

51392.47

11.12.2012

Vantaan kaupunki
Ulla Lignell
Kielotie 13
01300 Vantaa
Sähköposti: ulla.lignell@vantaa.fi

Tutkimuskohde Pähkinärinteen koulu, Mantelikuja 4, Vantaa

SISÄILMASTO- JA KOSTEUSTEKNINEN KUNTOTUTKIMUS

SISÄILMAN LAATU

Tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää, osoitteessa Mantelikuja 4, Vantaa sijaitsevan, koulurakennuksen sisäilmassa havaittuja ongelmia ja niiden aiheuttajia. Lisäksi on tutkittu kattoikkunoiden tiiveyttä.

Tutkimuskohteena ovat olleet Pähkinärinteen koulun luokkahuoneet 007, 008, 009, 023, 127, 131 ja 132.

Tutkittava rakennus on rakennettu 1970 ja 1980 luvun taitteessa. Rakennuksessa on kaksi kerrosta. Lisäksi katolla on IV-konehuone. Rakennus on rinteessä, länsipuolella pohjakerros on kokonaan maanpinnan yläpuolella ja itäpuolella pohjakerros on kokonaan maanpinnan alapuolella. Pohjakerroksen jatkeena itäpuolella on maalattainen ryömintätila talotekniikkaa varten. Ensimmäinen kerros jatkuu itäpuolella pidemmälle kuin pohjakerros, joten ryömintätila jää keskelle rakennusta. Muut alapohjarakenteet ovat maanvastaisia betonilaattoja. Kantavat rakenteet ovat pääosin teräsbetonia, julkisivut ovat tiililaattapintaisia sandwich-elementtejä. Väliseinät ovat yleensä muurattuja kiviseiniä.

Tutkimuksen tekijöinä olivat rakennusinsinööri Ilkka Meriläinen, LVI-insinööri Olli Kärkkäinen, insinööriopiskelija Tuomas Hintikka ja kemisti Reija Salminen (laboratoriotyö). Tutkimukset tehtiin 22.8. - 5.12.2012.

TULOSTEN ARVIOINTI

Rakennusmateriaalien mikrobit. Kohteen avatuista rakenteista, (luokkahuoneen 023 ulkoseinän eristetilasta ja luokkahuoneen 023 alapohjan lattiapinnoitteen kiinnitysliimasta) otettiin näytteet laboratorioissa tehtäviä mikrobimäärytyksiä varten. Mikrobitoisuudet tutkittiin suoraviljelytekniikalla.

Tutkituissa näytteissä ei todettu poikkeavaa mikrobikasvustoa (sieni-, bakteeri- tai sädesienikasvustoa).

Rakenteiden kosteudet. Rakenteiden kosteuksia määritettiin pintakosteudenilmaisimella.

Rakenteissa todettiin kohonneita kosteusarvoja pintakosteudenilmaisimella. Kohonneita kosteustulokuita todettiin siivoojien sosiaalituloissa katto-ulkoseinäliittymässä, mittalaitteen lukema 90 - 105. Mittaustulokset on esitetty liitteissä 2.3 ja 2.4.

Rakenteiden kosteudet. Rakenteiden suhteellisia kosteuksia mitattiin rakenteisiin poratuista rei'istä, mittauksissa ei havaittu normaalista poikkeavia kosteuspitoisuuksia.

Sisäilman haihtuvat orgaaniset yhdisteet. Sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden näytteet otettiin tutkimukseen valituista luokista 008 ja 131 yhden näytteenottokerran aikana 28.8.2012.

Sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus, ns. TVOC -arvo, oli luokassa 008 – 120 µg/m³ ja luokassa 131 – 129 µg/m³.

Yhdisteiden joukossa vallitsevaa tasoa korkeampina pitoisuuksina (yhdisteestä riippuen 5 - 10 µg/m³ tai korkeampina pitoisuuksina) todettuja yksittäisiä yhdisteitä olivat luokassa 008, 2-(2-Etoksietoksi)etanoli (57,9 µg/m³), 2-Etyyli-1-heksanoli (11,7 µg/m³), 2-Butoksietanoli (13,4 µg/m³), Butyyliasetaatti (7,1 µg/m³), heksanaali (6,1 µg/m³), Pineeni (5,3 µg/m³) ja luokassa 131, 2-(2-Etoksietoksi)etanoli (73,4 µg/m³), 2-Butoksietanoli (14,2 µg/m³), heksanaali (5,4 µg/m³), Pineeni (8,1 µg/m³)

Rakennusmateriaalista haihtuvat orgaaniset yhdisteet. Rakennusmateriaalin haihtuvien orgaanisten yhdisteiden näyte otettiin tutkimukseen valitun luokan 131 yläpohjassa olevasta akustisen mineraalivillan liimasta 18.9.2012.

Rakennusmateriaalista haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus, ns. TVOC -arvo oli 21 000 µg/m³.

Yhdisteiden joukossa vallitsevaa tasoa korkeampina pitoisuuksina (yhdisteestä riippuen 5 - 10 µg/m³ tai korkeampina pitoisuuksina) todettuja yksittäisiä yhdisteitä olivat bentseeni (26,7 µg/m³), tolueni (18,7 µg/m³), Suoraketjuisia ja haaraisia hiilivetyjä (6430 µg/m³), rengasrakenteisia hiilivetyjä (7824 µg/m³) heksanaali (13,9 µg/m³), MIBK (660 µg/m³), 2-pentanoni (328 µg/m³), 3-heksanoni (18,7 µg/m³), 2-heksanoni (47,3 µg/m³), etyyliasetaatti (1954,5 µg/m³), etyylipropionaatti (140 µg/m³), propaanihapon 2-metyyliesteri (150 µg/m³), 1-butanoli (545,8 µg/m³), syklotrisiloksaani, heksametyyli (5,3 µg/m³), pentane 2-methyl- (3786 µg/m³), pentane 3-methyl-(4528 µg/m³) ja etikkahappo (100 µg/m³).

Pinnoille laskeutuvat mineraalikuidut. Pinnoille noin kahden viikon aikana (23.8.- 10.9.2012) laskeutuvien mineraalikuitujen pitoisuuksia selvitettiin tasopinnoille asennettujen keräysalustojen avulla luokissa 108, 130, 008 ja 030. Tutkituista tiloista otettiin kahdet rinnakkaiset näytteet.

Tutkittujen tilojen mineraalikuitupitoisuudet vaihtelivat välillä alle 0,07-0,07 kpl/cm². Pitoisuudet alittavat käytössä olevan ohjeellisen arvon 0,20 kpl/cm².

Rakenteiden ilmatiiveys (merkkiainekokeet). Rakennuksessa tutkittiin ulkoseinä, -lattia ja -kattorakenteiden sisätiloja vasten olevien rakenneseosien ilmatiiveyttä suhteessa ulkoseinän eristetilaan, maatäyttöön ja kattorakenteen eristetilaan ns. merkkiainekokeen avulla. Merkkiainekokeissa rikkiheksafluoridi -kaasua johdettiin epäiltävään rakenteen osaan, merkkiaineen mahdollista kulkeutumista sisäilmaan seurattiin tiloissa kaasuanalysaattorin avulla.

Tutkitut tilat ovat olleet tutkimuksen aikaisissa olosuhteissa 0...-5 pascalia alipaineisia ulkoilmaan nähden. Merkkiainekoetta on kuvattu tarkemmin (mm. kaasun pitoisuudet havaintokohdilla) liitteissä 3.1 -3.8.

Painesuhteiden seurantamittaus. Tutkittujen tilojen painesuhteita ulkoilmaan nähden tutkittiin jatkuvatoimisten paine-erologgerien avulla 6.-12.9.2012. Mittaustulosten perusteella,

- tila 008 oli päiväaikaan keskimäärin 0...-3 pascalia ja yöaikaan keskimäärin -2...-4 pascalia ulkoilmaan nähden,
- tila 009 oli keskimäärin 0...+1 pascalia ylipaineinen maatäyttöön nähden, tila oli hetkellisesti myös alipaineinen 0...-1 pascalia,
- tila 045 oli keskimäärin -2...-4 pascalia alipaineinen ulkoilmaan nähden,
- tila 108 yöaikaan ja viikonloppuna keskimäärin 0...-2 pascalia alipaineinen ja päiväaikaan -1...-8 pascalia alipaineinen ulkoilmaan nähden,
- tila 131 oli päiväaikaan -1...-10 pascalia ja yöaikaan keskimäärin -1...-4 pascalia alipaineinen ulkoilmaan nähden.

Painesuhteiden seurantamittausten graafiset kuvaajat on esitetty liitteissä 4.1. -4.5.

Ilmamäärien mittaus. Tutkittuja luokkahuoneita olivat 008, 023, 131 ja 132. Luokkien tulo- ja poistoilmamäärät vaihtelevat luokan koosta riippuen $\pm 23 \dots 163$ l/s. Nykyohjeistukseen verrattuna tuloilmavirrat jäivät ohjearvoja pienemmiksi. Luokassa 132 tuloilmavirta oli huomattavasti ohjearvoja pienempi.

Tutkimuskohteessa tehdyt havainnot.

ATK-luokassa kattoikkunan kautta on päässyt koivunsiemeniä ja muuta roskaa luokkaan. Edeltävänä päivänä oli kova tuuli. Kattoikkuna ei ole tiivis kovalla tuulella.

Ensimmäisen käynnin 30.6.2012 aikana ilma oli tunkkainen luokassa 008.

Luokassa 009 maatäyttöön poratussa reiässä oli mikrobiperäinen haju.

Aulan 141 portaassa havaittiin mikrobiperäistä hajua kesäkuun 29. päivänä tehdyn kohdekäynnin yhteydessä. Haju paikallistui portaalan alaosaan. Marraskuussa tehtyjen tutkimusten yhteydessä todettiin, että aulatilaa katossa on vesivuoto.

LAUSUNTO

Tulosten perusteella esitetään seuraavaa,

- Pohjakerroksessa, tutkittujen tilojen, julkisivuelementeissä on silmien havaittavia halkeamia sisäkuoren sementtilaastilla täytetyissä elementtisaumoissa ja aukkojen pielissä. Halkeamien kautta voi sekoittua ulkoseinän eristetilan ilmaa sisätiloihin. Luokassa 023 havaittiin tiivistämättömiä läpivientejä maalaus tai kuuma-käsittely tilan vastaisessa seinässä. Merkkiaineen avulla tehtyjen tiiveyskokeiden perusteella sekoittuu elementtien eristetilojen ilmaa merkittävässä määrin sisätiloihin ulkoseinän ja alapohjan liittymistä. Myös ikkunoiden ja elementtien liitoskohdissa on paikoin vastaavanlasia vuotopaikkoja. Ilmavuotojen mukana voi sekoittua mm. sokkelielementtien maanpinnan alapuolisista, kosteudelle alttiina olevista, eristetiloista sisäilmaan epäpuhtauksia, jotka voivat aiheuttaa ärsytysoireita.
- Ensimmäisen kerroksen tiloissa 131 ja 132 on merkittäviä ilmavuotoja epäpuhtaammista rakenneosista sisäilmaan ulkoseinän liittymissä välipohjaan ja ikkunarakenteisiin.

- Luokan 131 katossa otetun materiaalinäytteen VOC-pitoisuudet olivat poikkeuksellisen korkeita ja ne ovat peräisin akustiikkalevyjen liimasta, poikkeama on syntynyt ilmeisesti asennusvaiheessa.
- Aulatilán 141 katossa on vuotojälkiä. Kostuneita akustiikkalevyjä on poistettu vuodon alalta. Pintakosteuden lukuarvot olivat betonissa välillä 90-100. Vasemmassa reunassa on ympyröity uusi vuotojälki. Vuotovedet voivat tuoda mukanaan hajuja kostuneista rakenteista. Ne voivat myös aiheuttaa ei toivottuja kemiallisia reaktioita rakennusmateriaaleissa. Aulatila sijaitsee aikaisemmin 21.11.2011 tutkittujen tilojen 144 ja 145 välittömässä läheisyydessä.
- Sisäilman VOC-pitoisuudet olivat mitatuissa kohteissa alle ohjearvojen. Luokassa 008 mitatut vallitsevat yhdisteet voivat olla peräisin lattiavahoista ja muista siivousaineista, lattiamateriaaleista ja maaleista – luokassa 131 lattiavahoista ja muista siivousaineista sekä maaleista ja lakoista. 2-Etyyli-1-heksanoli (11,7 µg/m³, luokka 008) pitoisuus liitetään usein lattian liialliseen kosteuteen. Asiaa tutkittiin luokassa 008, eikä siellä todettu poikkeavaa kosteutta lattiassa.
- ATK-luokan (tila 127) kattoikkunan savunpoistomekanismissa on liiallista väljyyttä, lumipyry talvella sekä koivun siemenet kesällä pääsevät reunan alitse sisätiloihin. Ikkunassa on keskellä lukituslaite, jossa jatkosliitokset ovat väljiä. Ikkuna ei ole riittävän jäykkä, ikkunan etu kulmat pääsevät nousemaan, jolloin nurkkiin syntyy rako.
- Luokkien ilmamäärien mittausten perusteella tuloilmavirrat ovat pienemmät kuin nykyiset ohjearvot. Ilmanlaatu saatetaan tuntea luokkatiloissa tunkkaiseksi ihmismäärien ollessa suuria opetustuntien aikana.

Jatkotoimenpiteiden arviointi

Tutkituissa tiloissa esitetään seuraavaa toimintamallia jatkotoimenpiteiksi:

- Luokissa 007, 008, 009, 023 tiivistetään ilmatiiviiksi lattian läpiviennit betonilaatan yläpinnan tasoon. Luokissa tiivistetään ulkoseinissä olevat halkeamat ilmatiiviiksi. Luokissa tiivistetään myös betonilaatan ja seinien välinen liittymä. Tiivistys tehdään kaikkiin laatan läpimeneviin rakenteisiin, joita ovat ulkoseinät, pilarit, kantavat tb-seinät. Tiivistykset viedään ehyinä väliseinien läpi, niihin tehtävien reikien kautta. Samalla varmistetaan tiiliseinien tiivistystarve, toteamalla ulottuvatko tiiliseinät alapohjalaatan lävitse. Ulkoseinillä tiivistetään ikkunoiden karmien ja ulkoseinän sisäkuoren välinen liittymä ilmatiiviiksi. Luokassa 023 teknisten luokkien vastaisen väliseinän läpiviennit tiivistetään ilmatiiviiksi. Ennen tiivistystöiden aloittamista luokissa 007, 008, 009 ja 023 tutkitaan sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuus. Tulosten perusteella selvitetään 2-Etyyli-1-heksanolin pitoisuus laajemmalla alueella ja mahdollisten lattiamateriaalien uusimistarve.
- Luokissa 131 ja 132 tiivistetään väli- ja yläpohjan betonilaatan ja seinien välinen liittymä ilmatiiviiksi. Tiivistykset viedään ehyinä väliseinien läpi, niihin tehtävien reikien kautta. Ulkoseinillä tiivistetään ikkunoiden karmien ja ulkoseinän sisäkuoren välinen liittymä ilmatiiviiksi. Luokissa poistetaan katossa olevat ääntä vaimentavat mineraalivillalevyt ja niiden kohdilla olevat kiinnitysliimat ja tasoitteet. Tutkitaan mahdolliset betoniin imeytyneet liimasta peräisin olevat jäänteet, jotka haihdutetaan tai estetään niiden leviäminen sisätiloihin pinnoittamalla.

- Katon akustiikkapinnoitteiden tilannetta tutkitaan laajemmin aistinvaraisen havaintojen, materiaalinäytteiden ja kosteusmittausten avulla. Tarkoituksena on selvittää onko katon äänenvaimennusmateriaalilla ja sen kiinnityksineillä yhteys rakennuksessa koettuihin sisäilmastosta johtuviin tuntemuksiin.
- ATK-luokan lukituslaiteessa olevaa löysyyttä poistetaan hitsaamalla sisäkkäisten kiinnityspotkien sisäputken päähän n. 100 mm jatkopala, joka on samaa profiilia kuin sisäputki. Väljiin, nivelmäisiin liitoksiin lisätään toiset ruuvit, jotka tekevät jatkoksista jäykkiä. Ikkunaan lisätään kattoikkunakehyksen puolelle helposti kokoon painuvat esim. silikonikumiset vastatiivisteet nurkkien alueelle. Uusitaan ne vanhat tiivisteet, jotka ovat huonossa kunnossa (esim. kiertyneet).
- Ilmanvaihdon ilmapirtojen mahdollinen tehostaminen tutkitaan. Ilmamäärät säädetään ja tasapainotetaan nykyohjeistuksen mukaisiksi.

Helsingissä, 11. joulukuuta 2012

Finnmap Consulting Oy - Suomen Sisäilmaston Mittauspalvelu



Ilkka Meriläinen
rakennusinsinööri



Olli Kärkkäinen
LVI-insinööri

Lausunnon liitteet

Liite 1.	Mittaustulokset
Liitteet 2.1-2.4	Mittauspisteet pohjakuvissa
Liitteet 3.1-3.8	Merkkiainekokeet pohjakuvissa
Liitteet 4.1-4.5	Painesuhteiden seurantamittaus – graafiset kuvaajat
Liite 5	Kuvakooste

Rakennusmateriaalien mikrobit

Tutkimuksessa selvitettiin, ovatko epäillyistä rakenteista otettujen materiaalinäytteiden mikrobimäärät normaalista poikkeavia. Näytteistä tehtiin suoraviljelyt elatusalustoille, joista tutkittiin homesienien, bakteerien ja sädesienien kasvu. Elatusalustat olivat 2 % mallasuu-teagar (M2) ja dikloraaniglyseroli-18-agar (DG18) homesienille sekä tryptoni-hiivauute-glukoosi-agar bakteereille ja sädesienille.

Suoraviljelynäytteissä todettiin mikrobeja seuraavasti. Pitoisuudet on esitetty kasvustojen (pesäkkeiden) määrinä elatusalustoilla käyttäen suhteellista asteikkoa, jossa:

- = pesäkkeiden määrä = 0
- + = pesäkkeiden määrä = 1 – 20
- ++ = pesäkkeiden määrä = 21 – 50
- +++ = pesäkkeiden määrä = 51 – 200
- ++++ = pesäkkeiden määrä = yli 200.

Homesienien kohdalla on esitetty, mistä homesienisuvuista näytteissä oli kysymys.

Näytteen- ottopiste	Tila	Tilan ja näytteenottopis- teen kuvaus	Pvm	Homesienet		Bakteerit	Sädesienet
				M2	DG18		
MR1	023	Luokkahuone alapohja lattialiima	18.9.	Yhteensä -	Yhteensä -	-	-
MR1	023	Luokkahuone, ulkoseinä, sokkelin eristetilä maan- pinnan yläpuolella	18.9.	Yhteensä -	Yhteensä -	-	-

* kosteusvaurioindikaattori

Materiaaleissa on normaalistikin todettavissa mikrobi-itiöitä ja rihmastoja. Materiaalien pintojen mikrobimääriä pidetään poikkeavina silloin, kun mikrobiviljelyssä todettujen pesäkkeiden määrä on selvästi tavanomaista suurempi tai kun mikrobien koostumus on poikkeava. Korkeina ja selvästi poikkeavina pidetään tasoa +++ tai ++++ olevia mikrobimääriä. Myös vähäisemmät mikrobimäärät (tasoa + tai ++) voidaan luokitella poikkeaviksi ja kohonneiksi silloin, kun kysymyksessä on ns. kosteusvaurioindikaattori (mm. *Acremonium*-suku) tai sädesieni.

Pintailmaisimen käyttö rakennekosteuksien arvioinnissa

Tutkittujen ja niiden läheisyydessä olevien huonetilojen seinä-/katto-/lattiarakenteita tutkittiin pintailmaisimella Gann Hydromette UNI 1. Mittalaitteen näytössä esiintyvät lukuarvot välillä 0-160. Rakenteessa voi olla vertailuarvoon nähden kohonnuttua kosteutta, kun mittalaitteen kosteuslukuarvo on yli 90. Ilmaisimen tulokset eivät anna todellista tietoa rakenteiden kosteudesta.

Tutkitussa kohteessa pintailmaisimen näyttö on ollut poikkeava seuraavissa tiloissa / rakenteissa:

- tilat 141,146 ja 147, seinä-katto-liittymä, 90-100.

Rakenteiden kosteudet, porareikämenetelmä

Rakenteisiin, joissa todettiin vertailuarvoon nähden kohonnutta kosteutta kosteudenilmaisimella tai joissa oli muuten epäiltävissä poikkeavaa kosteutta, porattiin rakenteiden suhteellisen kosteuden määrittämiseksi reiät (16 mm). Reiät puhdistettiin ja tulpattiin. Suhteellinen kosteus mitattiin olosuhteiltaan tasaantuneissa rei'issä. Mittalaitteina olivat Vaisalan HMI41-näyttölaitteet ja HMP44-mittapäät. Tulokset, rakenteen ilmatilan suhteellinen kosteus (%) ja lämpötila (°C) on esitetty oheisessa taulukossa.

Mittauspiste	Tila	Rakeneosa	Mittauspisteen sijainti	Reiän syvyys, mm	Pvm	Suhteellinen kosteus, %	Lämpötila, °C
K1	Luokka 008	Lattia	ulkoseinästä 0,2 m, ulkoseinästä 0,2 m	50	5.12.12	63,9	15,5
K2	Luokka 008	Lattia	ulkoseinästä 0,2 m, ulkoseinästä 2,2 m	50	5.12.12	58,3	22,5

Sisä- ja ulkoilman olosuhteet mittausten aikana olivat seuraavat:

Pvm	Sisäilma			Ulkoilma		
	Suhteellinen kosteus, %	Absoluuttinen kosteus, g/m ³	Lämpötila, °C	Suhteellinen kosteus, %	Absoluuttinen kosteus, g/m ³	Lämpötila, °C
05.12.12	20,9		18,6	69		-15

Sisäilman haihtuvat orgaaniset yhdisteet

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC -yhdisteiden) ilmanäytteet kerättiin pumpuilla Tenax -putkiin, jotka analysoitiin kaasukromatografisesti Metropolilab Oy:n laboratoriossa Helsingissä. Tulokset on esitetty yksikössä µg/m³. Tulokset olivat seuraavat:

Näytteenottopiste	Tila	Näytteenottopisteen kuvaus	Pvm	Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC), µg/m ³
V1	131	Luokkahuone 131	28.8.12	129
V2	008	Luokkahuone 008	28.8.12	120

Edellä mainittujen näytteiden tärkeimmät yksittäiset yhdisteet olivat:

Yhdiste	Näytteenottopiste/ Pitoisuus, µg/m ³	
	V1	V2
Aromaattiset yhdisteet:		
Tolueeni	3,1	3,1
Etyylibentseeni	0,4	0,7
1,4-Ksyleeni	1,0	1,3
1,2-Ksyleeni	0,4	0,5
Aromaattiset yhdisteet yhteensä	4,9	5,6
Terpeenit:		
Pineeni	8,1	5,3
Delta-3-kareeni	2,7	4,4
Terpeenit yhteensä	10,8	9,7
Karbonyylit:		
Heksanaali	5,4	6,1

Yhdiste	Näytteenottopiste/ Pitoisuus, µg/m ³	
	V1	V2
Nonanaali	5,0	3,8
Bentsaldehydi	4,5	
Asetofenoni		1,3*
Karboonylit yhteensä	14,9	11,2
Esterit:		
Etyyliasettaatti	0,9	2,7
n-Butyyliasettaatti	1,1	7,1
Esterit yhteensä	2,0	9,8
Alkoholit:		
1-Butanoli	2,6	4,6
Propyleeniglykoli	3,0*	3,0*
2-Etyyli-1-heksanoli	4,7	11,7
Fenoli		1,8
Alkoholit yhteensä	10,3	21,1
Alkoholi- ja fenolieetterit:		
2-(2-Etoksietoksi)etanoli	73,4	57,9
2-(2-Butoksietoksi)etanoli	1,3	1,6
2-Fenoksietanoli	1,1*	0,8*
Glykolieettereitä	14,0*	4,0*
Alkoholi- ja fenolieetterit yhteensä	89,8	64,3
Muut yhdisteet:		
Etikkahappo	4,5*	2,3
Muut yhdisteet yhteensä	4,5	2,3
Tunnistettuja yhdisteitä yhteensä, µg/m³	137,2	124

* Määritetty tolueenina.

Tunnistettujen yhdisteiden pitoisuudet määritetään puhtaiden vertailuaineiden avulla (aiheen omalla vasteella) tai tolueeniekvivalenttina. TVOC -arvo määritetään tolueeniekvivalenttina. Tunnistettujen yhdisteiden joukossa voi olla myös TVOC -alueen ulkopuolisia yhdisteitä. Em. syistä tunnistettujen yhdisteiden kokonaispitoisuus ja TVOC -arvo eivät usein ole yhtä suuret.

Sisäilman haihtuville orgaanisille yhdisteille ei ole ohjearvoa. Työterveyslaitoksen ehdotuksen mukaan (2011) toimistotyötilojen sisäilman TVOC -pitoisuuden kohonneena arvona pidetään yli 250 µg/m³.

Rakennusmateriaalista haihtuvat orgaaniset yhdisteet

Rakennusmateriaalinäyte sijoitettiin kolmen vuorokauden ajaksi suljettuun lasiastiaan, jonka jälkeen astian ilmatilasta otettiin haihtuvien orgaanisten yhdisteiden näyte pumpun avulla Tenax -putkeen. Tenax -putket analysoitiin kaasukromatografisesti MetropoliLab Oy:n laboratoriossa Helsingissä. Tulokset on esitetty yksikössä µg/m³. Tulokset olivat seuraavat:

Näytteenottopiste	Tila	Näytteenottopisteen kuvaus	Pvm	Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC), µg/m ³
VR1	131	Luokkahuone, yläohja, akustisen mineraalivillan liima	18.9.	21 000

Edellä mainittujen näytteiden tärkeimmät yksittäiset yhdisteet olivat:

Yhdiste	Näytteenottopiste/ Pitoisuus, µg/m ³
	VR1
Aromaattiset yhdisteet:	
Bentseeni	26,7
Tolueeni	18,7
Etyylibentseeni	0,4
1,4-Ksyleeni	1,3
1, 2-Ksyleeni	0,3
Aromaattiset yhdisteet yhteensä	47,4
Alkaanit:	
Suoraketjuisia ja haaraisia hiilivetyjä (*)	6430
Rengasrakenteisia hiilivetyjä (*)	7824
Alkaanit yhteensä	14254
Terpeenit:	
Pineeni	1,1
Limoneeni	0,4
Terpeenit yhteensä	1,5
Karbonyylit:	
Heksanaali	13,9
Oktanaali	1,4
MIBK (*)	660
2-Pentanoni (*)	328
3-Heksanoni (*)	18,7
2-Heksanoni (*)	47,3
Karbonyylit yhteensä	1068,4
Esterit:	
Etyyliasettaatti	1954,5
Butyyliaasettaatti	4,9
Etyylipropionaatti (*)	140
Propaanihapon 2-metyyliesteri (*)	150
Esterit yhteensä	2249,4
Alkoholit:	
Fenoli	1,1
1-Butanoli	545,8
2-Etyyli-1-heksanoli	1,8
Alkoholit yhteensä	548,7
Alkoholi- ja fenolieetterit:	
2-(2-Etoksietoksi)etanoli	3,6
2-(2-Butoksietoksi)etanoli	0,5
Alkoholi- ja fenolieetterit yhteensä	4,1
Muut yhdisteet:	
Syklotrisiloksaani, heksametyyli (*)	5,3
Syklotetrasiloksaani, oktametyyli (*)	2,1
Syklopentasiloksaani, dekametyyli (*)	0,7
Pentane, 2-methyl- (*) (**)	3786

Yhdiste	Näytteenottopiste/ Pitoisuus, µg/m ³
	VR1
Pentane, 3-methyl- (*) (**)	4528
Etikkahappo (*)	100
Heksaanihappo, kapronihappo (*)	1,5
Muut yhdisteet yhteensä	8423,6
Tunnistettuja yhdisteitä yhteensä, µg/m³	26597,1

* Määritettynä tolueenina

**TVOC -alueen ulkopuolella.

Tunnistettujen yhdisteiden pitoisuudet määritetään puhtaiden vertailuaineiden avulla (aiheen omalla vasteella) tai tolueniekvivalenttina. TVOC -arvo määritetään tolueniekvivalenttina. Tunnistettujen yhdisteiden joukossa voi olla myös TVOC -alueen ulkopuolisia yhdisteitä. Em. syistä tunnistettujen yhdisteiden kokonaispitoisuus ja TVOC -arvo eivät usein ole yhtä suuret.

Rakennusmateriaaleista haihtuville orgaanisille yhdisteille ei ole ohjearvoa.

Pinnoille laskeutuvat mineraalikuidut

Pinnoille laskeutuvia mineraalikuituja kerättiin tiloihin kahden viikon ajaksi asennettujen geeliteippilevyjen avulla. Näytteet tutkittiin valomikroskooppisesti laboratoriossa. Pinnoilla todettiin mineraalikuituja neliösenttimetriä kohden (yli 20 mikrometrin pituiset kuidut) seuraavasti:

Näytteenottopiste	Tila	Näytteenottopisteen kuvaus	Keräysaika	Mineraalikuidut, kpl/cm ²
PPK1	008	Luokkahuone	23.8. -10.9.12	alle 0,07
			23.8. -10.9.12	alle 0,07
PPK2	030	Luokkahuone (kuvaamataito)	23.8. -10.9.12	alle 0,07
			23.8. -10.9.12	0,07
PPK3	108	Luokkahuone	23.8. -10.9.12	alle 0,07
			23.8. -10.9.12	0,07
PPK4	130	Luokkahuone	23.8. -10.9.12	alle 0,07
			23.8. -10.9.12	alle 0,07

Tasopinnoille kahden viikon aikana laskeutuvien mineraalikuitujen ohjearvoksi (säännöllisesti siivottavat pinnat) on ehdotettu 0,2 kpl/cm² (Työterveyslaitos 2011).

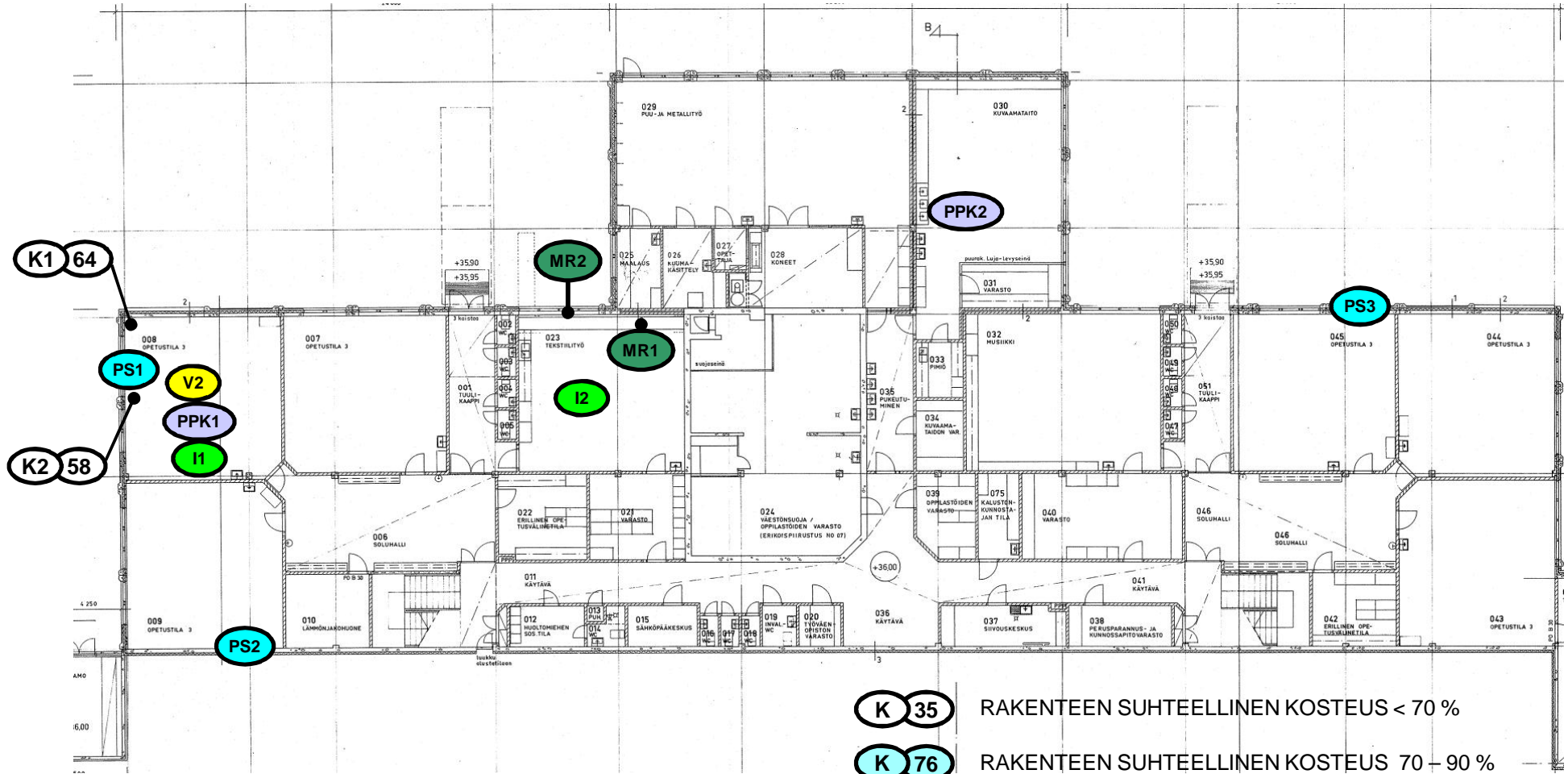
Ilmanvaihdon ilmavirtojen mittaukset

Huonetilojen ilmavirtoja määritettiin DP-Calc 5815 –paine-eromittarilla ja mittaamalla venttiileiden asentoja sekä Velocicalc 9535 –termoanemometrillä. Mitattuja ilmavirtoja verrataan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 ohjearvoihin, jotka koskevat uuden rakennuksen ilmanvaihtoa. Mittausten kokonaismittausvirhe on ± 10 %. Ilmavirrat olivat seuraavat:

Mittauspiste	Pvm	Tila	Mitattu tuuloilmavirta, dm ³ /s	Ohjearvo (D2), ulkoilmavirta, dm ³ /s	Mitattu poistoilmavirta, dm ³ /s	Ohjearvo (D2), poistoilmavirta, dm ³ /s
I1	6.9.	Luokka 008	108	150	90	-
I2	6.9.	Luokka 023	163	195	81	-
I3	6.9.	Luokka 131	60	105	39	-

Mittaus- piste	Pvm	Tila	Mitattu tu- loilmavirta, dm ³ /s	Ohjearvo (D2), ulkoilmavirta, dm ³ /s	Mitattu pois- toilmavirta, dm ³ /s	Ohjearvo (D2), poistoilmavirta, dm ³ /s
I4	6.9.	Luokka 132	23	90	30	-

Mittauspisteet pohjakuvassa



MERKINTÖJEN SELITYKSET:



PAINESUHTEIDEN SEURANTAMITTAUKSET



SISÄILMAN HAIHTUVAT
ORGAANISET YHDISTEET



PINNOILLE LASKEUTUVAT MINERAALIKUIDUT



ILMANVAIHDON ILMAVIRRAT



RAKENNUSMATERIAALIEN MIKROBIT



RAKENTEEN SUHTEELLINEN KOSTEUS < 70 %

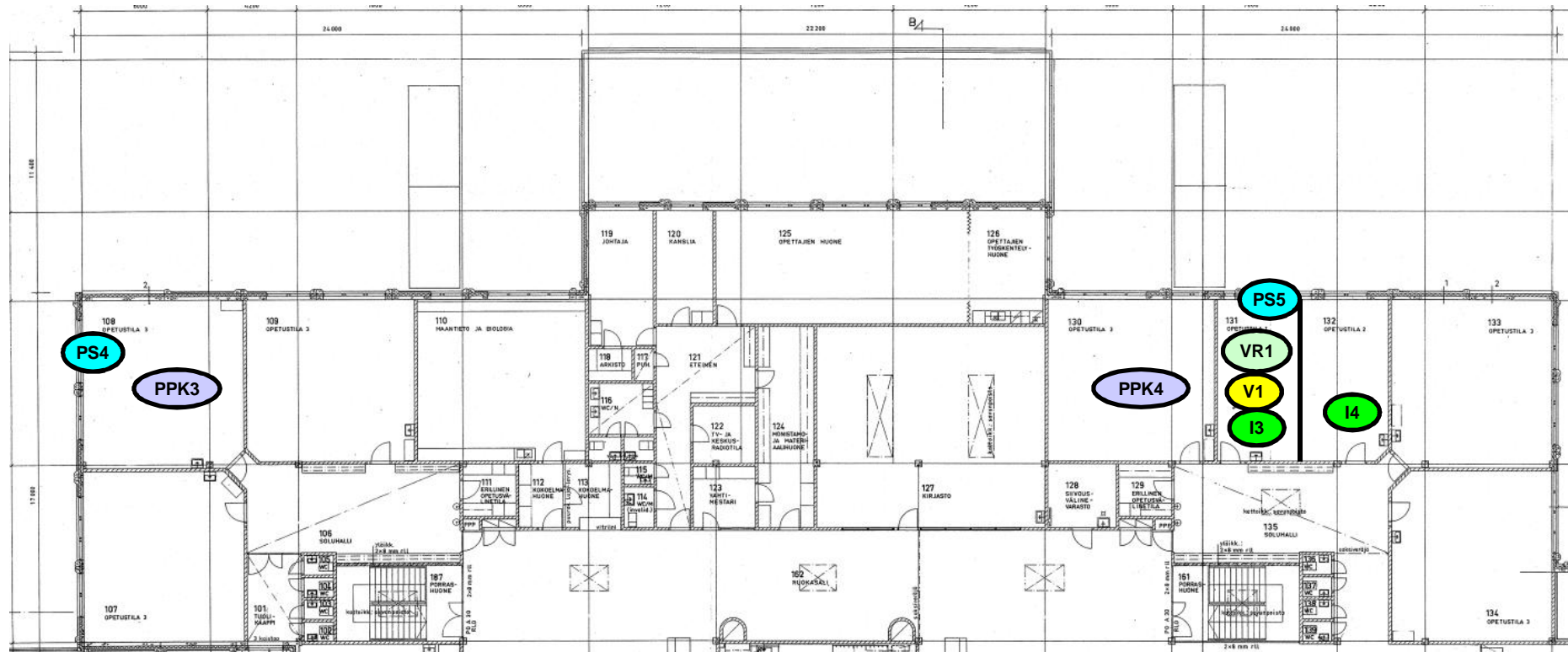


RAKENTEEN SUHTEELLINEN KOSTEUS 70 – 90 %



RAKENTEEN SUHTEELLINEN KOSTEUS 91 – 100 %

Mittauspisteet pohjakuvassa



MERKINTÖJEN SELITYKSET:



PAINESUHTEIDEN SEURANTAMITTAUKSET



SISÄILMAN HAIHTUVAT
ORGAANISET YHDISTEET



PINNOILLE LASKEUTUVAT MINERAALIKUIDUT

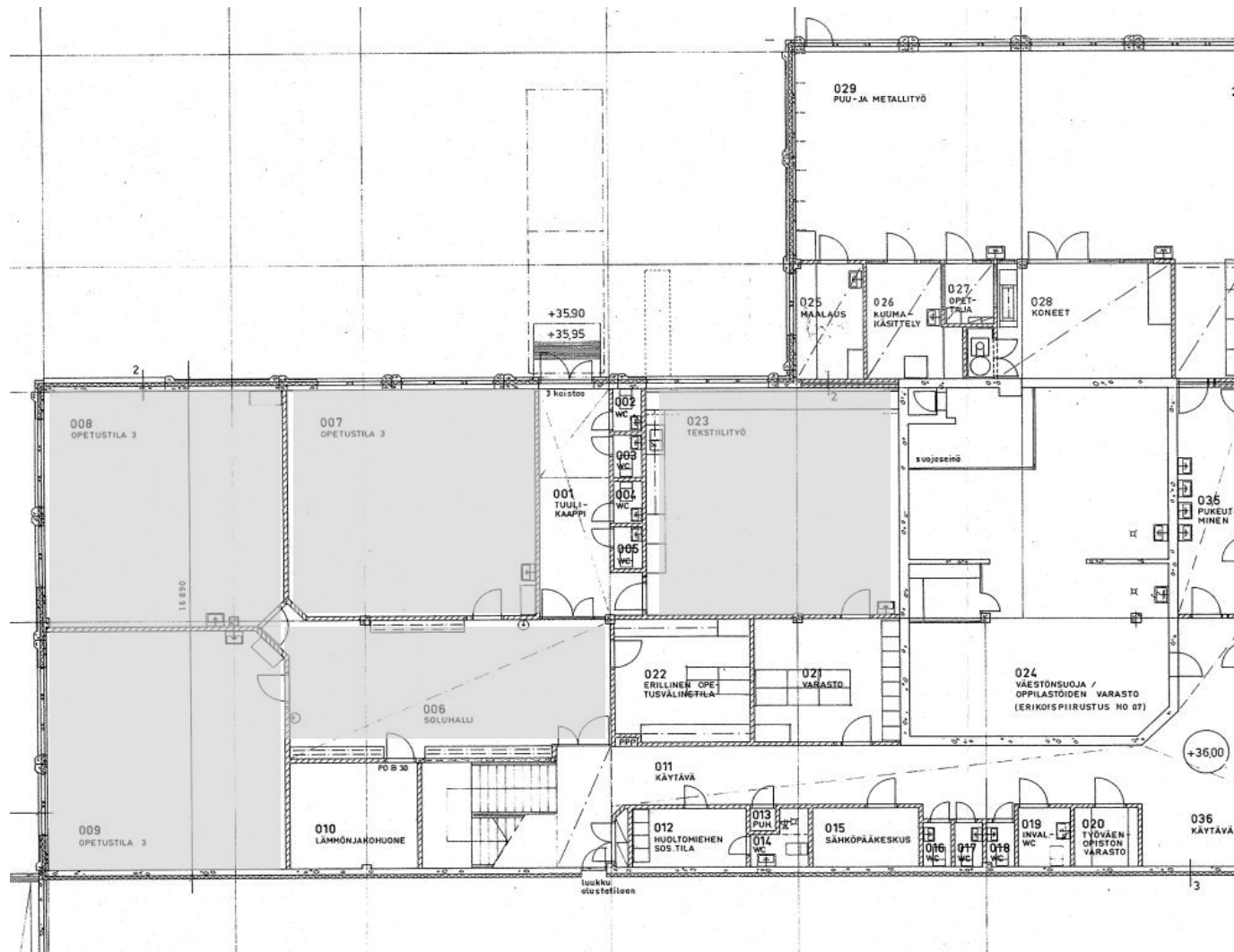


ILMANVAIHDON ILMAVIRRAT



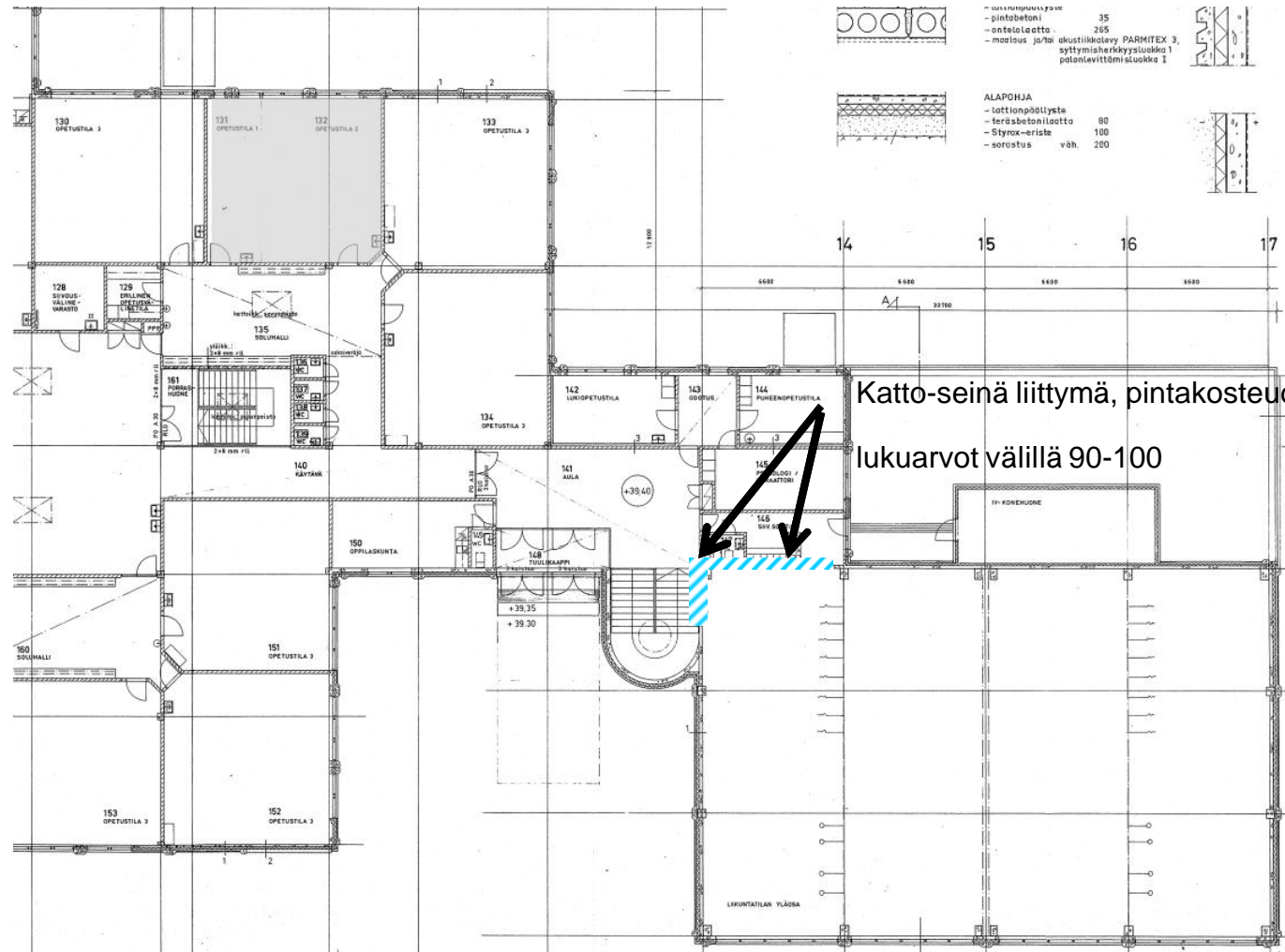
RAKENNUSMATERIAALISTA HAIHTUVAT
ORGAANISET YHDISTEET

Mittauspisteet pohjakuvassa



KOSTEUDENILMAISIMELLA
MITATTU ALUE
(mittalaitteen näyttämä 60-90, lukemat normaalitasolla)


Mittauspisteet pohjakuvassa

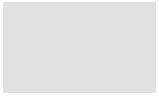


- ullakkeiden väliseinä
 - pintabetoni 35
 - ontelolaatta 265
 - maalaus ja/tai akustiläakely PARMITEX 3, syyntämerkkyyksillä 1
 - palonlevittämissuokka I
-
- ALAPOHJA
 - lattianpäällyste 80
 - teräsbetonilaatta 100
 - Styrox-eriste väh. 200
 - sorostus väh. 200

Katto-seinä liittymä, pintakosteuden lukuarvot välillä 90-100

MERKINTÖJEN SELITYKSET:

 KOHONNEITA KOSTEUSLUKUARVOJA KOSTEUDENILMAISIMELLA (mittalaitteen näyttämä yli 90)


 MITATTU ALUE KOSTEUDENILMAISIMELLA (mittalaitteen näyttämä 60-90, lukemat normaalitasolla)

ALAPOHJAN MERKKIAINEKOKEET LUOKASSA 023, 5.9.2012



NUOLIEN SELITYKSET:

 MERKKIAINEKAASU LATTIALAATAN ERISTEKERROKSEN ALAPUOLELLE

 0-1 Pa PAINE-ERO JA ILMAVIRTAUKSEN SUUNTA

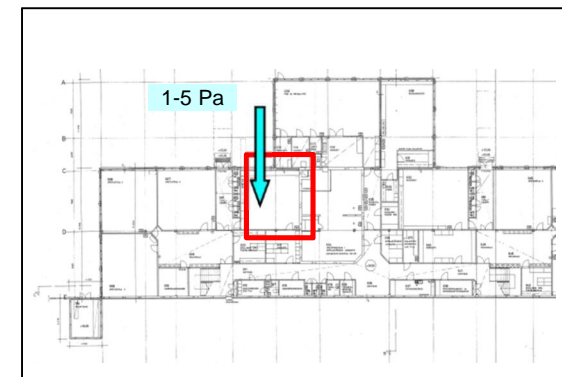
MERKKIAINEKAASUHAVAINNOT:

 VIEMÄRIPUTKEN LÄPIVIENTI

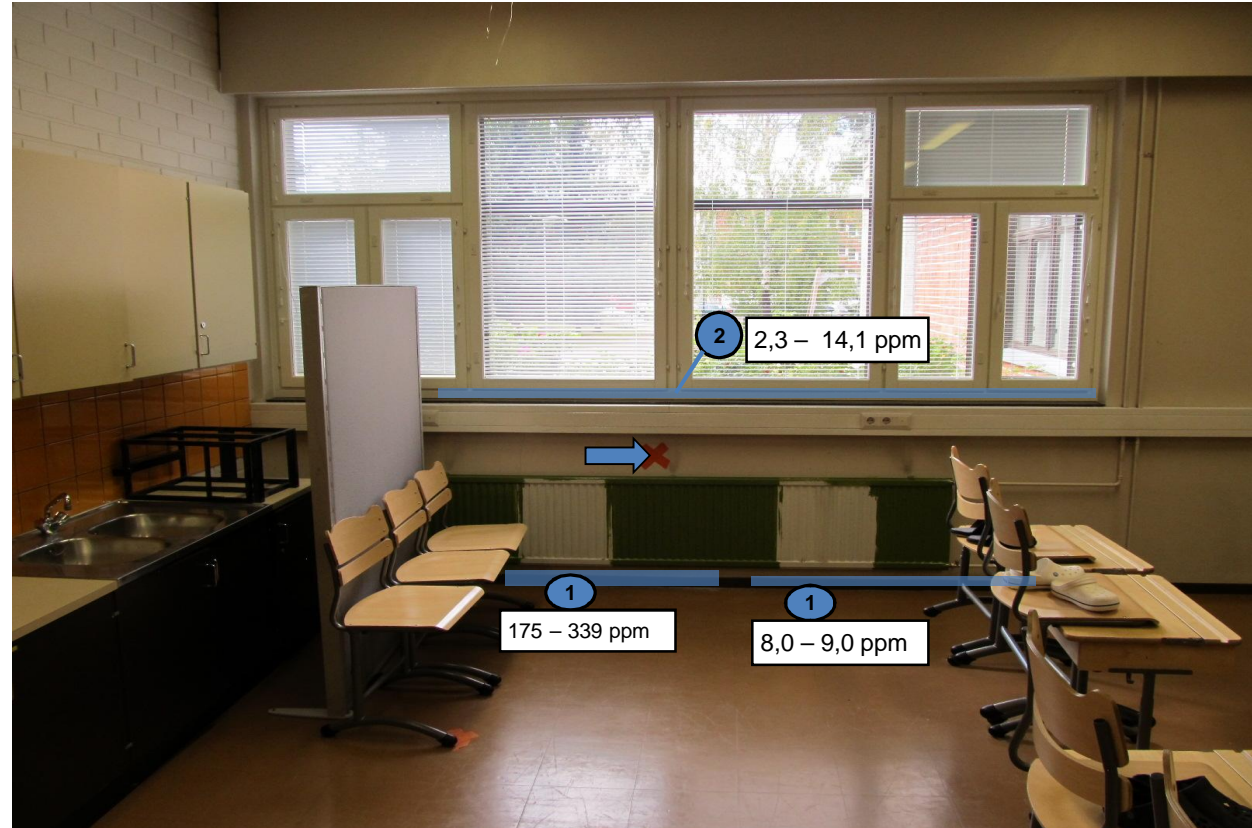
 5 ppm MERKKIAINEKAASUN PITOISUUS

Merkkiainepitoisuuden tulkinta, kun kaasuanalysoitsattorin osoittama pitoisuus (ppm) on tasolla:


- 0,0...1,0 ppm - pitoisuus vähäinen,
- 1,1...10,0 ppm - pitoisuus melko vähäinen,
- 10,1...50,0 ppm - pitoisuus suuri,
- yli 50,0 ppm - pitoisuus hyvin suuri.




ULKOSEINÄN MERKKIAINEKOKEET LUOKASSA 023, 5.9.2012





NUOLIEN SELITYKSET:

 MERKKIAINEKAASU ULKOSEINÄRAKENTEEN ERISTETILAAN

 0-1 Pa PAINE-ERO JA ILMAVIRTAUKSEN SUUNTA

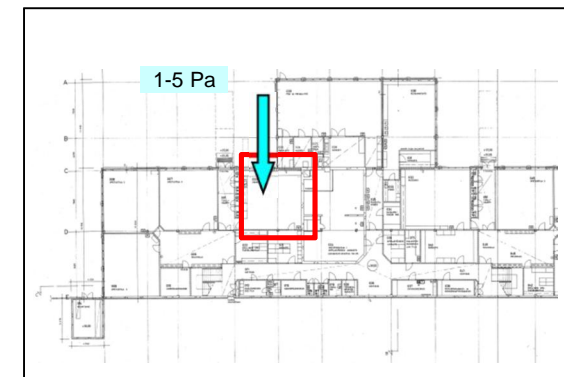
MERKKIAINEKAASUHAVAINNOT:

-  LATTIAN JA ULKOSEINÄN VÄLINEN LIITTYMÄ
-  IKKUNAN JA ULKOSEINÄN VÄLINEN LIITTYMÄ

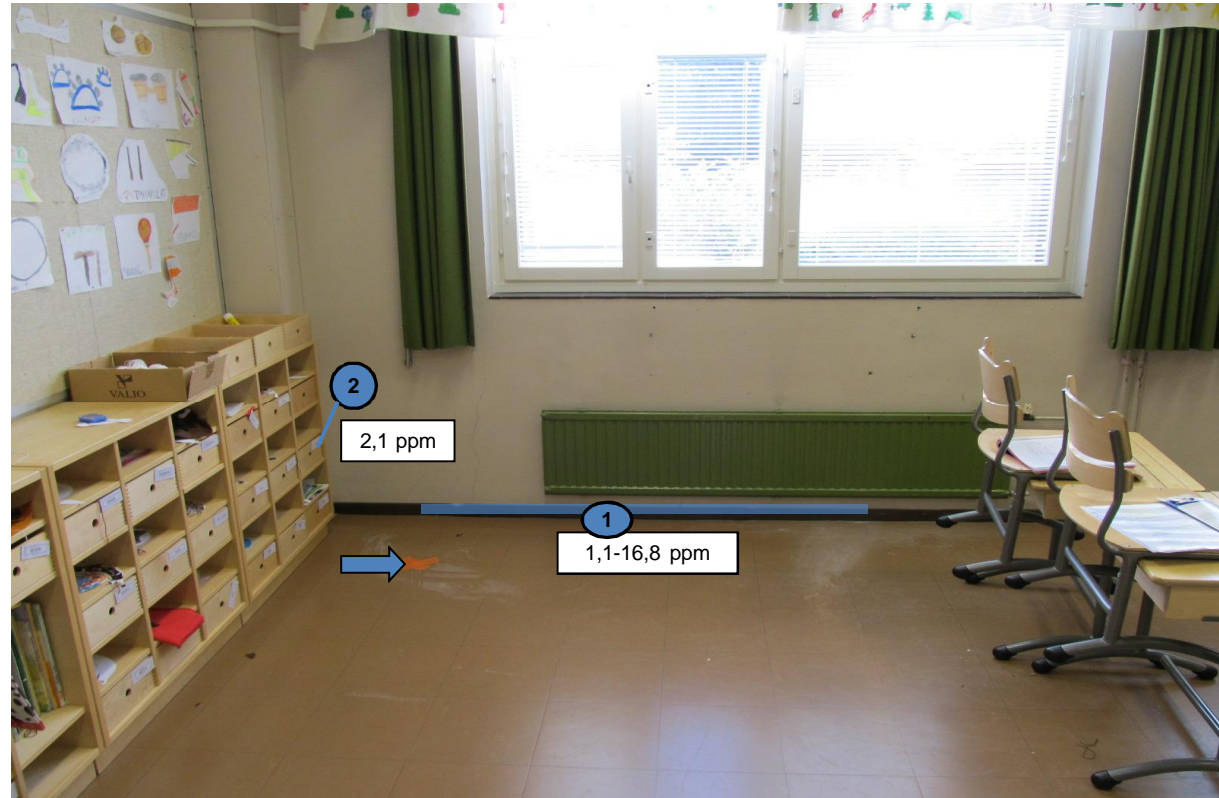
 5 ppm MERKKIAINEKAASUN PITOISUUS

Merkkiainepitoisuuden tulkinta, kun kaasuanalysaattorin osoittama pitoisuus (ppm) on tasolla:

- 0,0...1,0 ppm - pitoisuus vähäinen,
- 1,1...10,0 ppm - pitoisuus melko vähäinen,
- 10,1...50,0 ppm - pitoisuus suuri,
- yli 50,0 ppm - pitoisuus hyvin suuri.

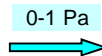


ALAPOHJAN MERKKIAINEKOKEET LUOKASSA 007, 5.9.2012



NUOLIIEN SELITYKSET:

 MERKKIAINEKAASU LATTIALAATAN ERISTEKERROKSEN ALAPUOLELLE

 0-1 Pa PAINE-ERO JA ILMAVIRTAUKSEN SUUNTA

MERKKIAINEKAASUHAVAINNOT:

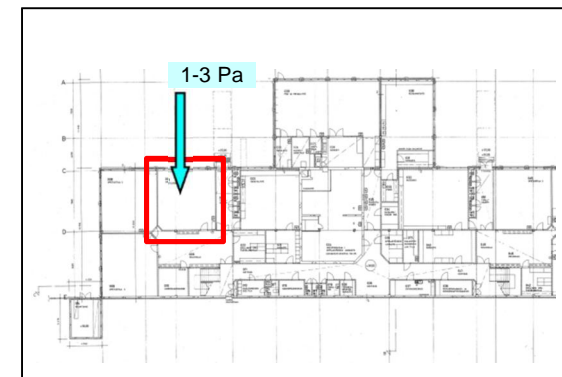
 1 LATTIAN JA ULKOSEINÄN VÄLINEN LIITYMÄ

 2 PUTKIKOTELON LIITYMÄ LATTIAAN

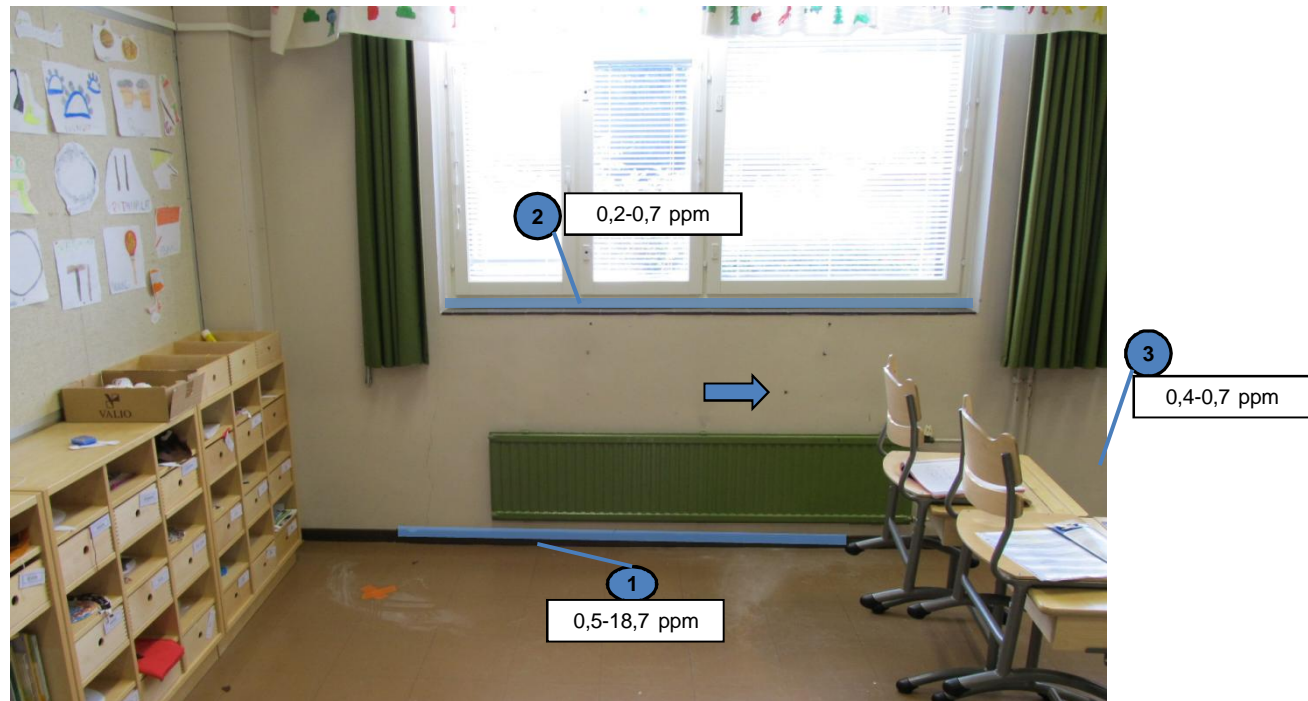
 5 ppm MERKKIAINEKAASUN PITOISUUS

Merkkiainepitoisuuden tulkinta, kun kaasuanalysaattorin osoittama pitoisuus (ppm) on tasolla:

- 0,0...1,0 ppm - pitoisuus vähäinen,
- 1,1...10,0 ppm - pitoisuus melkovähäinen,
- 10,1...50,0 ppm - pitoisuus suuri,
- yli 50,0 ppm - pitoisuus hyvin suuri.



ULKOSEINÄN MERKKIAINEKOKEET LUOKASSA 007, 5.9.2012






NUOLIEN SELITYKSET:

 MERKKIAINEKAASU ULKOSEINÄN ERISTETILAAN

 0-1 Pa
PAIN-EERO JA ILMAVIRTAUKSEN SUUNTA

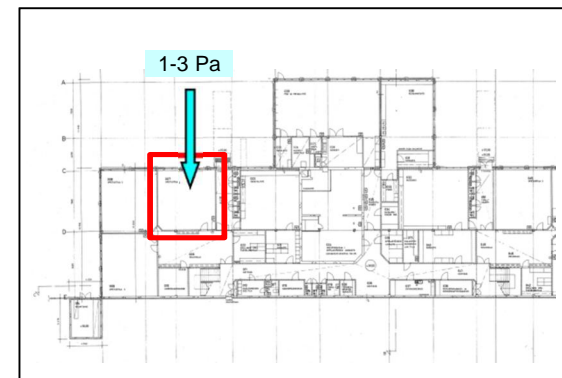
MERKKIAINEKAASUHAVAINNOT:

-  LATTIAN JA ULKOSEINÄN VÄLINEN LIITYMÄ
-  IKKUNAN JA ULKOSEINÄN VÄLINEN LIITYMÄ
-  ELEMENTTISAUMA

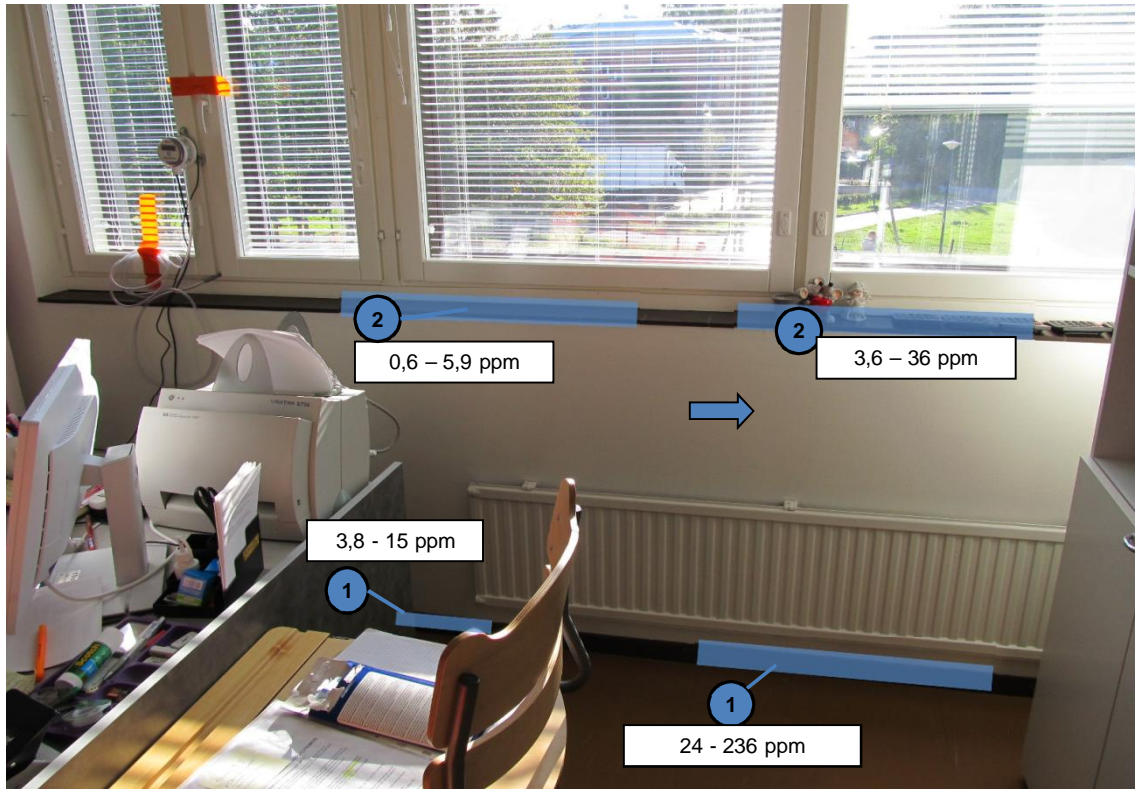
 5 ppm MERKKIAINEKAASUN PITOISUUS

Merkkiaiinepitoisuuden tulkinta, kun kaasuanalysaattorin osoittama pitoisuus (ppm) on tasolla:

- 0,0...1,0 ppm - pitoisuus vähäinen,
- 1,1...10,0 ppm - pitoisuus melko vähäinen,
- 10,1...50,0 ppm - pitoisuus suuri,
- yli 50,0 ppm - pitoisuus hyvin suuri.



ULKOSEINÄN MERKKIAINEKOKEET LUOKASSA 131, 5.9.2012



NUOLIEN SELITYKSET:



MERKKIAINEKAASU ULKOSEINÄN ERISTETILAAN

0-1 Pa

PAIN-EERO JA ILMAVIRTAUKSEN SUUNTA



MERKKIAINEKAASUHAVAINNOT:

1

LATTIAN JA ULKOSEINÄN VÄLINEN SAUMA

2

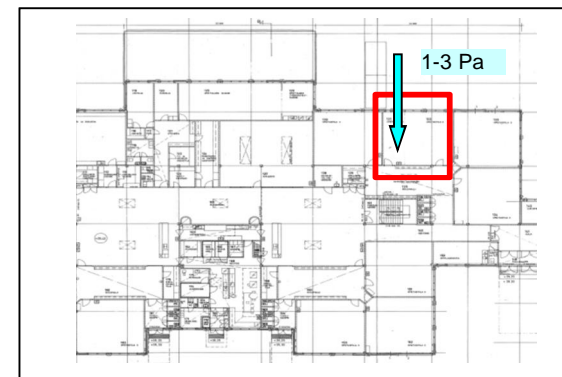
IKKUNAN JA ULKOSEINÄN VÄLINEN LIITTYMÄ

5 ppm

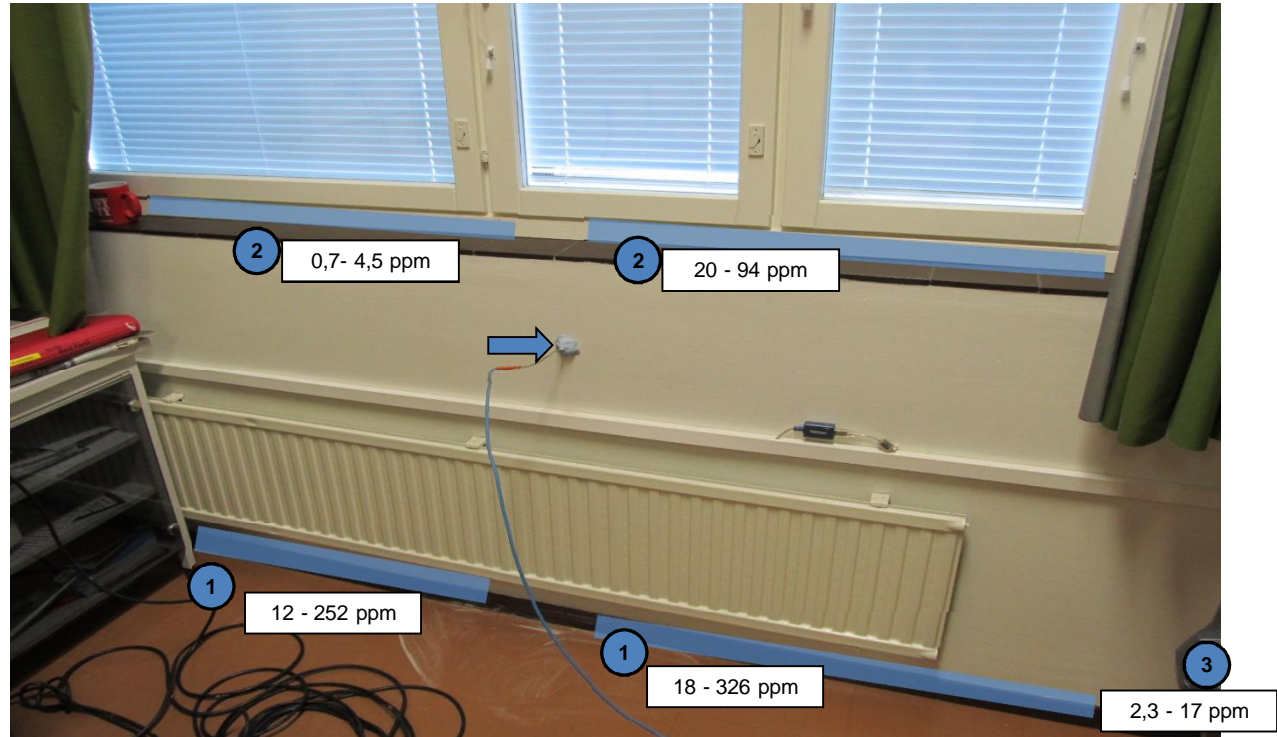
MERKKIAINEKAASUN PITOISUUS

Merkkiaiinepitoisuuden tulkinta, kun kaasuanalysaattorin osoittama pitoisuus (ppm) on tasolla:




- 0,0...1,0 ppm - pitoisuus vähäinen,
- 1,1...10,0 ppm - pitoisuus melkovähäinen,
- 10,1...50,0 ppm - pitoisuus suuri,
- yli 50,0 ppm - pitoisuus hyvin suuri.






ULKOSEINÄN MERKKIAINEKOKEET LUOKASSA 132, 5.9.2012



NUOLIEN SELITYKSET:

-  MERKKIAINEKAASU ULKOSEINÄN ERISTETILAAN
-  0-1 Pa
-  PAINE-ERO JA ILMAVIRTAUKSEN SUUNTA

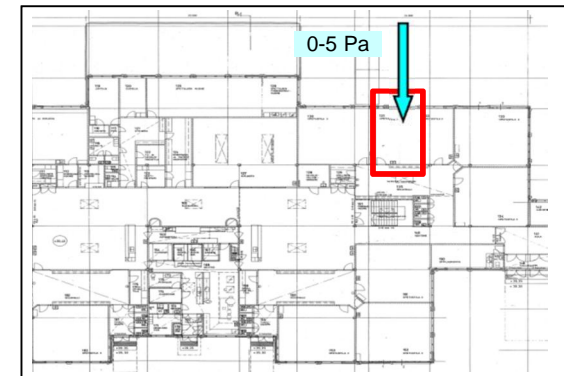
MERKKIAINEKAASUHAVAINNOT:

-  LATTIAN JA ULKOSEINÄN VÄLINEN LIITYMÄ
-  IKKUNAN JA ULKOSEINÄN VÄLINEN LIITYMÄ
-  LATTIAN JA PUTKIKOTELON LIITYMÄ

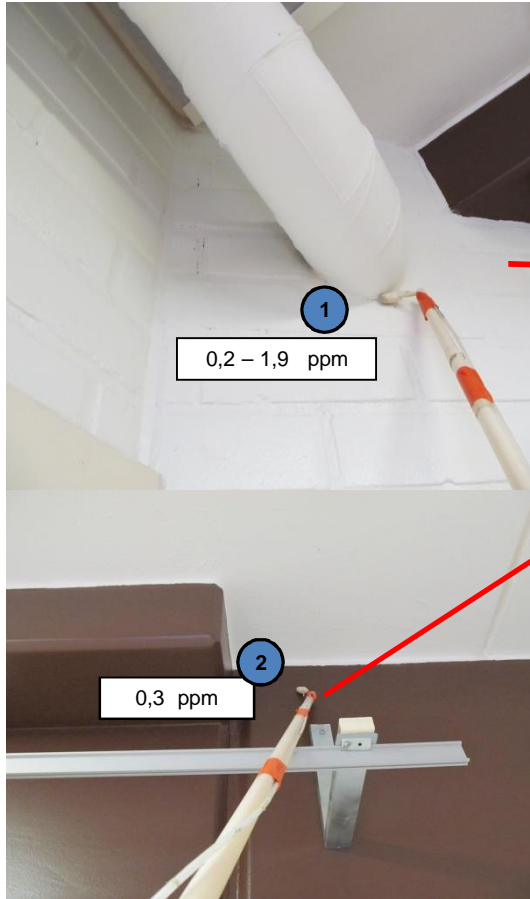
 MERKKIAINEKAASUN PITOISUUS

Merkkiaiinepitoisuuden tulkinta, kun kaasuanalysoitsattori osoittama pitoisuus (ppm) on tasolla:




- 0,0...1,0 ppm - pitoisuus vähäinen,
- 1,1...10,0 ppm - pitoisuus melkovähäinen,
- 10,1...50,0 ppm - pitoisuus suuri,
- yli 50,0 ppm - pitoisuus hyvin suuri.





YLÄPOHJAN MERKKIAINEKOKEET LUOKASSA 132, 6.9.2012



NUOLIEN SELITYKSET:

-  MERKKIAINEKAASU KATON ERISTETILAAN
-  0-1 Pa PAIN-EERO JA ILMAVIRTAUKSEN SUUNTA
- 

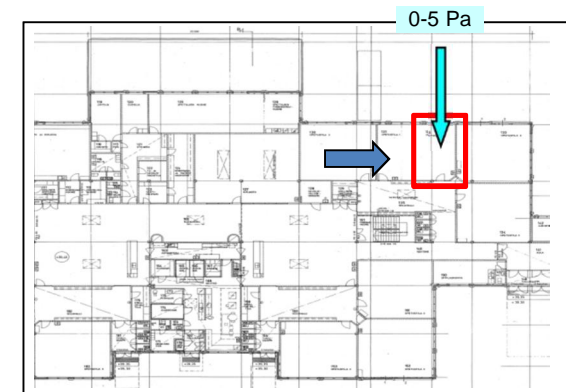
MERKKIAINEKAASUHAVAINNOT:

-  ILMANVAIHTOKANAVAN LÄPIVIENTI
-  HALKEAMA SEINÄSSÄ

 5 ppm MERKKIAINEKAASUN PITOISUUS

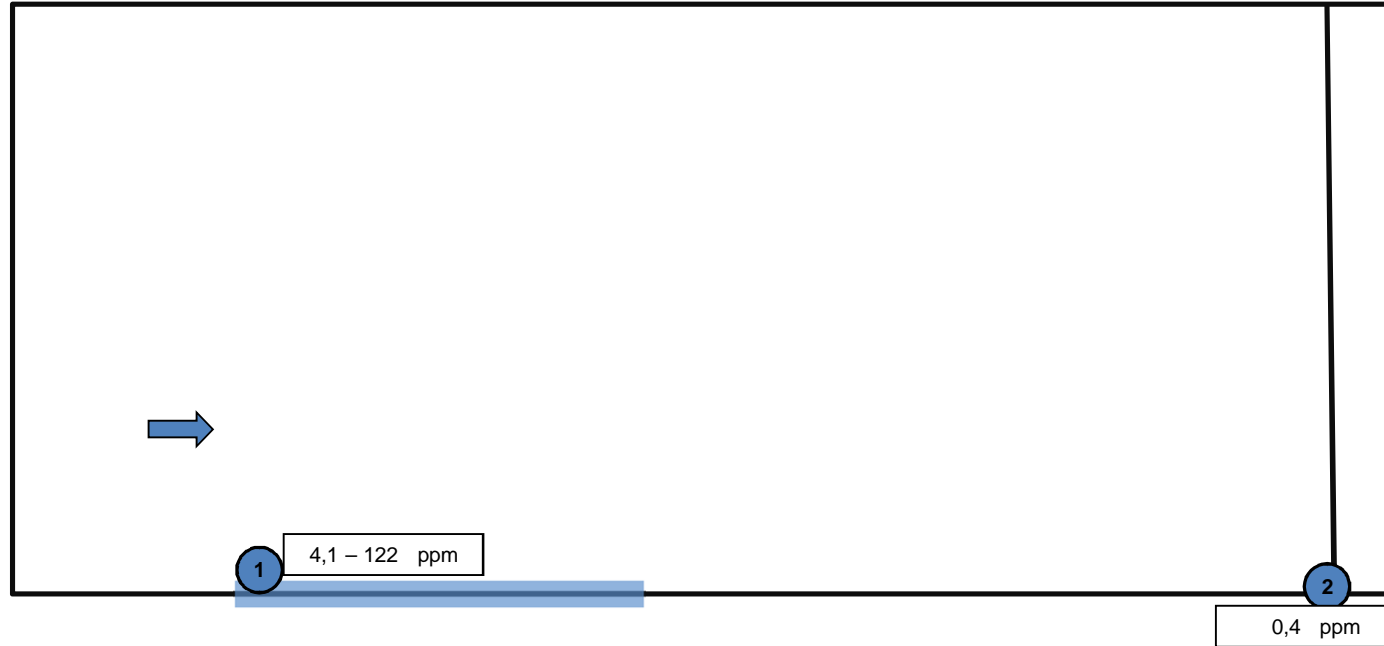
Merkkiainepitoisuuden tulkinta, kun kaasuanalysoitsattorin osoittama pitoisuus (ppm) on tasolla:

- 0,0...1,0 ppm - pitoisuus vähäinen,
- 1,1...10,0 ppm - pitoisuus melkovähäinen,
- 10,1...50,0 ppm - pitoisuus suuri,
- yli 50,0 ppm - pitoisuus hyvin suuri.



MAANVASTAISEN SEINÄN MERKKIAINEKOKKEET LUOKASSA 009, 6.9.2012

Tutkimus suoritettiin alipaineistetulla ilmanvaihdolla, tila oli tutkimuksen aikana lievän alipaineinen maanvastaiseen seinään päin.





NUOLIEN SELITYKSET:

 MERKKIAINEKAASU SEINÄN TAKANA OLEVAAN MAATÄYTTÖÖN

 0-1 Pa
 PAINE-ERO JA ILMAVIRTAUKSEN SUUNTA

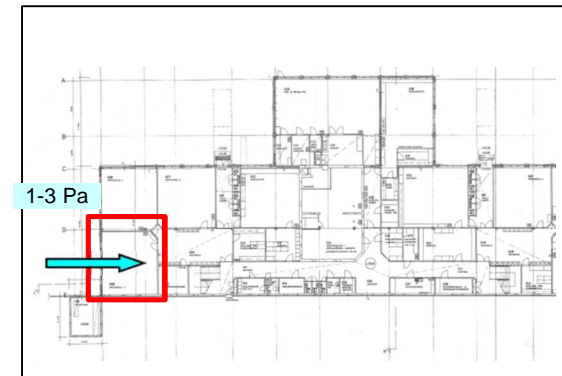
MERKKIAINEKAASUHAVAINNOT:

-  1 LATTIAN JA SEINÄN LIITTYMÄ
-  2 PUTKIKOTELON JA LATTIAN LIITTYMÄ

 5 ppm MERKKIAINEKAASUN PITOISUUS

Merkkiainepitoisuuden tulkinta, kun kaasuanalysoitsijan osoittama pitoisuus (ppm) on tasolla:

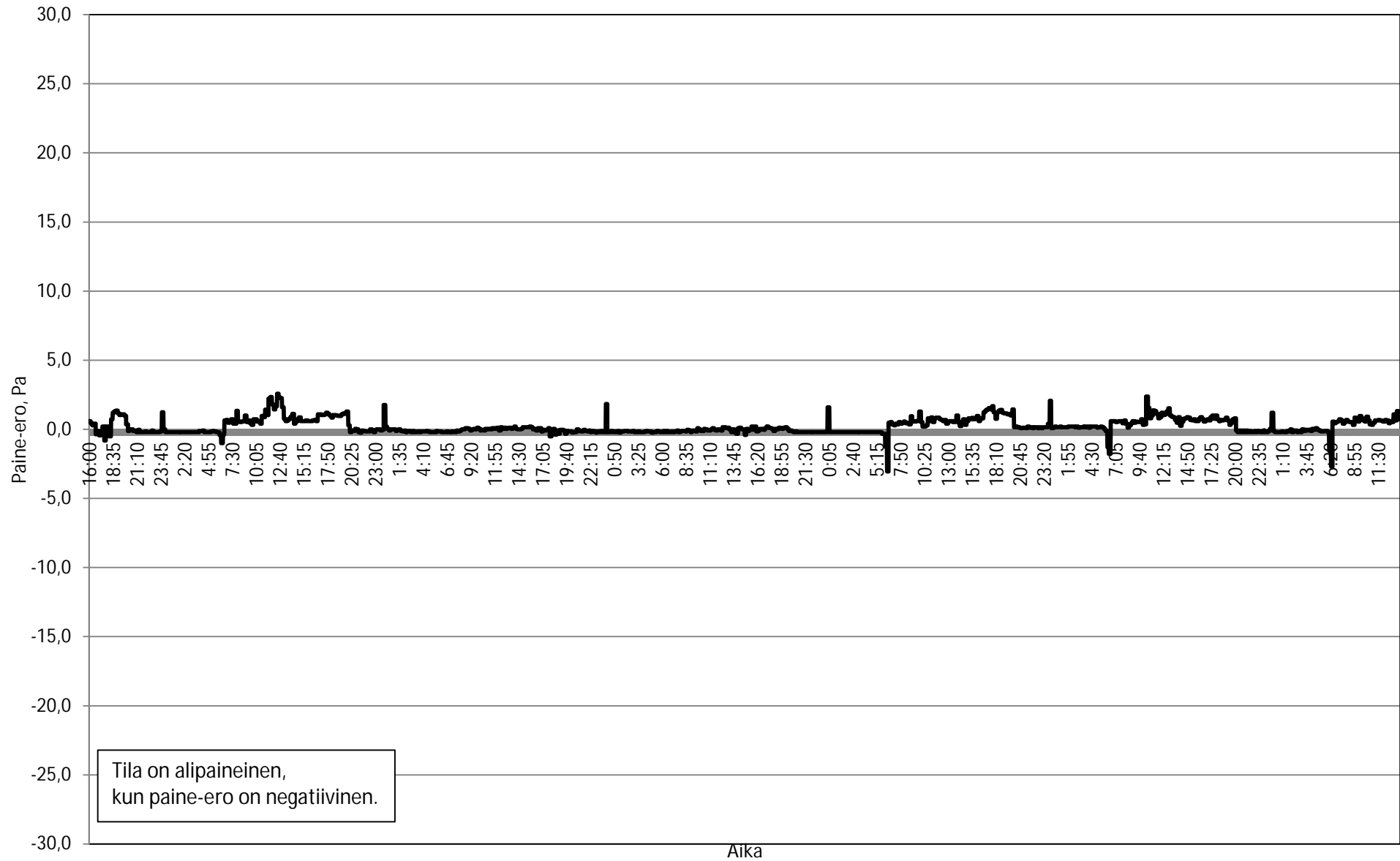
- 0,0...1,0 ppm - pitoisuus vähäinen,
- 1,1...10,0 ppm - pitoisuus melko vähäinen,
- 10,1...50,0 ppm - pitoisuus suuri,
- yli 50,0 ppm - pitoisuus hyvin suuri.



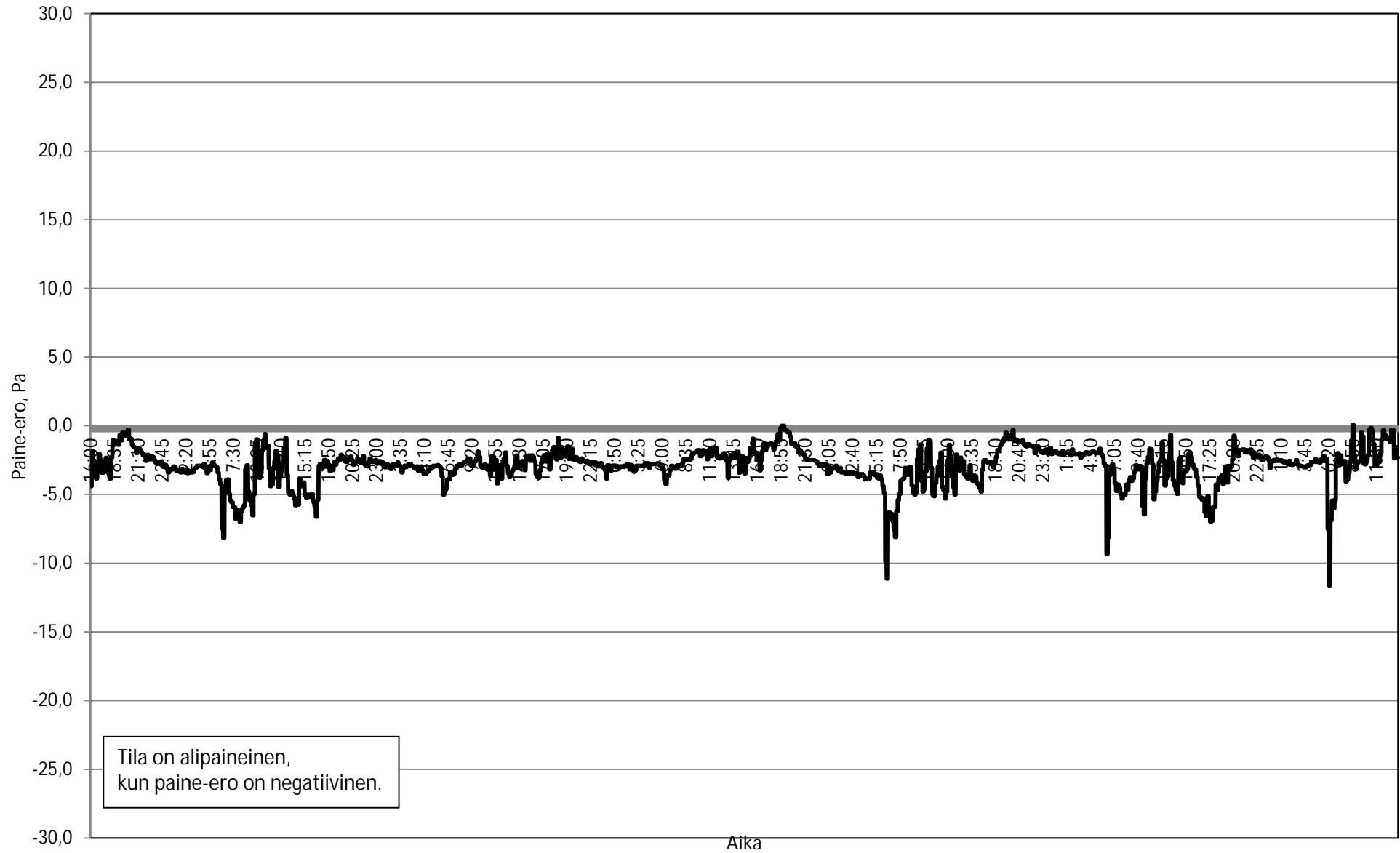
PS1: tilan 008 ja ulkoilman välinen paine-ero, 6.-12.9.2012



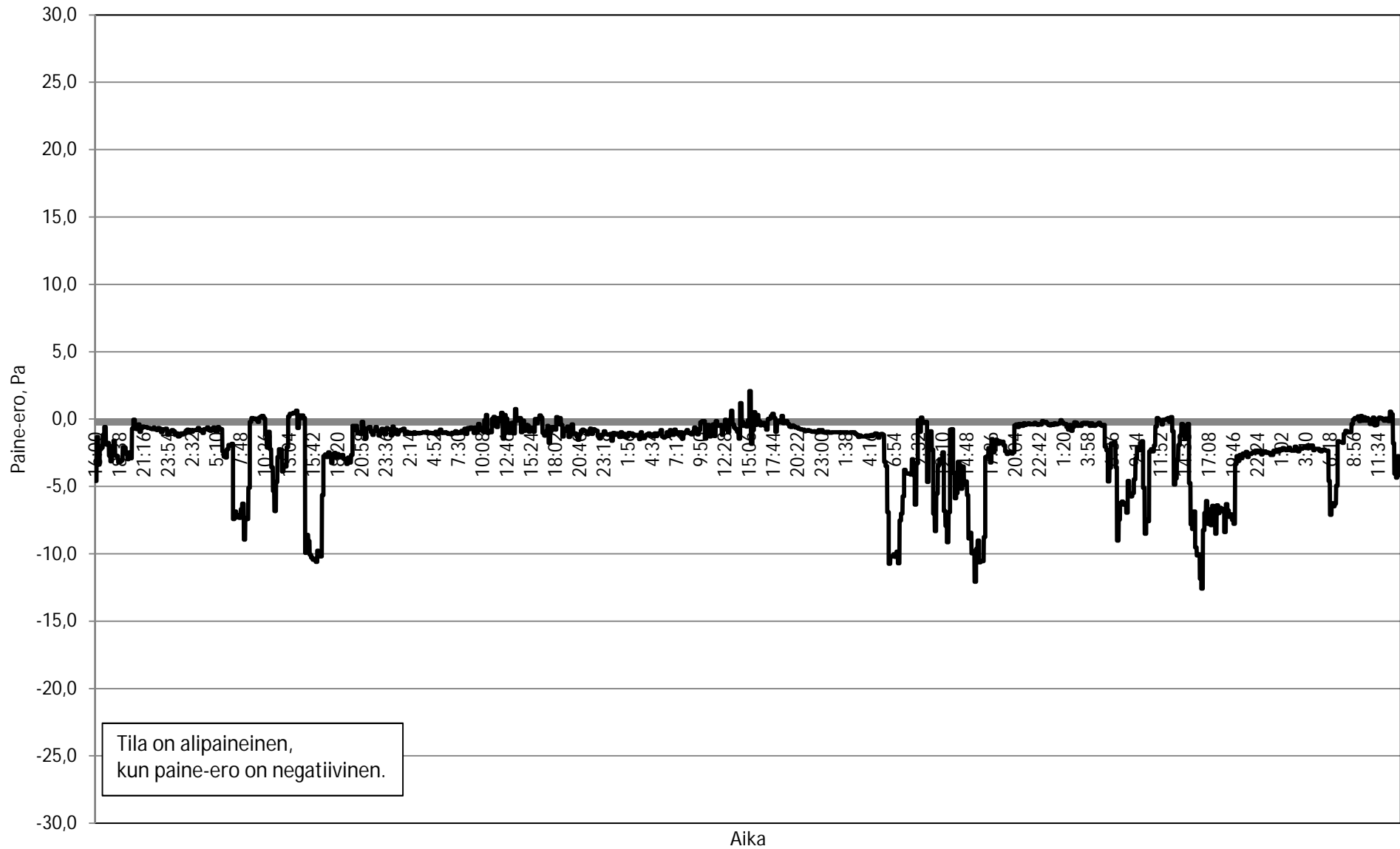
PS2: tilan 009 ja maanvastaisen putkikanavan paine-ero, 6.-12.9.2012



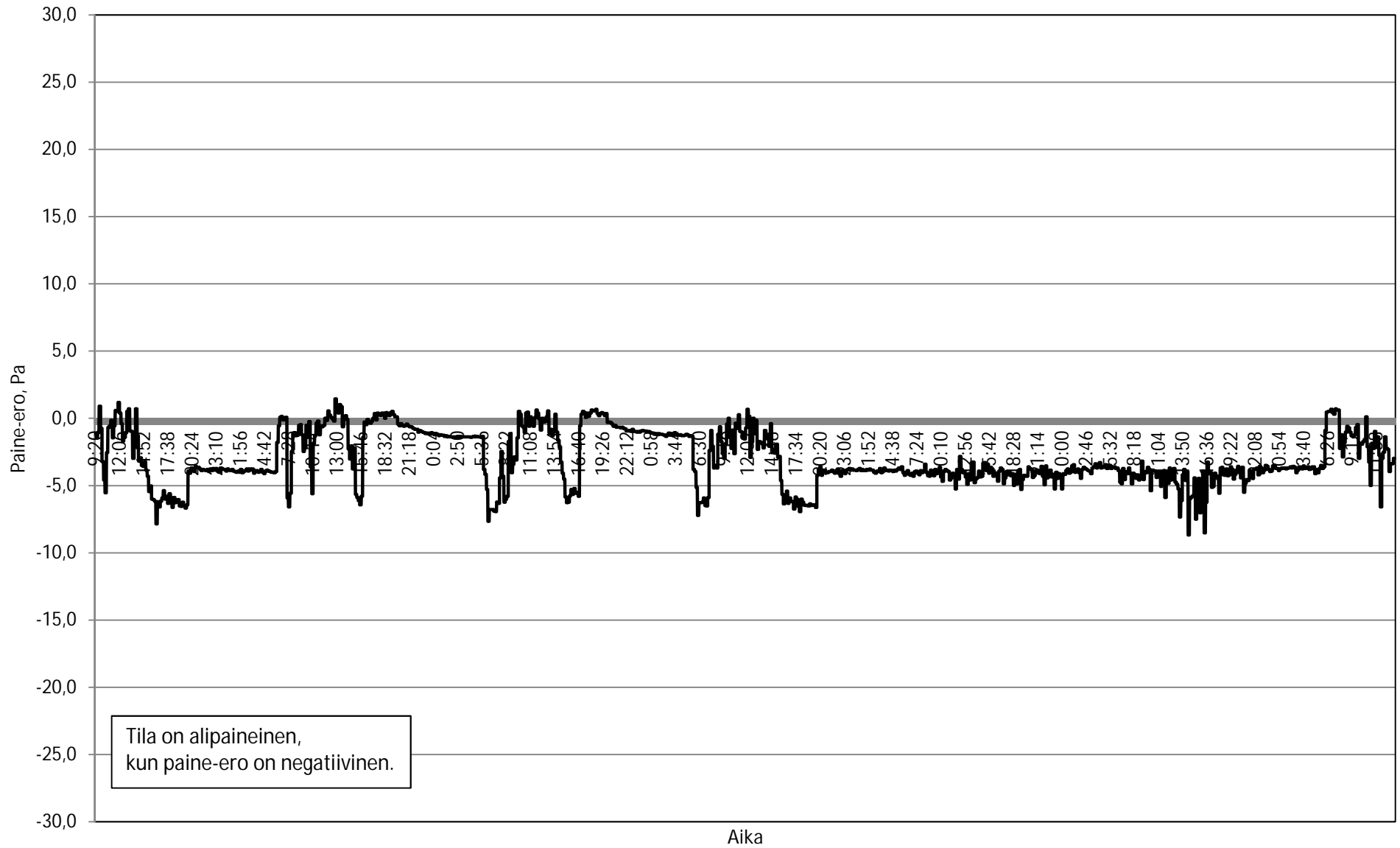
PS3: tilan 045 ja ulkoilman välinen paine-ero, 6.-12.9.2012



PS4: tilan 108 ja ulkoilman välinen paine-ero, 6.-12.9.2012



PS5: tilan 131 ja ulkoilman välinen paine-ero, 28.8.-3.9.2012

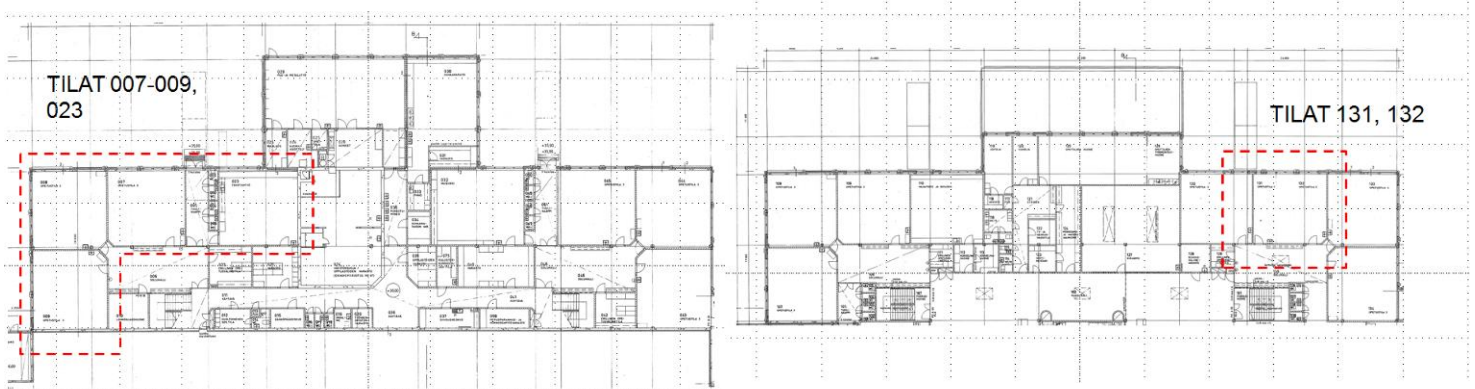


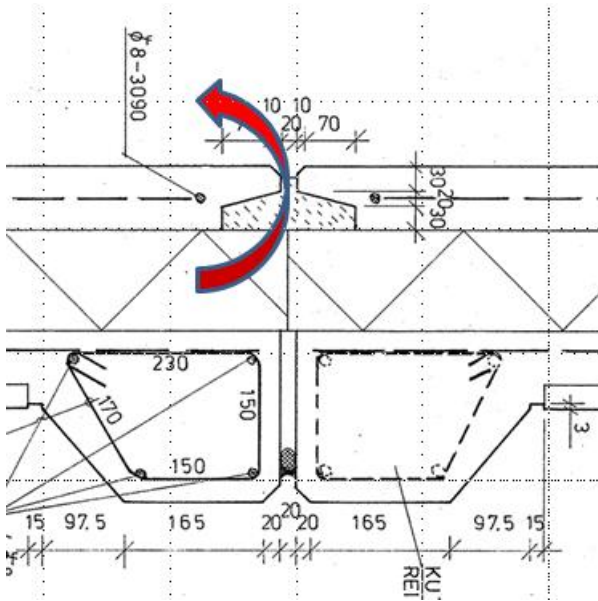


Kuvat 1- 4. Tutkimuskohteena on koulurakennus Vantaalla osoitteessa Mantelikuja 4, Vantaa. Tutkittava rakennus on rakennettu 1970 ja 1980 luvun taitteessa. Rakennuksessa on kaksi kerrosta. Lisäksi katolla on IV-konehuone. Rakennus on rinteessä, länsipuolella pohjakerros on kokonaan maanpinnan yläpuolella ja itäpuolella pohjakerros on kokonaan maanpinnan alapuolella. Pohjakerroksen jatkeena itäpuolella on maallattainen ryömintätila talotekniikkaa varten. Ensimmäinen kerros jatkuu itäpuolella pidemmälle kuin pohjakerros, joten ryömintätila jää keskelle rakennusta. Muut alapohjarakenteet ovat maanvastaisia betonilaattoja. Kantavat rakenteet ovat pääosin teräsbetonia, julkisivut ovat tiililaattapintaisia sandwich-elementtejä. Väliseinät ovat yleensä muurattuja kiviseiniä.

Rakennuksessa on koneellinen ilmanvaihto.

Sisäilman laatuun liittyvät tutkimukset tehtiin rakennuksen pohjakerroksessa tilojen 007-009 ja 023 alueella, rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa luokissa 131 ja 132 ja niihin liittyvissä tiloissa. Sisäilman laatumittauksia on tehty pinnoille laskeutuvien mineraalikuitujen ja haihtuvien orgaanisten yhdisteiden osalta.





Kuvat 5 - 7. Pohjakerroksessa, tutkitun alueen, julkisivuelementeissä on silmien havaittavia halkeamia sisäkuoren sementtilaastilla täytetyissä elementtisaumoissa ja aukkojen pielissä. Halkeamien kautta voi sekoittua sokkeliementtien maanpinnan alapuolisista, kostudelle alttiina olevista, eristetiloista epäpuhtauksia sisäilmaan. Merkkiaineen avulla tehtyjen tiiveyskokeiden perusteella sekoittuu elementtien eristetilojen ilmaa merkittävässä määrin sisätiloihin ulkoseinän ja alapohjan liittymistä. Myös ikkunoiden ja elementtien liitoskohdissa on vastaavia vuotopaikkoja paikoin.



Kuvat 8 - 9. Luokissa 131 ja 132 oli havaittu poikkeavaa hajua. Huoneessa tutkittiin sisäilman haihtuvat orgaaniset yhdisteet ns. VOC-mittauksella, jonka tuloksissa ei havaittu poikkeavaa. Hajun lähdettä etsittiin rakenneavauksin, joita tehtiin seiniin ja kattoon. Haju paikallistettiin katon äänenvaimennuslevyihin. Levyistä, liimasta ja tasoitteesta otettiin materiaalinäyte haihtuvien orgaanisten yhdisteiden määrittämiseksi. Tehdyn kokeen perusteella arvioitiin levyn kiinnittämiseen käytetyssä liimassa olevan vikaa. Katon kosteus kartoitettiin pintailmaisimella, laitteen antamat lukemat olivat normaalilla tasolla.

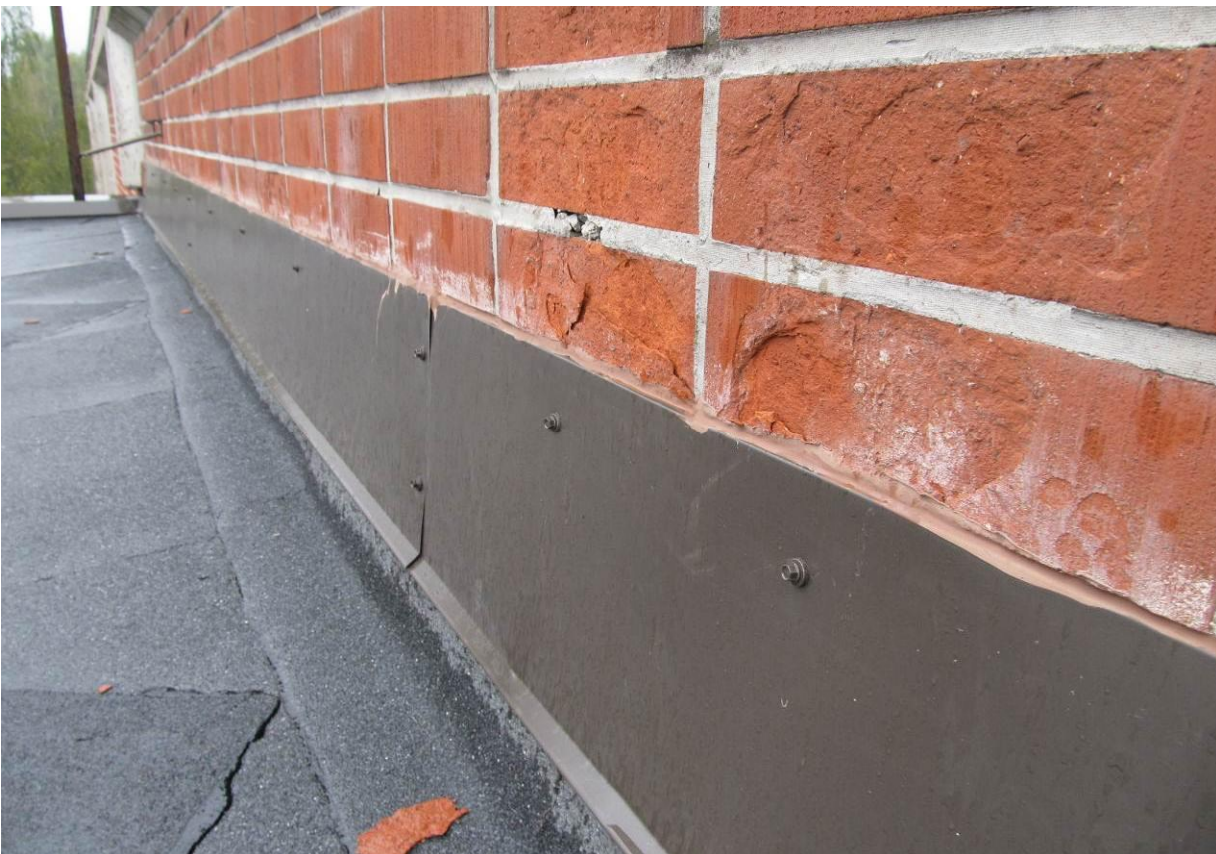


Kuva 10. Aulatilán 141 katossa on vuotojälkiä. Kostuneita akustiikkalevyjä on poistettu vuodon alalta. Pintakosteuden lukuarvot olivat betonissa välillä 90-100. Vasemmassa reunassa on ympyröity uusi vuotojälki. Vuotovedet voivat tuoda mukanaan hajuja kostuneista rakenteista. Ne voivat myös aiheuttaa ei-toivottuja kemiallisia reaktioita rakennusmateriaaleissa. Aulatila sijaitsee aikaisemmin, 21.11.2011, tutkittujen tilojen 144 ja 145 välittömässä läheisyydessä.



Kuvat 11 - 13. Siivoojien sosiaalitalassa (tila 146) on vuotojälkiä seinän ja katon liittymässä. Pintakosteuden lukuarvot olivat koko sauman matkalta välillä 90-100.

Yli 90:n olevaa lukuarvoa pidetään osoituksena kohonneesta kosteudesta. Kuvat ovat vuotojäljistä sisältäpäin. Sivun alareunassa on kuva liittymästä ulkoapäin





Kuvat 14 - 16. Luokassa 023 havaittiin tiivistämättömiä läpivientejä maalaus tai kuumakäsittely tilan vastaisessa seinässä. Läpivientien kautta pääsee sekoittumaan viereisten luokkien ja seinän eriste-tilan ilmaa luokan 023 sisäilmaan. Läpiviennit tulisi tiivistää.



Kuvat 17 - 18. ATK-luokan (tila 127) kattoikkunan savunpoistomekanismissa on liiallista väljyyttä, lumipyry talvella sekä koivun siemenet kesällä pääsevät reunan alitse sisätiloihin. Ikkunassa on keskellä lukituslaite, jossa jatkosliitokset ovat väljiä. Ikkuna ei ole riittävän jäykkä, ikkunan etu kulmat pääsevät nousemaan, jolloin nurkkiin syntyy rako. Tilanteen parantamiseksi lukituslaiteessa olevaa löysyyttä poistetaan hitsaamalla sisäkkäisten kiinnityspotkien sisäputken päähän n. 100 mm jatkopala, joka on samaa profiilia kuin sisäputki. Väljiin, nivelmäisiin liitoksiin lisätään toiset ruuvit, jotka tekevät jatkoksista jäykkiä. Ikkunaan lisätään kattoikkunakehyksen puolelle helposti kokoon painuvat esim. silikonikumiset vastatiivisteet nurkkien alueelle.