC-emissiot sisäongelmatapauksissa. VTT publications 571. Espoo: VTT.

Karvinen K. 2008. Lattiarakenteet sisäilmatekijänä – ongelmat ja korjaaminen. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Savonia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Karvinen, K. 2011. PAH-yhdisteet rakenteissa – esiintyminen ja korjaus. Rakentamisen koulutusohjelma. Savonia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Kiilunen, M. 2008. Kromi. Teoksessa Starck, J., Kalliokoski, P., Kangas, J., Pääkkönen, R., Rantanen, S., Riihimäki, V. & Karhula, A. (toim.) 2008. Työhygieniä. Tavallisimmat altisteet. Altistuminen kemiallisille tekijöille. Metallit. Helsinki: Työterveyslaitos.

Kivistö, H. 2008. Styreeni. Teoksessa Starck, J., Kalliokoski, P., Kangas, J., Pääkkönen, R., Rantanen, S., Riihimäki, V. & Karhula, A. (toim.) 2008. Työhygieniä. Tavallisimmat altisteet. Altistuminen kemiallisille tekijöille. Kaasut. Helsinki: Työterveyslaitos.

Komulainen, J., Säntti, J., Huttunen J. (2011). Haitalliset aineet rakennuksissa ja niiden hallinta. Rakentajain kalenteri 2011, s. 98-106. Teoksessa Säntti, J. & Komulainen, J. 2012. PAH-yhdistepitoisten rakennusmateriaalien sekä betoniin imeytyneiden öljyhiilivetyjen ja PAH-yhdisteiden vaikutus sisäilman laatuun. Teoksessa Sisäilmayhdistys raportti 30. Sisäilmastoseminaari 2012. Toim. Säteri, J. & Backman, H. Jyväskylä: SIY Sisäilmatieto Oy.

Komulainen, J. Yksikönpäällikkö, FM. Laboratoriopalvelut. Vahanen Oy. 2013. Sähköposti- ja puhelinkeskustelut maaliskuu - huhtikuu 2013.

Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997. Ympäristöopas 28. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Lammi, T. RF-palveluvastaava, RI. Vahanen Tampere Oy. 2013. Haastattelut maaliskuu 2013.

Lodenius, M. 2010. Luentomateriaali. Helsingin yliopisto. YMPS604 - Ympäristömyrkyt. Luettu 28.2.2013.

<http://apumatti.helsinki.fi/lcms.php?am=5526-5526-1&page=5528>

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.

Metiäinen, P. 2009. Oirekyselyt asuntojen PVC -muovimatoilla päällystettyjen betonilattioiden sisäilmahaittojen ratkaisijana. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 9/2009. Helsinki: Helsingin kaupungin ympäristökeskus.

MetropoliLab. 2011. Näytteenottoon valmistautuminen kohteessa. Sisäilman ammoniakki-, formaldehydi tai voc-mittaus. Mittausohje.

Nieminen, K. Asiantuntija. Laboratoriopalvelut. Vahanen Oy. 2013. Sähköposti-, pika- viesti- ja puhelinkeskustelut maaliskuu 2013.

Nordman, H. & Oksa, P. 2011 Asbestin aiheuttamat sairaudet ja pölykeuhkosairaudet. Teoksessa Uitti, J. & Taskinen, H. (toim.) Työperäiset sairaudet. Helsinki: Työterveyslaitos.

Oksa, P., Korhonen, K. & Koistinen, P. 2011, Asbesti rakennustyössä. Mitä jokaisen rakentajan, isännöitsijän, kiinteistönhuoltajan ja asukkaan tulee tietää asbestista. Työterveyslaitos.

http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset_aineet/eristeaineet/asbestit_uotteet/Documents/asbesti_rakennustyossa.pdf

Palomäki, E. 1993. Rakennusmateriaalit ja terveys. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Paxal, P. 2012. Öljyllä saastuneiden maaperänäytteiden alifaattisten öljyhiilivetyjen ja PAH-yhdisteiden määrittäminen GC-FID- ja GC-MS-tekniikalla. Laboratorioalan koulutusohjelma. Metropolia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

PCB-toimikunnan mietintö. 1983. Komiteamietintö 1983:47. Helsinki. Teoksessa Pyy V., Lyly O. 1998. PCB elementtitalojen saumausmassoissa ja pihojen maaperässä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 10/1998. Helsinki: Helsingin kaupungin ympäristökeskus.

PCB ja elohopea vanhojen talojen kiusana. 2004. Teoksessa Rakennustaito -lehti 3/2004. Helsinki: Rakennustieto lehdet.

Pyy V. & Lyly O. 1998. PCB elementtitalojen saumausmassoissa ja pihojen maaperässä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 10/1998. Helsinki: Helsingin kaupungin ympäristökeskus.

Rakennuslaki 16.8.1958/370.

Rantanen, S. & Pääkkönen, R. 2008. Työhygieniä. Kemiaalliset ja fysikaaliset tekijät. Työsuojelujulkaisuja 86. Tampere: Työsuojeluhallinto.

RT 08-10521 Asbesti, asbestikartoitus ja siitä aiheutuvat toimenpiteet. 1993. RT-kortisto. Rakennustieto Oy.

RT 14-10775 Sisäilman ammoniakkipitoisuuden määrittäminen. 2003. RT-kortisto. Rakennustieto Oy.

RT 14-10776 Pintojen ammoniakkiemissioiden määrittäminen. 2003. RT-kortisto. Rakennustieto Oy.

Rundt, A., Backlund, P., Paakkola, K. 2005. Sisäilman hajut ja orgaaniset epäpuhtaudet. Teoksessa Työterveyslääkäri -lehti 2/2005. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim.

Rushton, T. 2006. Investigating hazardous & deleterious building materials. Coventry: RICS Business Services Limited.

Salomon, L. & Sirén, J. 2011. Jäähdytys elohopealle. Teoksessa tieteen kuvalehti 11/2011. Helsinki: Bonnier Publications Oy.

Salthammer, T., Kephalopoulos, S., Villberg, K. WS29. Assessment of Material Emission on IAQ. Työpajan tiivistelmä, Healthy Buildings 2000, Espoo. Saatavissa: http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/sisailmastoseminaarit_ja_sisailmapajat/aiemmat_seminaarit/healthy_buildings_2000/workshops/

Sateenkaari perinnetaito. Myrkyistä ja myrkköjen käytöstä. Luettu 1.3.2013 <http://www.sateenkaariperinnetaito.fi/5>

Saura, T. 2010. PCB-yhdisteillä pilaantuneen maaperän kunnostaminen & taupesimerkki lohjalta. Luonnonvara- ja ympäristöala. Laurea-ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

SFS-EN ISO 16000-6. Teoksessa Härkönen, K. 2012. Vaurioitumattomien lattiapintamateriaalien referenssitiedon kartuttaminen bulk-emissiotutkimuksilla. Laboratorioalan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

SFS-EN ISO 16017-1:2000. Indoor, ambient and workplace air -- Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography -- Part 1: Pumped sampling. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

Sillanpää, P. 2007. Suomen ympäristö 02/2007. Öljyhiilivedyillä saastuneen maan puhdistaminen puiden avulla. Tampere: Pirkanmaan ympäristökeskus.

Sisäilmaluokitus 2008. 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Helsinki: Sisäilmayhdistys.

Sisäilmayhdistys. 2007. Luettu 13.2.2013. Terveelliset tilat.

<http://www.sisailmayhdistys.fi/>

Seuri, M., Uitti, J., Palomäki, E., Reijula, K., Nordman, H. 2011. Sisäilmaan liittyvät työperäiset sairaudet ja oireet. Teoksessa Uitti, J. & Taskinen, H. (toim.) Työperäiset sairaudet. Helsinki: Työterveyslaitos.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä 26.9.2001/807.

Starck, J., Kalliokoski, P., Kangas, J., Pääkkönen, R., Rantanen, S., Riihimäki, V. & Karhula, A. 2008. Työhygieniä. Helsinki: Työterveyslaitos.

Suomen rakentamismääräyskokoelma. D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto.

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2011a. Luettu 20.3.2013. Asunnot ja asuinolot. Helsinki: Tilastokeskus.

<http://www.stat.fi/til/asas/tau.html>

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2011b. Luettu 20.3.2013. Korjausrakentaminen. Rakennusyritysten korjaukset 2011, Liitetaulukko 3. Asunto-osakeyhtiöiden korjaukset rakennuksen valmistumisvuoden mukaan 2010–2011. Helsinki: Tilastokeskus.

http://www.stat.fi/til/kora/2011/01/kora_2011_01_2012-09-14_tau_003_fi.html

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2011c. Luettu 20.3.2013. Rakennukset ja kesämökit. Helsinki: Tilastokeskus.

<http://www.stat.fi/til/rakke/index.html>

Suomen ympäristökeskus. 2011. Ympäristön tila. Ympäristön kemikalisoituminen. Huolenaiheet. POP - pysyvät orgaaniset yhdisteet. PCB -yhdisteet. Luettu 28.2.2013.

<http://www.ymparistokeskus.fi/>

Suomen ympäristökeskus. 2012. Ympäristönsuojelu. Jätteet ja jätehuolto. Tietoa eri jätelajeista. Käsitelty puu. Luettu 22.2.2013

<http://www.ymparistokeskus.fi/>

Säntti, J. & Komulainen, J. 2012. PAH-yhdistepitoisten rakennusmateriaalien sekä betoniin imeytyneiden öljyhiilivetyjen ja PAH-yhdisteiden vaikutus sisäilman laatuun. Teoksessa Sisäilmayhdistys raportti 30. Sisäilmastoseminaari 2012. Toim. Säteri, J. & Backman, H. Jyväskylä: SIY Sisäilmätieto Oy.

Terveysuojelulaki 19.8.1994/763.

The Lancet Oncology. 2013. Luettu 23.3.2013. Carcinogenicity of polychlorinated biphenyls and polybrominated biphenyls. Yhteenveto tulevasta julkaisusta: IARC. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 107: Polychlorinated Biphenyls and Polybrominated Biphenyls.

<http://www.thelancet.com/>

Tossavainen, A. 2008a. Mineraalipöly: asbesti. Teoksessa Starck, J., Kalliokoski, P., Kangas, J., Pääkkönen, R., Rantanen, S., Riihimäki, V. & Karhula, A. 2008. Työhygieniä. Helsinki: Työterveyslaitos.

Tossavainen, A. 2008b. Mikroskooppinen hiukkaslaskenta. Teoksessa Starck, J., Kalliokoski, P., Kangas, J., Pääkkönen, R., Rantanen, S., Riihimäki, V. & Karhula, A. 2008. Työhygieniä. Helsinki: Työterveyslaitos.

Tuhkanen, T., Kuusisto, S., Lindroos, O., Palukka, T., Hellman, S., Priha, E. & Rantio, T. 2007. Tampereen teknillinen yliopisto. Bio- ja ympäristötekniikan laitos. Raportti 22. PCB-yhdisteet rakennuksissa ja niiden saneeraamisen aiheuttamien työhygieenisten riskien vähentäminen. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

Tukes. 2012. Kemikaalit biosidit ja kasvinsuojeluaineet. Biosidit. Biosidien käytön rajoitukset. Arseni ja kromi. Arseenilla ja kromilla kyllästetyn puutavaran käyttö ja hävitys. Luettu 1.3.2013.

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

Tuomisto, J., Vartiainen, T. & Tuomisto, J. 2011. Dioksiinit ja PCB-yhdisteet: synopsis. Terveysten ja hyvinvoinnin laitos. Ympäristöterveyden osasto. Luettu 28.2.2013.

www.thl.fi/dioksiini

Työterveyslaitos. 2009. Luettu 10.3.2013. Asiantuntijapalvelut. Työympäristö. Kemikaalit ja pölyt. Kemialliset analyysipalvelut. Näytteenotto-ohje: polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH) materiaalinäytteistä

<http://www.ttl.fi/>

Työterveyslaitos. 2011a. Luettu 21.2.2013. OVA-ohje: kreosotti.

<http://www.ttl.fi/>

Työterveyslaitos. 2011b. Luettu 19.2.2011. Työympäristö. Sisäilma ja sisäympäristö. Terveysten tekijät. Sisäilman 2-etyyli-1-heksanoli.

<http://www.ttl.fi/>

Työterveyslaitos. 2011c. Luettu 25.3.2013. Työympäristö. Sisäilma ja sisäympäristö. Työterveyslaitoksen käyttämiä viitearvoja sisäympäristön ongelmien tunnistamisessa puhtaissa toimistotyöympäristöissä.

<http://www.ttl.fi/>

Työterveyslaitos. 2011d. Luettu 10.3.2013. Asiantuntijapalvelut. Työympäristö. Kemiikaalit ja pölyt. Kemialliset analyysipalvelut. Näytteenotto-ohje. VOC-näytteenotto FLEC-laitteella.

<http://www.ttl.fi/>

Työterveyslaitos. 2012a. Luettu 10.3.2013. Asiantuntijapalvelut. Työympäristö. Kemiikaalit ja pölyt. Kemialliset analyysipalvelut. Näytteenotto-ohje. Polysyklisten aromaattisten hiilivetyjen (PAH) näytteenotto ilmasta.

<http://www.ttl.fi/>

Työterveyslaitos. 2012b. Luettu 21.3.2013. Asiantuntijapalvelut. Työympäristö. Kemiikaalit ja pölyt. Kemialliset analyysipalvelut. Näytteenotto-ohje. Vanhojen elementtirakennusten saumaussmassan PCB- ja lyijypitoisuuden määrittäminen.

<http://www.ttl.fi/>

Työterveyslaitos. 2013. Luettu 18.3.2013. Asiantuntijapalvelut. Työympäristö. Kemiikaalit ja pölyt. Pölyanalyysipalvelut. Näytteenotto-ohje. Teollisten mineraalikulitujen laskenta pinnoilta (teippinäytteet).

<http://www.ttl.fi/>

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738.

Uitti, J. & Taskinen, H. (toim.) 2011. Työperäiset sairaudet. Helsinki: Työterveyslaitos.

United States Environmental Protection Agency. 2012. Luettu 20.3.2013. Air. Introduction to IAQ. Volatile Organic Compounds. Technical Overview.

<http://epa.gov/iaq/voc2.html>

Vahanen Oy. 2013. Vahanen Oy:n sisäinen ohjeistus. Malliasiakirjat ja työohjeet.

Vahanen Oy / Laboratorio. 2013. Laboratorion tutkimuseloste TT 853. Espoo: Vahanen Oy.

Valtioneuvoston asetus arseeniyhdisteellä ja sitä sisältävällä valmisteella käsitellyn puun, elohopeayhdisteen ja dibutyylitinavetyboraatin sekä niitä sisältävien tuotteiden markkinoille luovuttamisen ja käytön rajoittamisesta 5.6.2003/440.

Valtioneuvoston asetus asbestityöstä annetun valtioneuvoston päätöksen muuttamisesta 27.4.2006/318.

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 28.6.2006/591.

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa annetun valtioneuvoston asetuksen liitteiden muuttamisesta 4.7.2009/403.

Valtioneuvoston asetus jäteasetuksen liitteen 4 muuttamisesta 22.11.2001/1128.

Valtioneuvoston asetus jätteistä 19.4.2011/179.

Valtioneuvoston asetus kemiallisista tekijöistä työssä 9.8.2001/715.

Valtioneuvoston asetus kreosootin ja sillä käsitellyn puun käytön ja markkinoille luovuttamisen rajoittamisesta. 16.1.2003/8.

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista annetun valtioneuvoston päätöksen muuttamisesta 23.3.2006/202.

Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 1.3.2007/214.

Valtioneuvoston päätös rakennusjätteistä 3.4.1997/295

Valtioneuvoston päätös asbestin ja asbestipitoisen tuotteen valmistuksen, maahantuonnin, myymisen ja käyttöön ottamisen kieltämisestä 27.8.1992/852.

Valtioneuvoston päätös PCB:n ja PCT:n käytön rajoittamisesta 30.11.1989/1071.

Valvira. 2011. Lausunto VOC-mittaustulosten tulkinnasta asuntojen terveyshaittasioissa 30.08.2011. Dnro 6195/11.02.02.00/2011. Saatavissa:

http://www.valvira.fi/tietopankki/annetut_lausunnot

Valvira. 2013. Ympäristöterveydenhuollon laatujärjestelmä: Terveysturvallisuuden valvontaohjeisto. Näytteenotto-ohjeet. NO 7: Sisäilmassa esiintyvä tai pinnoille laskeutunut asbesti.

<http://www.valvira.fi/>

Villberg, K., Saarela, K., Tirkkonen, T., Pasanen, A., Kasanen, J., Pasanen, P., Kallio-koski, P., Mussalo-Rauhamaa, H., Malmberg, M. & Haahtela, T. 2004. Sisäilman laadun hallinta. VTT publications 540. Espoo: VTT.

Visuri, K. 2010. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) kvantitatiivinen määrittäminen sisäilman ja teollisen työympäristön ilmanäytteistä termodesorptio-kaasukromatografisella menetelmällä. Metropolia Ammattikorkeakoulu Kemiantekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Ympäristöministeriö. 2004. PCB rakennuksissa. Luettu 28.2.2013.

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=245287&lan=fi&clan=fi>

Ympäristöministeriön asetus yleisimpien jätteiden sekä ongelmajätteiden luettelosta. 22.11.2001/1129

Young, H. & Freedman, R. 1999. Sears and Zemansky's University Physics. 10. painos. San Francisco: Pearson Addison-Wesley.

Åbo Tidningar. 1842. Faran af att använda åtskilliga mineralfärger för tekniska behöfver. Lehtiartikkeli 14.9.1842. Saatavissa:

<http://coloriasto.blogspot.fi/2007/05/faran-af-att-anvnda-tskilliga.html>