

RAKENNUSTEN HAITTA-AINEET

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Ympäristötekniikka
Opinnäytetyö
Syksy 2007
Salla Sirviö

Lahden ammattikorkeakoulu

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

SIRVIÖ, SALLA: Rakennusten haitta-aineet

Ympäristötekniikan opinnäytetyö, 41 sivua, 2 liitesivua

SYKSY 2007

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö käsittelee rakennuksia ja rakennusmateriaaleja sekä niiden sisältämiä haitta-aineita, jotka ovat joutuneet rakenteisiin rakennuksen elinkaaren aikana.

Teoriaosassa selvitetään kootusti eri rakennusmateriaalien pääkomponentit ja materiaalien ominaisuuksiin vaikuttavat tekijät, kuten mahdolliset lisäaineet. Useissa materiaaleissa joku pääkomponenteista saattaa sisältää rakenteiden hyötykäyttöä mahdollisesti rajaavan haitta-aineen, kuten betonissa käytettävä sementti kromia. Joissakin materiaaleissa on takavuosina käytetty lisäaineena nykyisin haitallisiksi tiedettyjä aineita. Esimerkiksi betonin ja tiilien valmistuksessa on käytetty ki-
viainestuotteiden lisäainetta, joka on sisältänyt PCB:tä.

Rakenteisiin on saattanut joutua haitallisia aineita myös käytönaikaisista kontaminaatioista. Tiloissa on teollisen toiminnan yhteydessä käsitelty esimerkiksi öljyjä, jolloin öljyhiilivetyjä on saattanut joutua rakenteisiin. Tiloissa on myös voinut olla laitteita tai varusteita, joista haitallisia aineita on voinut käytön aikana valua tai roiskua ympäristöön lattioille ja seinille. Muun muassa muuntamoissa käytetty PCB on tällainen riskitekijä.

Opinnäytetyön empiriaosuus koostuu viidestä Ramboll Finland Oy:n tekemistä haitta-aineselvityksistä. Haitta-aineselvitysten perusteella voidaan todeta, että käytönaikaisia kontaminaatioita tapahtuu ja haitta-aineiden pitoisuudet saattavat olla korkeitakin. Käsitellyt rakennukset on rakennettu eri aikakausina ja niissä on todettavissa eri aikakausille tyypillisiä rakenneratkaisuja. Esimerkiksi kreosoottia on todettavissa vesieristekerroksena lattiarakenteissa, jotka on rakennettu ennen 1950-lukua.

Kirjallisuudesta saatava tieto eri aikakausina käytetyistä rakennusmateriaaleista ja rakenneratkaisuista antavat viitteitä siitä, mitä haitta-aineita rakennuksista tulisi tutkia. Myös rakennusten käyttöhistoria tulee ottaa haitta-aineselvityksissä huomioon. Käyttöhistoriasta saadaan tietoa siitä, mitä toimintoja rakennuksessa on ollut, miten toiminnot ovat rakennuksessa sijoittuneet ja mitä kemikaaleja tai muita aineita toimintojen yhteydessä on käytetty.

Asiasanat: rakennusmateriaalit, haitta-aineet, PCB, lyijy

Lahti University of Applied Sciences

Faculty of Technology

SIRVIÖ, SALLA: Contamination in buildings

Bachelor's Thesis in Environmental Technology, 41 pages, 2 appendices

Autumn 2007

ABSTRACT

This study deals with buildings, building materials and also hazardous substances that constructions may contain.

The aim of the theory part is to clarify the main components of different building materials and additives, which finally define the properties of the building materials. Often some of the main components may contain hazardous substances that restrict the utilisation of construction waste, e.g. the chromium in cement, which is used in concrete. Also, some additives used in the past are nowadays considered harmful. For example, an additive used in the production of rock material products, such as concrete and brick stones, contained PCBs.

Hazardous substances might have contacted the building materials as generated contamination. During industrial operation, e.g. used oil hydrocarbons might have come into contact with the building materials. Also, during the operation, equipment and devices might have leaked or spilled hazardous substances on the floors and the walls. For example, PCB used in industrial transformers is such a risk factor.

The empirical part consists of five building material surveys in which hazardous substances were analysed. The surveys were done by Ramboll Finland Ltd. The results of the surveys indicate that generated contamination happens and it might cause even high concentrations of hazardous substances in building materials. The surveys included buildings from different decades and the findings indicate that different periods have typical construction solutions. For example, creosote was used as a water insulation material in floor structures before 1950's.

Literature offers information on building materials and construction solutions of the different decades. This information indicates hazardous substances which should be analysed. Also, the usage of the building needs to be considered in the surveys. The history of the building usually contains information on the operations and their locations and also information on chemicals and other possible substances used.

Key words: building materials, hazardous substances, PCB, lead

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	RAKENNUSMATERIAALIT JA NIIDEN HAITTA-AINEET	3
2.1	Betonirakenteet	3
2.2	Teräsrakenteet	4
2.3	Puurakenteet	5
2.4	Tiilet	6
2.5	Maalit ja lakat	7
2.5.1	Maalit	7
2.5.2	Lakat	8
2.6	Laastit ja rappaukset	9
2.7	Liimat	10
2.8	Tasoitteet	10
2.9	Kivihiihiterva ja kivihiihipiki	11
2.9.1	Kivihiihiterva	11
2.9.2	Kivihiihipiki	11
2.10	Palonestoaineet	13
2.11	Saumaus- ja tiivistysmassat	14
2.12	Laitteet ja varusteet	16
2.12.1	Elohopeaa sisältävät laitteet	16
2.12.2	PCB:tä sisältävät laitteet	17
3	KÄYTÖNAIKANA RAKENTEISIIN JOUTUNEET HAITTA-AINEET	18
3.1	Metalliteollisuus	18
3.2	Kemianteollisuus ja muoviteollisuus	19
3.3	Korjaamot, romuttamot ja maalaamot	19
3.4	Tekstiiliteollisuus	20
3.5	Kemialliset pesulat	21
3.6	Puutuoteteollisuus	22
3.7	Muita toimialoja	22

4	RAKENNUSTEN HAITTA-AINESELVITYKSET	23
4.1	Yleistä haitta-aineselvityksistä	23
4.2	Haitta-ainetutkimukset	24
4.2.1	Rakennus A	25
4.2.2	Rakennus B	26
4.2.3	Rakennus C	28
4.2.4	Rakennus D	30
4.2.5	Rakennus E	31
4.3	Johtopäätökset ja työn tarkastelu	32
5	YHTEENVETO	34
	LÄHTEET	36
	LIITTEET	42

TERMIEN SELITYKSET

PAH = polysykliset aromaattiset hiilivedyt

PCB = polyklooratut bifenyylit

PCDD/F = dioksiinit ja furaanit

KY-5 = puunsuoja-aine, jota on käytetty puutavaran sinistymisenestoon

Raskasmetallit = raskasmetalleja ovat metallit, joiden tiheys on suurempi kuin 5 g/cm^3 . Raskasmetalleja ovat mm. arseeni, kadmium, koboltti, kromi, kupari, lyijy, nikkeli, molybdeeni, sinkki ja vanadiini sekä elohopea.

SAMASE-ohjearvo = haitallisen aineen pitoisuus, jonka alittavat pitoisuudet on sallittu virkistys- ja asuinalueilla. SAMASE-ohjearvon on korvannut 1.6.2007 voimaantulleen valtioneuvoston asetuksen 214/2007 mukainen alempi ohjearvo.

SAMASE-raja-arvo = haitallisen aineen pitoisuus, jonka alittavat pitoisuudet on sallittu teollisuusalueilla ja niihin rinnastettavilla alueilla. SAMASE-raja-arvon on korvannut 1.6.2007 voimaantulleen valtioneuvoston asetuksen 214/2007 mukainen ylempi ohjearvo.

TVOC = haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaismäärä

VNa = valtioneuvoston asetus

VNp = valtioneuvoston päätös

1 JOHDANTO

Maaperän pilaantuneisuustutkimuksia on tehty jo 1980-luvulta lähtien, mutta pilaantuneiden maa-alueiden kunnostaminen ja maamassojen käsittely käynnistyi laajamittaisesti vasta 1990-luvun puolivälin jälkeen (Mroueh, Vahanne, Eskola, Pasanen, Wahlström, Mäkelä & Laaksonen 2004, 17; Suomen ympäristökeskus 2007c). Menneinä vuosina rakentamisessa on käytetty sellaisia rakennusmateriaali-, rakenne- ja laiteratkaisuja, jotka sisältävät tänä päivänä haitallisiksi tiedettäviä aineita. Osa näistä haitallisista aineista voi pilata maata kulkeutumalla rakennusmateriaalista maaperään (Maijala J-P. & Nippala E. 2002, 2; Jantunen, Komulainen, Nevalainen, Tuomisto, Venäläinen & Viluksela 2005, 219.)

Haitallisten aineiden tutkiminen rakennuksissa aloitettiin 1990-luvun alussa (Heino 2004). Tätä edelsi 1980-luvun lopulla voimaan tullut valtioneuvoston päätös 886/1987, jonka 10. pykälässä todetaan: ”Ennen sellaisten rakennusten ja rakenteiden purkutöiden alkamista, jotka saattavat sisältää asbestia tai asbestipitoisia materiaaleja, on selvitettävä, mitkä purettavista materiaaleista sisältävät asbestia.” Tuolloin vastuu asbestikartoituksesta oli pääurakoitsijan vastuulla.

Vuonna 1995 voimaan tullut valtioneuvoston päätös 1380/1994 siirsi selvitysvastuun rakennuttajalle. Päätöksen 18. pykälässä todetaan: ”Asbestipurkutyötä varten rakennuttajan tai muun, joka ohjaa tai valvoo rakennushanketta on: 1) paikallistettava purettavassa kohteessa oleva asbesti; 2) selvitettävä asbestin ja sitä sisältävien materiaalien laatu ja määrä; 3) sekä selvitettävä rakenteissa olevan asbestin ja sitä sisältävien materiaalien pölyävyys käsiteltäessä tai purettaessa.”

Vuonna 1995 voimaan tulleen päätöksen seurauksena yleistyi kreosootin, PCB:n ja lyijyn tutkiminen rakennuksissa (Heino 2004). Viime vuosina tarve selvittää haitta-aineiden esiintymistä rakennuksissa on lisääntynyt ja on nähtävissä, että tarve nykyistä kattavampiin haitta-aineselvityksiin on kasvamassa. Rakennuksissa esiintyvien haitta-aineiden selvitystarvetta ovat lisänneet muun muassa kiinteistökaupat ulkomaisten tahojen tullessa kiinteistöjen omistajiksi. Tulevat omistajat haluavat siten kartoittaa ostokohteen mahdolliset riskitekijät. Lisäksi selvitystar-

vetta lisäävät vanhojen rakennusten purku- ja saneeraustyöt sekä rakennusjätteiden hyötykäytön laadunvalvonnan tehostuminen vuonna 2006 voimaan tullut jätteiden hyötykäyttöä maarakentamisessa käsittelevän valtioneuvoston asetuksen 591/2006 myötä. (Salonen 2007.)

Kiinteistöjen rakenteissa esiintyvistä haitta-aineista on jonkin verran saatavissa tietoa, mutta se on hyvin hajallaan eri lähteissä. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli koota tietoa haitta-aineiden esiintymisestä rakennuksissa ja rakennusmateriaaleissa. Opinnäytetyö sisältää kaikki yleiset rakenteissa esiintyvät haitta-aineet asbestia lukuun ottamatta. Asbesti on rajattu työstä pois siksi, että sitä on tutkittu paljon, joten sen ominaisuuksista ja esiintymisestä on runsaasti tietoa.

Työ jakautuu johdannon jälkeen kolmeen alueeseen. Ensimmäinen alue käsittelee erilaisia rakennusmateriaaleja ja niiden eri aikakausina mahdollisesti sisältämiä haitallisia aineita. Jokaisen alaluvun lopussa on tietolaatikko, jossa on esitetty käsitellyn rakennusmateriaalin mahdollisesti sisältämät haitta-aineet. Tiedot on koottu olemassa olevasta kirjallisuudesta sekä tehdyistä haastatteluista.

Toinen alue käsittelee rakenteisiin rakennusten käytön aikana mahdollisesti joutuneita haitta-aineita. Kohdassa käsitellään muutamilla teollisuuden aloilla yleisesti käytettyjä haitallisia aineita. Tiedot on koottu olemassa olevasta kirjallisuudesta. Kolmas, viimeinen, alue käsittelee Ramboll Finland Oy:n tekemiä haitta-aineselvityksiä. Yleinen osio haitta-aineselvityksistä on koottu olemassa olevasta kirjallisuudesta ja tehdyistä haastatteluista. Käsiteltyjä haitta-aineselvityksiä on viisi. Tietosuojaan vuoksi käsiteltyjen haitta-aineselvitysten tarkempia tietoja ei voi julkaista.

2 RAKENNUSMATERIAALIT JA NIIDEN HAITTA-AINEET

Tässä luvussa käsitellään rakentamisessa käytettyjä rakennusmateriaaleja, niiden sisältämiä aineosia sekä niiden mahdollisesti sisältämiä haitta-aineita. Liitteessä 1 on esitetty haitta-aineiden esiintyminen eri rakennusmateriaaleissa 1900-luvulta vuoteen 2007. Esitetyt esiintymisaikakaudet liitteessä ovat suuntaa antavia.

2.1 Betonirakenteet

Betoni on keinotekoinen kivi, jonka pääkomponentteja ovat sementti, vesi ja runkoaine. Sementti valmistetaan luonnonmineraaleista, kalkkikivestä, kvartsista sekä savesta. Se toimii betonin sideaineena, joka veden kanssa reagoiessaan muodostaa kovan, kestävä ja huokoisen mineraalin, joka sitoo runkoainerakeet ja pigmentit betoniin. Reaktion hidastamiseksi, ja siten sitoutumisajan säätämiseksi, sementtiin lisätään kipsiä, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. (Suomen Betoniyhdistys 1999, 17, 25, 34–35.)

Sementti sisältää epäpuhtautena kromia, joka on peräisin maaperästä ja sementtiklinkkerin jauhinkappaleista. Sementin valmistuksen yhteydessä sementtiä on passivoitu vuodesta 1987 lähtien lisäämällä sementtiin pieniä määriä rautasulfaattia, joka pelkistää vesiliukoiset kuusiarvoiset kromisuolat veteen liukenemattomiksi kolmiarvoisiksi kromiyhdisteiksi. (Palomäki 1993, 35.)

Runkoaine on kiviainesta, joka koostuu erikokoisista kivirakeista, kuten murskeesta, sorasta ja hiekasta. Myös murskattua betonia sekä muita keinotekoisia kiviaineita, kuten kevytsoraa, masuunikuonaa, lentotuhkaa ja tiilimurskaa voidaan käyttää runkoaineena. (Suomen Betoniyhdistys 1999, 17–19.)

Betonin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa erilaisilla lisäaineilla. Lisäaineita ovat muun muassa notkistimet, huokostimet, muut pakkasen kestävyyttä parantavat aineet, kiihdyttimet ja hidastimet. Lisäksi on harvoin käytettyjä lisäaineita, joita ovat erilaiset tiivistys-, injektointi- ja tartunta-aineet. (Suomen Betoniyhdistys 1999, 47, 50.) Lisäaineet, joilla voidaan muuttaa betonin ominaisuuksia toivottuun

suuntaan, saattavat vaikuttaa elinkaaren loppupäässä eli rakenteiden purkamis- tai saneerausvaiheessa heikentävästi betonin hyötykäyttö- ja kaatopaikkakelpoisuuteen. Esimerkiksi notkistimissa peruskomponenttina on lignosulfaatti, naftaleeni- ja melamiiniformaldehydihartsit (Palomäki 1993, 36–37). Naftaleeni on haitallinen polysyklinen aromaattinen hiilivety-yhdiste. Betonissa on käytetty muun muassa pehmittimenä sekä halkeamien ehkäisyyn polykloorattuja bifenyylejä (PCB), jotka nykyisin tiedetään haitalliseksi. (Tuhkanen, Kuusisto, Lindroos, Palukka, Hellman, Priha & Rantio 2007, 20; Majjala & Nippala 2003, 22).

Betonia voidaan värjätä pigmenteillä tai valitsemalla halutun värinen ki viaines runkomateriaaliksi (Suomen betonitieto 2007). Betonin värjäyksessä on pigmenttinä käytetty lähinnä metallioksideja. Metallioksidit ovat epäorgaanisia väripigmentejä, jotka täyttävät betonin asettamat vaatimukset, kuten sementin alkaalisuuden kestävyys, valon- ja säänkestävyys sekä liukenemattomuus veteen. (Siikonen 1986, 166–167.) Haitattomalla rautaoksidilla betoni voidaan värjätä punaiseksi, mustaksi, ruskeaksi ja keltaiseksi (Semtu Oy 2006b). Kromioksidilla betonista saadaan vihreää ja kobolttipohjaisella väripigmentillä sinistä (Semtu Oy 2006a).

Betonirakenteiden mahdollisesti sisältämät haitta-aineet:

- kromi (sementti, vihreä betoni)
- koboltti (sininen betoni)
- PCB (lisäaine)
- PAH-yhdisteet (lisäaine)
- sulfaatti (kipsi, rautasulfaatti)

2.2 Teräsrakenteet

Teräs on raudan jatkojalostustuote, jota on käytetty 1800-luvulta lähtien muun muassa vesi- ja lämpöputkissa sekä kattomateriaalina (teräspelti). Jo 1800-luvun loppupuolella oli saatavissa korroosiosuojattua sinkillä galvanoitua peltiä. 1900-

luvulta lähtien terästä on käytetty betonin vahvistamiseen. (Siikanen 1986, 191; Neuvonen, 2006, 279.)

Terästuotteet voidaan suojata galvanoinnilla ja korroosionestomaalilla. Maaleja on käsitelty kappaleessa 2.4 Maalit ja lakat. Korroosioalttiissa olosuhteissa käyttökelpoisinta on ruostumaton teräs, joka sisältää kromia ja nikkeliä. Vaativimmissa olosuhteissa materiaalina voidaan käyttää haponkestävää terästä, joka sisältää kromin ja nikkelin lisäksi molybdeeniä. (Neuvonen, 2006, 279.)

Teräsrakenteiden mahdollisesti sisältämät haitta-aineet:

- PAH -yhdisteet (kivihiiliterva peltikattojen suojapinnoitteena)
- kts. 2.5 Maalit ja lakat
- kromi
- nikkeli
- vanadiini
- molybdeeni

2.3 Puurakenteet

Puurakenteet itsessään eivät sisällä haitallisia aineita, vaan puurakenteisiin on joutunut haitallisia aineita lähinnä mahdollisen pintakäsittelyn tai kyllästykseen seurauksena. Maaleja ja lakkoja on käsitelty alaluvussa 2.5.

Kosteudelle alttiissa rakenteissa on saatettu käyttää kyllästettyä puuta. Kyllästysaineena on käytetty 1800-luvun lopusta lähtien kreosoottia ja vuodesta 1950 lähtien suolakyllästeitä, joita ovat CCA- ja CC-kyllästeet. CCA-kylläste sisältää kromi-, kupari- ja arseeniyhdisteitä ja CC-kylläste kromia ja kuparia. Kreosoottiöljyn käyttöä on rajoitettu, ja sitä saakin nykyään käyttää ainoastaan lyhtypylväiden ja ratapölkkyjen suojaamiseen. Arsenia sisältävän CCA-kyllästeen käyttö puun kyllästysaineena on kielletty 1.9.2006 lähtien. Viime vuosina edellä mainittuja kyllästeitä on korvattu pelkkiä kuparisuoloja sisältävillä kyllästeillä (C-kylläste),

öljykyllästeillä sekä puun lämpökäsittelyllä. (Neuvonen 2006, 277; Suomen ympäristökeskus 2007b.)

Puutavaran sinistymisen estoon on käytetty kloorifenoleita 1930-luvulta 1980-luvulle. Esimerkiksi sinistymisenestoaineena käytetty KY5-niminen puunsuoja-aine sisälsi 5-10 % pentakloorifenolia sekä epäpuhtautena dioksiineja ja furaaneja. KY5-sinistymisenestoaineen käyttö kiellettiin kokonaan vuonna 1989. (Franzén 2006, 81.)

Puurakenteiden mahdollisesti sisältämät haitta-aineet:

- PAH-yhdisteet (kreosoottiöljy)
- arseeni (CCA-kylläste)
- kromi (CCA-kylläste)
- kloorifenolit
- dioksiinit ja furaanit
- kts. 2.5 Maalit ja lakat

2.4 Tiilet

Tiili on keraaminen aine, jonka pääraaka-aine on savi. Savi puolestaan koostuu kvartsista, maasälvästä, amfibolista sekä tavallisista kiilteistä ja hydrokiilteistä. Savimassan ja tiilen ominaisuuksia voidaan parantaa lisäaineilla, joista yleisimmät ovat hiekka, tiili- tai kuonamurska, ja lisäksi voidaan käyttää sahanpurua, jolla parannetaan tiilen pakkasenkestävyyttä. (Siikanen 2001, 77–78.)

Suomalainen savi on erittäin rautapitoista ja sisältää vähäisesti kalkkia, mistä johtuu, että savi palaa poltettaessa punaiseksi. Tiileen saadaan vaaleita sävyjä käyttämällä joko ulkomaista kaoliinipitoista savea tai lisäaineena kalkkia tai titaanioksidia. Käyttämällä lisäaineena mangaanioksidia saadaan valmistettua ruskeita ja jopa lähes mustia tiiliä. (Siikanen 2001, 87.) Aikoinaan on ollut käytössä ki-

viainestuotteiden lisäaine, joka on sisältänyt PCB:tä. Tätä lisäainetta on käytetty myös tiilissä. (Maijala & Nippala 2002, 22.)

Tiilien mahdollisesti sisältämät haitta-aineet:

- PCB

2.5 Maalit ja lakat

2.5.1 Maalit

Maali koostuu pääasiassa kolmesta perusosasta: sideaineesta, liuottimesta ja pigmentistä. Näiden lisäksi maaleissa voidaan käyttää erilaisia lisä- ja apuaineita. Sideaine on neste, joka muuttuu kiinteäksi maalatulla pinnalla. Kiinteänä se sitoo itsensä ja pigmentit maalattuun pintaan. Liuotin puolestaan on nestettä, joka muuttuu kaasuksi. Haihtumisesta johtuen kuivuneessa maalissa ei enää ole liuotinta. Pigmentti on väriaine, joka on kiinteää sekä märässä että kuivassa maalissa. Väriin lisäksi pigmentillä saadaan muutettua maalin ominaisuuksia halutulla tavalla, kuten lisättyä maalin peittokykyä ja säänkestävyyttä. Lisäaineita käytetään maalin ominaisuuksien muuntamiseen ja parantamiseen. Esimerkiksi orgaanisten maalien säilyttämiseen käytetään säilöntäaineita ja kuohumisen torjumiseen purkituskoneissa vaahdonestoaineita. Pigmentin laskeutumista purkin pohjalle estetään paksumtimilla ja vesiliukoisten maalien peltipurkkeja suojataan korroosionestoaineilla. (Kaila 1997, 542–545.)

Vanhin öljymaaleissa käytetty valkoinen pigmentti on lyijyvalkoinen, joka on lyijykarbonaattia tai lyijyhydroksidikarbonaattia. Lyijyvalkoista on valmistettu jo 1600-luvulla. Öljymaalien lisäksi sitä on käytetty jossain määrin myös keitto- sekä emulsiomaaleissa. Sisämaaleissa lyijyvalkoispigmentin käyttö kiellettiin vuonna 1929. Lyijyvalkoisen käyttö maaleissa väheni 1920-luvulta lähtien tiitaani valkoisen tullessa käyttöön. Ulkomaaleista lyijyvalkoinen poistui vähitellen 1960-luvun aikana. (Kaila 2000, 421; Järvinen, Vaajasaari & Priha 2003, 4.)

Pigmentteinä on käytetty myös muita lyijy-yhdisteitä, kuten lyijyoksidia eli lyijymönjää, lyijykromaattia ja lyijysulfaattia. Lyijyoksidia on käytetty maaleissa punaisena pigmenttinä, kui vikeaineena sekä korroosiota estävänä suojapigmenttinä (ruosteenestomaalit). Suojapigmenttinä sitä on käytetty rautapintojen pohjamaaleissa sekä peltikattomaaleissa. Korroosionestopigmentteinä on käytetty myös bariummetaboraattia, sinkkikromaattia sekä sinkki ja lyijypölyä. Lyijykromaattia on käytetty, ja käytetään jossain määrin edelleen, keltaisena väriaineena maaleissa. Se onkin ollut tärkein keltainen pigmentti öljymaaleissa. Lyijysulfaattia on käytetty maaleissa pigmenttinä, mutta pääasiassa sitä on käytetty täyteaineena muissa pigmenteissä. (Järvinen ym. 2003, 5.) Lyijyn lisäksi maaleissa on käytetty myös muita raskasmetalleja, kuten kadmiumia ja nikkeliä.

Ulkokäyttöön tarkoitetuissa vesiohenteisissa dispersiomaaleissa (lateksimaali) on käytetty mm. orgaanisia elohopeayhdisteitä, elohopealiuoksia tai -seoksia sekä elohopeafungisideja lisäaineina estämään homekas vustoja. Muutamissa öljy- ja alkydimaaleissa on käytetty vähäisiä pitoisuuksia fenyylielohopeayhdisteitä bakteerien muodostumisen ehkäisyyn. (Maijala & Nippala 2003, 12; Leimi 2007)

Maaleissa on käytetty PCB -yhdisteitä pehmittimenä sekä parantamaan maalin tulen ja kemikaalien kestävyyttä. PCB -yhdisteitä on lisätty erityisesti korroosionesto- ja kloorikautsumaaleihin. Kloorikautsumaalit soveltuivat Monsanto Chemicalsin (1948) mukaan käytettäväksi puu-, metalli-, tiili-, kivi-, betoni-, ja tekstiilipinnoille. Betonipinnoilla maalia käytettiin muun muassa betonilattioilla ja seinillä sekä betonisissa uima-altaissa. (Tuhkanen ym. 2007, 19–20.)

2.5.2 Lakat

Lakat ovat pigmenttoimattomia pintakäsittelyaineita, jotka koostuvat sideaineesta, liuottimesta ja lisäaineista (Palomäki 1993, 169). Lakoissa on esimerkiksi pehmittimenä PCB-yhdisteitä (Tuhkanen ym. 2007, 19–20.). Maalien tavoin myös lakoissa on käytetty jossain määrin raskasmetalleja.

Maalien ja lakkojen mahdollisesti sisältämät haitta-aineet:

- elohopea
- kromi
- lyijy
- muut raskasmetallit
- PCB

2.6 Laastit ja rappaukset

Laasti koostuu sideaineesta, runkoaineesta ja nesteestä. Sideaineet voidaan jakaa kahteen päätyyppiin; hydraulisiin eli vedessä kovettuviin ja ei hydraulisiin eli ilmassa kovettuviin. Sideaine, tavallisimmin kalkki, kipsi, sementti tai muuraussementti, sitoo laastin runkoaineen (hiekkä tai murskattu kiviaines) kiinteäksi ja sitoo laastin ja muurauskiven yhdeksi rakenteeksi. Nesteenä käytetään puhdasta vettä (Siikanen 1986, 121–122).

Laastin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa lisäaineilla, joita ovat kiihdyttimet, hidastimet, lisähuokostusaineet, notkistimet ja vettä hylkivät lisäaineet. Laastin lisäaineena on käytetty PCB-yhdisteitä parantamaan sen notkeutta. (Siikanen 1986, 122; Tuhkanen ym. 2007, 19.) Väriaineina värillisissä jalolaasteissa käytetään Siikasen (1993) ja Rialan (1979) mukaan epäorgaanisia suoloja, kuten rautaoksidia (keltainen, musta, punainen ja ruskea), mangaani- ja kobolttiyhdisteitä (sininen), kromioksidia (vihreä) ja titaanioksidia (valkoinen) (Palomäki 1993, 86).

Laastin ja rappauksen mahdolliset sisältämät haitalliset aineet:

- koboltti (väriaine)
- kromi (väriaine, sementtipohjaiset laastit)
- PCB (lisäaine)
- sulfaatti (kipsipohjaiset laastit)

2.7 Liimat

Liima on sidosaine, jolla kiinteitä aineita liitetään yhteen. Sen pääkomponentti on sideaine, jonka avulla liima tarttuu liimattavaan pintaan. Muut aineosat ovat täyteaineet, liuotteet ja lisäaineet. Täyteaineiden tarkoitus on täyttää liimattavan pinnan epätasaisuudet ja huokokset. Liuotteet kostuttavat liimattavan pinnan ja parantavat liiman levitettävyyttä. Lisäaineilla voidaan parantaa liiman ominaisuuksia, kuten kostutuskykyä ja säilyvyyttä. (Siikanen 1986, 315.) Liimoissa on käytetty lisäaineena nykyisin haitalliseksi tiedettyjä PCB-yhdisteitä (Tuhkanen ym. 2007, 18).

Liimojen mahdollisesti sisältämät haitalliset aineet:

- PCB

2.8 Tasoitteet

Tasoite koostuu erilaisista sideaineista sekä runkoaineesta, joka on hienojakoinen aine, esimerkiksi kivijauhe (Siikanen 1986, 132). Tasoitteita käytetään rakennusten sisätiloissa lattia-, seinä- ja kattopintojen epätasaisuuksien poistamiseen. Pääsideaineen mukaan tasoitteet voidaan jakaa neljään ryhmään:

- 1) kipsipohjaisiin tasoitteisiin, joita käytetään lähinnä peruskorjausten yhteydessä kuivien tilojen seiniin
- 2) vesiliukoisiin liimoihin pohjautuviin tasoitteisiin, joita käytetään kuivien tilojen seiniin ja kattoihin
- 3) veteen dispergoituihin polymeereihin (VDP) pohjautuviin tasoitteisiin, joita käytetään kosteiden tilojen seiniin ja kattoihin
- 4) sementtipohjaisiin tasoitteisiin, joita käytetään märkien tilojen seiniin ja kattoihin ja laatoituksen alle. (Palomäki 1993, 51.)

Sementtipohjaisissa tasoitteissa esiintyy kromia ja kipsipohjaisissa tasoitteissa sulfaattia. Lisäksi betonin tasoitteissa on aikoinaan käytetty lisäaineena PCB-yhdisteitä (Maijala & Nippala 2003, 22).

Tasoitteiden mahdollisesti sisältämät haitalliset aineet:

- kromi (sementti)
- sulfaatti (kipsi)
- PCB (lisäaine)

2.9 Kivihiiliterva ja kivihiilipiki

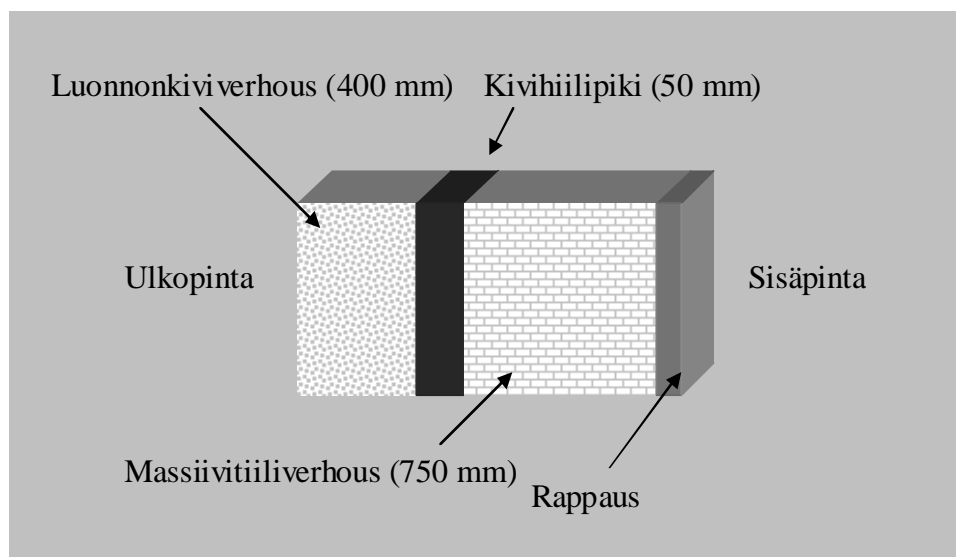
2.9.1 Kivihiiliterva

Kivihiili- eli karboliterva on kivihiilen tislusjäännös. Kivihiiltä alettiin kuivatislaamaan eli koksamaan 1700-luvun lopulla. Suomessa se tuli käyttöön 1870-luvulla, jolloin sitä käytettiin puunsuoja-aineena. (Kaila 2000, 546.) Ennen toista maailmansotaa kivihiilitervaa käytettiin kerrostaloissa kivirakenteiden kanssa kosketuksiin joutuvien puuosien, kuten ovi- ja ikkunakarmien takapintojen suojaamiseen. Sen lisäksi, että kivihiilitervaa käytettiin puunsuoja-aineena, sitä käytettiin myös kattohuopien sekä rakennuspahvien kyllästysaineena (Neuvonen 2006, 282.) Kivihiilitervaa käytettiin myös peltikattojen suojamaalaukseen (Museovirasto 2000, 3). Kivihiilitervan haitallisuus perustuu siihen, että se sisältää polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä (PAH-yhdisteitä), joista osa on karsinogeeniä eli syöpää aiheuttavia aineita.

2.9.2 Kivihiilipiki

Kivihiilipiki eli kreosootti on kivihiilitervan tislusjäännös. Kivihiilipikeä on käytetty kosteuden- ja vedeneristeenä vanhojen rakennusten kellarikerrosten lattiarakenteissa, muuratuissa seinissä ja tiilisaumoissa. Lisäksi kivihiilipikeä on käytetty muuratuissa välipohjissa uima-allasrakenteissa sekä pihojen kansirakenteissa (Työterveyslaitos 2005.) Kivihiilipikeä esiintyy kellarin lattioissa kovana, mustana, kivimäisenä vedeneristekerroksena, joka voi olla jopa 15 cm paksu (Neuvonen 2006, 267). Kivihiilitervan tavoin myös kivihiilipiki sisältää haitallisia PAH-

yhdisteitä. Kuviossa 1 on esitetty tyypillinen kellarin seinärakenne 1800-luvun lopulla valmistuneessa rakennuksessa.



KUVIO 1. Tyypillinen kellarin seinärakenne 1800-luvun lopulla. Kuvio ei ole mittakaavassa. (Tampereen teknillinen yliopisto, 2005)

Kivihiilipikeä on käytetty jossain m  arin jo ennen vuotta 1870. Tästä esimerkkinä Vaasan yliopiston Fabriikki-rakennus:

Vaasan yliopiston Fabriikki-rakennus on vuonna 1857 rakennettu vanha puuvillatehdas. Puuvillatehdas toimi tiloissa aina vuoteen 1979 asti. Nykyisin tilat toimivat Vaasan yliopiston opetus- ja tutkimustiloina. Vuonna 2004 rakennuksen vesikatto uusittiin, jolloin katossa ollut kivihiilipike poistettiin. Rakennuksen välipohjissa ei kivihiilipikeä ollut, mutta alapohjan näytteissä pike  havaittiin. Alapohjan saneeraus aloitettiin vuoden 2006 lopussa. (Vaasan yliopisto 2006; Vaasan ylioppilaslehti 2006, 3.)

Kuten edellä todettiin, kivihiilipikeä on käytetty Suomessa 1870-luvulta alkaen. Vaasan yliopiston rakennus on kuitenkin valmistunut jo 1857. Ilmeisesti kivihiilitervaa ja -pikete on ollut Suomessa k ytess  jo aiemminkin, mutta laajamittainen käyttö on alkanut 1800-luvun loppupuolella.

Kivihiilitervan ja -pien sisältämät haitta-aineet:

- PAH-yhdisteet

2.10 Palonestoaineet

Palonestoaineet eli tulenestoaineet tai palonsuoja-aineet ovat yleensä kemikaaleja, joita lisäämällä voidaan muuttaa materiaalin palo-ominaisuuksia ja siten suojata tuotetta tulipalolta. Fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet määrittävät kullekin palonestoaineelle ominaisen vaikutusmekanismin tulipalon kulkuun. Erilaisia vaikutusmekanismeja ovat muun muassa huonosti palavien välituotteiden muodostuminen, paloreaktion hidastuminen radikaalireaktioin, palavien yhdisteiden muodostumisen väheneminen sekä tulen leviämisen estäminen. (Fraktman 2002, 3.)

Palonestoaineet voidaan jakaa epäorgaanisiin ja orgaanisiin yhdisteisiin, joista epäorgaanisia palonestoaineita ovat muun muassa alumiinitrihydroksidi, magnesiumhydroksidi ja ammoniumpolyfosfaatti. Ryhmään kuuluu myös bromia sisältäviä yhdisteitä. Esimerkiksi alumiinitrihydroksidin (ATH) vaikutusmekanismi perustuu siihen, että se on paloa hidastava aine. Yhdiste muodostaa tietyssä lämpötilassa kidevettä paloon alentaen näin palolämpötilaa. Orgaaniset palonestoaineet voidaan ryhmitellä organofosforiyhdisteisiin sekä halogenoituihin yhdisteisiin. Organofosforiyhdisteet sisältävät fosforiyhdisteitä, joista vapautuu kuumuudessa vettä ja yhdisteistä muodostuu fosforihappoa, joka muodostaa jatkoreaktiossa suojan palorintamalta. Halogenoidut yhdisteet sisältävät bromia ja klooria. (Fraktman 2002, 3; Lumppio 2002.)

Bromattujen palonestoaineiden halogeeni (bromi) estää syttymisen muodostaen suojaavan kerroksen hidastamalla paloa jäähdyttämällä paloa palorintaman kaasufaasissa (Lumppio 2002). Bromattuja palonestoaineita ovat tetrabromibisfenoli A, heksabromisyklododekaani, polybromatut difenyylieetterit sekä polybromatut bifenyylit (Suomen ympäristökeskus, 2007a).

Tetrabromibisfenoli A (TBBPA) on aromaattinen bromiyhdiste, jota käytetään palonestoaineena muoveissa, polystyreenissä ja fenolihartseissa (Rosqvist P.

2007a; Fraktman 2002, 5). Heksabromisyklododekaani (HBCD) on sykloalifaattinen yhdiste, jota käytetään pääasiallisesti rakennusten lämmöneristeissä, esimerkiksi styroksissa ja muissa rakennusmuoveissa, kuten polyuretaanissa ja polystyreenissä. Lisäksi HBCD:tä käytetään tulenkestävissä sisustustekstiileissä (polyesterikuidut), jotka sisältävät 6–15 % HBCD:a. (Rosqvist 2007b; Fraktman 2002, 5.)

Polybromatut difenyylietterit (PBDE) ovat aromaattisia bromiyhdisteitä, joita käytetään palonestoaineina tekstiileissä ja muoveissa. PentaBDE:tä käytetään laajasti palonestoaineena huonekalujen ja verhoiluiden joustavassa polyuretaanivaahdotuovissa, joka saattaa sisältää 10 painoprosenttia pentaBDE:tä. Lisäksi pentaBDE:tä käytetään jäykissä muoveissa ja tekstiileissä, joskin vähäisemmässä määrin. (Rosqvist 2007c; Fraktman 2002, 5.) Polybromatut bifenyylit (PBB) ovat aromaattisia bromiyhdisteitä, joita on käytetty palonestoaineina lähinnä toimistolaitteissa käytetyssä ABS-muovissa (Fraktman 2002, 5; Kansanterveyslaitos, 2007).

Palonestoaineet, joita rakennusmateriaaleissa esiintyy:

- TBBPA, tetrabromibisfenoli A
- HBCD, heksabromisyklododekaani
- PBDE, polybromatut difenyylietterit
- PBB, polybromatut bifenyylit

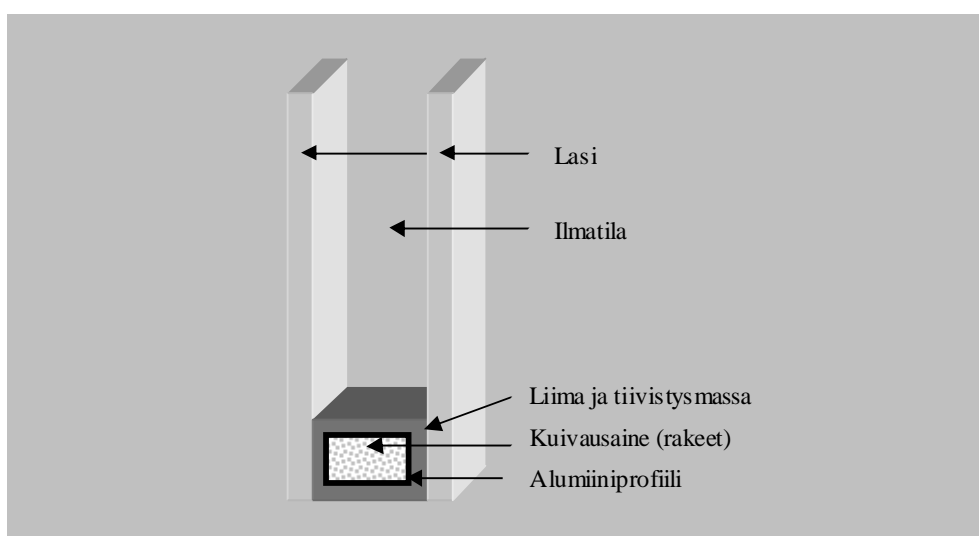
2.11 Saumaus- ja tiivistysmassat

Elementtirakentamisen rantauduttua Suomeen 1950-luvun loppupuolella alkoi myös PCB -yhdisteitä ja lyijyä sisältävien saumausmassojen käyttö. PCB -yhdisteitä lisättiin rakennusten saumauksissa käytettyihin elastisiin polysulfidisauhausmassoihin, joilla tiivistettiin elementtirakennusten ulkoseinien liitos- ja saumakohdat. (Pyy & Lyly 1998, 7; Ympäristöministeriö a.) Polysulfidimassat ovat yleisimmin käytettyjä kaksikomponenttisiä saumausmassoja, joissa toinen komponentti sisältää sideaineen (polysulfidikumi) lisäksi kovetetta, pehmitintä

(PCB), pigmenttejä sekä tartuntaa parantavia aineita. Toinen komponentti sisältää kovetteen, kuten metallioksidea (lyijyoksidi) ja -peroksidia sekä pehmitettä. (Walter, Sorsa & Wäänänen 1970, 432; Pyy & Lyly 1998, 7-8.)

Elastiset saumausmassat nimensä mukaisesti myötäilevät saumattujen rakenneosien liikkeitä. Elastisilla saumausmassoilla saumattiin julkisivuelementtien väliset liikkuvat puskusaumat, tiivistettiin eristysruutuja, ovien, ikkunoiden ja venttiilien ympäröiksi sekä kattorakenteiden peltiliitoksia. (Walter ym. 1970, 428, 436.) Rautiaisen (1997) mukaan elastisia polysulfidisaumausmassoja ei juurikaan käytetty rakennusten sisätiloissa niiden pahan hajun takia (Pyy & Lyly 1998, 8).

PCB -yhdisteitä on käytetty myös lämpölasien tiivistysmassoissa. Lämpölaseja on käytetty teollisuusrakennuksissa vuodesta 1960 lähtien ja muissa talotyypeissä vuodesta 1965 alkaen (Ympäristöministeriö 2004.) Lämpölasia valmistetaan kahdesta tai useammasta lasilevystä, joiden välitila suljetaan ilmatiiwiisti. Lasien väliin jäävä ilmatila sisältää kiviä ilmaa ja/tai kaasua, kuten argon tai krypton. Lasilevyt liimataan kotelomaiseen välilistaan, jonka jälkeen lasilevyt ja välilistat tiivistetään. Väliprofiilin kuivatusaine sitoo välitilan kosteuden ja liuotinhöyryt. (Siikanen 1986, 254; Neuvonen 2006, 269.) Kuviossa 2 on esitetty lämpölasin eli eristys- tai umpiolasin rakenne.



KUVIO 2. Lämpölasin rakenne (Ympäristöministeriö 2004)

Saumausmassojen mahdollisesti sisältämät haitta-aineet:

- PCB
- lyijy
- PAH-yhdisteet (tiilisaumat, kts. 2.9.2 Kivihiilipiki)

2.12 Laitteet ja varusteet

2.12.1 Elohopeaa sisältävät laitteet

Erilaisissa mittalaitteissa on käytetty elohopeaa sen mittalaitteisiin soveltuvien ominaisuuksien vuoksi. Elohopea on jäätyvätöntä raskasta nestettä, joka johtaa sähköä. Sähkönjohtavuuden johdosta elohopeaa on käytetty erilaisissa sähkölaitteissa, sähkökatkaisimissa ja releissä. Elohopeaa on käytetty myös teollisuuden prosesseissa. (Maijala & Nippala 2003, 5.)

Elohopeaa sisältäviä mittalaitteita on käytetty tai käytetään mm. laboratorioissa ja sairaaloissa. Tällaisia mittalaitteita ovat barometrit, IR-laite, Kalomeeli-elektrodi, laboratoriolämpömittarit, lankavenymäilmaisim, lämpömittarit, manometrit, polarografi, porosimetri, psykrometrit, tiheysmittarit, tilavuus- ja painemittarit, tyhjiö-/diffuusiopumppu, verenpainemittarit, vetokoelaitte. (Maijala & Nippala 2003, 8.)

Sähkönjohto-ominaisuuden takia elohopeaa on käytetty erilaisissa kytkimissä. Elohopeakytkin on suljettu systeemi, jossa elohopea ja erillään olevat johtimen päät ovat lasikuvun sisällä. Lasikuvun asennon muuttuessa elohopea kytkee virran yhdistämällä johdon päät yhteen. Elohopeakytkimiä on käytetty mm. pinta- eli uimurikytkimissä (nestepinnan tunnistimet), porrasvaloautomaateissa sekä termostaateissa, painemittareissa, pumppujen tasonilmaisimissa ja kylmäkalusteiden valokytkimissä. (Maijala & Nippala 2003, 9,15.)

Elohopeaa käytetään erilaisissa valaisimissa ja valaisinlaitteissa, kuten loisteputkissa ja elohopealampuissa. Majakoiden pyörivissä valolaitteissa elohopeaa on

käytetty linssiosan laakerina ja kaasukäyttöisissä majakoissa tiivisteinä, jossa kahden sisäkkäisen elohopea-altaan muodostaman tiiviin kanavan kautta on johdettu kaasu kaasupolttimeen. Joidenkin majakoiden vilkkulaitteissa on ollut käytössä elohopeareleitä. (Maijala & Nippala 2003, 10–12.)

Edellä mainittujen laitteiden lisäksi elohopeaa sisältäviä laitteita ovat lämpökokeskuksissa ja lämmönjakohuoneissa sijaitsevat savukaasulämpömittarit, lämpömittarit, öljysäiliöiden pinnantasomittarit sekä elektroniset lämminvesivaraajat (Maijala & Nippala 2003, 14; Ympäristöministeriö a). Elohopeaa sisältävät laitteet ja varusteet sijaitsevat pääasiassa paikoissa, joissa ne ovat näkyvillä ja siten helposti vaihdettavissa (Ympäristöministeriö a).

2.12.2 PCB:tä sisältävät laitteet

Polyklooratut bifenyyliyhdisteet ovat huonosti syttyviä inerttejä yhdisteitä, jotka eivät johda sähköä, mutta johtavat erittäin hyvin lämpöä (Tuhkanen ym. 2007, 17). PCB:tä on käytetty sähkölaiteissa, kuten muuntajissa ja kondensaattoreissa jäähdytys väliaineena. Kondensaattoreissa PCB:tä on käytetty myös kondensaattoriöljynä ja muuntajissa jäähdytys väliaineena. Lisäksi PCB:tä on käytetty lämmönsiirtonesteinä suljetuissa lämmönsiirtojärjestelmissä ja muuntajissa. PCB-pitoisia kondensaattoreita on käytetty teollisuus- ja liikehuoneistojen loistevalaisimissa, katu- ja pihavalloissa, teollisuuselektronikassa, öljypolttimissa, öljypolttimien tuulettimissa sekä lämminilmakojeissa, kierto vesipumpuissa, ilmastointituulettimissa ja ilmastointilaitteissa. Kondensaattorit, jotka eivät sisällä PCB:tä on merkitty tunnuksella ”MP”. (Maijala & Nippala 2003, 22–25.)

Laitteiden ja varusteiden mahdollisesti sisältämät haitta-aineet:

- elohopea
- PCB

3 KÄYTÖNAIKANA RAKENTEISIIN JOUTUNEET HAITTA-AINEET

Edellisessä luvussa käsiteltiin sellaisia materiaaleja, jotka saattavat sisältää tänä päivänä haitalliseksi tiedettyjä haitta-aineita. Sen lisäksi, että saneerauksen tai rakennuksen purun yhteydessä syntyvän rakennusjätteen mahdollisesti sisältämät haitta-aineet ovat peräisin esimerkiksi materiaalin valmistusprosessista, käytetyistä lisäaineista ja materiaalin pinnoitteista, voivat haitta-aineet olla peräisin rakennuskohteen käytön aikana tulleista kontaminaatioista. Käytön aikana rakenteisiin on voinut joutua esimerkiksi liuottimia, kemikaaleja, raskasmetalleja ja öljyjä. Tässä luvussa käsitellään joitain teollisuuden aloja ja niiden toiminnassa käytettyjä ja edelleen käytettäviä haitallisia aineita, joita rakenteisiin saattaa joutua. Esittely ei ole kaiken kattava, mutta se antaa esimerkin siitä, mitä erilaisia haitta-aineita eri teollisuuden alueilla käytetään.

3.1 Metalliteollisuus

Metalliteollisuus voidaan jakaa neljään alaluokkaan: pintakäsittelyyn, metallien valmistukseen, valimotoimintaan sekä konepajoihin. Metallien pintakäsittelyssä käytetään happoja ja syanidia sekä käsittelytavasta riippuen eri raskasmetalleja, kuten kromia, nikkeliä, sinkkiä, kuparia ja/tai kadmiumia. (Jaakkonen 2001, 23.) Metallien valmistuksessa käytetään syanidin ja raskasmetallien lisäksi öljy-yhdisteitä sekä fluoridia (Kylä-Setälä & Assmuth 1996, Mroueh, Vahanne, Eskola, Pasanen, Wahlström, Mäkelä & Laaksonen 2004, 1/1 mukaan).

Metallituotteiden valmistuksessa, esimerkiksi valimotoiminnassa, käytettyjä haitta-aineita ovat yleisimmin öljyt ja rasvanpoistossa käytetyt liuottimet. Lisäksi metallien valmistuksessa on käytetty edellä mainittuja haitta-aineita: happoja, syanidia, fluoridia, raskasmetalleja sekä kloorattuja yhdisteitä. (Jaakkonen 2001, 23; Kylä-Setälä & Assmuth 1996, Mroueh ym. 2004, 1/1 mukaan.) Valimoiden lisäksi myös konepajateollisuudessa öljyjen sekä rasvanpoistoliuottimien käyttö on runsasta (Jaakkonen 2001, 23).

3.2 Kemianteollisuus ja muoviteollisuus

Kemianteollisuus ja muoviteollisuus voidaan jakaa neljään alaluokkaan: tekno-kemian tuotteiden valmistukseen, lääketehdasiin ja farmasiaan, maalien, lakkojen, pintavärien yms. valmistukseen sekä kasvinsuojeluaineiden ja lannoitteiden valmistukseen. Teknokemian tuotteiden, kuten pesuaineiden sekä kosmetiikka- ja hygieniatuotteiden valmistuksessa haitallisimpia aineita ovat valmistusprosesseissa käytetyt liuottimet. Lääketehtaiden ja farmasian alalla raaka-aineiden valmistuksessa käytetään erilaisia kemikaaleja ja liuottimia. Maalien, lakkojen ja liimojen valmistuksessa käytetään erilaisia liuottimia ja jossain määrin raskasmetallipitoisia pigmenttejä. Kasvinsuojeluaineiden valmistuksessa puolestaan käytetään erilaisten liuottimien lisäksi myrkyllisiä kaasuja ja nesteitä. (Jaakkonen 2001, 24–25.)

Muoviteollisuudessa käytetyistä palonestoaineista PBB- ja PBDE-yhdisteistä on epäilty muodostuvan vastaavia bromattuja dioksiineja ja furaaneja muovien työstön ja lämpökäsittelyn yhteydessä. (Priha, Ahonen, Koskinen, Impiö, Lapinlampi & Rantio 2005, 287–288). Muoviteollisuudessa käytetään myös öljyä, joka rakenteisiin joutuessaan vaikeuttaa esimerkiksi betonirakenteiden hyötykäyttöä (Kylä-Setälä & Assmuth 1996, Mroueh ym. 2004, 1/1 mukaan).

3.3 Korjaamot, romuttamot ja maalaamot

Korjaamoilla ja romuttamoilla käsiteltyjä haitallisia aineita ovat käytetyt ja varastoidut jäteöljyt, jotka saattavat sisältää muun muassa rikkiä, kloorattuja hiilivetyjä, PAH-yhdisteitä sekä lyijyä. Öljyjen lisäksi korjaamoilla käsitellään liuottimia, maaleja, akkuhappoja, jarru- ja kytkinnesteitä sekä leikkuuöljyjä. (Jaakkonen 2001, 25–26; Kylä-Setälä & Assmuth 1996, Mroueh ym. 2004, 1/2 mukaan.) Maalaamoissa puolestaan käsitellään erilaisia maaleja ja liuottimia (Jaakkonen 2001, 26).

3.4 Tekstiiliteollisuus

Tekstiiliteollisuudessa käytetään useita haitallisia kemikaaleja valmistusprosessin eri vaiheissa. Kun kuitu kehrätään langaksi, käytetään kehruuprosessissa voiteluaineena erilaisia kehruöljyjä ja avi vointiaineita, jotka tavallisesti ovat mineraalipohjaisia öljyjä. Nämä aineet vaikuttavat kuitujen kitkaominaisuuksiin ja siten mahdollistavat suuremmat kehruunopeudet. Kehruöljyjen joukkoon lisätään emulgointiaineita poispesun helpottamiseksi. Kuituja saatetaan joutua suojaamaan homeensuoja-aineilla, jotka sisältävät raskasmetalliyhdisteitä, fenoleita ja kloorifenoleita. (Talvenmaa 2002, 36–37.)

Kun langasta aletaan valmistaa kangasta, loimilangat useimmiten liistataan. Liistauksessa loimiliisterin avulla muodostetaan langan pinnalle läpinäkyvä langan kudontaominaisuuksia parantava kalvo. Loimiliistereitä valmistetaan sekä synteettisesti että luonnosta saatavista aineista. Synteettisiä loimiliistereitä ovat muun muassa polyvinyylialkoholi (PVA) sekä erilaiset polyakrylaatit. Luonnosta saatavia liistereitä ovat tärkkelyspohjaiset liisterit sekä erilaiset selluloosajohdannaiset, kuten karboksimeytylliselluloosa (CMC-liisteri). Kankaita voidaan pinnoittaa, jolloin pinnoitteena käytetään esimerkiksi liuotinpohjaisia pinnoitteita sekä muita haitallisia kemikaaleja. Lisäksi kankaiden valmistuksen yhteydessä tuotantokoneissa käytetään voiteluöljyjä. (Talvenmaa 2002, 36–37, 40.)

Kankaan värjäystä edeltävät erilaiset esikäsitelyprosessit. Kankaista pestään pois tuotantovaiheissa kankaaseen joutuneet epäpuhtaudet, joita ovat muun muassa kehruöljyt, avi vointiaineet ja koneista tarttunut lika. Pesuaineina käytetään pääasiassa synteettisiä tensidejä. Aiemmin pesuaineina on käytetty klooripohjaisia orgaanisia liuottimia, kuten trikloorietyleeniä ja tetrakloorieteeniä. Nykyisin Suomen tekstiiliteollisuudessa näitä orgaanisia liuottimia ei enää käytetä. (Talvenmaa 2002, 41.)

Kankaan pinnasta poistetaan kutomonukka joko leikkaamalla ja hiomalla tai polttamalla. Puuvillakankaiden epäpuhtauksien poistamiseksi kangas keitetään alkalisena lipeäkeittona. Merseroinnilla turvotetaan puuvillakuituja käsittelemällä puuvillakankaita, -neuloksia tai -lankoja lipeällä (NaOH) tai nestemäisellä ammonia-

killa. Kankaiden valkaisussa käytetään valkaisukemikaalina hypokloriittia, kloriittia, vetyperoksidia. Suomen tekstiiliteollisuuden valkaisuprosesseissa käytetään nykyään ainoastaan vetyperoksidia. Villakuitujen käsittelyyn käytetään klooriyhdisteitä, joilla voidaan muokata villakuitujen pintakerrosta. (Talvenmaa 2002, 41–42.)

Monet kankaiden värjäyksessä käytettävät väriaineet sisältävät raskasmetalleja ja muita haitallisia aineita. Väriaineiden sisältämiä raskasmetalleja ovat muun muassa kromi, kupari, nikkeli, lyijy, elohopea, sinkki, arseeni ja kadmium. Haitallisia aineita on väriliemien lisäksi väriaineisiin sitoutuneena ilmassa pölynä, kaasuna ja höyryinä. Värjäyksen yhteydessä on väriaineen lisäksi käytetty kuituja turvottavia apuaineita eli carrierejä, jotka ovat aromaattisia, orgaanisia yhdisteitä. Myrkyllisyyden takia carrierien käytöstä on lähestulkoon luovuttu. Muita käytettyjä apuaineita ovat erilaiset hapot, emäkset ja suolat sekä hapettimet ja pelkistimet. (Talvenmaa 2002, 46–47.)

Kankaiden viimeistyskäsittelyssä käytetään myös monia erilaisia kemikaaleja ja haitallisia aineita. Esimerkiksi muoto- ja mittapysyvyys- sekä siliävyys viimeistyksessä käytetään muun muassa formaldehydiä ja erilaisia hartseja. Veden- ja lianhylkimisviimeistykseen käytetään parafiinituotteita, erilaisia hartseja sekä silikoni- ja fluoriyhdisteitä. Palosuojauksessa käytetään palonsuoja-aineita, jotka sisältävät muun muassa bromia ja klooria. Homeensuoja- ja säilöntäaineina on käytetty aineita, jotka ovat sisältäneet esimerkiksi sinkki-, kupari- ja elohopeayhdisteitä sekä fenoleita, kloorifenoleita ja PCB:tä. Nykyisin monet näistä homeensuoja- ja säilöntäaineiden sisältämistä aineista, esimerkiksi PCB, ovat Suomessa kiellettyjä. (Talvenmaa 2002, 50–55.)

3.5 Kemiaaliset pesulat

Kemiaalisissa pesuloissa käytetään tekstiilien pesuun veden sijasta erilaisia kemiallisia liuottimia. Näistä yleisimmät ovat tetrakloorieteeni eli perkloorietyleeni ja trikloorieteeni, joista trikloorieteeniä käytetään Suomessa enää hyvin rajoitetusti. Tri- ja tetrakloorieteenin ohella pesuaineina on käytetty fluorattuja hiilivetyjä

(CFC -yhdisteet) ja alifaattisia hiilivetyjä. CFC -yhdisteiden käyttö kiellettiin vuonna 1995. CFC -yhdisteiden lisäksi Suomessa ei nykyään käytetä myöskään alifaattisia hiilivetyjä kemialliseen pesuun. (Talvenmaa 2002, 61.)

3.6 Puutuoteteollisuus

Kyllästämöillä on käytetty puun lahonsuojauksessa kreosoottiöljyä, jonka sisältämiä haitallisia aineita ovat PAH-yhdisteet. Muita käytettyjä kyllästysaineita ovat CCA- ja CC-kyllästeet, jotka sisältävät kromia (C), kuparia (C) ja arseenia (A). (Kylä-Setälä & Assmuth 1996, Mroueh ym. 2004, 1/1 mukaan.)

Sahoilla on käytetty puutavaran sinistymisenestoaineena kloorifenolipohjaisia puunsuoja-aineita 1930-luvulta 1980-luvulle. Esimerkiksi KY-5-niminen sinistymisenestoaine sisälsi 5-10 % pentakloorifenolia sekä lisäksi epäpuhtautena dioksiineja ja furaaneja. (Franzén 2006, 81.) Puun työstössä puolestaan on käytetty fenoliliimoja (Kylä-Setälä & Assmuth 1996, Mroueh ym. 2004, 1/1 mukaan).

3.7 Muita toimialoja

Graafinen teollisuus: Graafisessa teollisuudessa painokoneissa käytetään öljyä. Lisäksi tuotannossa käytetään erilaisia liuottimia, hopeaa sisältäviä kiinnitteitä, kehitteitä, liimoja, lakkoja ja painovärejä. (Jaakkonen 2001, 27–28; (Kylä-Setälä & Assmuth 1996, Mroueh ym. 2004, 1/1 mukaan.)

Laboratoriot: Laboratorioissa on käytetty elohopeaa tai elohopeayhdisteitä analyysikemikaaleina ja/tai reagensseina. Elohopean käyttö on ollut tärkeä osa mittaus- ja analyysitekniikkaa. (Maijala & Nippala 2003, 8.) Laboratorioissa käsitellään myös runsaasti eri kemikaaleja.

Hammashoitolat: Vanhoissa kiinteistöissä toimineiden hammashoitoloiden vesilukoissa ja putkistojen taitekohdissa saattaa olla elohopeaa amalgaamin käsittelyn seurauksena (Maijala & Nippala 2003, 13).

4 RAKENNUSTEN HAITTA-AINESELVITYKSET

4.1 Yleistä haitta-aineselvityksistä

Vuonna 1995 Suomessa on otettu käyttöön sisäilmastoluokitus, jota on päivitetty vuonna 2000. Luokitukseen kuuluu kolme luokkaa, joista paras on S1 eli yksilöllinen. Tuolloin 90 % arvioitsijoista pitää ilman laatua hyvänä. Luokka S2 on hyvä ja S3 puolestaan tyydyttävä. (Husman, Roto & Seuri 2002, 28.) Rakennusten sisätilan ilmanlaadulle on olemassa joidenkin yhdisteiden osalta tavoitearvot. Tavoitearvot on esitetty liitteessä 2 taulukossa 1.

Myös rakennusmateriaaleille on olemassa luokitusjärjestelmä, ns. M-päästöluokitus, joka jakautuu kolmeen luokkaan M1, M2 ja M3 päästömäärien mukaan. Elokuussa 2001 parhaaseen luokkaan M1 kuului 450 tuotetta, kun marraskuussa 2006 niitä kuului jo 1000. (Husman, Roto & Seuri 2002, 29; Rakennustieto Oy 2006.) Rakennusmateriaalien päästöluokkien vaatimukset on esitetty liitteessä 2 taulukossa 2.

Rakenteissa oleville haitta-aineille ei ole olemassa ohjearvoja. Rakennusmateriaalien tutkiminen on kuitenkin aiheellista, sillä rakennusmateriaalien sisältämät haitta-aineet saattavat vaikeuttaa materiaalien käsittelyä, hyötykäyttöä, kierrätystä sekä loppusijoitusta.

Menneinä vuosina haitta-aineselvityksissä käytettiin, osin virheellisesti, pilaantuneisuuden vertailuarvoina maaperän pilaantuneisuuden arviointiin käytettyjä SAMASE-ohje- ja raja-arvoja. Betonin hyödyntämismahdollisuuksien arviointiin on aiemmin käytetty standardia SFS 5885.

Lainsäädännöllä on viime vuosina pyritty edistämään rakennusmateriaaleista syntyvän purku- ja saneerausjätteen luokittelua. Esimerkiksi joulukuussa 2006 voimaan tullut valtioneuvoston asetus (591/2006) eräiden jätteiden hyötykäytöstä maarakentamisessa esittää muun muassa betonijätteelle maarakennuskäytössä sallitut haitallisten aineiden pitoisuudet ja liukoisuudet. Asetus on osittain korvanut standardin SFS 5885. Lisäksi syyskuussa 2006 voimaan tullut valtioneuvoston

päätös kaatopaikoista (861/97, muutos 202/2006) esittää jätteen sisältämille haitta-aineille liukoisuuskriteerit, joiden mukaan voidaan määrittää jätteen kaatopaikkakelpoisuus. Lisäksi tammikuuta 2002 voimaan tullessa valtioneuvoston asetuksessa 1128/2001 on esitetty kriteerit ongelmajätteiden luokitteluun. Nykyisin rakennusjätteen määrittelyyn ei lähtökohtaisesti käytetä maaperän pilaantuneisuuden arviointiin käytettäviä kriteereitä.

Nykyisin rakennusten haitta-aineselvitysten yhteydessä tehdään usein myös maaperän pilaantuneisuustutkimuksia sekä sisäilmatutkimuksia. Esimerkiksi betoni on huokoinen lattiamateriaali, joka läpäisee pinnalleen päässeen öljyn maaperään asti. (Winqvist 2007). Öljyn pilaamasta lattiasta saattaa myös haihtua hiilivetyjä sisäilmaan.

4.2 Haitta-ainetutkimukset

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan viittä eri rakennusta, jotka on rakennettu vuosina 1896–1970. Tähän osioon on käytetty materiaalina Ramboll Finland Oy:ssä tehtyjä haitta-aineselvityksiä, jotka ovat valmistuneet vuosien 2001 ja 2006 välisenä aikana. Koska haitta-aineselvitykset on tehty osittain yksityisille tahoille, ei rakennuksista esitetä yksityiskohtaisia tietoja, eikä lähdemateriaalien tietoja ilmoiteta yksityisyyssuojan turvaamiseksi. Taulukossa 1 on esitetty yhteenveto käsiteltävistä rakennuksista.

TAULUKKO 1. Tutkitut rakennukset

Rakennus	Valmistusvuosi	Käyttötarkoitus	Tutkitut haitta-aineet
A	1896–1953	veturitalli	öljy, PAH
B	1926	muuntoasema	öljy, PCB, PAH, PCDD/F
C	1927	metalliteollisuus	raskasmetallit, syanidi, PCB, PAH, öljyhiilivedyt, Hg, Cr(VI)
D	1949	metalliteollisuus	mineraaliöljyt, PAH
E	1970	koneteollisuus	mineraaliöljyt, PAH

4.2.1 Rakennus A

Rakennus A on rakennettu vaiheittain vuosina 1890–1950 ja se on toiminut veturien huoltopaikkana ja siellä on varastoitu toimintaan liittyviä öljyjä ja kemikaaleja. Huoltotoiminta on päätynyt ja nykyisin tiloja käytetään väliaikaisesti varastotiloina.

Veturitalli on tiilirakenteinen. Rakennuksen lattia koostuu kahdesta kerroksesta. Alkuperäinen lattia on paikoitellen tiiltä, jonka päällä on ohut laastikerros ja paikoitellen betonia. Vanhan lattian paksuus on noin 16 cm ja sen päälle on myöhemmin valettu noin 11 cm:ä paksu uusi betonilattia. Veturitalli jakaantuu useaan erilliseen talliin, joista jokaisessa on ollut kivirakenteinen huoltomonttu. Jokaisen huoltomontun päässä on kaivo, josta lähtee viemäri yhteiselle öljynerottimelle. Osa huoltomontuista on peitetty ja päälle on valettu lattia.

Rakennenäytteet otettiin timanttikairalla, jolla lävistettiin lattiamateriaali. Lattiamateriaalin alta otettiin myös maanäytteitä. Näytepisteitä oli yhteensä 13, joista kahdeksasta otettiin rakennenäyte. Näytteistä tutkittiin viisi. Sekä rakenne- että maaperänäytteistä tutkittiin öljyt. Tutkimustulokset on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Rakennenäytteiden tulokset rakennuksessa A

Näyte	Öljyt, rakenne [mg/kg]	Öljyt, maaperä [mg/kg]
A1	5 900	3 500 (0,2-0,5 m) 13 000 (2,2-2,5 m)
A2	7 400	1 800 (1,0-1,5m)
A3	350	ei maanäytettä
A4	800 (betonikerros)	23 (0,5-1,0)
A4	17 000 (tiilikerros)	
A5	<50	ei maanäytettä

Tutkimustuloksista käy ilmi, että lattiarakenteet olivat pilaantuneet öljyllä. Öljyä oli kulkeutunut myös maaperään. Koska betonirakenteita poistettaessa aistinvaraisesti ei kyetty erottamaan öljyistä ja puhdasta betonia, kaikki betoni luokiteltiin

pilaantuneeksi ja toimitettiin asianmukaiset luvat omaavaan jätteenkäsittelykeskukseen. Maanäytteessä kohdassa, josta ei otettu rakennenäytettä, todettiin tutkimuksissa PAH-yhdisteitä 30,5 mg/kg. Tutkimusraportin yhteenvedossa todetaan: ”PAH-yhdisteitä sisältäviä kyllästeitä on yleisesti käytetty ratapölkkyihin, mutta näihin viittaavaa ei ole löydetty veturitalin rakenteista. Tutkimuspiste on lähellä rakenteita ja pitoisuus voi olla peräisin tiivistämiseen käytetyistä bitumi/tervasiveliistä.” Tutkimusraportista ei käy ilmi, että lattiarakenteissa olisi ollut eristekerros. Rakenteista ei myöskään tutkittu PAH-yhdisteitä.

4.2.2 Rakennus B

Rakennus B on vuonna 1927 rakennettu rakennus, joka jakautuu kahteen osaan a ja b. Tiloissa on aluksi toiminut muuntoasema, minkä jälkeen 1980-luvulta lähtien rakennus on ollut mittauslaboratorion käytössä. Haitta-aineselvitys tehtiin, koska rakennus on tarkoitus peruskorjata asuinkäyttöön.

Rakennenäytteet otettiin poraamalla iskuporakoneella tiiliseinistä noin 0-20 mm syvyydeltä ja perustuksissa noin 0-100 mm syvyydeltä. Valtaosa tutkituista näytteistä oli 10–20 osanäytteestä muodostettuja kokoomanäytteitä. Näytteistä tutkittiin muuntamotoiminnasta johtuvia haitta-aineita, kuten öljyt ja PCB, sekä PAH-yhdisteet, jotka indikoivat vesieristeenä käytettyä kreosoottia (kivihiilipiki). Tutkimustulokset on esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Rakennus B:n rakenteiden tutkimustulokset

Näyte	Mö	PAH	PCB	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn
ohjearvo	<u>300</u>	<u>20</u>	<u>0,05</u>	<u>10</u>	<u>0,5</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>60</u>	<u>60</u>	<u>150</u>
raja-arvo	1000	200	0,5	50	10	400	400	300	200	700
Ba1 (L)	430	-	0,086	-	-	-	-	-	-	-
Ba2 (L)	1400	0,24	0,003	-	-	-	-	-	-	-
Ba3 (L)	7500	2200	0,02	6,9	0,23	12	370	36	19	280
Ba4 (L)	3600	830	0,047	-	-	-	-	-	-	-
Ba5 (L)	4100	2100	0,035	-	-	-	-	-	-	-

(jatkuu)

TAULUKKO 3. (jatkuu)

Näyte	Mö	PAH	PCB	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn
ohjearvo	<u>300</u>	<u>20</u>	<u>0,05</u>	<u>10</u>	<u>0,5</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>60</u>	<u>60</u>	<u>150</u>
raja-arvo	1000	200	0,5	50	10	400	400	300	200	700
Ba6 (L)	41	1,3	1,136	-	-	-	-	-	-	-
Ba7 (P)	160	2,6	<0,001	-	-	-	-	-	-	-
Ba8 (P)	200	<u>27</u>	<0,001	-	-	-	-	-	-	-
Ba9(P)	36	7,1	<0,001	-	-	-	-	-	-	-
Ba10 (P)	130	18	<0,001	-	-	-	-	-	-	-
Ba11 (P)	31	6,4	<0,02	-	-	-	-	-	-	-
Ba12 (P)	23	4,1	<0,02	-	-	-	-	-	-	-
Ba13 (P)	-	4,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Ba14 (S)	-	-	<u>0,178</u>	2,5	<u>1,8</u>	9,7	8,2	24	5,9	2200
Bb1 (L)	130	0,31	<u>0,108</u>	-	-	-	-	-	-	-
Bb2 (L)	6400	4,6	1,7	-	-	-	-	-	-	-
Bb3 (P)	130	39	<0,02	-	-	-	-	-	-	-
Bb4 (P)	78	5,9	0,011	-	-	-	-	-	-	-
Bb5 (P)	-	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-
Bb6 (P)	-	<u>150</u>	-	-	-	-	-	-	-	-
Bb7 (P)	-	8,8	<0,001	-	-	-	-	-	-	-
Bb8 (P/K)	<u>680</u>	220	<0,02	-	-	-	-	-	-	-
Bb9 (P/K)	-	<u>39</u>	-	-	-	-	-	-	-	-
Bb10 (S)	140	5,9	<u>0,14</u>	-	-	-	-	-	-	-
Bb11 (S)	<u>830</u>	0,54	<u>0,24</u>	-	-	-	-	-	-	-
Bb12 (S)	3700	-	<u>0,8</u>	-	-	-	-	-	-	-
Bb13 (S)	3500	-	<u>0,33</u>	-	-	-	-	-	-	-
Bb14 (S)	2200	-	<u>0,34</u>	-	-	-	-	-	-	-
Bb15 (S)	37	-	<u>0,066</u>	-	-	-	-	-	-	-
Bb16 (S)	160	-	0,042	-	-	-	-	-	-	-
Bb17 (S)	150	-	0,046	-	-	-	-	-	-	-
Bb18 (S)	-	-	0,014	-	-	-	-	-	-	-
Bb19 (S)	-	-	0,048	-	-	-	-	-	-	-
Bb20 (S)	33	-	<0,001	-	-	-	-	-	-	-
Bb21 (S)	-	-	0,035	-	-	-	-	-	-	-
Bb22 (S)	-	-	<0,001	-	-	-	-	-	-	-
(L) = lattianäyte (betoni) (P) = perustusnäyte (betoni) (K) = kanaali (S) = seinänäyte (tiili + laasti) Mö = mineraaliöljyt <u>alleiviivattu</u> = pitoisuus ylittää SAMASE -ohjearvon tummennettu = pitoisuus ylittää SAMASE -raja-arvon										

Lattiassa oli käytetty vesieristeenä kreosoottia lähes koko rakennuksen alalla.

PAH-pitoisuudet vaihtelivat 0,24... 2200 mg/kg välillä. Kreosootti oli asennettu

osin lattialaatan ja pintavalun väliin ja osittain laatan alle hiekkatäytön ja lattian väliin. Kaikki kreosoottia sisältäneet betonilaatat purettiin. Lattiarakenteissa oli myös paikoitellen korkeita mineraaliöljy- ja PCB-pitoisuuksia. Perustukset puhdistettiin kreosootista hiekkapuhaltamalla. Seinärakenteissa todettiin öljyä ja PCB:tä. Tiiliseiniä jouduttiin pilaantuneilta osin purkamaan ja puretut seinärakenteet korvattiin betonilla.

4.2.3 Rakennus C

Rakennus C on ilmeisesti rakennettu vuonna 1927. Rakennuksessa on ollut metallien pintakäsittelytoimintaa, kuten karkaisua, niklausta ja kromausta. Rakennuksen lattiat ovat valtaosin betonia ja seinät maalattuja tiiliseiniä. Katossa ja seinissä on runsaasti poistoilmanvaihtohormeja.

Rakennuksesta otettiin yhteensä 19 rakennenäytettä. Näytteet otettiin timanttikairalla. Näytteenottoisyvyys oli pääasiallisesti 50... 100 mm, mutta muutamat näytteistä olivat pintanäytteitä. Näytteistä tutkittiin öljyt, syanidit, raskasmetallit, PAH-yhdisteet ja PCB riippuen siitä mitkä toiminnot kyseiselle näytteenottoalueelle sijoittuvat. Tutkimustulokset on esitetty taulukoissa 4 ja 5.

TAULUKKO 4. Rakennuksen C tutkimustulokset: raskasmetallit [mg/kg]

Näyte	As	Cd	Co	Cr	Cr ⁶⁺	Cu	Mo	Ni	Pb	Zn
C5 (L)	<10	<0,5	5,3	11,1	<0,1	14,4	<3	5,7	5,2	37,5
C9 (L)	<10	<0,5	4,3	13,9	-	11,9	<3	16,6	<5	50,4
C10 (L)	<10	<0,5	9,1	21,0	-	56,9	<3	9,0	106	101
C12 (L)	-	-	-	-	<0,1	-	-	-	-	-
C11 (S)	<10	37,6	12,6	75,9	-	27,0	18,9	9,0	3 970	44 900
C13 (S)	33	124	132	85,1	-	61,4	83,8	21,1	1 510	137 000
C20 (H)	22	52,7	22,1	188	-	401	149	90,6	1 680	298 000
C21 (H)	41	18,3	99,3	814	-	1 290	84,6	615	409	2 370
C22 (H)	17	35,7	73,2	494	-	695	129	396	1 780	1 420

(L) = lattianäyte (betoni)
(S) = seinänäyte (maalattu tiili)
(H) = horminäyte
- = ei tutkittu

TAULUKKO 5. Rakennuksen C tutkimustulokset: muut haitta-aineet [mg/kg]

Näyte	Öljyt	PAH	PCB	
C1 (L)	-	-	-	<0,5
C2 (L)	-	-	-	<0,5
C3 (S)	34 000	-	-	-
C4(S)	-	<0,1	-	<0,5
C6 (L)	32 000	-	-	-
C7 (L)	-	-	<0,1	-
C8 (L)	-	-	<0,1	-
C10 (L)	-	0,4	-	-
C14 (L)	91	-	-	-
C15 (L)	170	-	-	-
C16 (L)	1 800	-	-	-
C17 (L)	47 000	-	-	-
C18 (L)	2 900	-	-	-
C19 (L)	4 300	-	-	-
C22 (H)	-	<0,1	-	-
C23 (H)	-	-	-	<0,5
C24 (H)	-	91,1	-	-
(L) = lattianäyte (betoni) (S) = seinänäyte (maalattu tiili) (H) = horminäyte - = ei tutkittu				

Paikoitellen rakenteissa oli todettavissa kohonneita raskasmetallipitoisuuksia, etenkin seinä- ja hormirakenteissa. Korkeat lyijy- ja sinkkipitoisuudet johtunevat maalipinnoitteesta olevista pigmenteistä. Kuudenarvoinen kromi jäi alle laboratorion määrittämissä tutkimuskohteista. Tutkituilta osin syanidipitoisuudet jäivät alle laboratorion määrittämissä tutkimuskohteista. Myös PCB-pitoisuudet jäivät alle laboratorion määrittämissä tutkimuskohteista. PAH-pitoisuus oli korkea horminäytteessä C 24, muissa näytteissä PAH-yhdisteitä oli vain vähän tai pitoisuus jäi alle laboratorion määrittämissä tutkimuskohteista. Öljypitoisuudet olivat paikoitellen hyvinkin korkeita, jopa ongelmajätetason (>10 000 mg/kg) ylittäviä pitoisuuksia.

4.2.4 Rakennus D

Rakennus D on valmistunut vuonna 1946. Tilat ovat alkujaan toimineet öljyvarastona ja myöhemmin metalliteollisuuden rautavarastona. Tiloissa on myös työstetty metallia. Rakennus koostui maanpäällisestä (1.) kerroksesta ja kellarikerroksesta.

Rakennenäytteet otettiin timanttikoralla. Välipohjasta otettiin kolme näytettä D1-D3, joista kaksi pintanäytettä (D2 ja D3). Kellarikerroksesta otettiin yksinäyte D4. Näytepisteiden D1 ja D4 lattiarakenne koostui kolmesta kerroksesta. Näytepisteessä D1 alimmat betonilaatat haisivat öljylle. Näytepisteessä D4 todettiin pinta-laatan alapuolella bitumikerros, mikä ilmeisesti oli kreosoottia. Rakennenäytteet haisivat pisteessä PAH-yhdisteille. Kaikista rakennenäytteistä tutkittiin öljypitoisuus. Lisäksi kellarinäytteestä tutkittiin PAH-yhdisteet. Tutkimustulokset on esitetty taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Rakennuksen D tutkimustulokset

Näyte	Öljyt, rakenne [mg/kg]	C ₆ -C ₁₀ [mg/kg]	C ₁₁ -C ₂₃ [mg/kg]	C ₂₄ -C ₃₅ [mg/kg]	PAH [mg/kg]	Öljyt, maaperä [mg/kg]
D1	23 000	0	5 097	18 336	-	14 000
D2	1 700	0	226	1 430	-	-
D3	27 000	0	2 435	24 167	-	-
D4	15 000	0	6 804	5 790	709	-

Öljyt = kokonaisöljypitoisuus
 C₆-C₁₀ = kevyet jakeet
 C₁₁-C₂₃ = keskiraskaat jakeet
 C₂₄-C₃₅ = raskaat jakeet
 - = ei tutkittu

Lähes kaikissa näytteissä todettiin ongelmajätetasoiset (>10 000 mg/kg) öljypitoisuudet. Osassa näytteitä keskiraskaiden jakeiden (C₁₁-C₂₃) pitoisuudet olivat korkeita, joten on mahdollista, että rakenteista haihtuu hiilivetyjä ilmaan. Kellarikerroksen näytteessä todettiin 15 eri PAH-yhdistettä, joiden kokonaispitoisuus oli korkea 709 mg/kg.

4.2.5 Rakennus E

Rakennus E on rakennettu 1970-luvun lopulla ja sitä on laajennettu myöhemmin. Tiloissa on toiminut koneiteollisuuden laboratorio, jossa säilytetään ja koestetaan vetokoneita. Lattiamateriaali on betoni. Rakennuksessa sijaitsee yksi iso koestushalli ja neljä pienempää koestusasemaa. Lisäksi rakennuksessa on toimisto ja opetustiloja.

Rakennenäytteet otettiin timanttikoralla koestustiloista ja pajahuoneesta. Betoninäytteet olivat halkaisijaltaan 100 mm ja kappaleiden paksuus vaihteli noin 80 mm:stä lähes 500 mm:iin. Rakennenäytteistä tutkittiin laboratoriossa öljyt. Tutkimustulokset on esitetty taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Rakennuksen E tutkimustulokset

Näyte	Öljyt, rakenne [mg/kg]
E1	440
E2	1 100
E3	440
E4	76
E5	160
E6	2700
E7	2100
E8	150

Laboratoriorakennuksen alapohjarakenteiden kunto oli pääosin hyvä tai tyydyttävä. Suurimmat öljypitoisuudet olivat koestusasematiiloissa, joissa sijaitsevien koneiden ympärillä oli aistinvaraisestikin todettavissa öljyistä betonia.

4.3 Johtopäätökset ja työn tarkastelu

Käsiteltyjen haitta-ainetutkimusten tutkituista rakennuksista vanhin oli rakennettu 1890-luvulla ja nuorin 1970-luvulla. Tutkimustuloksissa oli nähtävissä sekä rakennusmateriaalien sisältämien haitta-aineiden aiheuttamaa pilaantuneisuutta sekä käytönaikana tapahtunutta kontaminaatiota.

1890-luvun ja 1950-luvun välisenä aikana rakennetuista rakennuksista kahdessa todettiin käytetyn vesieristeenä kreosoottia (rakennukset B ja D). Yhdessä rakennuksessa kreosootin mahdollinen käyttö jäi arvelujen varaan (rakennus A).

Vuonna 1927 rakennetussa rakennuksessa todettiin maalipinnassa korkeita lyijy ja sinkkipitoisuuksia. Käytön aikaista kontaminaatiota aiheuttivat pääasiassa öljyt. Rakennetutkimusten lisäksi kohteissa tehtiin paikoitellen myös sisäilma-, maaperä- ja pohjavesitutkimuksia. Taulukossa 8 on esitetty kunkin haitta-aineselvityksen yhteydessä tehdyt tutkimukset.

TAULUKKO 8. Rakenneselvityksen yhteydessä tehdyt tutkimukset

Rakennus	rakenne	sisäilma	maaperä	pohjavesi
A	x	x	x	x
B	x		x	
C	x	x		
D	x		x	x
E	x		x	

Maaperätutkimusten yhteydessä oli todettavissa, että lattiarakenteiden läpi oli kulkeutunut öljyä myös maaperään. Maaperän tutkimustulokset on esitetty rakennusten A ja D tutkimustulosten yhteydessä taulukoissa 2 ja 6. Sisäilmatutkimusten yhteydessä todettiin rakennuksen A sisäilmassa kohonneita TVOC-pitoisuuksia. Rakennuksen A tutkimusraportissa todetaan: ” Sisäilman TVOC-pitoisuus muodostuu todennäköisesti uuden betonilaatan pintaan imeytyneistä öljyistä ja liuottimista, jotka vapautuvat ilmaan.”

Tarkastellut haitta-aineselvitykset osoittavat, että kirjallisuudesta koottu tieto antaa viitteitä siitä, mitä eri aikakausina rakennetuista rakennuksista saattaa löytyä. Samoin rakennuksen historiatiedot eli tiedot rakennuksessa olleesta toiminnasta, toimintojen sijainnista sekä käytetyistä kemikaaleista antavat vinkkiä tutkittaviin rakenteista mahdollisesti löytyviin haitta-aineisiin.

Aina tiloissa käytettyjä aineita ei rakenteista löydy. Esimerkiksi rakennuksessa C oli aikoinaan metallin karkaisuun käytetty syanidikarkaisusuolaa, mutta syanidia ei kuitenkaan rakenteista tutkituilta osin löytynyt. PCB-yhdisteitä oli tutkittu rakennuksissa, joissa oli ollut muuntamoita (rakennukset B ja C). Muiden rakennusten tiiliseinistä PCB:tä ei ollut tutkittu, vaikka PCB:tä sisältävää lisäainetta kirjallisuuslähteiden mukaan on käytetty tiilien valmistuksessa.

Tarkastelluissa haitta-aineselvityksissä oli käytetty pilaantuneisuuden vertailuarvoina SAMASE-ohje- ja -raja-arvoja. Yhdessäkään selvityksessä ei ollut viitattu betonin hyötykäytön arvioinnissa käytettyyn standardiin SFS 5885. Tutkimuksessa käytetyn haitta-aineselvitysmateriaalin vähyyden vuoksi mitään tarkempia johtopäätöksiä ei voi tehdä. Kohteissa, joissa rakenteita oli purettu haitta-aineselvityksen jälkeen, oli pilaantuneet rakenteet toimitettu jätteenkäsittelykeskuksiin.

Tässä työssä käsitellyt haitta-aineselvitykset on tehty ennen nykyisen lainsäädännön voimaan tuloa, joten tässä työssä ei saatu vertailtua nykyisen lainsäädännön vaikutusta rakennusjätteiden hyötykäyttöön ja loppusijoitukseen verrattuna aiempiin käytäntöihin. Tutkimusmateriaalin vähyyden vuoksi ei myöskään ollut mahdollista tehdä yhteenvetoa siitä, millaisia haitta-ainepitoisuuksia löytyy puhtaaksi luokitelluissa materiaaleista ja millainen hajonta pitoisuuksilla on likaiseksi luokitelluissa materiaaleissa.

5 YHTEENVETO

Rakennuksissa esiintyvien haitta-aineiden tutkiminen aloitettiin asbestista 1990-luvun alussa. 1990-luvun puolivälissä yleistyivät myös kreosootin, lyijyn ja PCB:n esiintymisen kartoittaminen. Viime vuosina tarvetta selvittää haitallisten aineiden esiintymistä entistä kattavammin on lisännyt ulkomaisten tahojen tulo kiinteistömarkkinoille, vanhojen rakennusten purku- ja saneeraustyöt sekä lainsäädännön myötä rakennusjätteiden hyötykäytön laadunvalvonnan tehostuminen.

Tässä työssä koottiin tietoa rakennusmateriaaleissa esiintyvistä haitallisista aineista. Haitta-aineet, joita rakennusmateriaaleissa on käytetty, ovat kulkeutuneet materiaaliin valmistusprosessin ohessa sivutuotteena, pigmentteinä sekä materiaalin ominaisuuksiin vaikuttavina lisä- ja apuaineina. Yleisin eri materiaaleissa käytetty haitallinen aine on PCB. Sitä on käytetty kiviainestuotteiden lisäaineena, maaleissa, lakoissa ja saumausmassoissa pehmittimenä sekä muuntajissa ja kondensaattoreissa väliaineena. Muita yleisiä haitta-aineita ovat lyijy sekä muut raskasmetallit.

Rakenteisiin joutuu haitallisia aineita myös käytönaikana tapahtuvista kontaminaatioista. Eri toimialoilla käsitellään kullekin toimialalle tyypillisiä haitallisia aineita sisältäviä kemikaaleja, liuottimia, öljyjä ja muita aineita. Näiden aineiden huolimaton käsittely saattaa johtaa rakenteiden pilaantumiseen.

Sisäilmanlaadulle on olemassa tavoitearvot. Samoin rakennusmateriaaleille on päästöluokitus. Rakenteissa oleville haitta-aineille ei kuitenkaan ole olemassa ohjearvoja. Lainsäädännöllä on viime vuosina määritetty erälle rakennusjätteille hyötykäyttökriteerit maanrakennuksessa. Kyseisellä valtioneuvoston asetuksella (591/2006) on pyritty helpottamaan rakennusjätteen hyötykäyttöä. Mikäli hyötykäyttökriteerit eivät täyty, on laissa säädetty kaatopaikkakelpoisuus-kriteerit (VNp 861/1997, VNa 202/2006), joiden perusteella voidaan määrittää kunkin rakennusjäte-erän kaatopaikkakelpoisuus.

Tutkittujen haitta-aineselvitysten perusteella voidaan todeta, että rakennuksista löytyi kullekin aikakaudelle tyypillisiä rakenneratkaisuja ja haitallisia aineita sisältäviä materiaaleja. Myös rakennusten käyttöhistorian mukaisia haitta-aineita

löytyi selvityksissä. Rakenneselvitysten ohella kohteissa oli tehty lisäksi myös sisäilma-, maaperä- ja pohjavesitutkimuksia. Lattiarakenteiden ollessa öljyisiä poikkeuksetta myös maaperä rakennuksen alapohjan alla oli pilaantunutta. Öljyiset lattiarakenteet myös mitä ilmeisimmin heikensivät sisäilman laatua kevyiden ja mahdollisesti myös keskiraskaiden hiilivetyjen haihtuessa sisäilmaan.

Rakennusten haitta-aineselvityksiä laadittaessa tulee ottaa huomioon kohteen rakennusvuosi ja mahdolliset laajennusvuodet, sillä eri aikakausina on käytetty erilaisia rakennusmateriaali- ja rakenneratkaisuja, joista osa sisältää nykyisin haitalliseksi tiedettyjä aineita. Näiden haitallisten aineiden olemassa olo saattaa heikentää purku- ja saneerausjätteen hyötykäyttöä ja vaikeuttaa loppusijoitusta.

Selvitystä tehdessä tulee huomioida myös rakennuksen käyttöhistoria: millaisia toimintoja rakennuksessa on ollut, miten toiminnot ovat sijoittuneet rakennuksessa, millaisia kemikaaleja, liuottimia tai muita aineita tiloissa on käytetty tai varastoitu. Käyttöhistorian aikana haitallisia aineita on saattanut joutua rakenteisiin huolimattoman käsittelyn tai onnettomuuden seurauksena. Tapauskohtaisesti tulee harkita, onko kohteessa tarvetta sisäilma- maaperä- ja/tai pohjavesiselvityksiin.

Opinnäytetyöprosessin edetessä oli havaittavissa, kuten alussa mainittiin, että tietoa aiheesta on, mutta se on hyvin hajallaan eri lähteissä. Tarvetta tutkimukselle ja kirjalliselle työlle, joka kokoaa tiedon yksiin kansiin, on selvästi olemassa. Vaaditaan kuitenkin aikaa ja resursseja, jotta aihe saadaan kattavasti dokumentoitua. Tämä opinnäytetyö on ollut esiselvitystyö osana laajempaa kokonaisuutta, johon jatkossa voidaan selvittää lisäksi tarkempaa tietoa muun muassa haitta-aineiden tutkimusmenetelmistä näytteenotosta ja kenttätutkimusmenetelmistä aina laboratorioanalyysiin saakka.

LÄHTEET

Fraktman, L. 2002. Bromatut palonestoaineet ympäristössä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 2/2002. [viitattu 20.10.2007] Saatavissa: http://www.hel.fi/wps/portal/Ymparistokeskus/Artikkeli?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/fi/Ymp%C3%A4rist%C3%B6keskus/Asiakaspalvelu/Julkaisut/Julkaisut/Julkaisu_02_02_yhteenveto

Franzén, R. 2006. Ympäristökemian luentomoniste. Lukuvuosi 2006–2007. Tampereen teknillinen yliopisto. [viitattu 13.11.2007] Saatavissa: <http://www.tut.fi/units/ymp/kem/opintojaksot/KEM-4150/moniste.pdf>

Heino, A. 2004. Terveydelle vaaralliset aineet rakennuksissa. HB Sisäilmatutkimus Oy, Helsinki. SAP-Seminaari 2004. [viitattu 15.11.2007] Saatavissa: <http://netSPACE.lohja.fi/sapry/Liitetiedostot/AHeino.pdf>

Husman, T., Roto, P. & Seuri M. 2002. Sisäilma ja terveys – tietoa rakentajille. Kansanterveyslaitos B14. Kuopio: Kuopion yliopiston painatuskeskus. [viitattu 20.11.2007] Saatavissa: http://www.ktl.fi/attachments/suomi/julkaisut/julkaisusarja_b/2002b14.pdf

Jaakkonen, S. 2001. Kartoitus mahdollisesti saastuneista maa-alueista Helsingissä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 5/2001. [viitattu 13.11.2007] Saatavissa: http://www.hel2.fi/ympk/julkaisut/julkaisut2001/julkaisu05_01.pdf

Jantunen, M., Komulainen, H., Nevalainen, A., Tuomisto, J., Venäläinen, R. & Viluksela, M. 2005. Selvitys elinympäristön kemikaaliriskeistä. Kansallisen kemikaaliohjelman taustaselvitys. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B 11/2005. Helsinki: Edita Prima Oy. Saatavissa: http://www.ktl.fi/attachments/suomi/julkaisut/julkaisusarja_b/2005b11.pdf

Järvinen, S., Vaajavaari, K. & Priha, E. 2003. Lyijy rakennuksissa ja piha-alueilla. Pirkanmaan ympäristökeskuksen monistesarja 30. Tampere: Pirkanmaan ympäristökeskus.

Kaila, P. 1997. Talotohitori – Rakentajan pikkujättiläinen. Porvoo: WSOY.

Kaila, P. 2000. Kevät toi maalarin – perinteinen ulkomaalaus. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Kansanterveyslaitos. 2007. Luettelo kemiallisista analyyseistä. [viitattu 20.10.2007] Saatavissa: http://www.ktl.fi/portal/suomi/esittely/palvelut/pysyvien_organisten_yhdisteiden_ja_veden_kemiallinen_analytiikka/luettelo_kemiallisista_analyyseista/

Leimi, S. 2007. Tekninen neuvoja. Tikkurila Paints Oy. Haastattelu 20.11.2007.

Liikkanen, K. 2006. Fabriikki taas vasaran alle. Vaasan ylioppilaslehti 8/2006, 3. [viitattu 27.10.2007] Saatavissa: http://www.vyy.fi/_FileRoot/493015.pdf

Lumppio, K. 2002. Raportti palontorjunta-aineista. [viitattu 20.10.2007] Saatavissa: <http://www.api.hut.fi/Dokumentit/Palontorjunta-aineet.pdf>

Maijala, J-P. & Nippala E. 2003. Elohoepa ja PCB Suomen rakennuskannassa. Tampere: TTY-Paino.

Mroueh, U-M., Vahanne, P., Eskola, P., Pasanen, A., Wahlström, M., Mäkelä, E. & Laaksonen, R. 2004. Pilaantuneiden maiden kunnostushankkeiden hallinta. VTT tiedotteita 2245. Vantaa: Dark Oy.

Museovirasto. 2000. Korjauskortisto: KK7 Peltikaton maalaus. [viitattu 27.10.2007] Saatavissa: <http://www.nba.fi/tiedostot/c3f6084d.pdf>

Neuvonen, P. (toim.) 2006. Kerrostalot 1880–2000 - arkkitehtuuri, rakennustekniikka, korjaaminen. Tampere: Tammer-Paino Oy

Palomäki, E. 1993. Rakennusmateriaalit ja terveys. Tampere: Tammer-Paino Oy

Priha, E., Ahonen, I., Koskinen, M-T., Impiö, M., Lapinlampi, T., Rantio, T., Schimberg, R. Kemikaalijätteiden käsittely. 2005. Teoksessa Vainio, H., Liesivuori J., Lehtola M., Louekari K., Engström K., Kauppinen T., Kurppa K., Riipinen H., Savolainen K. & Tossavainen A. Kemikaalit ja työ. Selvitys työympäristön kemikaaliriskeistä. Helsinki: Työterveyslaitos, 286 - 289.

Pyy, V. & Lyly, O. 1998. PCB elementtitalojen saumaussmassoissa ja pihojen maaperässä. Helsingin ympäristökeskuksen julkaisuja 10/98. Helsinki: Helsingin kaupungin ympäristökeskus.

Rakennustieto Oy. 2000. Hengitä puhtaampaa sisäilmaa. Esite. [viitattu 20.11.2007] Saatavissa: http://www.rts.fi/M1_esite906_net.pdf

Rakennustieto Oy. 2006. Rakennusmateriaalien päästöluokitus 10 vuotta, tuhannes M1-luokitus myönnetty! [viitattu 20.11.2007] Saatavissa: http://www.rakennustieto.fi/index/ajankohtaista/tiedotteet/tiedotteet1/artikkelit/P_30.html

Rakennustietosäätiö. 2007. Rakennusmateriaalien päästöluokitus. [viitattu 30.11.2007] Saatavissa: http://www.rts.fi/M1/paastoluokituksen_piiirissa_olevat.htm

Rosqvist, P. 2007a. TBBP-A (tetrabromibisfenoli A), bromattu palonestoaine - tietosivu [viitattu 20.10.2007]. Saatavissa: http://www.wwf.fi/wwf/www/uploads/pdf/factsheet_edited_tbbp_a_sept05_kaannos.pdf

Rosqvist, P. 2007b. HBCD (heksabromisyklododekaani), bromattu palonestoaine -tietosivu [viitattu 20.10.2007]. Saatavissa: http://www.wwf.fi/wwf/www/uploads/pdf/factsheet_edited_hbcd_sept05_kaannos.pdf

Rosqvist, P. 2007c. PBDE – Polybromatut difenyylieetterit -tietosivu [viitattu 20.10.2007] Saatavissa:
http://www.wwf.fi/wwf/www/uploads/pdf/factsheet_edited_pbdes_sept05_kaannos.pdf

Salonen, S. 2007. Yksikön päällikkö. Ramboll Finland Oy. Haastattelu 3.9.2007.

Semtu Oy. 2006a. Bayferrox® -rautaoksidipigmentit-esitys. [viitattu 6.10.2007]
Saatavissa: <http://www.semtu.fi/?file=137>

Semtu Oy. 2006b. Pigmentit. [viitattu 6.10.2007] Saatavissa:
<http://www.semtu.fi/?1;2;1600;0;147.html>

Siikanen, U. 1986. Rakennusaineoppi. Jyväskylä: Gummerus Oy:n kirjapaino.

Siikanen, U. 2001. Rakennusaineoppi. 6. täysin uudistettu painos. Hämeenlinna:
Karisto Oy

Suomen betonitieto. 2007. Mitä betonin valmistuksessa tapahtuu. [viitattu 6.10.2007] Saatavissa:
<http://www.betoni.com/fi/Tietoa+betonista/Perustietopaketti/Mit%C3%A4+betonin+valmistuksessa+tehd%C3%A4n/>

Suomen Betoniyhdistys ry. 1999. Betonitekniikan oppikirja. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Suomen ympäristökeskus. 2007a. Bromatut palonestoaineet. [viitattu 20.10.2007]
Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=6312&lan=fi>

Suomen ympäristökeskus. 2007b. Kyllästetyn puun käyttö ja hävittäminen. [viitattu 15.11.2007] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=179&lan=fi>

Suomen ympäristökeskus 2007c. Pilaantuneilla alueilla tehdyt kunnostukset. [viitattu 15.11.2007] Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=59158&lan=fi>

Talvenmaa, P. 2002. Tekstiilit ja ympäristö. 2. uudistettu painos. Kainuun Sanomat Oy: Arkkipaino.

Saatavissa: <http://www.finatex.fi/html/pdf/tykirja.html>

Tampereen teknillinen yliopisto. 2005. Pitkäniemen alueen rakennuksen nro 15 kosteustekninen kuntotutkimus, tutkimusselostus nro 1439. [viitattu 27.10.2007] Saatavissa:

http://www.verte.fi/mp/db/file_library/x/IMG/31520/file/R15_kuntotutkimus.pdf

Tuhkanen, T., Kuusisto, S., Lindroos, O., Palukka, T., Hellman, S., Priha, E & Rantio, T. 2007. PCB-yhdisteet rakennuksissa ja niiden saneeramisen aiheuttamien työhygieenisten riskien vähentäminen. Tampereen teknillinen yliopisto. Bio- ja ympäristötekniikan laitos. Raportti 22. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Bio- ja ympäristötekniikan laitos. [viitattu 26.10.2007] Saatavissa:

http://www.tut.fi/units/ymp/bio/reports/PCB_Raportti.pdf

Vaasan yliopisto. 2006. Fabriikki – tiedettä tehdasmiljöössä. [viitattu 27.10.2007] Saatavissa: <http://www.uwasa.fi/yliopisto/kampus/arkkitehtuuri/fabriikki/>

Valtioneuvoston asetus asbestityöstä 886/1987. Annettu Helsingissä 26.11.1987.

Valtioneuvoston asetus asbestityöstä 1380/1994. Annettu Helsingissä 21.12.1994.

Valtioneuvoston asetus jäteasetuksen liitteen 4 muuttamisesta 1128/2001. Annettu Helsingissä 22.11.2001

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista annetun valtioneuvoston päätöksen muuttamisesta 202/2006. Annettu Helsingissä 23.3.2006.

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 591/2006. Annettu Helsingissä 28.6.2006.

Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista 861/1997. Annettu Helsingissä 4.9.1997.

Walter, A., Sorsa, B. & Wäänänen M. 1970 Luku 286. Liimat liisterit ja saumausaineet. Rakennustekniikan käsikirja. Pääjakso 2: Rakennusaineet ja -tarvikkeet. Ab Byggmästarens förlag. Tukholma ja kustannusosakeyhtiö Tammi. Helsinki: KK:n Kirjapaino

Winqvist, K. 2007. Asiantuntija. Ramboll Finland Oy. Haastattelu 9.11.2007.

Ympäristöministeriö a. Elohopea rakennuksissa -esite. [viitattu 19.10.2007] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=17036&lan=fi>

Ympäristöministeriö b. PCB rakennuksissa -esite. [viitattu 28.10.2007] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=29493&lan=sv>

Ympäristöministeriö. 2004. PCB rakennuksissa -esitteen lisälehti. [viitattu 20.10.2007] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=17047&lan=FI>

LIITTEET

- LIITE 1 Eräiden haitta-aineiden esiintyminen rakennusmateriaaleissa eri aikakausina.
- LIITE 2 Sisälman laadun tavoitearvot ja M1-luokan vaatimukset

Eräiden haitta-aineiden esiintyminen rakennusmateriaaleissa eri aikakausina. (lähteet: Maijala, J-P. & Nippala, E. 2002, 16 (elohopea); Maijala, J-P. & Nippala, E. 2002, 28 (PCB); opinnäytetyön muut lähdemateriaalit (muut))

ELOHOPEA	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Autom. virtakytkin/releet											
Virranjakajareleet											
Valokatkaisin (keinukytkimet)											
Painemittari											
Lämpömittarit, termostaatit											
Mittalaitteet											
Paine-eromittarit											
Vesilukot, amalgaami											
Nestepinnan tason ilmaisimet											
Loisteputket											
Maalit											
Pintakäsittelyaineet											
PCB	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Saumaus- ja tiivistysmassat											
Lämpölasien tiivistys											
Betonin lisäaineet											
Akrydur-lattiat											
Maalit/laivojen pohjamaalit											
Kondensaattorit (öljytäyttö)											
Kondensaattorit (pienet)											
Öljypolttimet, virranjakajat											
Elohopealamput (ulkotila)											
Loisteputkivalaisinvarusteet											
LYIJY	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Saumausmassat											
Maalit:											
Iyjiyvalkoinen, sisämaalit											
Iyjiyvalkoinen, ulkomaalit											
Iyjiyoksidi ja -sulfaatti											
Iyjiykromaatti											
KROMI	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Sementti											
Betoni											
Maalit											
KOBOLTTI	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Betoni, väriaine											
PAH-yhdisteet	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Vesieristeet, kivihiilipiki											
Kattohuovat, kivihiiliterva											
Kattomaali											
KLOORIFENOLIT, PCDD/F	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Sinistymisenestoaineet											

■ = likimääräinen esiintymisaikajakso

■ = kirjallisuuslähteille yhteinen esiintymisaikajakso (PCB ja kivihiilipiki)

Taulukko 1. Sisäilmanlaadun tavoitearvot (lähde: Husman, Roto & Seuri 2002, 29)

EPÄPUHTAUS	YKSIKKÖ	SISÄILMASTOLUOKKA		
		ENIMMÄISARVOT		
		S1	S2	S3
Radon, Rn	Bq(m ³)	100	100	200
Hiilidioksidi, CO ₂	ppm	700	900	1200
Hiilidioksidi, CO ₂	mg/m ³	1300	1650	2200
Ammoniakki ja amiinit, NH ₃	µg/m ³	30	30	40
Formaldehydi, H ₂ CO	µg/m ³	30	50	100
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet, TVOC	µg/m ³	200	300	600
Hiilimonoksidi	mg/m ³	2	4	5.5
Otsoni, O ₃	µg/m ³	20	50	80
Hajuvoimakkuus (intens. asteikko)	-	3	4	5.5
Mikrobit	cfu/m ³	Ei enimmäisarvoa		
Tupakansavu		Ei aistittavissa		
Hiukkaspitoisuus, PM ₁₀	µg/m ³	20	40	50

Taulukko 2. Rakennusmateriaalien päästöluokkien vaatimukset (lähde: Rakennustieto Oy 2000; Rakennustietosäätiö 2007)

Tutkittavat ominaisuudet	M1 [mg/m ² h]	M2 [mg/m ² h]
Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (TVOC) kokonaisemissio	< 0,2	< 0,4
Formaldehydin (HCOH) emissio	< 0,05	< 0,125
Ammoniakin (NH ₃) emissio	< 0,03	< 0,06
Karsinogeeniset aineet (IARC ¹)	< 0,005	< 0,005
Haju ²	ei haise	ei haise merkittävästi

¹WHO 1987, ei koske formaldehydiä (IARC 2004)²Aistinvaraisen arvioinnin tulos on oltava > +0,1.

Laastit, tasoitteet ja siloitteet eivät saa sisältää kaseiinia.

Luokkaan M3 kuuluvat materiaalit, joiden epäpuhtauspäästöt ylittävät luokan M2 raja-arvot.