



Kivimäen koulu ja neuvola
Sisäilmatutkimus 10.12.2010



Raporttitunnus 959510
Rauno Pakanen, insinööri



TIIVISTELMÄ

Kivimäen koulun ja neuvolan sisäilmatutkimus. Tutkimuksen tilaajana oli rakennesuunnitteluinsinööri Jouni Räsänen Vantaan kaupungin tilakeskuksesta.

Sisäilmatutkimukset suoritettiin lokakuussa 2010. Tällä tutkimuksella pyrittiin selvittämään tutkimuksen kohteena olevan rakennuksen sisäilman nykykunto, ja selvittämään sisäilmaongelmien aiheuttajat.

Kiinteistön yleiskunto on sisäosiltaan tyydyttävä. Rungoltaan ja julkisivuiltaan rakennus on myös tyydyttävässä kunnossa.

Merkittävimpana sisäilman laatua heikentävänä tekijänä havaittiin lattian pintarakenteista haihtuvat yhdisteet. Ongelmallisimpana yhdisteenä lattiasta haihtui 2-etyyliheksanolia, joka usein on julkisissa rakennuksissa merkittävänä terveyshaittana. Se aiheuttaa mm. silmä- ja iho-oireita, ylähengitystieoireita ja nivelkipuja.

Sisäilmaongelmallisista luokista ja neuvolan tuulikaapista uusitaan lattian pintarakenteet tarvittaessa jo ennen peruskorjausta.

Vuosien aikana on kosteusvaurioita ollut julkisivurakenteissa. Vettä on ikkunoiden vieriltä päässyt jopa sisätiloihin. Tämä on vaikuttanut ikkunoiden puuosiin ja elementissä oleviin apurunkoihin. Näissä on havaittu useita kosteusvauriojälkiä esim. listojen alla. Nämä vauriot eivät aiheuttane merkittäviä sisäilmaongelmia tällä hetkellä, mutta ne on korjattava peruskorjauksen yhteydessä.

Akustovillat ovat likaisia ja osin niiden päädyt ovat suojaamattomia. Mineraalivillakuitunäytteiden perusteella ilmassa ei ole merkittäviä määriä kuituja. Näytteet otettiin tuloilmakanavan läheisyydestä harvoin siivottavalta tasopinnalta. Peruskorjauksen yhteydessä akustovillat on syytä uusida.

Aistinvaraisesti homeen hajua oli havaittavissa neuvolan tuulikaapissa ja käytävillä olevissa viemärin tarkastuskaivossa.



RI Rauno Pakanen
Ositum Oy

SISÄLLYSLUETTELO

1. TUTKIMUKSEN KOHDE JA LÄHTÖTIEDOT	1
1.1 TUTKIMUSKOHDE, TILAAJA JA TUTKIMUKSEN SUORITTAJA	1
1.2 LÄHTÖTIEDOT	1
2. TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TEHTÄVÄ.....	2
3. SUORITETUT TUTKIMUKSET.....	2
3.1 SISÄTILOJEN SILMÄMÄÄRÄINEN YLEISTARKASTUS	2
3.2 NÄYTTEET JA LABORATORIOANALYYSIT	2
4. TUTKIMUSTULOKSET	3
4.1 KÄYTTÄJÄHAASTATTELU.....	3
4.2 YLEISTARKASTUS, AISTINVARAISET HAVAINNOT	3
4.3 SISÄILMAN HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET	3
4.4 MATERIAALIEN EMISSIO.....	5
4.5 MIKROBINÄYTTEET	6
4.6 MINERAALIVILLAKUIDUT, LÄMPÖTILAT, SUHTEELLINEN KOSTEUS JA PAINÉ-ERO	6
4.6.1 <i>Mineraalivillakuidut</i>	7
4.6.2 <i>Lämpötilat, suhteellinen kosteus ja paine-ero</i>	7
4.6.3 <i>Suhteellinen kosteus ja paine-ero</i>	7
4.6.4 <i>Paine-ero</i>	7
4.7 SISÄILMAN HIILIDIOKSIDIPITOISUUS.....	7
5. YHTEENVETO.....	8
5.1 TURVALLISUUSRISKIT	8
5.2 RAKENTEIDEN KUNTO	8
5.3 SISÄILMA	8
5.4 TOIMENPIDESUOSITUKSET.....	8

LIITE 1. Laboratorioanalyytit

1. TUTKIMUKSEN KOHDE JA LÄHTÖTIEDOT

1.1 Tutkimuskohde, tilaaja ja tutkimuksen suorittaja

Tutkimuksen kohteena oli Kivimäen koulu ja neuvola.

Tilaaja Vantaan kaupunki, tilakeskus
Kielotie 13, Vantaa
Rakennesuunnitteluinsinööri Jouni Räsänen

Konsultti **Ositum Oy**
Betonimiehenkuja 4
02150 ESPOO

Rauno Pakanen, rakennusinsinööri
rauno.pakanen@ositum.fi
puh. 050 468 0020

Taulukko 1. Tutkimuskohteen perustietoja.

Kohteen perustiedot	Kivimäen koulu ja neuvola, Lintukallionkuja 6, 01620 Vantaa
Käyttötarkoitus	oppilaitos, neuvola
Valmistumisvuosi	1974
Rakennuksia	1
Kerroksia	2
Runkojärjestelmä	Sandwich-elementit
Perustukset	?
Alapohja	osin maanvarainen laatta
Välipohja	ontelolaatat
Julkisivut	Tiililaattapintaiset sekä sileät teräsbetonelementit
Vesikate	Huopakate

1.2 Lähtötiedot

- Tilaajan antamat lähtötiedot
- Pää- ja rakennepiirustuksia

2. TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TEHTÄVÄ

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää sisäilman ongelmien syyt. Tutkimus suoritettiin kohdekäynnin, Ositum Oy:n laatiman tutkimussuunnitelman sekä käyttäjähaastatteluihin pohjautuen.

Tutkimukseen sisältyi silmämääräisen tarkastelun lisäksi:

- sisäilmateknisiä tutkimuksia
- materiaalinäytteitä rakenteista

Tutkimukseen liittyen suoritettiin mittauksia ja näytteidenottoja kohdassa 3 esitetysti.

Kuntotutkimuksen kenttätyöt tehtiin 17.-18.6.2010. Tutkimussuunnitelman laati ja mittaukset suoritti insinööri Rauno Pakanen Ositum Oy:stä.

3. SUORITETUT TUTKIMUKSET

3.1 Sisätilojen silmämääräinen yleistarkastus

Sisätilat, joiden on ilmoitettu olevan ongelmallisia, käytiin läpi henkilökunnan kanssa. Lisäksi tilat tarkastettiin tarkemmin näytteiden oton aikana.

3.2 Näytteet ja laboratorioanalyysit

Kaikki suoritettavat tutkimustoimenpiteet (rakenneavaukset, näytteidenotto ja mittaukset) on esitetty liitteessä 2.

Näytteenotto ja mittaukset lyhyesti:

- Sisäilman haihtuvat orgaaniset yhdisteet, VVOC 16 kpl
- Mineraalivillakuitunäytteet 14 kpl
- Mikrobinäytteet rakennusmateriaaleista 1 kpl
- Emissionäytteet materiaalista 5 kpl

4. TUTKIMUSTULOKSET

4.1 Käyttjähaastattelu

Lähtötietojen keräämiseksi haastateltiin koulun rehtoria ja neuvolan henkilökuntaa.

Lisäksi käytössämme oli eri aikakausien raportteja kosteusmittauksista, muistioita vesivahingoista ja lista nykyisistä ongelmatiloista. Mittauksissa ja näytteissä keskityttiin juuri ongelmatiloihin, ja haastateltiin mahdollisuuksien mukaan tilassa työskentelevää henkilöä.

Osalla työntekijöistä oli oireita, joiden syy voisi olla rakennuksen sisäilmassa.

4.2 Yleistarkastus, aistinvaraiset havainnot

Tarkastettavina tiloina olivat pääosin ongelmatiloiksi määritetyt luokat ja toimit.

Luokissa on muutamia kosteusvaurioita näkyvissä lastulevyissä ja betoniseinän tasoitteissa. Ikkunoiden puuosissa on kosteusvaurioita ja maalien hilseilyä yleisesti. Lattian kvartsiivinyyli-laatoissa on paikoin homeen hajua.

Neuvolassa ei näyttänyt merkittäviä kosteusvaurioita olevan näkyvissä, mutta käytävällä olevasta viemärintarkastusluukussa haisi maakellari. Myös neuvolan tuulikaapissa oli havaittavissa samanlainen haju.

4.3 Sisäilman haihtuvat orgaaniset yhdisteet

VOC-näytteitä otettiin yhteensä 16 kpl. 14 mittausta tehtiin ongelmatiloista ja yksi tuloilmasta ja yksi alaslaskun päältä.

Huone	Tulos
Huone 101	Näytteessä havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina 2-metyylipentaania, heksaania, etanolia ja dikloorimetaania.
Huone 104	Näytteessä havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina 2-metyylipentaania, heksaania, dikloorimetaania ja rikkidioksidia.
Huone 149	Näytteessä havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina 2-metyylipentaania, 3-metyylipentaania, heksaania ja etanolia.
Huone 206	Näytteessä havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina 2-metyylipentaania, heksaania ja etanolia.
Huone 216	Ei epätavanomaisia pitoisuuksia
Huone 219	Ei epätavanomaisia pitoisuuksia

Huone 220	Ei epätavanomaisia pitoisuuksia
Huone 240	Ei epätavanomaisia pitoisuuksia
Huone 268	Ei epätavanomaisia pitoisuuksia
Huone 01	Ei epätavanomaisia pitoisuuksia
Huone 04	Näytteessä havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina 2-metyylipentaania, 3-metyylipentaania, heksaania, metyylisyklopentaania, etanolia, dietyleeniglykolimonoetyylieetteriä ja dikloorimetaania.
Huone 11	Näytteessä havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina 2-metyylipentaania, 3-metyylipentaania, heksaania, metyylisyklopentaania, 1-penteeniä, etanolia, bentseeniä, dikloorimetaania ja etikkahappoa.
Huone 14	Ei epätavanomaisia pitoisuuksia
Huone 18	Näytteessä havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina 2-metyylipentaania, heksaania ja etanolia.
Tuloilma, huoneessa 11	Ei epätavanomaisia pitoisuuksia
Alaslasku, huoneessa 11	Ei epätavanomaisia pitoisuuksia

Taulukko 3. VOC/VVOC-mittausten tulokset

Alkaaneja (esimerkiksi metyylipentaani) ja sykloalkaaneja (esimerkiksi metyylisyklopentaani) on runsaasti öljypohjaisissa tuotteissa ja niitä käytetään esim. muoviteollisuuden raaka-aineena. Ne voivat olla peräisin myös polttoaineista kuten bensiinistä. Heksaania käytetään muun muassa liuottimena liimoissa, lakoissa ja maaleissa. Heksaanin kaltaisia yhdisteitä on myös petrolieetterissä ja moottoribensiinissä.

1-Penteeniä käytetään muovien raaka-aineena ja sitä voi emittoitua sisäilmaan esim. lastulevystä ja se on mikrobin aineenvaihduntatuote.

Bentseeniä on muun muassa kivihilitervassa ja moottoribensiinissä.

Dikloorimetaania käytetään liuottimena.

Etanolia käytetään yleisesti liuottimena ja se on alkoholijuomien ainesosa. Sitä käytetään myös desinfiointi- ja antiseptisenä aineena. Se on myös mikrobin aineenvaihduntatuote ja kosteusvaurion indikaattori.

Etikkahapon lähteitä ovat muun muassa PVC-muovi, liimat ja silikonisaumausmassat. Se on myös mikrobien aineenvaihduntatuote.

Etyleeniglykolieettereitä (esim. dietyleeniglykolimonoetyylieetteriä) käytetään mm. maalien hidastimina ja kalvonmuodostajina sekä auton jäähdytys- ja jarrujärjestelmissä sekä hydraulikkaneesteissä.

Profiililtaan kaikki näytteet ovat lähes samankaltaisia, joten pitoisuudet voivat olla peräisin samasta kaikissa tiloissa esiintyvistä materiaalista esim. lattian pintarakenteista.

4.4 Materiaalien emissio

Viidestä tilasta otettiin materiaaliemissionäyte.

Huone	Tulos
Huone 11	Mattonäytteessä epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin tridekaania, 2-etyyliheksanolia ja longifoleenia
Huone 240	Mattonäytteessä epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin tridekaania, 2-etyyliheksanolia ja etanolia
Huone 149	Mattonäytteessä epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin dodekaania ja tridekaania
Huone 219	Mattonäytteessä epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin tridekaania, 2-etyyliheksanolia, etanolia ja longifoleenia
Huone 101	Mattonäytteessä epätavanomaisena pitoisuutena havaittiin 2-etyyliheksanolia

Taulukko 4. FLEC-mittausten tulokset

Emäksinen kosteus ja ammoniakki hajottavat dioktyyliftalaatteja, jotka ovat muovien ja kumien pehmittimiä. Ftalaattien hajotessa niistä muodostuu 2-etyyliheksanolia, joka aiheuttaa makeahkoa hajua. Märällä betonipinnalla tapahtuu siten sisäilman laadun kannalta haitallisia prosesseja. Maton ja betonipinnan ei tarvitse kuitenkaan olla enää kosteita, sillä reaktion kerran alettua se ei pysähdy, vaikka ko. pinnat ovat kuivia.

Etanoli on kosteus- ja mikrobivauriota indikoiva yhdiste. Longifoleenia käytetään mm. puhdistusaineissa ja liimoissa. Tridekaani ja dodekaani voivat olla peräisin mm. liimoista.

4.5 Mikrobinäytteet

Mikrobinäytteitä otettiin materiaaleista yksi. Näytteitä on otettu aiemmin runsaasti, mutta tällä näytteellä varmistettiin huonokuntoisen akustovillan mikrobit. Näyte otettiin huoneesta 11 neuvolassa. Tulos oli tavanomainen.

4.6 Mineraalivillakuidut, lämpötilat, suhteellinen kosteus ja paine-ero

Tasopinnoilta otettiin mineraalivillakuitunäytteitä 14 kpl samoista tiloista kuin Voc-näytteet.

Huone	Kuitua/cm ²	Lämpötila °C	Suhteellinen kosteus %Rh	Paine-ero ulkoilmaan Pa
Huone 101	0,33	23,5	57,2	-6
Huone 104	< 0,17	23,9	57,1	-7
Huone 149	0,17	23,3	56,5	-5
Huone 206	0,17	23,0	57,2	-2
Huone 216	0,17	23,0	56,4	-4
Huone 219	< 0,17	22,4	56,5	-3
Huone 220	< 0,17	22,6	56,5	-5
Huone 240	< 0,17	23,7	56,9	-1
Huone 268	< 0,17	23,2	56,4	-1
Huone 01	< 0,17	24,3	58,2	-3
Huone 04	0,17	25,5	57,8	-5
Huone 11	0,33	22,0	57,9	-0
Huone 14	0,5	24,8	58,0	-4
Huone 18	< 0,17	23,8	57,8	-6

Taulukko 5. Kuitu-, lämpötila- suhteellisen kosteuden ja paine-eron mittausten tulokset

4.6.1 Mineraalivillakuidut

Tasopinnoille laskeutuneesta pölystä otettiin näyte ns. teippimenetelmällä. Menetelmässä pölyä kerättiin pinnalta kirkkaan teipin avulla, esimerkiksi Scotch Crystal-teippi. Teipistä irrotettiin noin 6-7 cm:n pituinen pala, joka painettiin tasopinnaalle niin, että teippiin tarttui pinnalle laskeutunut pöly. Sen jälkeen teippi painettiin puhtaalle mikroskoopin aluslasille.

Pintojen kahden viikon pölylaskeuman kuitutiheys tulisi olla alle 0,2 kuitua/cm². Pidemmän välin kertymän ohjearvo on 3 kuitua/cm². Mineraalivillakuidut voivat aiheuttaa silmien ja ihon ärsytysoireita. Mineraalivillakuitujen lähteitä voivat olla akustiikkalevyt tai ilmanvaihtolaitteiden lämpö- ja äänieristeet.

Näytteet on kerätty läheltä tuloilmakanavaa ja niin korkealta, ettei normaali siivous puhdistaa tasopintoja. Siksi ohjearvona voidaan käyttää 3 kuitua/cm², yksikään näyte ei sisältänyt näin paljon kuituja. Silti peruskorjauksen yhteydessä on suositeltavaa uusaa akustolevyt jo pelkästään nykyisten huonon kunnan ja likaisuuden vuoksi.

4.6.2 Lämpötilat, suhteellinen kosteus ja paine-ero

Lämpötilat vaihtelivat 22,0-25,5 °C. Lämpötilat olivat korkeampia neuvolassa kuin koulussa. Lämpötilat ovat hieman korkeita.

4.6.3 Suhteellinen kosteus ja paine-ero

Suhteelliset kosteudet vaihtelivat 56,4-58,2% Rh. Kosteudet olivat vuodenaikaan nähden normaaleja, muuten hieman korkeita.

4.6.4 Paine-ero

Alipaine huoneilmassa ulkoilmaan nähden vaihteli 0-7 Pa. Paine-erot olivat normaaleja koneellisella tulo- ja poistoilmalla varustettuun rakennukseen.

4.7 Sisäilman hiilidioksidipitoisuus

Neuvolan toimistohuoneiden hiilidioksidipitoisuutta tutkittiin pidemmällä ajanjaksolla. Kaikissa huoneissa mittaus kesti kaksi arkipäivää. Sisäilman hiilidioksidipitoisuutta mitattiin muistiin keräävällä Q-Trak Modell 8550/8551 –mittalaitteella.

Mittaustulokset vaihtelivat 308 -773 ppm, keskiarvon ollessa 514 ppm.

Tyydyttävänä hiilidioksidipitoisuutena voidaan pitää arvoa 1200 ppm. Neuvolasta mitatut tulokset alittavat ohjearvon maksiminkin osalta reilusti, joten hiilidioksidi ei aiheuta sisäilmaongelmaa.

5. YHTEENVETO

5.1 Turvallisuusriskit

Turvallisuusriskejä ei havaittu.

5.2 Rakenteiden kunto

- Koulun ikkunarakenteissa on yleisesti lieviä kosteusvaurioita
- Koulun päätyseinissä on muutamia pieniä kosteusvaurioita
- Neuvolan tarkastuskaivoissa on maakellarin hajua
- Akustolevyt ovat likaantuneet ja osin päädyt pinnoittamatta

5.3 Sisäilma

- Sisäilmaa haittaavana tekijänä ovat pääosin lattian pintarakenteet
- Lattian pintarakenteista emittoituu sisäilmaan kvartsivinyylilaatasta ja / tai liimasta alkaaneja, 2-etyyliheksanolia ja mikrobien aineenvaihduntatuotteita. Varsinkin 2-etyyliheksanoli saattaa aiheuttaa terveyshaittoja.
- Lattialaatoissa on paikoin aistinvaraisesti havaittavissa homeen hajua
- Neuvolan tuulikaapissa on homeen hajua

5.4 Toimenpidesuosituksukset

Yleisesti ottaen kiinteistön kunto on tyydyttävä. Tutkimuksen perusteella pariin rakenneosaan kohdistuu laajamuotoisia korjaustoimenpiteitä, joista suurin osa voidaan tehdä peruskorjauksen yhteydessä.

Sisäilmaongelmallisista luokista ja neuvolan tuulikaapista uusitaan lattian pintarakenteet tarvittaessa jo ennen peruskorjausta.

Lattialaatat poistetaan, liimajäämät hiotaan ja irti alustastaan olevaan tasoite poistetaan. Lattiat käsitellään epoksihartsilla, Uzin Pe 460New, maahantuojan ohjeen mukaisesti. Tämän jälkeen lattiat voidaan pinnoittaa uudelleen haluamalla materiaalilla. Lattiat voidaan jättää myös pinnoittamatta epoksipinnalle odottamaan peruskorjausta.

Loput lattiat käsitellään samoin peruskorjauksen yhteydessä.

Neuvolan tarkastuskaiivot puhdistetaan ja desinfioidaan.

Kaikissa tiloissa siivotaan aika ajoin myös korkealla olevat tasopinnat.

Peruskorjauksessa uusitaan akustovillat, ikkunat käytetään pois, huolletaan ja maalataan. Elementissä oleva apurunko desinfioidaan ja ikkunat asennetaan uudelleen siten, ettei ilmavuotoja elementin eristetilasta pääse sisäilmaan.

Kaikki kosteusvaurioituneet rakenteet korjataan peruskorjauksen yhteydessä.

**KIVIMÄEN KOULU JA NEUVOLA
SISÄILMA- JA MATERIAALIANALYYSIT**



Tutkimusraportti 959510

8.11.2010

1.	YHTEYSTIEDOT	3
2.	HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET, ILMASTA.....	4
2.1	VVOC ja VOC -yhdisteet, ilma	4
2.1.1	Tutkimusmenetelmä.....	4
2.1.2	Tulostaulukko, VVOC/VOC -analyysi	5
2.1.3	Johtopäätös.....	10
2.1.4	Tulostaulukko, VVOC ja VOC -analyysi.....	11
3.	MIKROBIANALYYSI.....	13
3.1	Materiaalinäyte, DNA-analyysi	13
3.1.1	Tutkimusmenetelmä.....	13
3.1.2	Tulos	13
3.1.3	Johtopäätös.....	14
3.1.4	Toimenpidesuositus	14
3.1.5	Viitearvoja	14
3.1.6	Kirjallisuus	15
4.	HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET, MATERIAALISTA	16
4.1	VVOC ja VOC -yhdisteet, FLEC.....	16
4.1.1	Tutkimusmenetelmä.....	16
4.1.2	Tulostaulukko, FLEC -analyysi	17
4.1.3	Johtopäätös.....	20
4.1	MINERAALIVILLAKUIDUT TASOPINNOILTA.....	21
4.1.1	Tutkimusmenetelmä.....	21
4.1.2	Tulos	21
4.1.3	Johtopäätös.....	21
4.1.4	Viitearvoja	22
4.1.5	Kirjallisuus	22
5.	ALLEKIRJOITUKSET	23

1. YHTEYSTIEDOT

Tilaaaja	Vantaan kaupunki tilakeskus, hankepalvelut, rakennuttaminen Jouni Räsänen Kielotie 13 01300 Vantaa
Tutkimuskohde	Kivimäen koulu ja neuvola Vantaa
Perustettu	21.10.2010
Laboratorio	Ositum Oy Betonimiehenkuja 4 02150 ESPOO
Yhteyshenkilö	RI, toimialajohtaja, tutkimus Rauno Pakanen Gsm 050 468 0020
Näytteenottaja	Ositum Oy Rauno Pakanen

2. HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET, ILMASTA

2.1 VVOC ja VOC -yhdisteet, ilma

2.1.1 Tutkimusmenetelmä

Näytteiden keräyksessä on käytetty Ositum Oy:n SKC 222-3 tarkkuuspumppua, joka on kalibroitu yksilöllisesti analyysiputkityypille Bios International Defreder 520 tarkkuuskalibrointilaitteella. Tulokset perustuvat laboratoriolle ilmoitettuun ilmamäärään.

Suosittelava näytteenottoaika määrittyy käytetyn putkityypin sisältämien adsorbenttien ominaisuuksien perusteella. Suositeltavat näytteenottoajat on esitetty alla olevassa taulukossa. Näytteenottoajan merkittävä pidentäminen suositelluista näytteenottoajoista voi johtaa erittäin haihtuvien orgaanisten yhdisteiden irtoamiseen adsorbentista näiden yhdisteiden kiinnipysymisajan lyhyden vuoksi. Näytteessä havaitut yhdisteet ja niiden pitoisuudet riippuvat käytetystä adsorbentista.

Näytteet on analysoitu standardien ISO 16000-6 ja SFS-EN 16017-1 mukaisesti käyttäen thermodesorptiota ja kaasukromatografiaa, ilmaisimena on käytetty massaselektiivistä detektoria, Agilent TD/GC/MS-laitteistoa. Analyysimenetelmässä on käytetty cryo-tekniikkaa, jossa koloniuunin lähtölämpötila on laskettu +10 °C:een, tavanomaisesti analysointi aloitetaan lähtölämpötilasta +40 °C. Analyysissa käytetään erityispitkää 60 metrin kolonnia näytteiden sisältämien yhdisteiden tarkkaan erotteluun. Käytetty tekniikka mahdollistaa hyvin keveiden tavanomaisissa sisälämpötilassa esiintyvien yhdisteiden havainnoinnin. Tällä menetelmällä saatu tulos poikkeaa havaittujen yhdisteiden lukumäärän suhteen muilla menetelmillä tehdyistä analyyseistä.

TVOC (Total Volatile Organic Compounds) on sisäilmanäytteestä analysoitujen yhdisteiden yhteenlaskettu pitoisuus. Yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet lasketaan vertaamalla niiden vastetta tolueenin vasteesta muodostettuun nollan kautta kulkevaan kalibraatiosuoraan (ns. tolueeniekvivalenttina). Menetelmällä voidaan mitata erittäin haihtuvia ja haihtuvia yhdisteitä kiehumispistealueella >0 - 260 °C. Yhdisteiden pitoisuudet ilmoitetaan mikrogrammoina yhtä kuutiometriä ilmaa kohden ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ja niiden tunnistus tapahtuu vertaamalla niiden massaspektreihin Wiley7n-kirjaston mallimassaspektreihin.

Laboratoriossa suoritettavan analyysin analyysimenetelmän mittausepävarmuus ilman näytteenottoa TVOC:ille on 35 % ja määrittämissuhteet <10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ noin 3.5 l sisäilmanäytteelle. Muille tolueeniekvivalenttina määritetyille yksittäisille yhdisteille mittausepävarmuudet ovat yllä mainittuja suurempia, ja niiden pitoisuusmääritys on semikvantitatiivinen.

Analyyssi on Asumisterveysoppaan (2009) mukainen. Asumisterveysoppaan kohdassa ”8.8.2 Lyhytaikaiseen näytteenottoon perustuva mittausmenetelmä” todetaan: ”Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden määrittämiseksi voidaan ilmanäyte kerätä pumpulla myös muuhun adsorptiomateriaaliin (kuin Tenax TA). Tulosten tulkinta perustuu näytteestä tunnistettuihin yhdisteisiin ja niiden pitoisuuksiin.

Putkityyppi	Adsorbentti	Mitattujen yhdisteiden koko	Näytteenottoaika
1	Tenax TA	n-C7 - n-C26	120 min
2	Tenax TA/Carbograph 1TD	n-C5/6 - n-C20	25 min
3	Tenax/Carbograph 1TD/Carboxen1000	n-C3/4 - n-C20	25 min
4	Tenax GR	n-C7-n-C30	120 min
5	Molecular Sieve 5Å	N2O (typpioksidi)	25 min
6	Carbosieve S111	n-C2 - n-C6	25 min

2.1.2 Tulostaulukko, VVOC/VOC -analyysi

VVOC/VOC -yhdisteiden pitoisuudet ja yksiköt on esitetty alla olevissa taulukoissa.

	Näytteet 1-10, yhdisteiden pitoisuudet	Yksikkö	Putkityyppi
1.	VO1. huone 101	µg/m ³	3
2.	VO2. huone 104	µg/m ³	3
3.	VO3. huone 149	µg/m ³	3
4.	VO4. huone 206	µg/m ³	3
5.	VO5. huone 216	µg/m ³	3
6.	VO6. huone 219	µg/m ³	3
7.	VO7. huone 220	µg/m ³	3
8.	VO8. huone 240	µg/m ³	3
9.	VO9. huone 256	µg/m ³	3
10.	VO10. huone 01	µg/m ³	3

Ryhmä	Yhdiste	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aldehydit											
	Asetaldehydi	3		3	3	3	5	3	5	5	2
	Yhteensä	3		3	3	3	5	3	5	5	2
Alkaanit											
	2-Metyylipentaani	7	2	24	7	12	8	11	4	12	6
	3-Metyylipentaani	5	1	15	5	8	4	7	2	8	4
	Heksaani	11	4	34	11	18	9	16	7	17	10
	Metyylisyklopentaani	3	1	11	3	5	4	4	1	5	2
	Yhteensä	26	8	84	26	43	25	38	14	42	22
Alkeenit											
	1-Penteeni	1		4	1	2		1	1	1	1
	2-Metyylipropeni			5	2	3	4	1	6	2	
	3-metyyli-1,2-butadieeni						1				
	Yhteensä	1		9	3	5	5	2	7	3	1
Alkoholit											
	Etanoli	12		19	8	12	8	10	11	37	12
	Yhteensä	12		19	8	12	8	10	11	37	12
Aromaattiset											
	Bentseeni			3	2	2	3	3	2	2	1
	Etylibentseeni										
	m-Ksyleeni				1						
	p-Ksyleeni				1						
	Tolueeni	1		2	2	2	2	2	3	1	1
	Yhteensä	1		5	6	4	5	5	5	3	2
Glykolieetterit											
	Dietyleeniglykolimonoetyylieetteri										
	Yhteensä										
Halogenoidut											

Ryhmä	Yhdiste	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Dikloorimetaani	6	2	7	3	8	3	3	3	14	2
	Yhteensä	6	2	7	3	8	3	3	3	14	2
Ketonit											
	Asetoni			1	1	1	2		1	1	1
	Yhteensä			1	1	1	2		1	1	1
Orgaaniset hapot											
	Etikkahappo	4		3	2	2	1	3	5	4	1
	Yhteensä	4		3	2	2	1	3	5	4	1
Rikkiyhdisteet											
	Rikkidioksidi		2	6	3	5	6	4	4	3	3
	Yhteensä		2	6	3	5	6	4	4	3	3
Terpeenit											
	alfa-Pineeni								1		
	Yhteensä								1		
Tunnistamattomat											
		4	1	7	3	5	10	6	7	6	3
	Yhteensä	4	1	7	3	5	10	6	7	6	3
TVOC		57	13	144	58	88	70	74	63	118	49

Näytteet 1-10, ryhmien pitoisuudet

Ryhmä	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aldehydit	3		3	3	3	5	3	5	5	2
Alkaanit	26	8	84	26	43	25	38	14	42	22
Alkeenit	1		9	3	5	5	2	7	3	1
Alkoholit	12		19	8	12	8	10	11	37	12
Aromaattiset	1		5	6	4	5	5	5	3	2
Glykolieetterit					0	0	0	0	0	0
Halogenoidut	6	2	7	3	8	3	3	3	14	2
Ketonit			1	1	1	2	0	1	1	1
Orgaaniset hapot	4		3	2	2	1	3	5	4	1
Rikkiyhdisteet		2	6	3	5	6	4	4	3	3
Terpeenit					0	0	0	1	0	0
Tunnistamattomat	4	1	7	3	5	10	6	7	6	3
TVOC	57	13	144	58	88	70	74	63	118	49

	Näytteet 11-14, yhdisteiden pitoisuudet	Yksikkö	Putkityyppi
11.	VO11. huone 04		3
12.	VO12. huone 11		3
13.	VO13. huone 14		3
14.	VO14. huone 18		3

Ryhmä	Yhdiste	11	12	13	14
Aldehydit					
	Asetaldehydi	4	3	3	3
	Yhteensä	4	3	3	3
Alkaanit					
	2-Metyylipentaani	13	26	5	6
	3-Metyylipentaani	8	17	3	3
	Heksaani	15	36	9	9
	Metyylisyklopentaani	9	14	2	2
	Yhteensä	45	93	19	20
Alkeenit					
	1-Penteeni	4	3		
	2-Metyylipropeni				
	3-metyyli-1,2-butadieeni	3			
	Yhteensä	7	3		
Alkoholit					
	Etanoli	160	37	7	18
	Yhteensä	160	37	7	18
Aromaattiset					
	Bentseeni	2	2	2	1
	Etylibentseeni				
	m-Ksyleeni				
	p-Ksyleeni				
	Tolueeni	1	1	1	1
	Yhteensä	3	3	3	2
Glykolieetterit					
	Dietyleeniglykolimonoetyylieetteri	16			
	Yhteensä	16			
Halogenoidut					
	Dikloorimetaani	46	12	3	2
	Yhteensä	46	12	3	2
Ketonit					
	Asetoni	5			
	Yhteensä	5			
Orgaaniset hapot					
	Etikkahappo	4	3	1	

Ryhmä	Yhdiste	11	12	13	14
	Yhteensä	4	3	1	
Rikkiyhdisteet					
	Rikkidioksidi	4	1	3	3
	Yhteensä	4	1	3	3
Terpeenit					
	alfa-Pineeni				
	Yhteensä				
Tunnistamattomat					
		20	9	1	17
	Yhteensä	20	9	1	17
TVOC		314	164	40	65

Näytteet 11-14, ryhmien pitoisuudet

Ryhmä	11	12	13	14
Aldehydit	4	3	3	3
Alkaanit	45	93	19	20
Alkeenit	7	3		
Alkoholit	160	37	7	18
Aromaattiset	3	3	3	2
Glykolieetterit	16			
Halogenoidut	46	12	3	2
Ketonit	5			
Orgaaniset hapot	4	3	1	
Rikkiyhdisteet	4	1	3	3
Terpeenit				
Tunnistamattomat	20	9	1	17
TVOC	314	164	40	65

Yhdisteiden hajukynnysylitykset näytteittäin.

Näyte	Yhdiste
-----	-----

Kirjallisuus (Wallace 1986, Molhave 1990, Seifert 1990)

Yhdisteiden haitallisiksi tunnettujen pitoisuuksien, HTP, ylitykset näytteittäin. HTP –arvo ilmoittaa yhdisteen pitoisuuden, jotka työpaikoilla eivät saa ylittyä 8 tunnin tai 15 minuutin työskentelyn aikana. (HTP-arvot 2009, Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet.)

Näyte	8 h - mg/m ³	15 min - mg/m ³
-----	-----	-----

Kirjallisuus (International Chemical Safety Cards (ICSC) 2007)

Yhdisteiden haitallisiksi tunnettujen pitoisuuksien, HTP/1000, ylitykset näytteittäin. HTP/1000 –arvon ylitys kertoo yhdisteen epätavallisen korkeasta pitoisuudesta asuintiloissa verrattuna tavanomaisena pidettyyn pitoisuuteen sisäilmassa. (HTP-arvot 2009, Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet.)

Näyte	8 h - mg/m ³	15 min - mg/m ³
-----	-----	-----

Kirjallisuus (Kostiainen ja Nokelainen 1994)

2.1.3 Johtopäätös

Näytteessä huone 101 havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina 2-metyylipentaania, heksaania, etanolia ja dikloorimetaania.

Näytteessä huone 104 havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina 2-metyylipentaania, heksaania, dikloorimetaania ja rikkidioksidia.

Näytteessä huone 149 havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina 2-metyylipentaania, 3-metyylipentaania, heksaania ja etanolia.

Näytteessä huone 206 havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina 2-metyylipentaania, heksaania ja etanolia.

Näytteessä huone 04 havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina 2-metyylipentaania, 3-metyylipentaania, heksaania, metyylisyklopentaania, etanolia, dietyleeniglykolimonoetyylieetteriä ja dikloorimetaania.

Näytteessä huone 11 havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina 2-metyylipentaania, 3-metyylipentaania, heksaania, metyylisyklopentaania, 1-penteeniä, etanolia, bentseeniä, dikloorimetaania ja etikkahappoa.

Näytteessä huone 18 havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina 2-metyylipentaania, heksaania ja etanolia.

Alkaaneja (esimerkiksi metyylipentaani) ja sykloalkaaneja (esimerkiksi metyylisyklopentaani) on runsaasti öljypohjaisissa tuotteissa ja niitä käytetään esim. muoviteollisuuden raaka-aineena. Ne voivat olla peräisin myös polttoaineista kuten bensiinistä. Heksaania käytetään muun muassa liuottimena liimoissa, lakoissa ja maaleissa. Heksaanin kaltaisia yhdisteitä on myös petroleetterissä ja moottoribensiinissä.

1-Penteeniä käytetään muovien raaka-aineena ja sitä voi emittoitua sisäilmaan esim. lastulevystä ja se on mikrobien aineenvaihduntatuote.

Bentseeniä on muun muassa kivihiilitervassa ja moottoribensiinissä. Bentseeni on luokiteltu syöpää aiheuttavaksi aineeksi.

Dikloorimetaania käytetään liuottimena.

Etanolia käytetään yleisesti liuottimena ja se on alkoholijuomien ainesosa. Sitä käytetään myös desinfiointi- ja antiseptisenä aineena. Se on myös mikrobien aineenvaihduntatuote ja kosteusvaurion indikaattori.

Etikkahapon lähteitä ovat muun muassa PVC-muovi, liimat ja silikonisaumaussmassat. Se on myös mikrobien aineenvaihduntatuote.

Etyleeniglykolieettereitä (esim. dietyleeniglykolimonoetyylieetteriä) käytetään mm. maalien hidastimina ja kalvonmuodostajina sekä auton jäähdytys- ja jarrujärjestelmissä sekä hydraulikkaneesteissä.

2.1.4 Tulostaulukko, VVOC ja VOC -analyysi

VVOC ja VOC -yhdisteiden pitoisuudet ja yksiköt on esitetty alla olevissa taulukoissa.

	Näytteet 1-2, yhdisteiden pitoisuudet	Yksikkö	Putkityyppi
1.	VO1. Huone 11, alaslasku	µg/m ³	3
2.	VO2. Huone 11, IV-kanava	µg/m ³	3

Ryhmä	Yhdiste	1	2
Alkaanit			
	1,1,2-trimetyylisyklopropani		1
	2-Metylibutaani		1
	Butaani		5
	Yhteensä		7
Aromaattiset			
	Bentseeni		1
	Tolueeni		1
	Yhteensä		2
Halogenoidut			
	1,1,2-Trikloori-1,2,2-trifluorietaani		1
	Yhteensä		1
Rikkiyhdisteet			
	Rikkidioksidi	2	5
	Yhteensä	2	5
Tunnistamattomat			
		6	6
	Yhteensä	6	6
TVOC		8	21

Näytteet 1-2, ryhmien pitoisuudet

Ryhmä	1	2
Alkaanit		7
Aromaattiset		2
Halogenoidut		1
Rikkiyhdisteet	2	5
Tunnistamattomat	6	6
TVOC	8	21

Yhdisteiden hajukynnysylitykset näytteittäin.

Näyte	Yhdiste
-----	-----

Kirjallisuus (Wallace 1986, Molhave 1990, Seifert 1990)

Yhdisteiden haitallisiksi tunnettujen pitoisuuksien, HTP, ylitykset näytteittäin. HTP –arvo ilmoittaa yhdisteen pitoisuuden, jotka työpaikoilla eivät saa ylittyä 8 tunnin tai 15 minuutin työskentelyn aikana. (HTP-arvot 2009, Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet.)

Näyte	8 h - mg/m ³	15 min - mg/m ³
-----	-----	-----

Kirjallisuus (International Chemical Safety Cards (ICSC) 2007)

Yhdisteiden haitallisiksi tunnettujen pitoisuuksien, HTP/1000, ylitykset näytteittäin. HTP/1000 –arvon ylitys kertoo yhdisteen epätavallisen korkeasta pitoisuudesta asuintiloissa verrattuna tavanomaisena pidettyyn pitoisuuteen sisäilmassa. (HTP-arvot 2009, Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet.)

Näyte	8 h - mg/m ³	15 min - mg/m ³
-----	-----	-----

Kirjallisuus (Kostiainen ja Nokelainen 1994)

3. MIKROBIANALYYSI

3.1 Materiaalinäyte, DNA-analyysi

3.1.1 Tutkimusmenetelmä

Materiaalinäytteistä on määritetty seuraavat mikrobit: homeet, sädesienet (aktinomykeetit) ja muut bakteerit. Näytteen analysointi ja tulosten tulkinta on tehty Ositum Oy:n laboratorion sisäisen ohjeen mukaan.

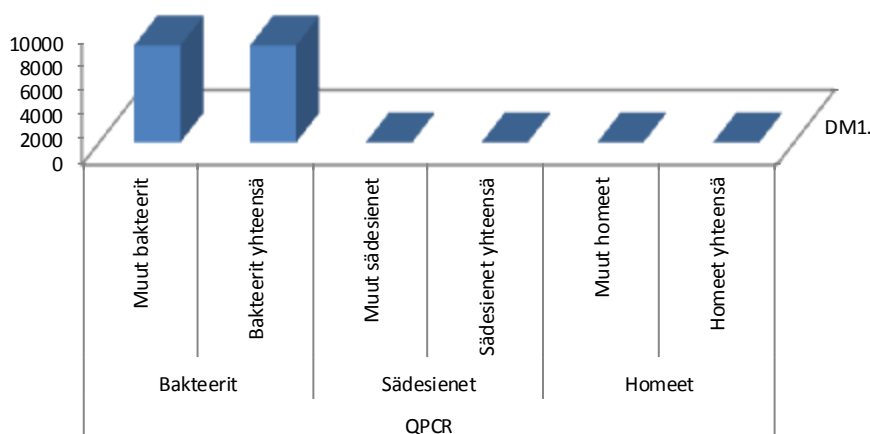
Tutkimusmenetelmänä käytettiin kvantitatiivista PCR-analyysia. QPCR-analyysi perustuu DNA:n monistukseen ja samanaikaisesti tapahtuvaan DNA:n määrän mittaukseen. Kaikkien eliöiden (eläimet, kasvit, sienet, bakteerit) lähes kaikki solut sisältävät kullekin lajille ominaisen DNA:n. Kunkin lajin DNA:ssa on emäsjaksoja, sekvenssejä, joita on vain kyseisessä lajissa tai lajiryhmässä. QPCR-analyysissä hyödynnetään kyseisiä jaksoja.

Näytteistä on punnittu tietty määrä materiaalia, joka on sekoitettu puskuriin mikrobien materiaalista irrottamiseksi. Näin saadusta suspensiosta on tehty DNA:n eristys ja puhdistus. DNA on analysoitu QPCR-menetelmällä. Tulos on ilmoitettu kappaletta grammassa tutkittavaa materiaalia (kpl/g).

Taulukossa esitetään havaintorajan ylittävät tulokset. Taulukossa tyhjät solut tarkoittavat havaintorajan alittavaa tulosta. Taulukossa viitearvot ylittävät mikrobien määrät ovat lihavoidut ja taustavärjätyt. Kohonneet, mutta viitearvot alittavat määrät, ovat lihavoidut. Mikäli näytteessä yhdenkin mikrobin (homeet, sädesienet ja muut bakteerit) määrä ylittää sille asetetun viitearvon, on näyte mikrobivaurioitunut.

3.1.2 Tulos

DM1.



Näytteet 1-1, määrittäysraja kpl/g

1. DM1. Huone 11, neuvola akustovilla

2500

DNA	Analyysi	Mikrobilajit	1.
QPCR	Bakteerit	Muut bakteerit	8063
		Bakteerit yhteensä	8063
	Sädesienet	Muut sädesienet	
		Sädesienet yhteensä	
	Homeet	Muut homeet	
		Homeet yhteensä	

3.1.3 Johtopäätös

Mikrobimateriaalinäytteessä DM1 (Huone 11, neuvola akustovilla) tulos on tavanomainen mikrobien määrien suhteen.

3.1.4 Toimenpidesuositus

Mikrobimateriaalinäytteen DNA-analyysin tulos ei anna aihetta toimenpidesuositukseen.

3.1.5 Viitearvoja

Viljelytekniikalla analysoidussa rakennusmateriaalissa voidaan katsoa esiintyvän kosteusvauriosta johtuvaa mikrobikasvustoa, kun näytteen homesienienpitoisuus ylittää 10 000 kpl/g, bakteeripitoisuus 100 000 kpl/g tai sädesienipitoisuus 500 kpl/g. Kuolleet mikrobit (bakteerit, sädesienet, homeet) ovat yhtä haitallisia kuin elävät.

DNA -tekniikan validoinnin perusteella rakennusmateriaalissa voidaan katsoa esiintyvän kosteusvauriosta johtuvaa mikrobikasvustoa, kun näytteen homesienienpitoisuus ylittää 5 000 kpl/g, bakteeripitoisuus 600 000 kpl/g tai sädesienipitoisuus 12 000 kpl/g.

Mikäli rakennusmateriaalinäytteen analyysin tulos ylittää viljelymenetelmän viitearvot, mutta alittaa DNA-menetelmälle valitoidut viitearvot, tulos ei tällöin viittaa mikrobivaurioon rakennusmateriaalissa.

Mikäli tulosta halutaan varmentaa, voidaan näytteet analysoida viljelytekniikalla. Tällöin kuitenkin mikrobipitoisuudet voivat joissain tapauksissa ylittää viljelymenetelmälle asetetut viitearvot.

3.1.6 Kirjallisuus

Asumisterveysopas, Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas (2005) Sosiaali- ja terveysministeriö. Vammalan Kirjapaino, Vammala.

Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät (STM:n oppaita 2003:1) (2003) Sosiaali- ja terveysministeriö. Edita Prima Oy, Helsinki.

Asumisterveysopas, Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas, 2. korjattu painos (2008) Sosiaali- ja terveysministeriö. Vammalan Kirjapaino, Vammala.

Asumisterveysopas, Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas, 3. korjattu painos (2009) Sosiaali- ja terveysministeriö. Ykkös-Offset Oy, Vaasa 2009.

4. HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET, MATERIAALISTA

4.1 VVOC ja VOC -yhdisteet, FLEC

4.1.1 Tutkimusmenetelmä

Materiaalin emissionäytteiden ottoon käytetään näytteenottovälineitä, jotka eivät kontaminoi näytteitä. Muiden kuin Ositum Oy:n ottamista näytteistä vastaa tilaaja.

Materiaalien emissionäytteiden käsittely tapahtuu standardin ISO 16000-10 mukaan. Materiaalien emissiot määritetään ja ilmoitetaan joko pinta-alaa kohden tunnissa, $\mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ h}$, tai painoa kohden tunnissa, $\mu\text{g}/\text{g h}$. Materiaalien pintaemissiot voidaan mitata joko laboratorioon toimitetusta näytteestä tai kohteessa paikanpäällä. Näytteenkeräyslaitteistolla, The Field and Laboratory Emission Cell (FLEC) FL-0001, kerätään haihtuvat orgaaniset yhdisteet, VVOC ja VOC, adsorbentti-putkeen vakioidussa olosuhteissa.

Näytteen keräykseen käytetään kantokaasuna typpikaasua, 5.0-luokka, instrument-laatu, puhtausaste 99.999 % typpeä. Typpikaasu kostutetaan 50 % ilmankosteuteen ja sen virtausnopeus säädetään 150 ml minuutissa FLEC Air Control FL-1000-laitteella. Kostutetun typpikaasun virtausnopeus tarkistetaan Agilent Flow Tracker 2000-virtausmittarilla ennen FLEC-keräyskammiota. Näytteenotto aloitetaan, FLEC-keräyskammion saavutettua typpi-ilmakehän. Näytettä kerätään 500 ml, adsorbentti-putkeen käyttäen FL-1001 FLEC Air-pump 1001-terkkuuspumpua.

Näytteet on analysoitu standardien ISO 16000-6 ja SFS-EN 16017-1 mukaisesti käyttäen thermodesorptiota ja kaasukromatografiaa, ilmaisimena on käytetty massaselektiivistä detektoria, Agilent TD/GC/MS-laitteistoa. Analyysimenetelmässä on käytetty cryo-tekniikkaa, jossa koloniuunin lähtölämpötila on laskettu $+10 \text{ }^\circ\text{C}$:een, tavanomaisesti analysointi aloitetaan lähtölämpötilasta $+40 \text{ }^\circ\text{C}$. Analyysissa käytetään erityispitkää 60 metrin kolonnia näytteiden sisältämien yhdisteiden tarkkaan erotteluun. Käytetty tekniikka mahdollistaa hyvin keveiden yhdisteiden havainnoinnin. Tällä menetelmällä saatu tulos poikkeaa havaittujen yhdisteiden lukumäärän ja pitoisuuksien suhteen muilla menetelmillä tehdyistä analyysistä.

TVOC on käytetystä putkityypistä mitattujen yhdisteiden yhteenlaskettupitoisuus tolueeniekvivalenttina. Kullakin putkityypillä mitataan yhdisteitä, joiden koko vastaa taulukossa olevaa suoraketjuisen yhdisteen kokoa ilmoitettuna hiiliatomien lukumääränä. Yksittäiset yhdisteet on tunnistettu Wiley7n-kirjastosta. Yhdisteiden pitoisuudet on ilmoitettu tolueeniekvivalenteina tai puhtaaseen vertailuaineeseen laskettuna.

Analyysimenetelmän mittaepävarmuus ilman näytteenottoa tolueenille (luottamusväli 95 %) on keskimäärin 17 % ja määrittäysraja on keskimäärin $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 3.5 litran näytteellä (n. 5 ng/näyte). Muille tolueeniekvivalenttina määritettyjen yksittäisten yhdisteiden mittaepävarmuudet ovat yllä mainittuja suurempia, ja niiden pitoisuusmäärittäminen on semikvantitatiivinen.

Putkityyppi	Adsorbentti	Mitattujen yhdisteiden koko	Näytteenottoaika
1	Tenax TA	n-C7 - n-C26	30 min
2	Tenax TA/Carbograph 1TD	n-C5/6 - n-C20	30 min
3	Tenax/Carbograph 1TD/Carboxen1000	n-C3/4 - n-C20	30 min
4	Tenax GR	n-C7-n-C30	30 min
5	Molecular Sieve 5Å	N2O (typpioksidi)	30 min
6	Carbosieve S111	n-C2 - n-C6	30 min

4.1.2 Tulostaulukko, FLEC -analyysi

VVOC/VOC -yhdisteiden pitoisuudet ja yksiköt on esitetty alla olevissa taulukoissa.

	Näytteet 1-5, yhdisteiden pitoisuudet	Yksikkö	Putkityyppi
1.	FG1. Neuvola, huone 11 vinyylilaatta	ng/g h	3
2.	FG2. Koulu, luokka 240	ng/g h	3
3.	FG3. Koulu, luokka 149	ng/g h	3
4.	FG4. Koulu, luokka 219	ng/g h	3
5.	FG5. Koulu, luokka 101	ng/g h	3

Ryhmä	Yhdiste	1	2	3	4	5
Aldehydit						
	3-Metyylibutanaali					1
	Bentsaldehydi	1	1	3	1	1
	Dekanaali	2	3	1	3	2
	Heksanaali	1	1	1	1	1
	Heptanaali		1		1	
	Nonanaali	2	4	1	4	3
	Oktanaali	1	2			1
	Pentanaali			1		
	Yhteensä	7	12	7	10	9
Alkaanit						
	1,2,3-Trimetyylisykloheksaani			1		
	2,2-Dimetyyliheksaani					1
	2,3,4-Trimetyylipentaani					
	2-Metyylibutaani					1
	3,7-dimetyylinonaani			1		
	3-Metyyliundekaani			1		
	Dekaani			1		
	Dodekaani	31	12	53	10	8
	Heksaani	1	1	1	2	2
	Heptyylisykloheksaani			1		
	Metyylisykloheptaani	1				
	Metyylisyklo-oktaani					
	Pentyylisykloheksaani			1		
	Propyyllisyklopentaani					1
	r1,c2,t3-Trimetyylisykloheksaani	3				
	Syklodekaani				1	
	Sykloheptaani			1		
	Tetradekaani	2	2	1	2	1
	Tridekaani	34	24	43	21	13
	Undekaani	8	3	21	3	2
	Yhteensä	80	42	126	39	29
Alkeenit						
	1-Tridekeeni	1	1	1		
	Yhteensä	1	1	1		
Alkoholit						
	1,8-Sineoli			1		

Ryhmä	Yhdiste	1	2	3	4	5
	1-Butanoli	1	1	10	2	2
	1-Butoksi-2-propanoli			2		
	1-Tetradekanoli					
	2-Butoksietanoli	6		17		1
	2-Etyyli-4-metyyli-1-pentanoli	2				
	2-Etyyliheksanoli	118	16	13	26	107
	2-Fenoksietanoli	1	3			
	2-Metyyli-2-propanoli				2	
	3-Pentanoli		1	1		
	Bentsyylialkoholi			1		
	cis-9-oktadekeen-1-oli		1			
	Etanoli	18	29	8	45	6
	Isoborneoli					1
	Isopropanoli		1	9		
	Yhteensä	146	52	62	75	117
Aromaattiset						
	1,2,4-Trimetyylibentseeni			1		
	3-Etyylitolueeni			1		
	Bentseeni				1	
	Etyylibentseeni	1		1		1
	Isopropyylibentseeni	1		1		
	m-Ksyleeni					1
	o-Ksyleeni	1	1	1	1	1
	Oktahydro-1,4-metano-1H-indeeni	1				
	p-Ksyleeni		1	1	1	1
	Propyylibentseeni			1		
	Tolueeni		2	1	1	1
	Yhteensä	4	4	8	4	5
Atsoryhmät						
	Dekahydro-1,2,4-metanoatsuleeni		1	2		1
	Yhteensä		1	2		1
Esterit						
	2-Metyylipropaanin 3-hydroksi-2,4,4-trimetyyli		1			
	Isobutyli-isobutyaatti					
	Yhteensä		1			
Glykolieetterit						
	Dietyleeniglykolimonoetyylieetteri		1		3	
	Yhteensä		1		3	
Ketonit						
	3-Heptanoni	4	1	2	2	2
	4-Metyyli-2-pentanoni				1	1
	6-Metyyli-5-hepten-2-oni	1	1		1	1
	Asetofenoni					
	Asetoni	1	3	2	3	1
	Yhteensä	6	5	4	7	5
Orgaaniset hapot						

Ryhmä	Yhdiste	1	2	3	4	5
	Etikkahappo		1	2	2	2
	Yhteensä		1	2	2	2
Siloksaanit						
	Trimetyylisilanoli	2	2	1	3	3
	Yhteensä	2	2	1	3	3
Terpeenit						
	alfa-Longipineeni	2		1	1	1
	alfa-Pineeni	2	2	1	2	2
	delta-3-Kareeni	1	1	1	1	1
	dl-Limoneeni	1	1	1	2	1
	Kamfori				1	
	Longifoleeni	57	15	25	25	15
	trans-Karyofyleeni	1				
	Yhteensä	64	19	29	32	20
Tunnistamattomat						
		24	10	14	30	6
TVOC		334	151	256	205	197

Näytteet 1-5, ryhmien pitoisuudet

Ryhmä	1	2	3	4	5
Aldehydit	7	12	7	10	9
Alkaanit	80	42	126	39	29
Alkeenit	1	1	1		
Alkoholit	146	52	62	75	117
Aromaattiset	4	4	8	4	5
Atsoryhmät		1	2		1
Esterit		1			
Glykolieetterit		1		3	
Ketonit	6	5	4	7	5
Orgaaniset hapot		1	2	2	2
Siloksaanit	2	2	1	3	3
Terpeenit	64	19	29	32	20
Tunnistamattomat	24	10	14	30	6
TVOC	334	151	256	205	197

4.1.3 Johtopäätös

Materiaalien FLEC-näytteissä Neuvola, huone 11 vinyylilaatta, Koulu, luokka 240, Koulu, luokka 219 ja Koulu, luokka 101 epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin 2-etyyliheksanolia.

Materiaalien FLEC-näytteissä Neuvola, huone 11 vinyylilaatta, Koulu, luokka 240, Koulu, luokka 149 ja Koulu, luokka 219 epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin tridekaania.

Materiaalien FLEC-näytteissä Koulu, luokka 240 ja Koulu, luokka 219 epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin lisäksi etanolia.

Materiaalin FLEC-näytteessä Koulu, luokka 149 epätavanomaisena pitoisuutena havaittiin myös dodekaania.

Materiaalien FLEC-näytteissä Neuvola, huone 11 vinyylilaatta ja Koulu, luokka 219 epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin myös longifoleenia.

Emäksinen kosteus ja ammoniakki hajottavat dioktyyliftalaatteja, jotka ovat muovien ja kumien pehmittimiä. Ftalaattien hajotessa niistä muodostuu 2-etyyliheksanolia, joka aiheuttaa makeahkoa hajua. Märällä betonipinnalla tapahtuu siten sisäilman laadun kannalta haitallisia prosesseja. Maton ja betonipinnan ei tarvitse kuitenkaan olla enää kosteita, sillä reaktion kerran alettua se ei pysähdy, vaikka ko. pinnat ovat kuivia.

Etanoli on kosteus- ja mikrobivauriota indikoiva yhdiste. Longifoleenia käytetään mm. puhdistusaineissa ja liimoissa. Tridekaani ja dodekaani voivat olla peräisin mm. liimoista.

4.1 MINERAALIVILLAKUIDUT TASOPINNOILTA

4.1.1 Tutkimusmenetelmä

Tasopinnoille laskeutuneesta pölystä otettiin näyte ns. teippimenetelmällä. Menetelmässä pölyä kerättiin pinnalta kirkkaan teipin avulla, esimerkiksi Scotch Crystal-teippi. Teipistä irrotettiin noin 6-7 cm:n pituinen pala, joka painettiin tasopinnalle niin, että teippiin tarttui pinnalle laskeutunut pöly. Sen jälkeen teippi painettiin puhtaalle mikroskoopin aluslasille.

Pölyn koostumus tarkastettiin. Mineraalivillakuituanalyysi tehtiin valomikroskooppisesti. Mineraalivillakuidut tunnistettiin vertailemalla standardiaineisiin ja niiden määrä laskettiin.

Analyysin määrittäysraja on 0,17 kuitua/cm².

4.1.2 Tulos

Näyte	Selite	Kuitua/cm ²
1	Huone 101	0,33
2	Huone 104	< 0,17
3	Huone 149	0,17
4	Huone 206	0,17
5	Huone 216	0,17
6	Huone 219	< 0,17
7	Huone 220	< 0,17
8	Huone 240	< 0,17
9	Huone 268	< 0,17
10	Huone 01	< 0,17
11	Huone 04	0,17
12	Huone 11	0,33
13	Huone 14	0,5
14	Huone 18	< 0,17

4.1.3 Johtopäätös

Mineraalivillakuitunäytteissä 1, 12 ja 13 havaittiin viitearvon 0,2 kuitua/cm² ylittävä määrä mineraalivillakuituja, mutta määrä alitti viitearvon 3 kpl/cm². Muissa näytteissä ei havaittu viitearvoja ylittäviä määriä mineraalivillakuituja (> 0,2 kuitua/cm²).

4.1.4 Viitearvoja

Pintojen kahden viikon pölylaskeuman kuitutiheys tulisi olla alle 0,2 kuitua/cm², harvoin siivottujen pintojen alle 3 kpl/cm².

Mineraalivillakuidut voivat aiheuttaa silmien ja ihon ärsytysoireita. Mineraalivillakuitujen lähteitä voivat olla akustiikkalevyt tai ilmanvaihtolaitteiden lämpö- ja äänieristeet.

Ohjearvon ylittävissä pitoisuuksissa on suositeltavaa selvittää kuitulähteet ja mahdollisuudet niiden vähentämiseen.

4.1.5 Kirjallisuus

Asumisterveysopas, Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas (2005) Sosiaali- ja terveysministeriö. Vammalan Kirjapaino, Vammala.

Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät (STM:n oppaita 2003:1) (2003) Sosiaali- ja terveysministeriö. Edita Prima Oy, Helsinki.

Asumisterveysopas, Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas, 2. korjattu painos (2008) Sosiaali- ja terveysministeriö. Vammalan Kirjapaino, Vammala.

Asumisterveysopas, Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas, 3. korjattu painos (2009) Sosiaali- ja terveysministeriö. Ykkös-Offset Oy, Vaasa 2009.

5. ALLEKIRJOITUKSET

Tulokset, johtopäätökset, toimenpidesuositukset ja muut tässä raportissa esitetyt lausunnot koskevat vain tätä allekirjoitettua raporttia kokonaisuudessaan ja vain tähän raporttiin sisältyviä näytteitä.

Tuloksiin perustuvat johtopäätökset, toimenpidesuositukset ja muut tässä analyysiraportissa esitetyt tulkinnat pohjautuvat yleiseen asiantuntemukseen tulosten merkityksestä. Analyysien merkitystä on verrattava kohteesta tehtyihin havaintoihin ja muihin mittauksiin.

Mahdollisissa oikeuksissa käsiteltävissä tai muuten ratkaistavissa riitatapauksissa raportissa esitettyjä tuloksia, johtopäätöksiä, toimenpidesuosituksia ja muita tämän raportin lausuntoja ei saa käyttää, ennen kuin raporttia koskevat maksusaatatavat on suoritettu kokonaisuudessaan Ositum Oy:lle.

Raporttia ja sen sisältämiä tuloksia, johtopäätöksiä, toimenpidesuosituksia ja muita tässä raportissa esitettyjä lausuntoja ei saa käyttää todisteena missään oikeusasteissa ilman Ositum Oy:n kirjallista lupaa. Raportin saa kopioida ainoastaan kokonaisuutena. Osien kopioiminen ilman lupaa on kielletty.

Ositum Oy vastaa antamastaan launnostaan konsulttitoiminnan yleisten sopimusehtojen mukaisesti (KSE 1995).

Espoo 8.11.2010

Ositum Oy



Merja Mikkonen
FT, toimialajohtaja, laboratoriot

Jakelu 1 kpl tilaaja
 1 kpl Ositum Oy:n arkisto