
TUTKIMUSSELOSTUS

SISÄILMASTOTEKNINEN KUNTOTUTKIMUS



KAIVOKSELAN KOULU

51392.70

1.10.2014

Sisältö

1	LÄHTÖTIEDOT	2
2	YLEISTÄ KOHTEESTA	2
3	TULOKSET	3
4	JOHTOPÄÄTÖKSET	5
5	JATKOTOIMENPITEIDEN ARVIOINTI	5
6	LIITTEET	6

Liite 1.	Mittaustulokset
Liite 2	Mittauspisteet pohjakuvissa
Liitteet 3.1-3.6	Merkitseaineet pohjakuvissa
Liitteet 4.1-4.4.	Sisäilmaolosuhteiden seurantamittausten kuvaajat
Liitteet 5	Painesuhteiden seurantamittausten kuvaajat
Liite 6	Kuvakooste

SISÄILMASTOTEKNINEN KUNTOTUTKIMUS

1 LÄHTÖTIEDOT

Tutkimuskohde: Kaivokselan koulu
Kaivosvoudintie 10
Vantaa

Tilaja: Jouni Räsänen
Maankäytön, rakentamisen ja ympäristön toimiala
Tilakeskus
Vantaan Kaupunki
Sähköposti: jouni.rasanen@vantaa.fi

Tutkimusryhmä

Tutkimuksen tekijöinä olivat rakennusinsinööri Ilkka Meriläinen ja ympäristöbiologi Elina Kuitunen. Tutkimukset tehtiin 23.5 - 25.9.2014

Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää osoitteessa Kaivosvoudintie 10, Vantaa, sijaitsevan Kaivokselan koulu sisäilman laatua ja laatuun vaikuttavia tekijöitä.

Tutkitut tilat

Tutkittavina tiloina olivat luokat 244 ja 245.

2 YLEISTÄ KOHTEESTA

Kaivokselan koulu toimii vuonna 1966 valmistuneessa koulurakennuksessa. Rakennus sijaitsee rinteessä ja siinä on kaksi kerrosta, joista alempi on puolittain maanpinnan alapuolella. Tutkitut tilat sijaitsevat ylärinteen puolella, kokonaan maanpinnan päällä olevassa rakennuksen osassa. Rakennuksen runko on paikalla valettua teräsbetonia. Julkisivut ovat tiilestä. Rakennuksen alapohjarakenteena on kaksoislaatta, jonka lämmön eristeenä on sementillä sidottu puukuitulevy. Yläpohjan kantava osa on paikalla valettua betonia.

Luokissa 244 ja 245 on koettu sisäilmaan liitettyjä oireita (silmä- ja nenäoireita, huonovointisuutta ja vedontunnetta). Aikaisemmin tehdyssä sisäilmakorjauksessa tilojen muovimatot on vaihdettu, samassa yhteydessä lattian ja seinän liittymät on tiivistetty.

Kaivokselan koulussa opiskelee n. 400 oppilasta.

3 TULOKSET

Sisäilman mikrobit. Sisäilman mikrobinäytteet otettiin tutkimukseen valituista tiloista kahden eri näytteenottokerran aikana. Vertailunäytteet otettiin ulkoilmasta.

Tutkimustuloksia verrataan samanaikaisesti ulkoilman mikrobipitoisuuksiin ja selvitetään sisä- ja ulkoilman mikrobikoostumuksessa mahdollisesti todettavia eroja.

Ulkoilmapitoisuuksiin verrattuna tutkittujen tilojen sieni-itiö-, bakteeri- ja sädesieni-itiöpitoisuudet olivat alhaiset. Sieni-itiökoostumus oli ulkoilman kaltainen, lukuun ottamatta opetustilaa 244 ensimmäisellä mittauskerralla, jolloin mitattiin pieni pitoisuus *Botrytis*-homesientä, joka on tyypillinen ulkoilmahome, jota ei ole liitetty rakennusten kosteusvaurioihin.

Rakenteiden kosteudet

Rakenteissa ei todettu kohonneita kosteusarvoja pintakosteudenilmaisimella.

Sisäilman haihtuvat orgaaniset yhdisteet. Sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden näytteet otettiin tutkimukseen valituista tiloista yhden näytteenottokerran aikana.

Sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus, ns. TVOC -arvo, oli 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ opetustilassa 245 ja 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ opetustilassa 244.

Yhdisteiden joukossa vallitsevaa tasoa korkeampina pitoisuuksina (yhdisteestä riippuen 5 - 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tai korkeampina pitoisuuksina) todettuja yksittäisiä yhdisteitä olivat suoraketjuiset ja haaroittuneet hiilivedyt (9,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) tilassa 245.

Tilassa 245 PVC-muovimattoihin liitetty 2-etyyli-1-heksanolin pitoisuus oli 1,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, joka on alle oireiden lisääntymisrajana pidetyn 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden, lämpötilan ja suhteellisen kosteuden seurantamittaukset. Sisäilman lämpötilaa, suhteellista kosteutta ja hiilidioksidipitoisuutta tutkittiin tiloihin 244 ja 245 kahden viikon ajaksi asennettujen jatkuvatoimisten mittalaitteiden avulla.

Opetustilojen lämpötilat vaihtelivat 19,5 – 26,1 °C ja sisäilman suhteellinen kosteus 30 – 60 % välillä. Kesäaikaan sisäilman lämpötila saa Sisäilmastoluokitus 2008 mukaan olla 5 °C korkeampi kuin ulkoilman lämpötila. Sisäilman suhteellisen kosteuden käyrät olivat molemmissa tutkituissa huoneissa seurantajakson aikana hyvin samankaltaiset. Sisäilman suhteelliselle kosteudelle ei ole ohjearvoja.

Hiilidioksidipitoisuus nousi opetustilassa 244 yhtenä päivänä yli 1600 ppm:n. Tämä saattoi johtua tilan epätavallisesta käytöstä kevätjuhlien aikaan. Hiilidioksidipitoisuuden välttävä taso on 1200 ppm (Sisäilmastoluokitus 2008), jolloin sisäilma voi tuntua tunkkaiselta ja Asumisterveysohjeen (STM) ohjearvo on 1500 ppm. Muuten tilojen hiilidioksidipitoisuudet pysyivät parhaalla tasolla (Sisäilmastoluokitus 2008, pitoisuus alle 750 ppm). Sisäilmaolosuhteiden seurantamittausten kuvaajat on esitetty liitteissä 4.1-4.4.

Rakenteiden ilmatiiveys (merkkiainekokeet). Rakennuksen 2. kerroksessa tutkittiin ulkoseinä-, alapohja- ja yläpohjarakenteiden sisätiloja vasten olevien rakenneseosien ilmatiiveyttä merkkiainekokeen avulla. Merkkiainekokeissa rikkiheksafluoridi -kaasua

johdettiin ulkoseinän eristetilaan, maatayttöön, käytävällä olevaan putkikanaaliin ja ilmanvaihtokonehuoneeseen, joka sijaitsi tilan 245 yläpuolella. Merkkiaineen kulkeutumista sisäilmaan seurattiin huoneissa kaasuanalysaattorin avulla. Tutkittuja tiloja olivat 2. kerroksen luokkahuoneet 244 ja 245.

Merkkiaineen todettiin kulkeutuvan sisätiloihin seuraavissa rakenteiden osissa (kaasun pitoisuudet arvioitu),

Tila 244

Ulkoseinä- ja lattiarakenteen liittymät – vähäinen merkitys.

Tila 245

Ulko- ja väliseinä- ja lattiarakenteen liittymät – merkittävä.

Patterin kannake – vähäinen merkitys.

Tilan päällä olevan ilmanvaihtokonehuoneen ilman todettiin sekoittuvan tuloilman mukana luokan sisäilmaan – merkitys ei selvillä, voidaan tarkastaa lisätutkimuksen avulla.

Tutkitut tilat ovat olleet tutkimuksen aikaisissa olosuhteissa 6-10 pascalia alipaineisia ulkoilmaan päin. Merkkiainekoetta on kuvattu tarkemmin (mm. kaasun pitoisuudet havaintokohdilla) liitteissä 3.1 – 3.6.

Painesuhteet. Tilan 245 painesuhdetta ulkoilmaan nähden tutkittiin jatkuvatoimisen mittalaitteen avulla noin viikon ajan.

Tutkittu tila oli päiväaikaan, tilan ollessa käytössä, lievästi ylipaineinen ja ilta/yöaikaan lievästi alipaineinen ulkoilmaan nähden.

Ilmamäärät. Huonekohtaiset tulo- ja poistoilmavirrat mitattiin Swema 125D huppumittarilla, joka mittaustarkkuus on ± 3 % mitattavasta ilmavirrasta, kuitenkin vähintään ± 1 l/s, kun mitattava ilmavirta on 2–125 l/s.

Opetustilassa 244 mitattiin tuloilmavirraksi +327 l/s ja poistoilmavirraksi -165 l/s, opetustilassa 245 mitattiin tuloilmavirraksi +336 l/s ja poistoilmavirraksi -175 l/s. Suunnitellut ilmavirrat tutkittuihin opetustiloihin olivat (2004) ± 200 l/s. Suunniteltuihin arvoihin verrattuna poistoilmavirrat olivat pienet ja tuloilmavirrat hyvin suuret.

Ilman liike, vetomittaus

Tiloissa 244 ja 245 mitattiin ilman liikettä opettajien työpisteissä suuntariippumattomalla anemometrillä. Mittaukset tehtiin opettajien pöytien edustoilta eri korkeuksilta.

Ilman liikenopeuden todettiin täyttävän Suomen sisäilmastoluokituksen luokan S1 tavoitearvot, jossa vetoa ei esiinny.

Tutkimuskohteessa tehdyt havainnot

Tutkituissa tiloissa ei havaittu poikkeavaa hajua.

Tutkittujen tilojen päällä oleva IV-konehuone oli erinomaisen siisti.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tulosten perusteella esitetään seuraavaa:

- tehdyissä rakenteiden tiiveyttä selvittävässä merkkiainekokeissa havaittiin ilmavuotoja, joissa rakennuksen sisäilmaan sekoittuu paikoin merkittävässä määrin ilmaa epäpuhtaampien rakennusosien kautta vuotoilmana. Vuotoja todettiin ulko- ja väliseinien liittymissä lattiaan. Ilmanvaihtokonehuoneen sisäilman todettiin sekoittuvan luokkatiloihin. Suositellaan, että tarkastetaan lisätutkimuksen avulla sekoittuuko sisäilmaan epäpuhtauksia ilmanvaihtokonehuoneen kautta
- mitatut poistoilmamäärät vaihtelivat välillä 80...87 % ja tuloilmamäärät 163...168 % suhteessa suunniteltuihin ilmamääriin. Mittaukset tehtiin tilojen päiväkäytön aikaisissa olosuhteissa. Toisaalta Ilmanvaihdon riittävyttä tutkittiin hiilidioksidimittauksin, jolloin hiilidioksidipitoisuus nousi opetustilassa 244 yhtenä päivänä yli 1600 ppm:n. Tämä saattoi johtua tilan epätavallisesta käytöstä, tiloja käytettiin ilmanvaihtolaitteiston käytössä ilta- ja viikonloppu ohjelman mukaisesti. Rakennuksessa vallitsee öisin ja viikonloppuisin alipaine -0...-4 Pa ulkoilmaan nähden. Päivällä tilat ovat lievästi 0...2 Pa ylipaineisia. Yöaikainen alipaineisuus lisää jonkin verran rakenteiden kautta tulevien epäpuhtauksien riskiä. Tuloilma kytketään päälle n. klo 6 00 aamulla jolloin luokassa oleva ilman pitäisi ehtiä vaihtua ennen koulutyön alkua. Kuitenkin aamulla juuri ennen kahdeksaan luokan alipaineisuus lisääntyy, lisäten myös ilmavuotokohtien kautta kulkevan ilman määrää
- tutkituissa tiloissa tehtyjen korjausten onnistumisen arvioimiseksi tilasta otettujen haihtuvien orgaanisten yhdisteiden näytteissä havaittiin luokassa 245 muovimattojen hajoamiseen liitettyä 2-etyyli- 1-heksanolia. Yhdisteen määrä oli pieni, joka viittaa siihen että se on peräisin betonilattiasta, johon se on imeytynyt ennen maton vaihtoa. Otetuissa sisäilman mikrobinäytteissä ei ollut rakenteisiin viittaavaa poikkeuksellista lajistoa.

5 JATKOTOIMENPITEIDEN ARVIOINTI

Tutkituissa tiloissa esitetään seuraavaa toimintamallia jatkotoimenpiteiksi:

- rakennuksessa tehdään tiivistäviä toimenpiteitä, jolla vähennetään hallitsemattoman vuotoilman määrää. Tällaisia toimenpiteitä tehdään luokissa 245 ja 244, joissa tiivistetään ulko- ja väliseinän ja lattian ylemmän betonilaatan välisiä liittymiä sekä patterin kiinnityksiä ulkoseinään
- tutkitaan sekoittuuko yläpohjan eristetilan epäpuhtaammista osista ilmaa ilmanvaihtokonehuoneen sisäilmaan ja edelleen luokkatilaan 245. Tarvittaessa tehdään tiivistäviä toimenpiteitä tuloilmakanaviston imupuolelle
- ilmanvaihdon aiheuttamaa alipaineisuutta aamulla juuri ennen koulupäivän alkua vähennetään pidentämällä ilmanvaihdon päiväaikaista käyntijaksoa
- iltaisin ja viikonloppuisin pidettävien tilaisuuksien ajaksi säädetään ilmanvaihto käymään päiväaikaisella nopeudella raittiin ilman määrän varmistamiseksi.

Helsingissä, 1.lokakuuta 2014

Sweco, sisäilmaston laadunhallinta – Finnmap Consulting Oy



Ilkka Meriläinen
Rakennusinsinööri



Elina Kuitunen
Ympäristöbiologi



Ilkka Jerkku
Raportin tarkastaja, DI

6 LIITTEET

Liite 1.	Mittaustulokset
Liite 2	Mittauspisteet pohjakuvissa
Liitteet 3.1-3.6	Merkkiainekokeet pohjakuvissa
Liitteet 4.1-4.4.	Sisäilmaolosuhteiden seurantamittausten kuvaajat
Liitteet 5	Painesuhteiden seurantamittausten kuvaajat
Liite 6	Kuvakooste

Sisäilman mikrobit

Näytteet otettiin kuusivaihekeräimellä elatusalustoille, jotka olivat 2 % mallasuuteagar ho-mesienille ja tryptoni-hiivauute-glukoosiagar bakteereille ja sädesienille eli aktinomykeeteil-le. Mikrobit tunnistettiin valomikroskooppisesti. Pitoisuudet on esitetty käyttäen yksikköä cfu/m³ eli pesäkkeen muodostavien yksiköiden määrää kuutiometrissä ilmaa. Tulokset oli-vat seuraavat:

Näytteen- ottopiste	Tila	Näytteenottopisteen kuvaus	Pvm	Sieni-itiöt, pitoisuus, cfu/m ³	Bakteerit, pitoisuus, cfu/m ³	Sädesienet, pitoisuus, cfu/m ³
M1	244	Opetustila	2.6.14	Yhteensä 53 Botrytis sp. 17 % Cladosporium sp. 17 % Geotrichum sp. 8 % Penicillium sp. 8 % steriilit 50 %	4	0
			3.6.14	Yhteensä 27 Cladosporium sp. 17 % Geotrichum sp. 17 % Penicillium sp. 17 % steriilit 49 %	4	0
M2	245	Opetustila	2.6.14	Yhteensä 31 Penicillium spp. 29 % Cladosporium sp. 14 % Geotrichum sp. 14 % steriilit 43 %	4	0
			3.6.14	Yhteensä 49 Geotrichum sp. 18 % steriilit 82 %	0	0
M3		Ulkoilma	2.6.14	Yhteensä 1100 Cladosporium spp. 65 % Aureobasidium sp. 7 % Geotrichum sp. 6 % Penicillium sp. 3 % Botrytis sp. 1 % steriilit 17 % hiivat 1 %	140	7
			3.6.14	Yhteensä 980 Cladosporium spp. 36 % Geotrichum sp. 15 % Penicillium spp. 5 % Aureobasidium sp. 2 % Cladosporium sp. 2 % steriilit 38 % hiivat 2 %	14	0

Sisä- ja ulkoilman olosuhteet mittauksen aikana olivat seuraavat:

Pvm	Sisäilman lämpötila, °C	Sisäilman suhteellinen kosteus, %	Ulkoilman lämpötila, °C	Ulkoilman suhteellinen kosteus, %
2.6.14	21,0	48	18,8	52
3.6.14	20,6...21,3	55..57	17,2	77

Mikrobitulosten arviointiperusteet ovat sosiaali- ja terveysministeriön ohjeiden (Asumister-veysohje 2003, Asumisterveysopas 2008, Kansanterveyslaitoksen Koulujen kosteus- ja homevauriot – opas 2008, Työterveyslaitos 2011) mukaan:

Sieni-itiöt

- pitoisuustaso 100 - 500 cfu/m³ on osoituksena kohonneesta pitoisuudesta asuinhuoneistossa talviaikana, mikäli näytteen mikrobilajisto on tavanomaisesta poikkeava,
- pitoisuustaso yli 500 cfu/m³ talviaikana asuinhuoneistossa on kohonnut,
- kivirakenteisten koulurakennusten pitoisuustaso talviaikana on yleensä alle 50 cfu/m³,
- toimistotyyppisten työtilojen ehdotettu ohjearvo (Työterveyslaitos) on 50 cfu/m³,
- sulan maan aikana vertailuarvona käytetään samanaikaista ulkoilmapitoisuutta ja selvitetään sisä- ja ulkoilman mikrobilajistoissa olevia eroja,

Bakteerit

- pitoisuustaso yli 4500 cfu/m³ on kohonnut,
- toimistotyyppisten työtilojen ehdotettu ohjearvo (Työterveyslaitos) on 600 cfu/m³,

Sädesienet

- pitoisuustaso yli 10 cfu/m³ talviaikana on kohonnut,
- toimistotyyppisten työtilojen ehdotettu ohjearvo (Työterveyslaitos) on 5 cfu/m³,
- sulan maan aikana vertailuarvona käytetään samanaikaista ulkoilmapitoisuutta (mikäli yli 5 tai 10 cfu/m³).

Pintailmaisimen käyttö rakennekosteuksien arvioinnissa

Tutkittujen luokkatilojen 244 ja 245 seinä- ja lattiarakenteita tutkittiin pintailmaisimella Gann Hydromette UNI 1. Mittalaitteen näytössä esiintyvät lukuarvot välillä 0-160. Rakenteessa voi olla vertailuarvoon nähden kohonnutta kosteutta, kun mittalaitteen kosteuslukuarvo on yli 90. Ilmaisimen tulokset eivät anna todellista tietoa rakenteiden kosteudesta.

Tutkitussa kohteessa ei todettu kohonneita kosteuslukuarvoja.

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:

Näytteen- ottopiste	Tila	Näytteenottopisteen kuvaus	Pvm	Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC), µg/m ³
V1	245	Opetustila	2.6.14	45
V2	244	Opetustila	2.6.14	19

Edellä mainittujen näytteiden tärkeimmät yksittäiset yhdisteet olivat:

Yhdiste	Näytteenottopiste/ Pitoisuus, µg/m ³	
	V1	V2
Aromaattiset yhdisteet:		
Bentseeni	1,2	
Tolueeni	4,0	1,1
Etylibentseeni	0,3	
1,4-Ksyleeni	0,5	
1,2-Ksyleeni	0,4	
Aromaattiset yhdisteet yhteensä	6,4	1,1
Alkaanit:		
Suoraketjuisia ja haaroittuneita hiilivetyjä*	9,5	

Yhdiste	Näytteenottopiste/ Pitoisuus, µg/m ³	
	V1	V2
Alkaanit yhteensä	9,5	0
Terpeenit:		
Pineeni	0,8	0,5
Delta-3-kareeni	0,2	0,2
Terpeenit yhteensä	1,0	0,7
Karbonyylit:		
Heksanaali	1,7	2,1
Oktanaali	1,2	1,0
Nonanaali		4,1
Dekanaali*	1,0	0,9
Bentsaldehydi	4,5	2,5
Asetofenoni*	1,5	0,5
Karbonyylit yhteensä	9,9	11,1
Halogenoidut yhdisteet:		
Halogenoidut yhdisteet yhteensä	0	0
Esterit:		
Etyyliasetaatti	0,2	0,2
Butyyliasetaatti	0,1	
Esterit yhteensä	0,3	0,2
Alkoholit:		
1-Butanoli	0,8	1,0
2-Etyyli-1-heksanoli	1,9	
Fenoli	1,3	1,1
Alkoholit yhteensä	4,0	2,1
Alkoholi- ja fenolieetterit:		
2-(2-Etoksietoksi)etanoli	5,9	4,2
2-(2-Butoksietoksi)etanoli	0,5	0,5
2-Fenoksietanoli*		3,8
Alkoholi- ja fenolieetterit yhteensä	6,4	8,5
Muut yhdisteet:		
Etikkahappo*	3,0	2,0
Muut yhdisteet yhteensä	3,0	2,0
Tunnistettuja yhdisteitä yhteensä, µg/m³	40,5	25,7

* 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.

Sisäilmaolosuhteiden seurantamittaukset

Tutkittavissa tiloissa seurattiin sisäilman hiilidioksidipitoisuutta, lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Mittaukset tehtiin Telairen ja TSI:n sisäilman laatuanalysointilaitteilla. Tulokset olivat seuraavat:

Mittauspiste	Tila	Mittauspisteen kuvaus	Seuranta-aika	CO ₂ -pitoisuus, ppm	Lämpötila, °C	Suhteellinen kosteus, %
L1	244	Opetustila	23.5–1.6.14	387–1686	19,5–26,1	30,7–59,6
L2	245	Opetustila	23.5–1.6.14	365–706	19,5–25,8	31,5–58,9

Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus vaihtelee normaalisti välillä 380 – 400 ppm.

Julkaisun Sisäilmastoluokitus 2008 hiilidioksidipitoisuuden tavoitearvot ovat:

- S1 ≤ 750 ppm
- S2 ≤ 900 ppm
- S3 ≤ 1200 ppm.

Seurantamittausten graafiset kuvaajat on esitetty erillisissä liitteissä (Liitteet 4.1–4.4), joista nähdään mitattujen suureiden vaihtelut eri vuorokauden aikoina.

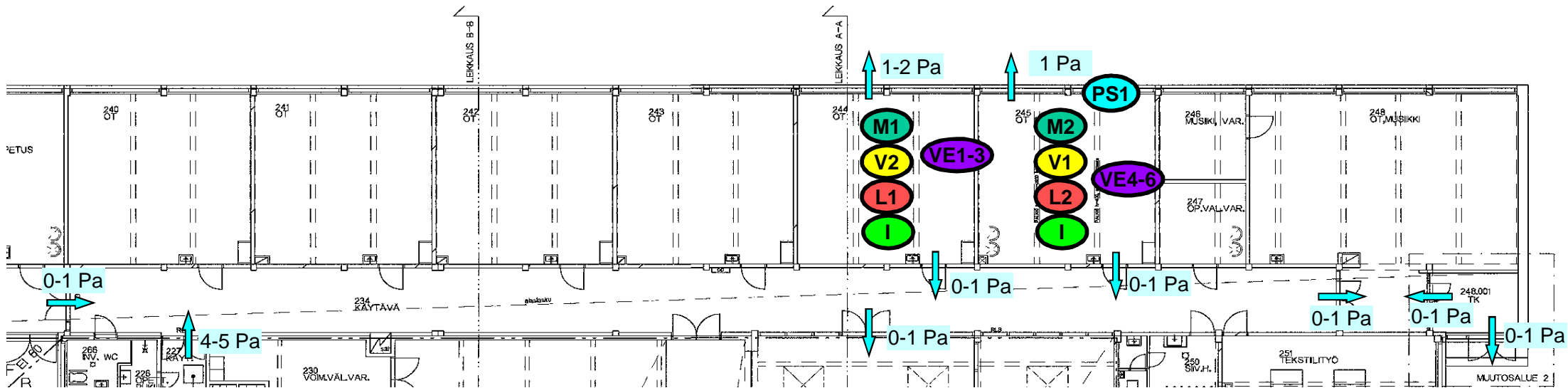
Vetomittaukset, ilman liike

Työpisteiden oleskeluvyöhykkeillä tutkittiin ilmavirtauksia savun ja termoanemometrin avulla. Työpisteissä mitattiin ilmavirtauksen nopeutta ja lämpötilaa. Tilojen ilmanvaihto oli toiminnassa normaalisti. Tulokset olivat seuraavat:








Mittauspiste	Pvm	Tila	Mittauspisteen kuvaus	Ilmavirtauksen lämpötila, °C	Ilman liikeno- peuden keskiarvo, m/s
VE1	23.5.14	Opetustila 244	Opettajan pöydän edusta, etäisyys lattiasta 0,1 m	23,4	0,03
VE2	23.5.14	Opetustila 244	Opettajan pöydän edusta, etäisyys lattiasta 1,1 m	25,4	0,05
VE3	23.5.14	Opetustila 244	Opettajan pöydän edusta, etäisyys lattiasta 1,8 m	25,7	0,05
VE4	23.5.14	Opetustila 245	Opettajan pöydän edusta, etäisyys lattiasta 0,1 m	23,7	0,03
VE5	23.5.14	Opetustila 245	Opettajan pöydän edusta, etäisyys lattiasta 1,1 m	24,2	0,04
VE6	23.5.14	Opetustila 245	Opettajan pöydän edusta, etäisyys lattiasta 1,7 m	24,8	0,04

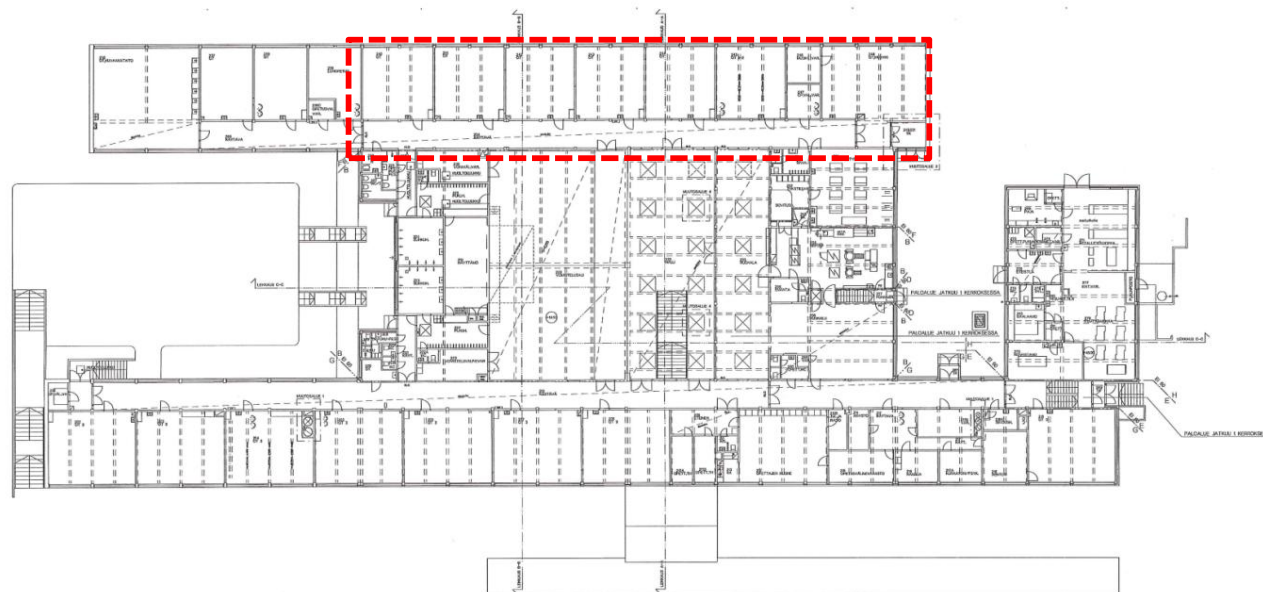
Julkaisun Sisäilmastoluokitus 2008 mukaan ilman liikeno-
peuden kolmen minuutin mittajaks-
son keskiarvojen tavoitearvot eri sisäilmastoluokissa ovat seuraavat:

Ilmavirtauksen lämpötila, °C	Ilman liikeno- peuden tavoitearvot sisäilmastoluokissa S1-S3, m/s		
	S1	S2	S3
21	alle 0,14	alle 0,17	0,2 (talvi)
23	alle 0,16	alle 0,20	-
25	alle 0,20	alle 0,25	0,3 (kesä)





MERKINTÖJEN SELITYKSET:

-  SISÄILMAN MIKROBIT
-  SISÄILMAN HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET
-  SISÄILMAOLOSUHTEIDEN SEURANTAMITTAUKSET
-  ILMANVAIHDON ILMAVIRRAT
-  VETOMITTAUS, ILMAN LIIKE
-  PAINESUHTEIDEN SEURANTAMITTAUKSET
-  0-1 Pa PAINE-ERO JA ILMAVIRTAUKSEN SUUNTA (kertamittaus)





ULKOSEINÄRAKENTEEN MERKKIAINEKOE 2.6.2014

 MERKKIAINEKAASU ULKOSEINÄRAKENTEEN ERISTETILAAN

0-1 Pa  PAINERO JA ILMAVIRTAUKSEN SUUNTA (kertamittaus)

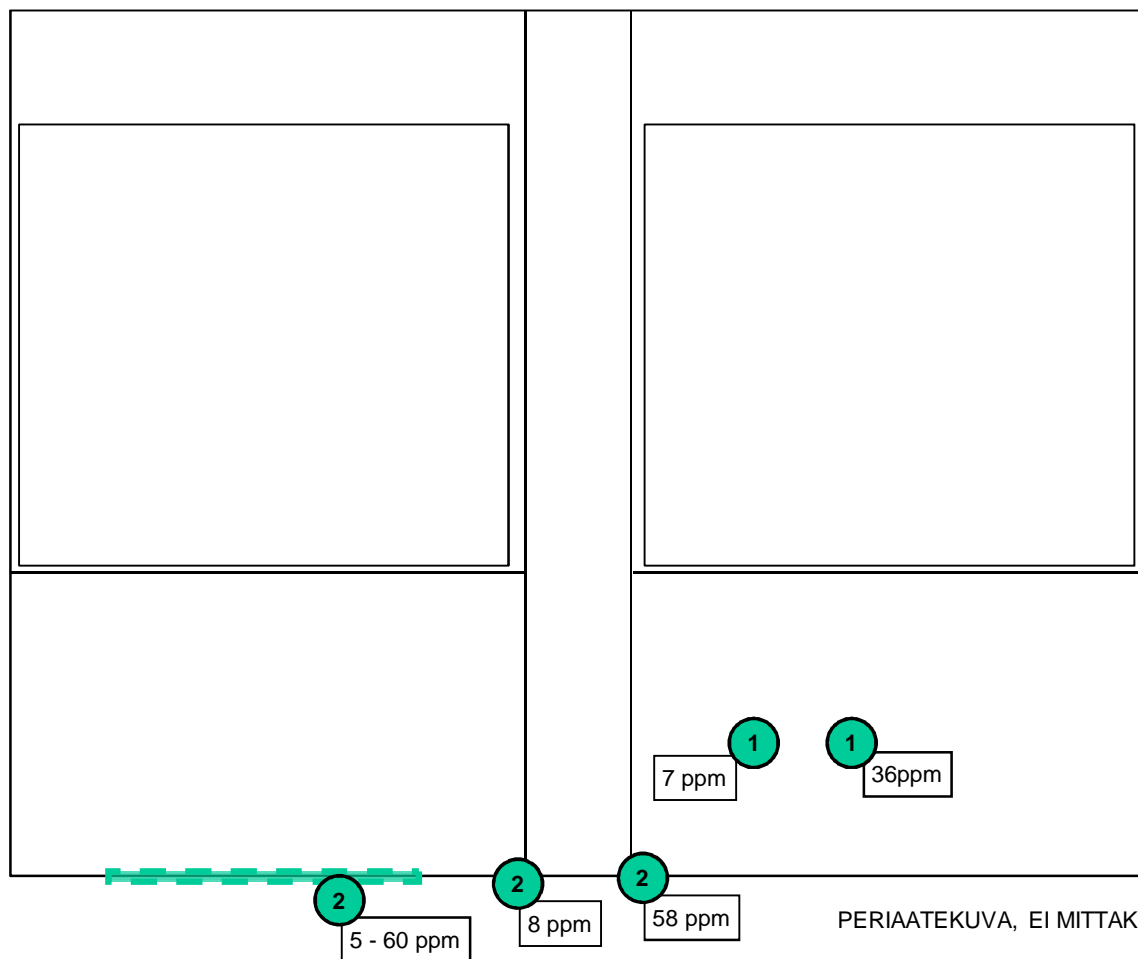
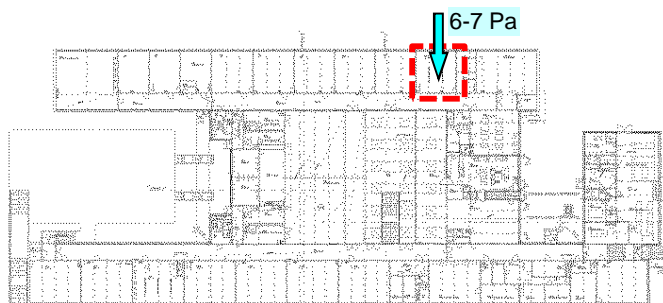
MERKKIAINEKAASUHAVAINNOT:

-  PATTERN KANNAKKEET
-  SEINÄ- JA LATTIARAKENTEEN LIITTYMÄ

xx ppm MERKKIAINEKAASUN PITOISUUS SISÄILMASSA

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.



PERIAATEKUVA, EI MITTAKAAVASSA

YLÄPOHJARAKENTEEN MERKKIAINEKOE 2.6.2014

➔ MERKKIAINEKAASU TILAN YLÄPUOLELLA OLEVAAN IV-KONEHUONEESEEN

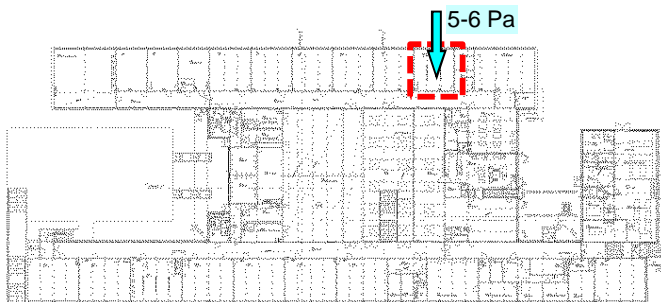
0-1 Pa PAINE-ERO JA
➔ ILMAVIRTAUKSEN SUUNTA (kertamittaus)

MERKKIAINEKAASUHAVAINNOT: -

xx ppm MERKKIAINEKAASUN PITOISUUS SISÄILMASSA

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.



EI MERKKIAINEKAASUHAVAINTOJA!

ALAPOHJARAKENTEEN MERKKIAINEKOE 2.6.2014

➔ MERKKIAINEKAASU MAATÄYTTÖÖN

0-1 Pa PAINE-ERO JA
➔ ILMAVIRTAUKSEN SUUNTA (kertamittaus)

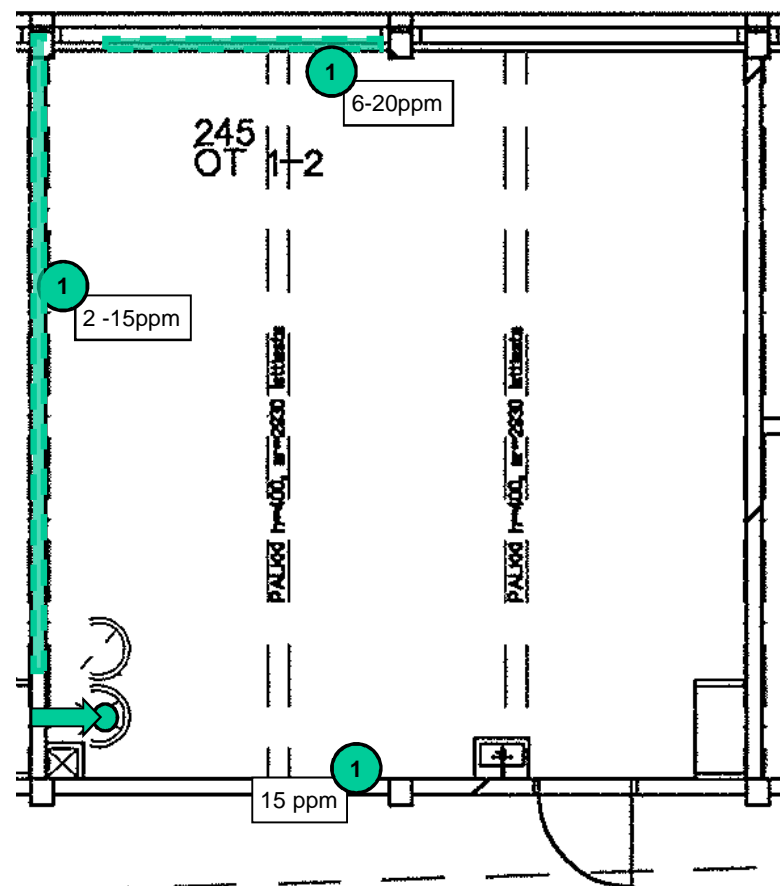
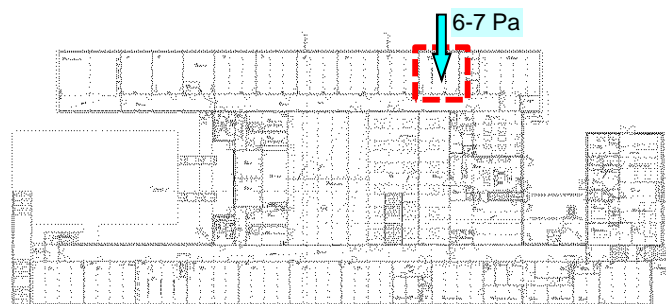
MERKKIAINEKAASUHAVAINNOT:

① SEINÄ- JA LATTIARAKENTEEN LIITYMÄ


xx ppm MERKKIAINEKAASUN PITOISUUS SISÄILMASSA


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.



PUTKIKANAALIN MERKKIAINEKOE 2.6.2014

 MERKKIAINEKAASU KÄYTÄVÄN PUTKIKANAALIIN, PUTKIKANAALI 17-18 PASCALIA YLIPAINEINEN KÄYTÄVÄÄN NÄHDEN

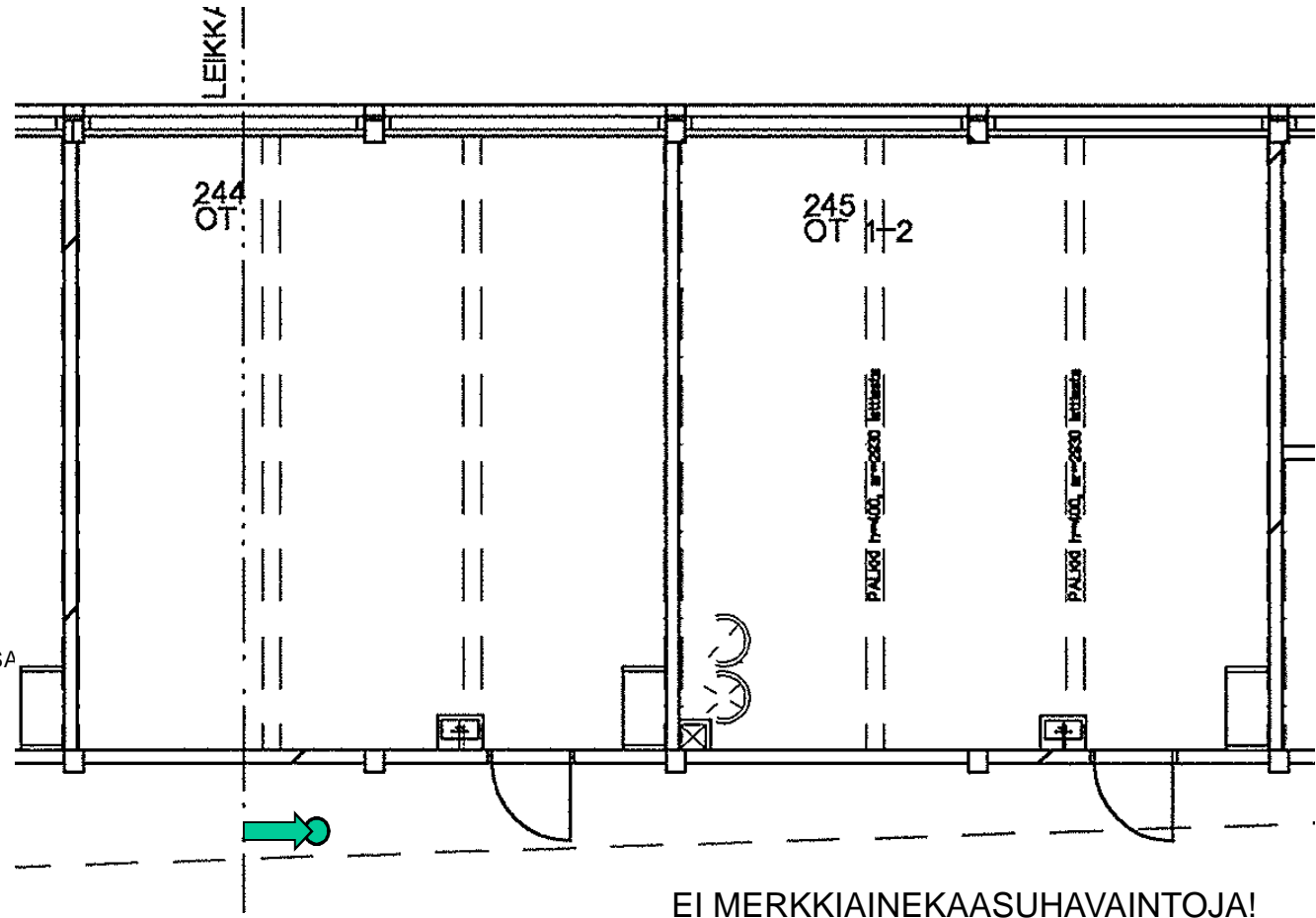
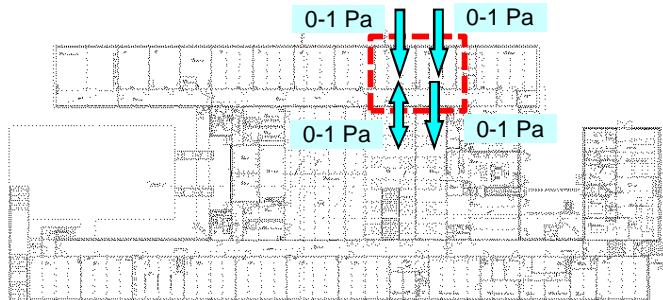
 0-1 Pa PAINE-ERO JA ILMAVIRTAUKSEN SUUNTA (kertamittaus)

MERKKIAINEKAASUHAVAINNOT: -

xx ppm MERKKIAINEKAASUN PITOISUUS SISÄILMASSA


Merkkiainepitoisuuden tulkinta, kun kaasuanalysaattori 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.



EI MERKKIAINEKAASUHAVAINTOJA!

PUTKIKANAALIN MERKKIAINEKOE 2.6.2014

 MERKKIAINEKAASU KÄYTVÄN PUTKIKANAALIIN, PUTKIKANAALI 19 PASCALIA YLIPAINEINEN KÄYTVÄÄN NÄHDEN

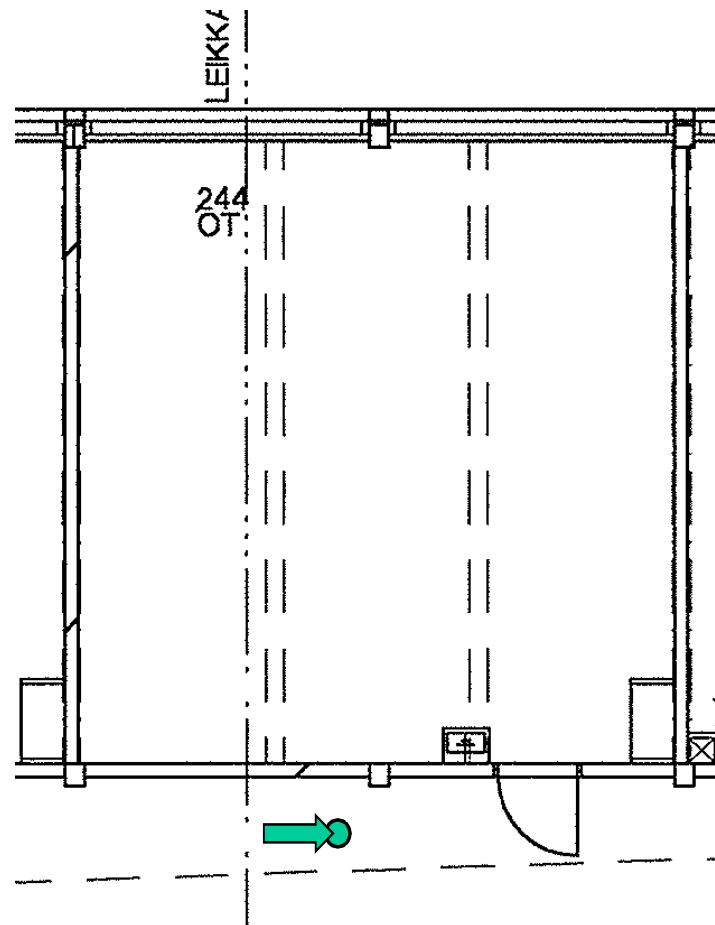
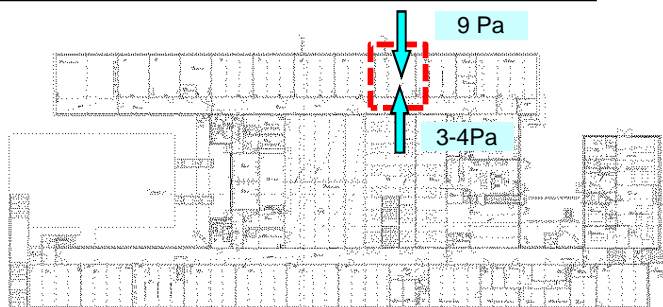
 0-1 Pa PAINE-ERO JA ILMAVIRTAUKSEN SUUNTA (kertamittaus)

MERKKIAINEKAASUHAVAINNOT: -

 xx ppm MERKKIAINEKAASUN PITOISUUS SISÄILMASSA


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.



EI MERKKIAINEKAASUHAVAINTOJA!

ULKOSEINÄRAKENTEEN MERKKIAINEKOE 2.6.2014

 MERKKIAINEKAASU ULKOSEINÄN ERISTETILAAN

0-1 Pa  PAINE-ERO JA ILMAVIRTAUKSEN SUUNTA (kertamittaus)

MERKKIAINEKAASUHAVAINNOT:

1 PATTERN KANNAKKEET

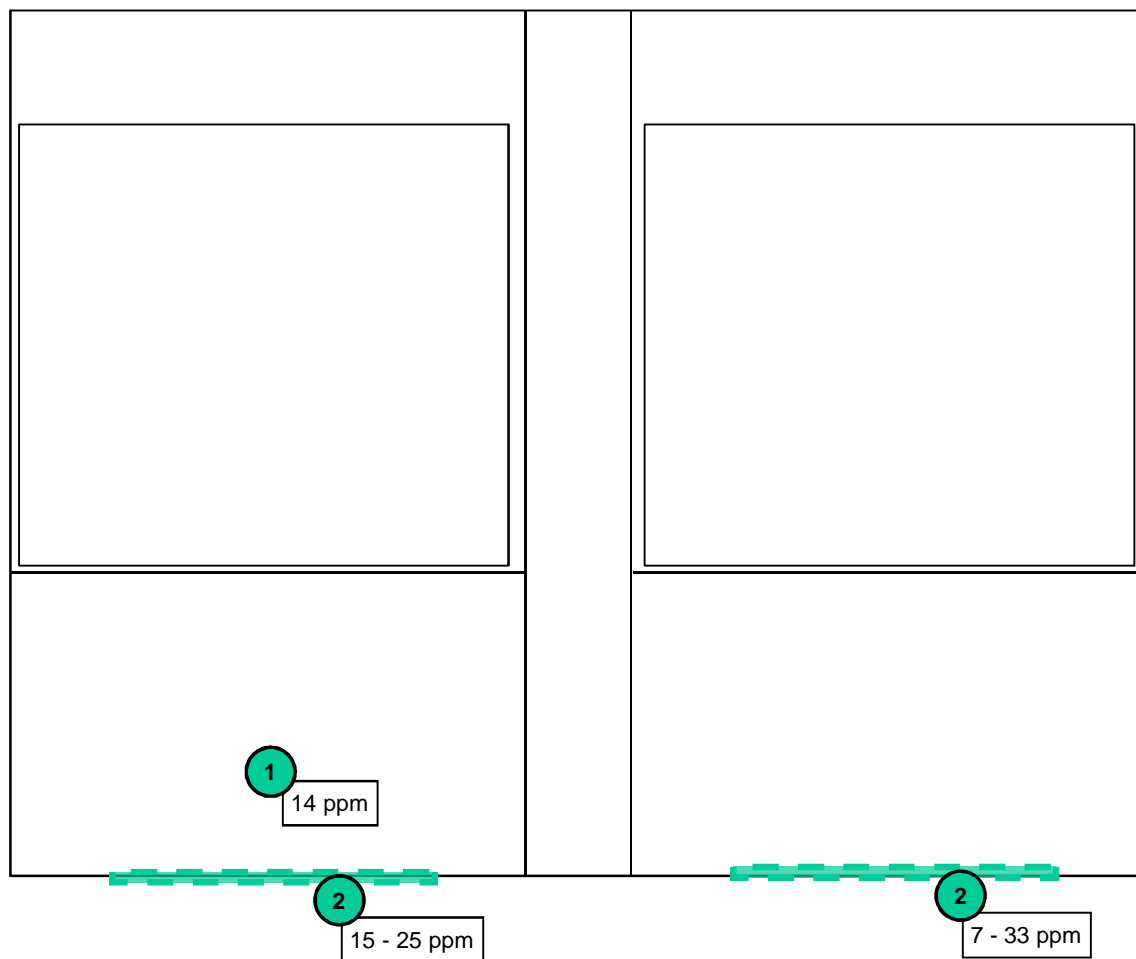
2 SEINÄ- JA LATTIARAKENTEEN LIITTYMÄ

xx ppm MERKKIAINEKAASUN PITOISUUS SISÄILMASSA

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

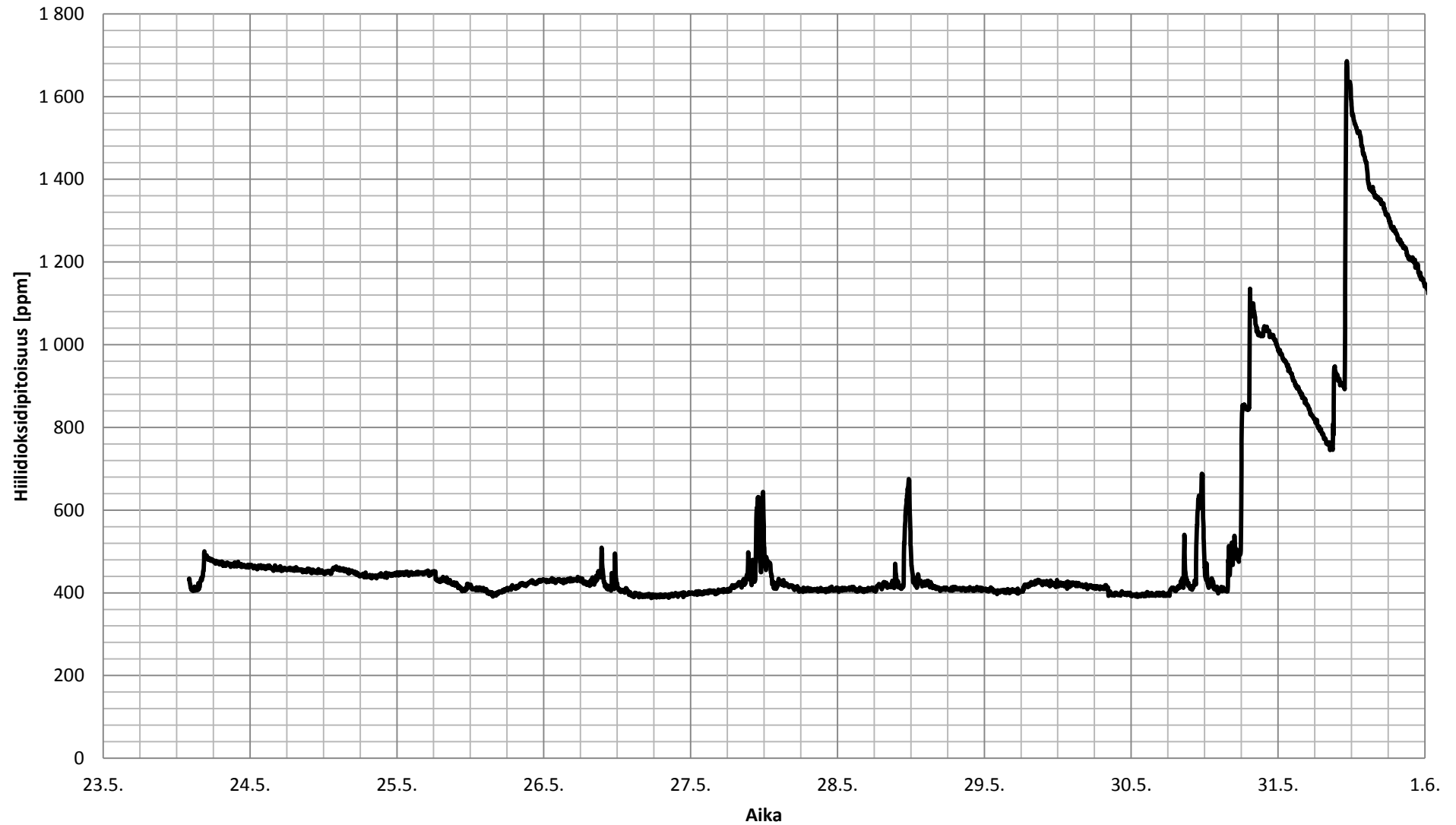
- 0,0...1,0 ppm - pitoisuus vähäinen,
- 1,1...10,0 ppm - pitoisuus melko vähäinen,
- 10,1...50,0 ppm - pitoisuus suuri,
- yli 50,0 ppm - pitoisuus hyvin suuri.

9-10 Pa 

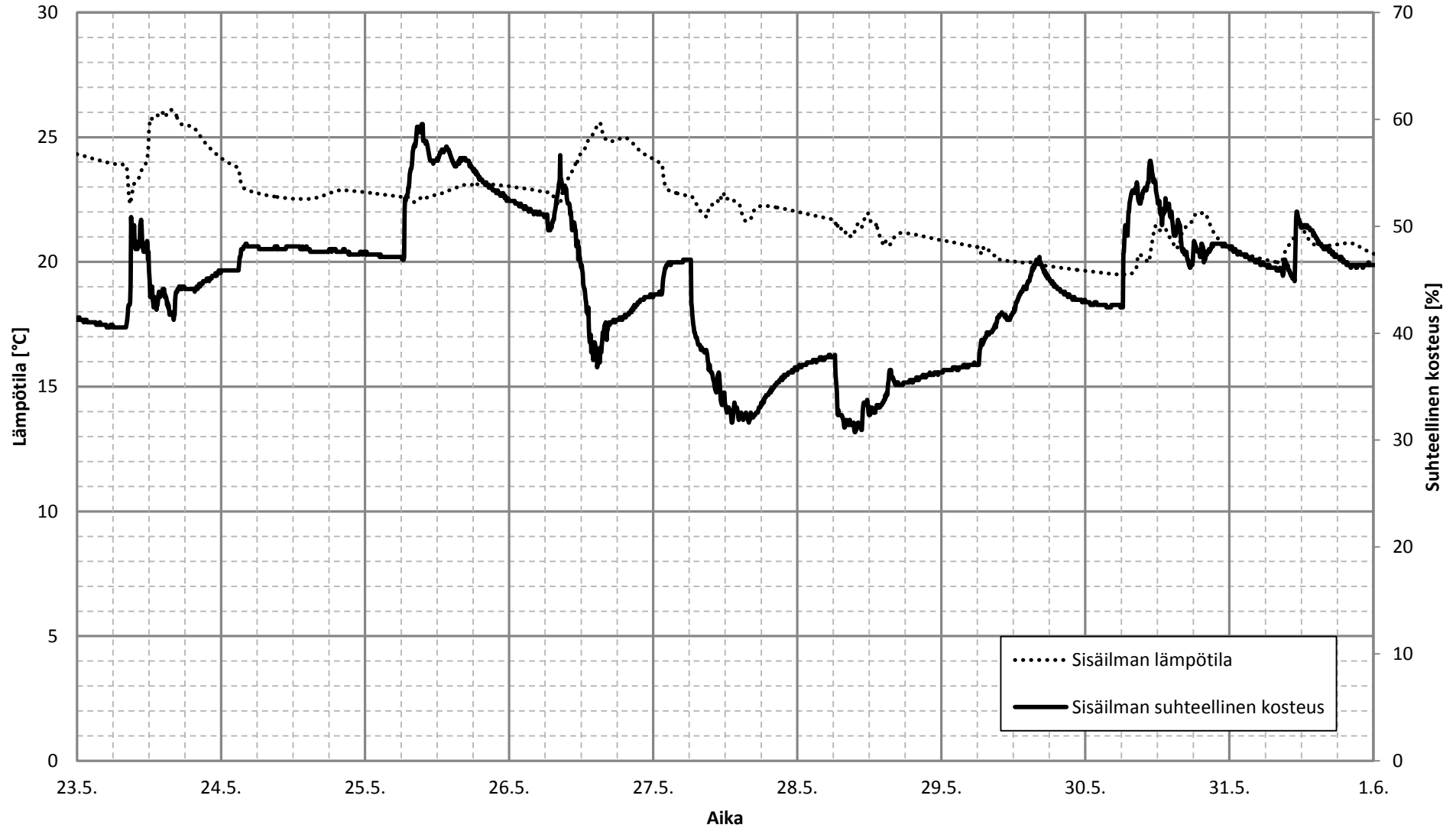


PERIAATEKUVA, EI MITTAKAAVASSA

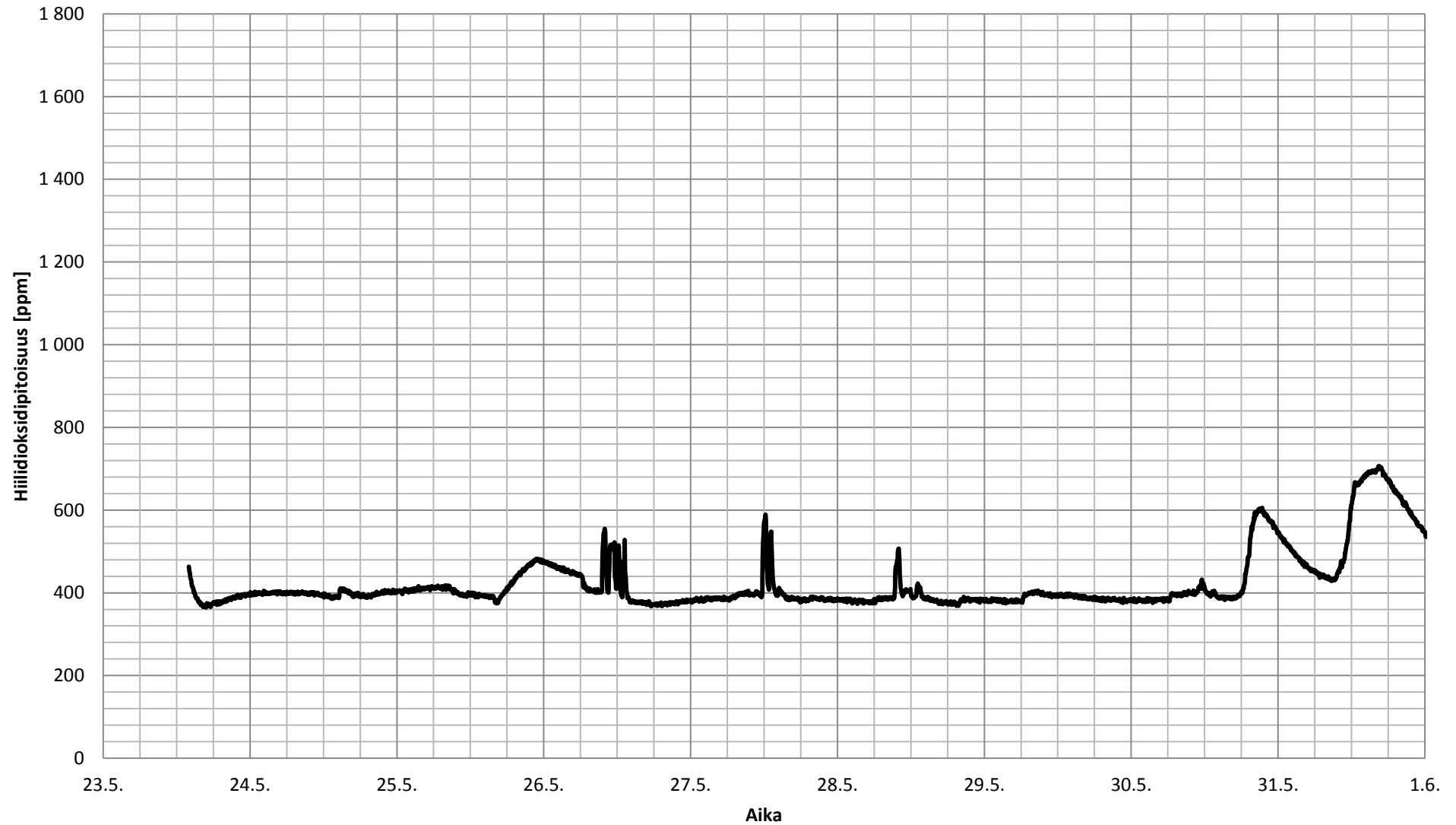
L1: Luokan 244 sisäilman hiidioksidipitoisuuden seurannan kuvaaja 23.5. - 1.6.2014



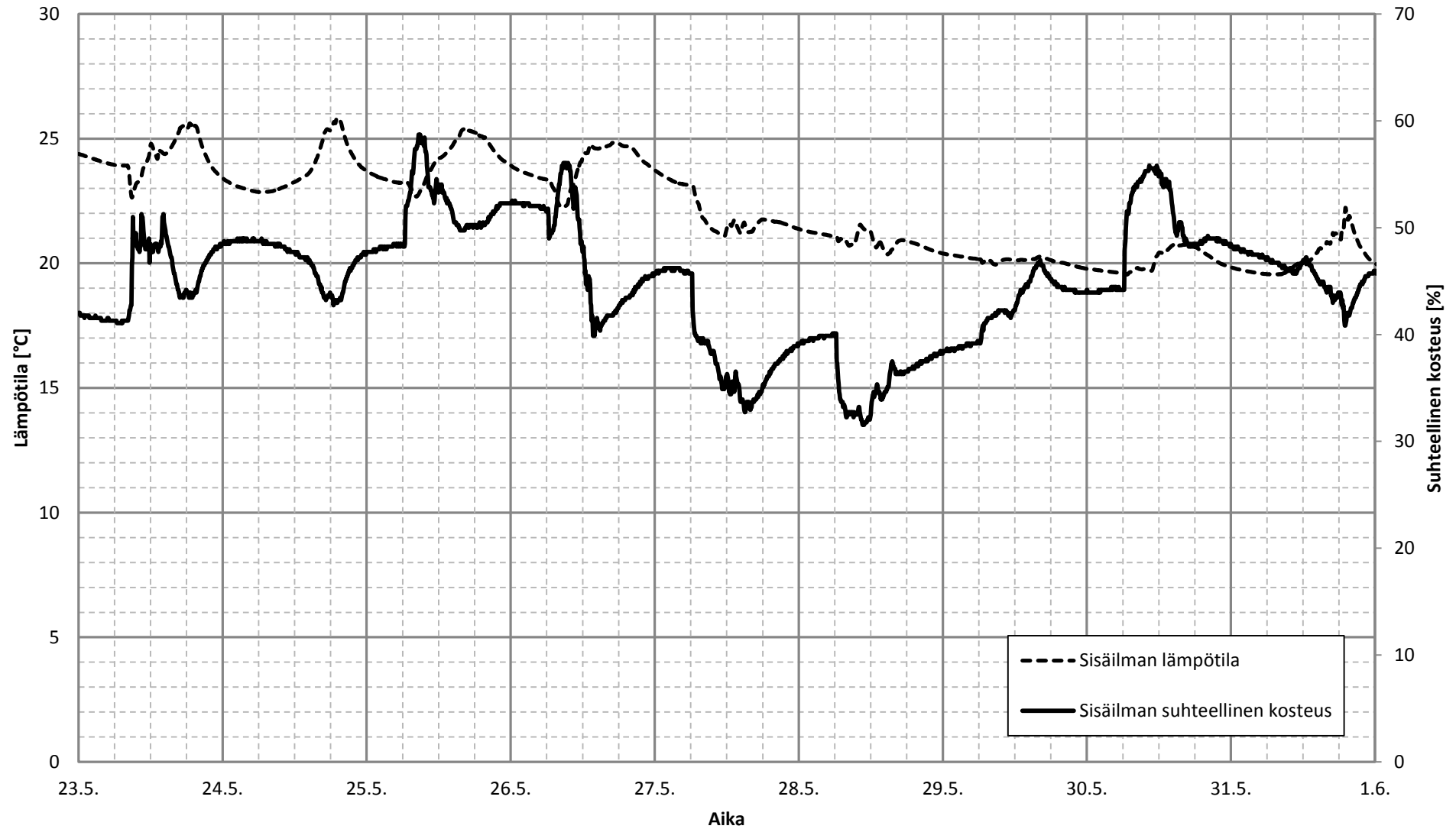
L1: Luokan 244 sisäilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden seurannan kuvaajat 23.5. - 1.6.2014



L2: Luokan 245 sisäilman hiilidioksidipitoisuuden seurannan kuvaaja 23.5. - 1.6.2014

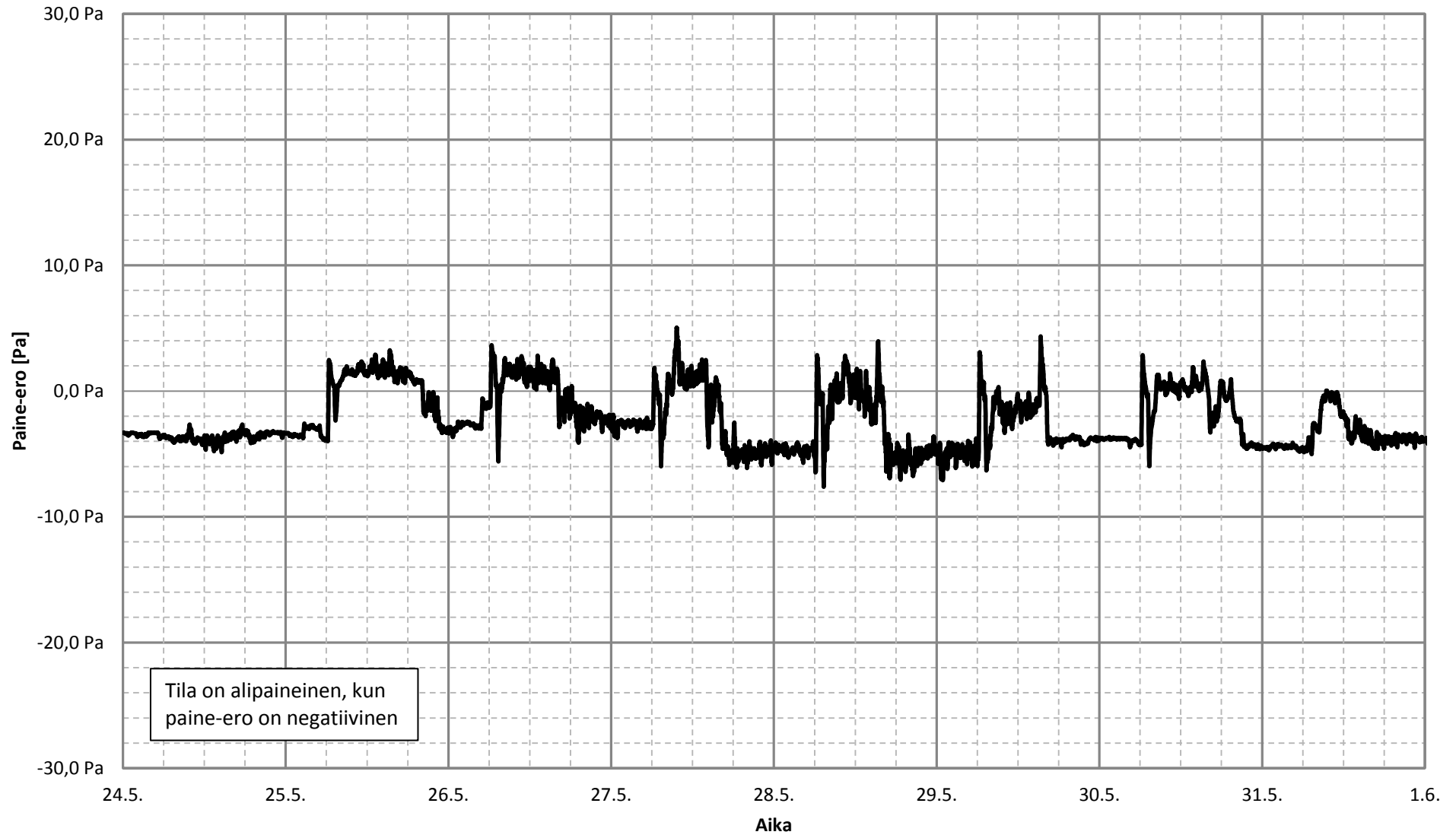


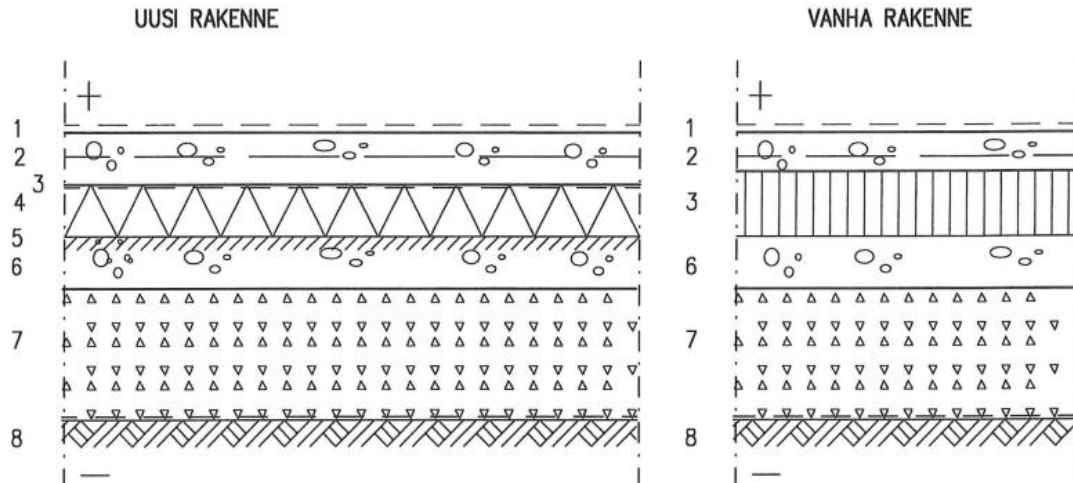
L2: Luokan 245 sisäilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden seurannan kuvaajat 23.5. - 1.6.2014



PS1: Luokan 245 ja ulkoilman välinen paine-ero 23.5 - 1.6.2014

Kymmenen minuutin jatkuva keskiarvo





Vanha lattiarakenne puretaan alemman teräsbetonilaatan pintaan saakka
Maanvaraisen betonilaatan pinta puhdistetaan vedentiivistyslammausta varten toimittajan
ohjeen ja työselityksen mukaisesti, erityisesti kaikki orgaaninen aine poistetaan

UUSI RAKENNE

- | | | |
|-------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 1 | Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan |
| 80 mm | 2 | Teräsbetonilaatta, BY 45 luokka A-4-30
keskeinen rauditus: 6-150 B 500 K |
| | 3 | Suodatinkangas |
| 80 mm | 4 | Suulakepuristettu solupolystyreeni XPS, tiheys ≥ 38 kg/m ² , reunat puolipontattu,
lambda= 0,037, esim. Solimate 300 BS-AN |
| | 5 | Vanhan betonipinnan kosteuskatkokäsittely: Vandex vedentiivistyslammi tai vast.,
2 x Vandex Super 0,75 kg/m ² .
alustan valmistelu, käyttö ja jälkihoito materiaalitoimittajan ohjeen ja työselityksen
mukaan; desinfiointikäsittely, ks. työselitys |

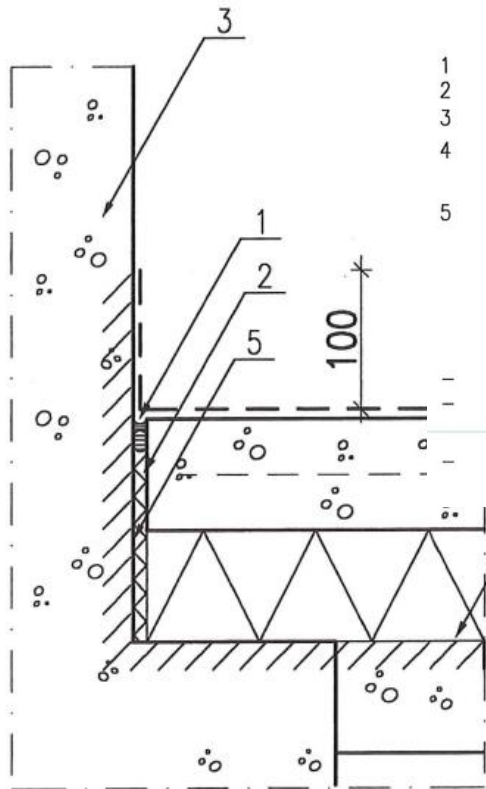
VANHA RAKENNE

- | | | |
|--------|---|----------------------------------------------------------------|
| | 1 | Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan, puretaan |
| 60 mm | 2 | Teräsbetonilaatta, puretaan |
| 100 mm | 3 | Toja-levy ja pikipahvi, poistetaan |
| 80 mm | 6 | Maanvarainen tb-laatta |
| | 7 | Salaojituskerros |
| | 8 | Perusmaa tai kitkamaatäyttö |

- betonilaatta irroitetaan joustavalla rakenteella irti ympäröivistä seinistä ja muista kantavista rakenteista sekä LVI-laitteista ja putkista

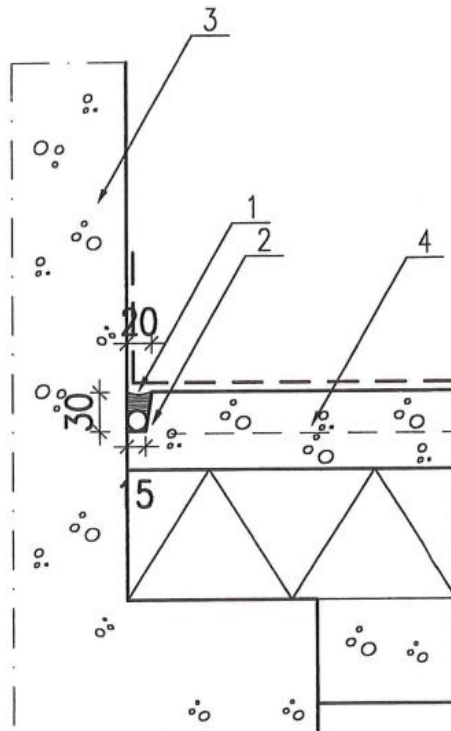
LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN: 0.285 W/m² K (1m reuna-alue), SRMK C3 vaatimus 0.36

Kuvat osakopio rakennetyypeistä. Tutkitussa tilassa 244 on rakennetyypin mukainen vanha rakenne. Tilassa 245 alapohja on uusi rakenne rakennetyypin mukainen. Vanhassa rakenteessa puuta sisältävää eristettä on olosuhteissa, joissa alemmanlaatan päällä olevan kosteuseristeen vanhetessa tai vesivuodon yhteydessä eriste voi vaurioitua. Uudessa rakennetyypissä vaurioitumisriskiä on pienennetty korvaamalla puueriste muovieristeellä. Alapohjassa on aina läsnä maaperässä kasvavi-
en mikrobin itiöitä tai aineenvaihduntatuotteita, joten ilman kulkua alapohjarakenteiden kautta sisäilmaan tulee vähentää.



- 1 Elastinen saumausmassa + saumanauha
- 2 Reunairroituskaista; umpisoluinen polyeteenimattokaista 10 mm
- 3 (Teräs)betoninen seinä, pilari, yms.
- 4 Lattian kosteuskatkokäsittely: Vandex Super –vedentiivistyslammi tai vast., ks. AP01, alustan valmistelu, käyttö ja jälkihoito toimittajan ohjeen ja työselityksen mukaan
- 5 Seinän kosteuskatkokäsittely: Vandex –vedentiivistyspinnoite BB75/BB75E tai vast., KS. KS 01–3 ja työselitys, voidaan korvata tiiliseinissä seinän alareunan kosteuskatkoinjektioinnilla (Vandex VIM tai vast.) tai uuden tiiliseinän alla bitumikermikaistalla.

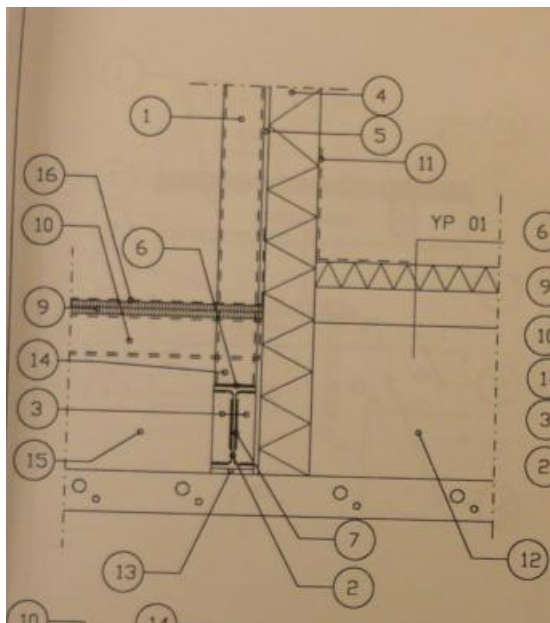
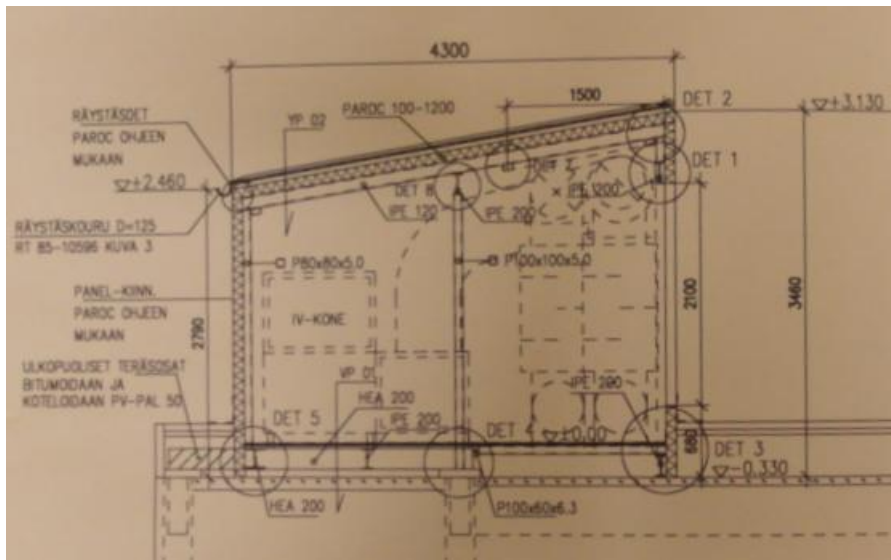
- lattian pintarakenteen tulee olla irti vastaavasti pystyrakenteesta
- laatan pintarakenteeseen tulee olla irti vastaavasti kaikista muista pystyrakenteista
- liittymä täytetään käytettäessä huolellista rakentamistapaa radon-luokituksen "normaali" asettamat vaatimukset



- 1 Elastinen saumausmassa + saumanauha, Sikaflex 11FC tai 15 LM
- 2 Reunaan leikataan kolo saumausta varten, ks. YmpM opas 2 1993 Radonin torjuminen pien- ja rivitaloissa, kuva 4.7. detalji a/2
- 3 (Teräs)betoninen seinä, pilari, yms.
- 4 Vanha tb-laatta n. 60 mm

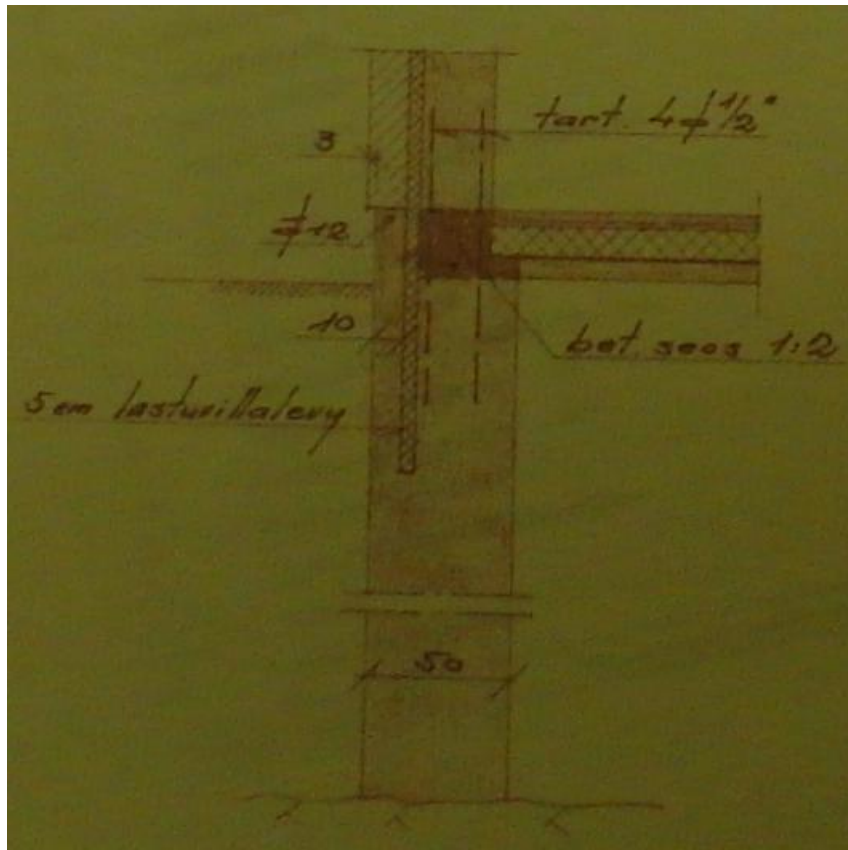
- tiivistys tehdään kaikissa maanpinnan tasossa olevissa luokkatiloissa sekä käytävätiloissa
- uusittavien lattioiden reunojen tiivistykset, ks. det 1
- jalkalistat asennettava irti seinästä esim. muoviprikkoja käyttäen
- liittymä täytetään käytettäessä huolellista rakentamistapaa radon-luokituksen "normaali" asettamat vaatimukset

Kuvat osakopio rakennedetaljeista. Tutkitussa tiloissa alapohjan tiiveyttä on esitetty lisättäväksi yllä olevien korjaussuunnitelmien mukaan. Tehdyissä tiiveyskokeissa kävi ilmi, että tiivistystyö on onnistunut välttävästi luokassa 244, jossa tiivistykset on tehty vanhaan olevaan laattaan. Luokassa 245 tilanne on huonompi ja lattian ja seinän rajassa havaittiin merkittäviä ilmavuotoja.



1. P80x80x5.0
2. IPE KTS. TASOPIIR.
3. TERÄSLEVY B
4. PAROC PANEL 100
5. PAROC PANEL TIIVISTE
6. HITSI \triangle - \square
7. HITSI \triangle -30/-100
- 8.
9. KIPSILEVY 2x15 (GYP GL15)
10. P80x40x3.0 k600
11. VEDENER. YLÖSNOSTO+PELTI, KS. DET 9
12. VANHA YLÄPOHJARAKENNE
13. ASENNUSVARA 10, TERÄSLEVY 200x80x10.0 LEVYT BET.PALKKIEN KOHDALLE
14. P80x40x3.0-50 (KOROTUS)
15. MINERAALIVILLA 300
16. VEDENERISTE, MUOVIMATTO
17. HITSI \triangle -100/-100

- **Kuvat osakopio rakennepiirustuksista.** Tehdyissä merkkiainekokeissa havaittiin, että ilmanvaihtokonehuoneen sisäilmaa sekoittuu tuloilmakanaviston kautta luokkaan 245. Rakennekuvissa ei ole esitetty tiivistyksiä jotka estäisivät yläpohjan eristetilan ilman vuotamista ilmanvaihtokonehuoneeseen ja edelleen luokkatiloihin. esitetään jatkotutkimusta, jossa tarkastellaan sekoittuuko yläpohjan eristetilan epäpuhtaammista osista ilmaa ilmanvaihtokonehuoneen sisäilmaan ja edelleen luokkatilaan 245. Tutkimuksen perusteella harkitaan toimenpiteitä tuloilmakanaviston tiivistämiseksi.



- **Kuvat osakopio rakennepiirustuksista.** Sokkelileikkaus luokan ulkoseinästä. Leikkaus on pilarin kohdalta. Tasopiirustuksen mukaan pilastereiden välillä on jatkuva 320 mm paksu perusmuuri kallioon asti. Lattias-
assa on kaksoislaatta, lattian alustäytön laatu ei ole tiedossa. Sokkelihalkaisussa, ulkoseinässä ja lattias-
sa on puuaineinen eristelevy. Levy on todennäköisesti vaurioitunut paikoin.