



Nummelan koulun sisäilma- ja ilmanvaihtoselvitys

Tilaaaja: Vihdin kunta

Tilaaaja	Vihdin kunta Kjell Gröning Tilapalvelut Asemantie 30 PL 13 03101 Nummela kjell.groning@vihti.fi
Tilausviite	Sähköpostitilaus 29.11.2018 (Kjell Gröning, Mikko Saari).
Yhteyshenkilö	Eurofins Expert Services Oy Mikko Saari Kemistintie 3 02150 Espoo mikkosaari@eurofins.fi
Toimeksianto	Nummelan koulun sisäilma- ja ilmanvaihtoselvitys
Kohde	Ilmanvaihtoselvityksen kohteena oli koulurakennus osoitteessa Väinämöisentie 9, 03100 Nummela. Koulurakennus koostuu peruskorjatusta osasta sekä vuosina 1980-luvulla rakennetuista laajennusosista (kuva 1). Kivikoulua ei tutkittu tässä tutkimuksessa.



Kuva 1. Rakennuksen osat ilmakuvassa.

Tehtävän kuvaus	Tehtävänä oli selvittää kohteessa havaittujen poikkeavien hajujen lähteitä. Rakennetutkimukset ja sisäilman VOC-näytteet kohdistettiin tiloihin, joissa oli esiintynyt hajua (tilat 161, 184b, 210 ja 231). Ilmanvaihtojärjestelmän tutkimuksissa selvitettiin ilmanvaihdon mahdollista osuutta hajuihin ja niiden leviämiseen. Myös viemärihajujen esiintymistä selvitettiin.
------------------------	--

Testaustulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Eurofinsin kirjallisella luvalla.

Rakennetutkimusten tulokset

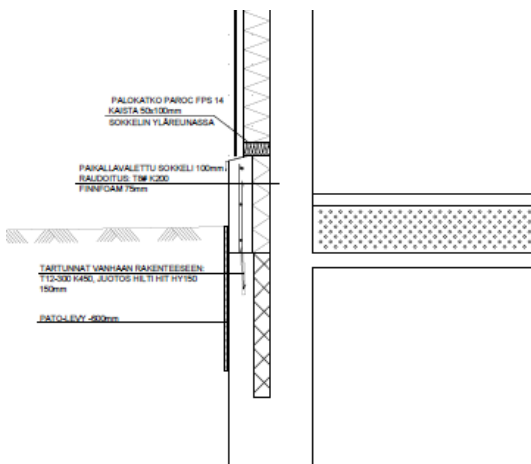
Lähtötiedot ja tutkimuksen rajaus

Rakennetutkimusten lähtötietoina oli toimitettu asiakirjoja aiemmista tutkimuksista, kuten peruskorjauksen jälkeisistä ulkoseinärakenteiden ilmanpitävyyden tutkimuksista sekä terveystarkastajan tarkastuskäynti kesällä 2016. Tutkimusten lähtökohtana oli sisäilmaston tekijöiden ja laadukkaan sisäilman edellytysten arviointi tarkastelemalla rakenteiden toimivuutta valikoiduissa tiloissa. Tässä raportissa tutkittuja tiloja olivat 161, 184b, 210 ja 231.

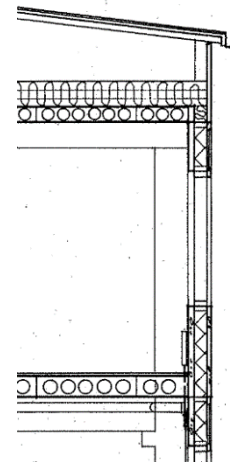
Rakenteiden kosteus ja ilmanpitävyys

Rakennuksen sisätilat erotetaan ulkoilmasta ja maaperästä rakenteilla, joita kutsutaan ulkovaipparakenteiksi. Sisäilman kannalta ulkovaipparakenteiden tehtävä on suojata sisätiloja ulkopuolelta tulevalta ja maaperän kosteudelta. Ulkovaipparakenteiden keskeinen tehtävä on myös estää haitallisten ilmvirtausten pääsy sisäilmaan (sekä sisäilmasta rakenteeseen).

Tutkituissa opetus- ja toimistotiloissa lattiarakenteet ovat alapohja- ja välipohjarakenteita, jotka on päällystetty muovimatoilla. Peruskorjatulla osalla alapohjarakenteita ja uudemmalla puolella välipohjarakenteita. Ulkoseinät ovat betoni- ja tiilirakenteiset. Alla olevissa leikkauskuviissa (kuvat 2 ja 3) on esitetty rakenteiden periaateleikkaukset tutkituissa tiloissa.



Kuva 2. Peruskorjatun vanhan puolen periaateleikkaus perustuksista tutkittavan tilan kohdalla (RAK-NK-14, 2014).



Kuva 3. Laajennusosan periaateleikkaus 2. krs kohdalta (leikkaus B-B, 1986).

Lähtötietojen mukaan peruskorjauksessa on uusittu tutkituissa tiloissa 161 ja 184b kuvan 2 mukaisista rakenteista ulkoseinän kantavan rungon ulkopuolella olevat lämmöneristeet ja julkisivut sekä lattiapäällyste. Lisäksi ulkoseinärakenteen ilmanpitävyyttä on parannettu peruskorjaushankkeen jälkeen sekä peruskorjatulla osalla että laajennusosalla. Tilojen 210 ja 231 rakenteiden periaateleikkaus on esitetty kuvassa 3.

Kosteusmittauspisteiden valinta tehtiin pintakosteusilmaisimella (GANN LB70) tehdyn kosteuskartoituksen perusteella. Pintakosteuskartoitus on ainetta rikkomaton tutkimusmenetelmä, jolla samasta rakenteesta eri kohdista havaittuja arvoja voidaan verrata toisiinsa, jolloin saadaan paikannettua alueet, joissa on muusta alueesta

Testaustulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Eurofinsin kirjallisella luvalla.

poikkeavia lukemia. Kosteuskartoituksen yhteydessä arvioitiin aistinvaraisesti muovimattopäällysteen kuntoa. Pintakosteuskartoituksen perusteella lattiarakenteissa ei ollut havaittavista selkeästi muusta alueesta poikkeavia lukemia. Lukemat vaihtelivat sekä ala- että välipohjarakenteissa pääasiassa 50-72 välillä (asteikko 0-180).

Kosteusmittaukset tehtiin viiltomittausmenetelmällä (kuva 4). Viiltomittauksessa mittapisteessä muovimattoon tehdään muutaman senttimetrin pituinen viilto mattopuukolla. Muovimattoa raotetaan alustastaan esim. naulan/piikin avulla ja viiltoon asennetaan mittapää. Viillon, mittapään ja lattiapinnan välinen liittymä tiivistetään vesihöyrytiiviillä massalla välittömästi. Mittapään annetaan tasaantua ennen kosteuskokemien kirjausta. Mittapistettä ympäröivät sisäilman olosuhteet mitattiin mittaushetkellä mittauskohdan vierestä. Mittausten tulokset on esitetty taulukossa 1. Mittauspisteiden tarkemmat sijainnit on esitetty liitteenä 1 olevissa paikannuspiirustuksissa.



Kuva 4. Lattiarakenteen kosteusmittaukset tehtiin viiltomittausmenetelmällä.

Mittaukset tehtiin Vaisalan HM40 ja HMI41-näyttölaitteilla sekä Vaisalan HM42- ja HMP42-antureilla. Mittausolosuhteet huomioiden mittauserävarmuus viiltomittauksissa on enintään ± 2 RH-%.

Pintakosteuskartoituksen ja kosteusmittausten perusteella lattiarakenteiden päällysteen alla oleva kosteustaso on alhainen. Näin on myös lähellä sokkelia olevissa rakenteissa (231) sekä peruskorjauksessa viemärien vuoksi uusittujen pintabetonilaatan kohdissa (161, 184b). Maton ylös nostojen nurkissa tehtyjen mittausten tulos on hyvin alhainen ja lähellä mittaushetken sisäilman kosteutta. Näissä kohdissa maton alapuolinen kosteus pääsee siirtymään seinärakenteiden kautta. Silmämääräisesti alustastaan irti olleita kohtia tai halkeamia päällysteessä ei juuri havaittu ja yksittäiset paikalliset alustasta irti olevat kohdat viittasivat asennusteknisiin syihin, kuten heikosti onnistuneeseen liimaukseen, jyräykseen tai alustan epätasaisuuteen. Tutkituissa tiloissa mitattu kosteustaso ei aiheuta päällystemateriaalille haittaa.

Taulukko 1. Ala- ja välipohjarakenteiden kosteusmittaustulokset (viiltomittaukset).

Mittapiste	Rakenne	Suhteellinen kosteus RH-%	Lämpötila °C	Absoluuttinen kosteus g/m ³	Mittapää asennettu	Mittaus suoritettu	Mittapään tunnus
					2.1.2019	2.1.2019	
V161_1	Alapohjarakenne: pintalaatta + kevytsora + pohjalaatta, uuden viemärin vierestä/uusi pintalaatta	59	19,8	10,0	14:38	15:31	G7
sisäilma		15	20,3	2,6	14:38	15:31	G6
V231	Välipohjarakenne: ontelolaatta	60	18,9	9,7	13:48	14:25	G6
sisäilma		19	18,9	3,1	13:48	14:25	G7
					3.1.2019	3.1.2019	
V161_2	Alapohjarakenne: pintalaatta + kevytsora + pohjalaatta, ylösnoston nurkka/pilari	36	15,5	4,8	9:17	9:48	G7
sisäilma		15	16,9	2,1	9:17	10:48	G4
V161_3	Alapohjarakenne: pintalaatta + kevytsora + pohjalaatta	32	18,7	5,2	9:19	10:48	G6
sisäilma		14	18,6	2,2	9:19	10:48	G1
184b_1	Alapohjarakenne: pintalaatta + kevytsora + pohjalaatta, matto irti paikallisesti	37	17,3	5,5	10:56	11:36	G6
sisäilma		15	17,1	2,1	10:56	11:36	G7
184b_2	Alapohjarakenne: pintalaatta + kevytsora + pohjalaatta, uusitus viemärin kohdalla, uusi pintalaatta	47	18,9	7,7	11:05	11:36	G7
sisäilma		14	19,2	2,2	11:05	11:36	G4
V210_1	Välipohjarakenne: ontelolaatta, ylösnoston nurkka	25	18,4	3,9	13:30	13:50	G6
sisäilma		15	18,8	2,4	13:30	13:50	G1
V210_2	Välipohjarakenne: ontelolaatta	49	18,9	7,9	13:30	13:50	G7
sisäilma		15	18,8	2,4	13:30	13:50	G1
V210_3	Välipohjarakenne: ontelolaatta, ulkoseinällä vanhoja kukkalaatikoita	54	17,4	8,0	14:00	14:33	G6
sisäilma		13	22,5	2,7	14:00	14:33	G1
V210_4	Välipohjarakenne: ontelolaatta, ulkoseinällä vanhoja kukkalaatikoita, patterin alla	40	23,5	8,5	14:00	14:33	G6
sisäilma		17	17,8	2,6	14:00	14:33	G4

Testaustulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Eurofinsin kirjallisella luvalla.

Rakenteiden ilmanpitävyyttä selvitettiin merkkisavulla (Dräger CH 00216). Tutkittavaan tilaan järjestettiin noin 10 Pa alipaine tilan omalla ilmanvaihtojärjestelmällä pienentämällä tuloilmavirtaa päätelaitteesta kokeen ajaksi. Paikallisia ilmavuotokohtia tai ilmanvirtausta rakenteista tutkittavaan tilaan havaittiin tiloissa 161, 210 ja 231 (kuvat 5 – 12). Tavatuissa kohdissa rakenteiden läpi tulevaa ilmaa ei ole puhdasta, koska rakenteiden toisella puolella on vanhoja ulkoilmaa vasten olevia lämmöneristeitä, joihin usein kertyy ulkoilmasta peräisin olevia epäpuhtauksia. Ilmavuotokohdat on merkitty pohjapiirrokseen liitteessä 1.



Kuva 5. Rakenteiden ilmanpitävyyden selvittäminen merkkisavulla. Laajennusosa huone 231 yläpohjan ilmavuotokohta.



Kuva 6. Yläpohjan tuuletustila luokan 231 yläpuolella. Tuuletustila tuulettuu aistinvaraisesti arvioituna hyvin.



Kuva 7. Laajennusosa huone 231 väliseinän reiän kautta tulee ilmavirtausta, koska tuloilmakanava vuotaa väliseinän sisään.



Kuva 8. Laajennusosa huone 210. Ulkoseinän sähköläpiviennin ilmavuoto ulkoseinässä.



Kuva 9. Laajennusosa huone 210. Paikallisia ilmavuotokohtia ulkoseinän ja yläpohjan liitoksessa.



Kuva 10. Viemärin hormi luokkatilassa 161 (peruskorjattu osa 1. krs). Hormin kautta tulee ilmaa luokkatilaan ylhäältä hormista. Ilman virtaus viittaa yläpohjan läpiviennin puutteelliseen ilmatiiviyteen. Kuvassa puhdistusluukun peitelevy on poistettu.



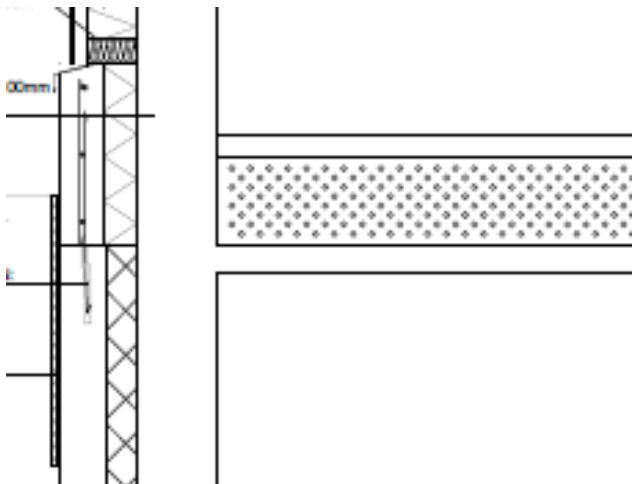
Kuva 11. Puutteellinen läpivienti luokan 161 yläpuolella 2. krs olevassa käytävässä. Myös muissa samalla väliseinälinjalla olevissa läpivienneissä on tiiviyspuutteita.



Kuva 12. Vanhan peruskorjatun osan yläpohjarakenteen tuuletustila vesikaton alapuolella. Lämmöneristekerroksessa on sinne kuulumattomia rakennustarvikkeita, kuten muoveja, bitumikerman palasia, sahatavaran kappaleita.

Rakenteiden kosteusrasitusta ja ilmanpitävyyttä ja kuntoa tutkittiin myös rakenneavauksilla alapohjarakenteissa peruskorjatulla puolella (kuvat 13 – 18). Rakenneavausten sijainti on esitetty pohjapiirroksessa liitteessä 1. Rakenneavausten perusteella alapohja rakenne on periaateleikkauksessa (kuva 13) esitetyn mukainen. Rakenteen pintalaatan paksuus on noin 50-70 mm. Laattojen välissä on kevytsoraa 200-240 mm. Kevytsora on liimautunut pintalaatan valun yhteydessä kiinni toisiinsa. Pohjalaatan päällä on kosteuseristys. Kevytsorakerroksessa ei ollut poikkeavia merkittäviä hajuja. Rakenteessa ei ollut kosteudelle herkkiä materiaaleja, kuten valupaperia tms.

Rakenneavausten perusteella alapohjarakenteen pintalaatan ja seinärakenteiden liitos on tiivis myös muovimaton alla.



Kuva 13. Peruskorjatun vanhan puolen periaateleikkaus perustuksista tutkittavan tilan 184 b kohdalla (RAK-NK-14, 2014).



Kuva 14. Ensin avauskohdasta poistettiin muovimatto. Alapohjarakenteen pintalaatan ja seinärakenteiden liitos on tiivis myös muovimaton alla. Rakenneavaus 184b.



Kuva 15. Rakenneavaus 161. Kevytsoakerroksessa ei ollut poikkeavia merkittäviä hajuja. Rakenteessa ei ollut kosteudelle herkkiä materiaaleja, kuten valupaperia tms.



Kuva 16. Rakenneavaus 161.



Kuva 17. Putkikanaali tilojen 161-163 käytävän alapuolella. Rakenneavaus (nuoli) tehtiin putkikanaalin seinän läpi alapohjalaatan alapuolelle.



Kuva 18. Rakenneavaus tehtiin putkikanaalin seinän läpi alapohjalaatan alapuolelle. Pohjalaatan alapuolella on hiekkaa. Muottilautoja tai vettä ei tilojen alta rakenneavauksessa havaittu.

Sisäilman ja tuloilman VOC-näytteet

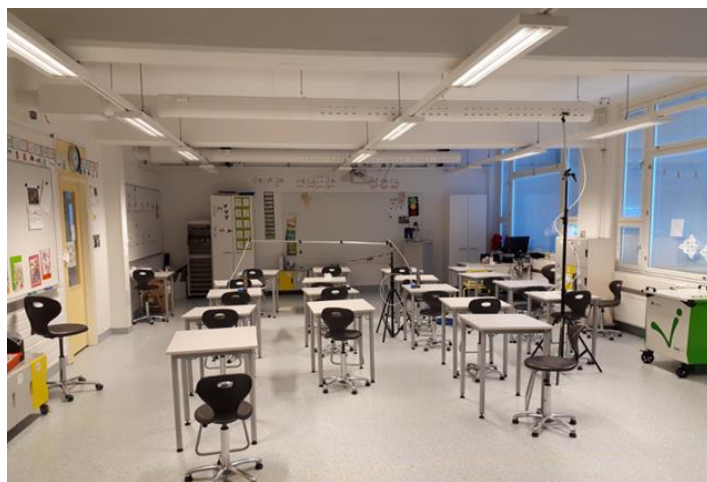
Etenkin uudet rakennusmateriaalit ja irtaimisto sisältävät kemiallisia yhdisteitä, joita yleensä haihtuu jossain määrin sisäilmaan. Ainostaan lasia, tiiltä ja terästä voidaan pitää emissiovapaina. Orgaaniset haihtuvat yhdisteet (VOC) koostuu kemiallisesti eri yhdisteryhmistä ja tyypillisesti emissiot lisääntyvät korkeamman kosteuden ja lämpötilan vaikutuksesta. Pitkään jatkunut korkea kosteus voi aiheuttaa rakenteissa oleville rakennusmateriaaleille ns. emissioaurion. Tällöin yleensä kemiallinen päästö sisäilmaan on niin suurta, että tilan tavanomainen ilmanvaihto ei ole riittävä pitämään hyvää sisäilman laatua ja myös häiritseviä hajuja esiintyy.

Mittauspisteet Näytteenottopisteet on esitetty kuvissa 19 - 22. Mittauspisteiden tiedot on esitetty taulukossa 2.

Ilmanvaihto oli toiminnassa mittausten aikana. Tilojen ilman laatu arvioitiin aistinvaraisesti (hajut) kolmen eri asiantuntijan toimesta 2.1.2019 ja osassa tiloja 30.1.2019. Arvointi tehtiin myös tiloissa 259a ja 260b, joissa oli asennettu juuri uudet lattiapinnoitteet (vinyylipinnoite). Tilassa 210 oli ilmanpuhdistin, joka suljettiin tunti ennen mittausten aloitusta.

Taulukko 2. Sisäilmamittauspisteiden tiedot.

Tila	Mittauspisteen sijainti	Tilan materiaalit	Sisäilman lämpötila, suhteellinen kosteus
161 luokkahuone	Sisäilma: Etäisyys oviseinästä 200-370 cm, opettajan pöydän puoleisesta seinästä 475 cm, korkeudelta 130 cm	Lattia: muovimatto Seinät: maalattu betoni Katto: maalattu betoni + akustiikkalevy	Sisäilma: 20,6 °C, 15 %
184b ryhmätila	Sisäilma: etäisyys taulusta 166-280 cm, oviseinästä 326 cm, korkeus 130 cm		Sisäilma: 20,2 °C, 16%
Huone 210 (rehtori)	Sisäilma: etäisyys tv:n puoleisesta seinästä 130-230 cm, ikkunaseinästä 230 cm, korkeus 130 cm		Sisäilma: 20,7 °C, 18%
Huone 231	Sisäilma: etäisyys taulusta 300-400 cm, ikkunaseinästä 300 cm, 130 cm korkeudelta		Sisäilma: 19,4 °C, 19 %



Kuva 19. Sisäilma- ja tuloilmamittaus: huone 161, luokkatila.



Kuva 20. Tuloilmamittaus: huone 161, luokkatila.



Kuva 21. Sisä- ja tuloilmamittaus: Huone 184b, ryhmätila.



Kuva 22. Sisä- ja tuloilmamittaus: Huone 210, rehtori.

Menetelmät

Sisä- ja tuloilman VOC-näytteenotto suoritettiin ISO 16 000-6 mukaisesti /1/. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet adsorboitiin Tenax TA adsorbenttiin ja analysoitiin kaasukromatografisesti käyttäen näytteenottoon termodesorptiotekniikkaa /2/. Näytteenotto- ja analyysimenetelmät ovat akkreditoituja.

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaismäärä, TVOC, on laskettu liekki-ionisaatiotekijän kromatogrammin kokonaispinta-alasta väliltä heksaani-heksadekaani tolueenin vastetekijän avulla. Näytteissä esiintyneet yksittäiset VOC-yhdisteet tunnistettiin massaselektiivisen detektorin kokonaisioni-kromatogrammista spektrikirjaston perusteella. Yksittäisten VOC-yhdisteiden pitoisuudet on laskettu yhdisteen FID-grammista piikin pinta-alan ja tolueenin vastetekijän perusteella. 2-etyyliheksanolin pitoisuudet näytteissä on määritetty yhdisteen oman vastetekijän perusteella, muut yhdisteet tolueenin vastetekijän perusteella. Tavanomaisimmat sisäilmassa esiintyvät yhdisteet on varmennettu malliaineilla. Yksittäisten VOC-yhdisteiden alin määrittäjäraja on yhdisteestä ja näytemäärästä riippuen tasolla 1 µg/m³ /3/.

Testaustulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Eurofinsin kirjallisella luvalla.

Tulokset

Sisäilman ja tuloilman mittaustulokset on esitetty taulukossa 3. TVOC- arvoon sisältyvät yksittäiset VOC- yhdisteet on esitetty taulukossa 4 ja liitteessä 3.

Sisäilman TVOC-pitoisuudet olivat välillä 12 - 14 µg/m³. Tuloilman TVOC-pitoisuus oli välillä 7-9 µg/m³. Koulurakennuksille ei ole julkaistu kattavia viitearvoja mutta niissä voidaan soveltaa toimistoille käytössä olevia viitearvoja, johtuen saman tason ilmanvaihdon vaatimuksista. Toimistoissa tavanomaisesti mitattu sisäilman TVOC-pitoisuus on alle 100 µg/m³ /3, 4/.

Yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet olivat hyvin alhaisia, tasolla 1-2 µg/m³. Tunnistetut yhdisteet ovat tyypillisiä erilaisille rakennusmateriaaleille (aldehydit, orgaaniset hapot, ketonit, terpeenit).

Taulukko 3. Sisäilman ja tuloilman mittaustulokset. Samassa taulukossa on esitetty aistinvaraisen arvioinnin aikana tehty hajuhavainnot.

Mittauspiste	TVOC- pitoisuus µg/m ³		Aistinvarainen arviointi
	Sisäilma	Tuloilma	
Huone 161, luokkatila	14	9	Lievä tunkkainen, irtaimiston mm. lyijykynien, kirjojen hajua
Huone 184b, ryhmätila	12	9	Hyvin lievä muovin haju, ilmanpuhdistin päällä (30.1.2019)
Huone 210, rehtorin huone	14	7	Pesuaine, lievä hammaslääkäri, sitruunan haju, ilmanpuhdistin päällä
Huone 231, luokkatila	14	8	Lievä imelä, eristevillan haju
Huone 259a	ei mittausta	ei mittausta	Lievä muovin haju, tilassa lämmin
Huone 260a	ei mittausta	ei mittausta	Kohtalainen muovin haju, lievä tunkkainen

Taulukko 4. TVOC- tulokseen sisältyvät, tunnistetut VOC-yhdisteet (>1 µg/m³ tolueeniekvivalenttina).

YHDISTE	CAS	161		184b		210		231	
		Sisäilma	Tuloilma	Sisäilma	Tuloilma	Sisäilma	Tuloilma	Sisäilma	Tuloilma
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
ORGAANISET HAPOT									
Bentsoehappo	000065-85-0	1	1	2	1			1	2
ALDEHYDI									
Bentsaldehydi	000100-52-7	1	1	1	1	1	1		1
Heksanaali	000066-25-1	1				1			
Nonanaali	000124-19-6	1		1		1			
AROMAATTISET HIILIVEDYT									
Bentseeni	000071-43-2	1	1	1	1	1	1	<1	<1
KETONI									
Fenyylietanoni	000098-86-2	1		1	1		1		1
TERPEENI									
alfa-pineeni	000080-56-8	1		1					
TVOC		14	9	12	9	14	7	14	8

Testaustulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Eurofinsin kirjallisella luvalla.

Ilmanvaihtotutkimusten tulokset

Tehtävän suoritus

Ilmanvaihtojärjestelmän mitoitus, toimivuus ja toimintaedellytykset arvioitiin suunnitteluasiakirjojen ja muun tilaajalta saadun tiedon ja aineiston perusteella sekä kenttätutkimuksin. Arvioinnissa keskityttiin erityisesti hyvän sisäilman laadun ja hajujen leviämisen kannalta oleellisiin asioihin ja niihin tiloihin (ja ilmanvaihdon palvelualueisiin), joissa tilojen käyttäjät olivat tehneet havaintoja sisäilman huonosta laadusta.

Kohteeseen suoritettiin tarkastus- ja mittauskäynti 2. – 3.1.2019, jolla ilmanvaihdon tarkoituksenmukainen toimivuus arvioitiin tarvittavien mittausten ja havaintojen avulla. Päätelaitteilta mitattiin tilakohtaisia ilmavirtoja ja ilmanvaihtokoneiden toiminta tarkastettiin. Vallitsevia paine-eroja sekä ilmanvaihtojärjestelmästä että rakennuksesta mitattiin. Ilmanjaon tehokkuutta tutkittiin merkkisavulla ja havainnoin. Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuutta arvioitiin myös rakennusautomaatiojärjestelmän mittaus- ja ohjaustietojen perusteella. Paine-erojen seurantamittaukset tehtiin kolmen viikon mittausjaksolla (12.12.2018 – 3.1.2019) ennen muita kenttätutkimuksia.

Paine-erojen seurantamittaukset tehtiin Produal PEL-N ja Dwyer Magnesense mittalaitteilla. Tarkastuskäynnillä paine-erot mitattiin mikromanometrillä DPM TT550 DPM. Mittauslaitteet oli kalibroitu 07/2018

Mittauspisteet esitetään liitteessä 1.

Asiakirjat ja suunnitelmat

Kohteen ilmanvaihtojärjestelmänä oli lämmöntalteenotolla (LTO) varustettu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä, jota oli täydennetty erillispoistoilla. Peruskorjatussa osassa myös likaisten tilojen poistoilmasta otettiin lämpöä talteen levylämmönsiirtimellä. Muissa ilmanvaihtokoneissa LTO oli toteutettu pyörivällä lämmönsiirtimellä. Ruokalan ja keittiön ilmanvaihdossa ei ollut LTO:a.

Aikaisemmin tehdyissä tutkimuksissa ja selvityksissä oli ilmanvaihdon osalta ainoastaan ilmavirtojen tarkastusmittauspöytäkirja (Peltityöt Kuula Oy, 16.5.2018). Mittaukset oli tehty tiloista 176, 178, 180, 181, 184a ja 184b. Mitatut ilmavirrat vastasivat suunniteltua ja olivat riittävät tilojen nykyisessä käyttötarkoituksessa.

Ilmanvaihtosuunnitelmista havaittiin, että peruskorjatun osan likaisten tilojen (WC:t, pesutilat) ilmanvaihtokone TK3 oli yhdistetty luokkatilojen ilmanvaihtokoneen TK1 ulkoilma- ja tuloilmakanavistoon. Ratkaisu on tehty todennäköisesti siksi, että sen avulla likaisten tilojen ilmanvaihtokoneen tuloilmaa voidaan jakaa koko ilmanvaihdon palvelualueelle. Tästä voi olla hyötyä rakennuksen käyttöajan ulkopuolella, mutta ilmanvaihtotekniikassa eri koneiden yhdistäminen yhteisillä kammioilla tai kanavilla on riskiratkaisu etenkin, jos koneiden ilmavirtoja säädetään erikseen. Ongelmia (esim. pumppaus, säädön huojuunta) voi syntyä myös käyttämällä rinnakkaisia tai peräkkäisiä puhaltimia ilmanvaihtojärjestelmässä. Tuloilmakanavien yhdistämisestä syntyy riski epäpuhtauksien ja hajujen leviämiseen likaiselta puolelta puhtaalle puolelle. Likaisten tilojen lämmöntalteenotto oli toteutettu levylämmönsiirtimellä. Levylämmönsiirtimillä varustetut ilmanvaihtokoneet voivat vuotaa likaista poistoilmaa tuloilmaan. Suunnitelmien teknisen erittelyn mukaan tälle sallitaan 3 % vuoto mittauspaineella eli vuotoa voi esiintyä jonkin verran.

Ilmanvaihtokonehuoneista puuttuu jatkuva ilmanvaihto. Ilmanvaihtoa tapahtuu ilmanvaihtokoneiden vaipan vuotojen kautta, mutta se ei ole oikea tapa konehuoneiden ilman laadun parantamiseen.

Testaustulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Eurofinsin kirjallisella luvalla.

Voimistelusalin ilmanvaihdon ohjaus oli suunniteltu huonelämpötilan mukaan ohjattavaksi. Tämä ei ole välttämättä toimiva tapa silloin, kun sali ei ole täynnä ihmisiä eli lämpökuormaa, mutta lisäilmanvaihdolle olisi tarvetta.

Ilmanvaihtokonekohtaiset ilmavirrat ja käyntiajat

Peruskorjatun puolen ilmanvaihtokoneiden kokonaisilmavirrat mitattiin puhaltimien mittausyhteistä. Mitatut ilmavirrat esitetään taulukossa 5. Taulukossa 6 esitetään ilmanvaihtokoneiden käyntiajat.

Opetustilojen ilmanvaihtokoneen (TK1) tuloilmavirta oli 10 % suunniteltua suurempi ja poisto 12 % suunniteltua pienempi. Tuloilmavirran suhde poistoilmavirtaan oli 103 %. Suunniteltu ilmavirtasuhte oli 80 %. Pienempää poistoilmavirtaa tasaa likaisten tilojen (TK3) suunniteltua suurempi poistoilmavirta.

Voimistelusalin ilmanvaihtokoneen TK2 ilmavirrat mitattiin minimiteholla (3/8), jolla kone yleisimmin käy. Ilmanvaihtoa ohjataan huonelämpötilan mukaan: huonelämpötilan noustessa säätöpellit aukeavat ja ilmavirrat suurenevät. Tuloilmavirta oli 68 % ja poisto 62 % suunniteltua pienempi. Tuloilmavirran suhde poistoilmavirtaan oli 85 % eli voimistelusalin oli alipaineinen. Ilmavirrat oli suunniteltu tasapainoon.

WC- ja pesutilojen ja muiden likaisten tilojen ilmanvaihtokoneen TK3 tuloilmavirta oli 14 % ja poisto 37 % suunniteltua suurempi. Tuloilmavirran suhde poistoilmavirtaan oli 83 %. Ilmavirrat oli suunniteltu tasapainoon. TK3:n tuloilma jaetaan TK1:n tuloilmakanaviston kautta.

Kolmen ilmanvaihtokoneen yhteenlasketut ilmavirrat ovat melko hyvin tasapainossa. Koko korjatun alueen ilmanvaihto on suositusten mukaisesti hieman alipaineinen, ilmavirtasuhte on 96 %. Ilmanvaihtokoneiden TK1 ja TK3 yhteenlasketut ilmavirrat ovat vielä tätäkin paremmin tasapainossa.

Ilmanvaihtokoneiden ilmavirtojen mittausyhteet suositellaan varustettaviksi sähköisillä painemittareilla, jotka liitetään rakennusautomaatiojärjestelmään. Tällä tavalla ilmanvaihdon riittävyttä ja tasapainoa voidaan seurata ja varmistaa ilmanvaihdon toimivuus. Eri ilmanvaihtokoneiden (erillispoistot mukaan lukien) palvelualueet tulisi merkitä rakennuksen pohjakuviin (palvelualuekartta), jotta mahdolliset ilmanvaihtoon liittyvät korjaustoimenpiteet on helppo kohdistaa oikeisiin kohtiin järjestelmässä.

Taulukko 5. Ilmanvaihtokoneiden mitatut kokonaisilmavirrat ja säätöasetukset.

Ilmanvaihtokone	Suunniteltu				Mitattu tuloilma- virta, m³/s	Toiminta-			Mitattu poistoilma- virta, m³/s	Toiminta-			Mitattu Ilmavirtasuhde (tulo/poisto)
	tuloilma- virta, m³/s	poistoilma- virta, m³/s	erillispoistot, m³/s 4)	ilmavirtasuhde (tulo/poisto)		Ero suun- niteltuun m³/s	%	piste Hz/%		Ero suun- niteltuun m³/s	%	piste Hz/%	
TK1 1) (opetustilat)	2,800	-3,500		80 %	3,090	0,290	10 %	48/87	-2,990	-0,510	-15 %	39/77	103 %
TK2 (liikuntasali)	2,200	-2,200		100 %	0,710	-1,490	-68 %	21/42 2)	-0,840	-1,360	-62 %	25/44 2)	85 %
TK3 (WC:t ja likaiset tilat)	0,700	-0,700		100 %	0,800	0,100	14 %	100 %	-0,960	0,260	37 %	100 %	83 %
TK203 3) (ruokala)													
TK204 3) (opetustilat, WC:t)	1,700	-1,400	-0,300										
TK205 3) (opetustilat)	2,000	-1,300	-0,800										
Yhteensä (ilman TK203- TK 205 ilmavirtoja)	5,700	-6,400		89 %	4,600	-1,100	-19 %		-4,790	-1,610	-25 %		96 %

1) TK 1 tuloilmavirrat esitetään ilman TK3:n tuloilmavirran osuutta, joka jaetaan TK1:n tuloilmapuhaltimen ja -kanaviston kautta.

2) TK2 liikuntasalin ilmanvaihtokone kävi mittaushetkellä minimiteholla.

3) Ilmanvaihtokoneiden TK203 - TK 205 kokonaisilmavirtoja ei mitattu. Niiden palvelualueilta mitattiin tilakohtaisia ilmavirtoja.

4) Rakenteiden erillispoistoja ei oteta huomioon ilmanvaihdoissa.

Taulukko 6. Ilmanvaihtokoneiden käyntiajat.

Ilmanvaihtokone	Käyntiaika
TK 1	arkisin klo 5 – 22 nopea, muulloin hidas
TK 2	arkisin klo 7 - 22, la ja su klo 7 - 17 nopea, muulloin hidas
TK 3	aina päällä
TK 203	arkisin klo 5 – 22 nopea, muulloin hidas
TK 204	aika päällä
TK 205	aina päällä

Ilmanvaihtokoneiden paine-erot ja lämpötilat

Taulukossa 7 esitetään LTO:n paine-erot. Ilmanvaihtokoneessa TK204 paine-ero on reilusti väärinpäin LTO-roottorin yli ja epäpuhtauksia sisältävää poistoilmaa kulkeutuu tuloilmaan. Myös muissa ilmanvaihtokoneissa kulkeutuminen on mahdollista etenkin suodattimien likaantuessa ja paine-erojen muuttuessa. Ilmanvaihtokoneessa TK1 poistoilmapuolen paine-ero vaihteli mittauksen aikana, joten säätöautomaation toiminta tulee tarkistaa (PDTI 10.1). Likaisten tilojen ilmanvaihtokoneessa (TK3) paine-ero on suuri ja oikeasuuntainen, joten epäpuhtauksien kulkeutuminen on epätodennäköistä, mutta aikaisempien kokemusten perusteella se ei ole mahdotonta. Paine-eroa voidaan säätää paremmaksi lisäämällä poistoilmapuolelle painehäviötä ennen LTO:a. LTO:n poisto- ja tuloilmapuolen välille suositeltavaa asentaa paine-eron mittaus.

Ilmanvaihdon jäteilman sisältämiä epäpuhtauksia voi kulkeutua myös ulkokautta sisään otettavaan ulkoilmavirtaan. Ulospuhallusten ja sisäänottojen väliset etäisyydet olivat riittäviä, kun niitä verrataan määräysten ohjearvoihin. Ulkoilman sisäänottoon voi kulkeutua myös viemärikaasuja katolla olevista tuuletusviemäreistä. Katolla olevien tuuletusviemäreiden (12 kpl) etäisyys ulkoilman sisäänotoista ei kaikkien osalta täyttänyt määräysten etäisyysvaatimuksia (8 m). Huoltomieheltä saadun tiedon ja katolla tehdyn tarkastuksen mukaan tuuletusviemäreiden päähän on lisätty aktiivihiilisuolettimet. Suodattimien toimintaa ei pystytty tarkastamaan, mutta yleensä tehokas aktiivihiilisuolettus edellyttää paksua hiilikerrosta, jonka läpi ilma virtaa ja josta syntyy suuri painehäviö. Mikäli

Testaustulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Eurofinsin kirjallisella luvalla.

aktiivihiihtisuodatus kuristaa tuuletusviemäriä liikaa, puutteellinen tuuletus saattaa imeä vesilukkoja tyhjäksi samassa viemäriinijassa.

Suodattimien paine-erojen mittauksessa on epätarkkuutta. Mittauslaitteiden nollakohdat on syytä tarkistaa ja nollata. Pääosin nollapaine-erolla näyttämät olivat alle 5 Pa, mutta TK2:n poistoilmasuodattimen +22 Pa ja TK3:n tuloilmasuodattimen +31 Pa. Nollausten säännöllinen tarkistus tulee lisätä huolto-ohjelmaan.

Taulukossa 8 esitetään ilmanvaihtokoneista mitatut lämpötilat.

Automaatiojärjestelmästä saatiin ilmanvaihdon mittaustietoja arvioitavaksi siten, että oleellimmat tiedot olivat kanavapaineen mittausten historiatiedot koneilta TK1 ja TK2, sekä kaikilta koneilta ilman lämpötilat (tulo-, poisto- ja raitisilmat). Automaation mittaushistoriaa tarkasteltiin kuukauden ajanjaksolla 12.12.2018 – 12.1.2019.

Tuloilman lämpötilan asetusarvo on kaikilla koneilla noin 19 °C ja se saavutetaan hyvin, paitsi WC-tilojen koneella TK3. TK3:n tuloilman lämpötila jää kuukauden tarkastelujaksolla keskimäärin 9,7 °C:een, asetusarvon ollessa 18 °C. Minimi mitattu tuloilman lämpötila koneella TK3 oli 4,0 °C ja maksimi 12,8°C. Koneella on levylämmönsiirtimeen perustuva lämmöntalteenotto, mutta ei erillistä lämmityspatteria.

TK1:n ja TK2:n painemittausten perusteella koneet saavuttavat kanavapaineiden asetusarvot hyvin ja käyntiajoissa ei ole huomauttamista. TK1 käy normaaliteholla arkin klo 5:00-22:00 ja normaalitehoa huomattavasti pienemmällä teholla arki-öisin ja viikonloppuisin. TK2 käy lähes yhtäjaksoisesti koko seurantakuukauden, mutta pieni vuorokausivaihtelu on mittauksista havaittavissa ja kone käy normaaliteholla klo 5:00-22:00 viikonloppu vaikuttaa koneen käyntiin siten, että se pienentää tehoa jo aikaisemmin, klo 17:00. Ilmanvaihtokoneen TK2 LTO:n tehon heikentäminen menee päälle pakkasillakin. Tämä viittaa tuloilman lämpötilansäädön epätarkoituksen mukaiseen toimintaan, joka on syytä korjata. LTO:n heikentämisen jälkeen LTO ja lämmityspatteri menevät jälleen päälle. LTO:n heikennys lämmityskaudella tulisi estää.

Taulukko 7. Ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenoton lämmönsiirtimien paine-erot poistoilmapuolelta tuloilmapuolelle.

Ilmanvaihtokone	Paine-ero ennen LTO:a poistoilmapuolella, Pa	Paine-ero LTO:n jälkeen tuloilmapuolella, Pa	Paine-ero LTO:n poistoilmapuolen ja tuloilmapuolen välillä, Pa ¹⁾
TK1 (opetustilat)	-325 (vaihtelee)	-330	-30...+5 (vaihtelee)
TK2 (liikuntasali)	-57	-55	-1
TK3 (WC:t ja likaiset tilat)	-515	-420	-95
TK203 (ruokala)			Ei LTO:a
TK204 (opetustilat, WC:t)	-170	-305	+135
TK205 (opetustilat)	-288	-275	-13
1) Paine-ero LTO:n poistoilmapuolen ja tuloilmapuolen välillä. Kun paine-ero on +merkkinen, poistoilmaa ja sen sisältämiä epäpuhtauksia voi virrata tuloilmaan. Regeneratiivisessa LTO:ssa epäpuhtauksia voi kulkeutua myös kondenssiveden mukana, lämmönsiirtimeen sisällä (carry over) ja lämmönsiirtimeen pinnoilla.			

Testaustulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Eurofinsin kirjallisella luvalla.

Taulukko 8. Ilmanvaihtokoneiden lämpötilat.

Ilmanvaihtokone	Tuloilman lämpötila, °C	Poistoilman lämpötila, °C	Jäteilman lämpötila, °C	Ulkoilman lämpötila, °C
TK 1	19,0	21,2	5,3	0,2
TK 2	15,0	20,3	8,7	0,2
TK 3	11,2	20,5	8,7	0,0
TK 203	19,4	-	-	0,0
TK 204	19,1	19,4	-	-0,1
TK 205	19,4	18,8	-	0,0

Ilmanvaihtojärjestelmän kunto ja puhtaus

Ilmanvaihtokoneet olivat pääosin hyvässä käyttökunnossa. Koneiden sisäpinnan olivat puhtaat, lukuun ottamatta ennen suodatinta olevia poistoilmapuolen äänenvaimentimia, jotka tulee puhdistaa säännöllisesti. Suositeltavaa olisi, että suodatin olisi ennen äänenvaimentimia. Suodattimien nykyinen vaihtoväli on saadun tiedon mukaan yksi vuosi. Suodattimien vaihto suositellaan tehtäväksi kaksi kertaa vuodessa, jonka lisäksi suodattimien kuntoa ja puhtautta tulisi tarkastella muulloinkin ja tarvittaessa uusia. LTO-roottoreiden hihnat olivat hyvässä kunnossa. Harjatiivisteet olivat osittain kuluneita. Kulumista voi pienentää rihtaamalla roottorit suoraan. Tiivisteiden suositeltu uusimisväli on 3 – 5 vuotta. Tiivisteiden kuntoa on syytä seurata.

Ilmanvaihtokoneiden TK 204 ja TK 205 ulkoilmakammiossa on likaa ja roskia sekä jonkin verran pakkaslunta. Lika ja roskat tulee puhdistaa kammioista säännöllisesti.

Ilmanvaihtokanavistossa olevat palopellit olivat tarkastuksen mukaan auki.

Ilmanvaihtokoneiden ja konehuoneiden viemärointi ei ollut kunnossa. Viemäriin hajua oli kaikissa konehuoneissa. Konehuoneiden viemäroinnin säännöllinen huolto tulee lisätä huolto-ohjelmaan. Päätehtävät ovat lattiakaivojen ja vesilukkojen puhdistus ja vesitys. Peruskorjatun osan konehuoneessa (TK1 ja TK3) oli öljyn hajua katselmuksessa. Tilassa oli avoin öljyastia, joka oli poistettu ennen varsinaista tarkastuskäyntiä. Voimistelusalin ilmanvaihtokonehuoneessa lattiakaivo oli virheellisesti ilmanvaihtokoneen alla. Lattiakaivoa on lähes mahdoton huoltaa. Lisäksi lattiakaivo oli teipattu umpeen. Tämä viittaa pitkäaikaiseen viemärihajuongelmaan. Myös uuden puolen konehuoneessa (TK204 ja TK205) hausi viemäri.

Ilmanvaihtokonehuoneisiin on syytä lisätä jatkuvasti toimiva ilmanvaihto, jolla varmistetaan tilan hyvä ilman laatu ja estetään epäpuhtauksien ja hajujen kulkeutuminen järjestelmän vuotokohtien kautta tuloilmaan.

Opetustilan 263 tuloilmakanavassa havaittiin suutinkanavan pohjalla epäpuhtauksia, jotka eivät olleet tavanomaista huonepölyä. Epäpuhtaudet tulee poistaa. Muualla kanavistot ja päätelaitteet olivat puhtaita. Laajennusosan opetustiloissa tuloilma ja poistoilmalaitteina olivat säleiköt käytävää vasten olevilla seinillä. Tilassa 125 tuloilmakanava ei jatkunut seinän sisäpinnan tasolle vaan jäi seinän sisälle mineraalivillakerrokseen. Koska tuloilmalaitteen liitos ei ollut tiivis, mineraalivillakuidut voivat levitä vuotoilmavirtausten vaikutuksesta tiloihin. Kaikki tulo- ja poistoilmasäleikköjen liitokset tulee tarkistaa ja korjata niin, että ilmaa ei vuoda seinän sisälle.

Siivouskomeron 157 hiekanerotuskaivon kautta tullut erittäin voimakas viemäriin haju tuntui voimakkaalta vielä ilmanvaihtokoneen TK 3 sisällä, vaikka siivouskomeron ilman osuus poistoilmasta oli vain noin 4 %. Myös muiden kuin konehuonetilojen viemärointi pitää

huoltaa säännöllisesti. Siivouskomeron poistoilma imettiin pääosin lattiakaivon kautta. Siivouskomeron ovesta puuttui ovirako tai muu siirtoilmareitti. Sitä ei ollut suunnitelmassa. Oveen on lisättävä riittävän suuri ovirako tai siirtoilmasäleikkö. Korjaussuunnitelmien mukaan oviraon (OR) tulee olla 20 mm. Myös muissa pelkällä poistoilmalaitteella varustetuissa tiloissa (WC:t ym.) suunniteltujen ovirakojen suuruus vaihteli. Osa raoista oli liian pieniä. Oviraot tulee tarkistaa ja tarvittaessa suurentaa rakoa ovea lyhentämällä tai kynnysmuutoksilla siirtoilmavirtaa vastaavaksi. Yleensä 20 – 30 mm ovirako riittää. Painehäviöksi suositellaan alle 2 Pa ja vapaan aukon virtausnopeudeksi enintään 1 m/s.

Tilakohtaiset ilmanvaihdon ilmavirrat

Tilakohtaisten ilmavirtojen mittaustulokset esitetään kokonaisuudessaan liitteessä 2.

Ilmavirrat (taulukko 9) mitattiin kaikkiaan 26 tilasta, joista 14 oli ensimmäisessä ja 12 toisessa kerroksessa. Näistä seitsemässä tilassa mitattujen ja suunniteltujen ilmavirtojen välinen poikkeama on merkittävä ainakin toisen ilmavirran osalta (merkitty taulukkoon punaisella). Näissä tiloissa ilmavirrat tulee säätää uudelleen. Muiden mitattujen ilmavirtojen osalta poikkeamat suunnitteluarvoihin olivat alle 20 %. Ilmavirrat, joiden poikkeama oli alle 10 % tai ilmavirtojen epätasapaino oli mittausten mukaan merkityksettömän pieni, on merkitty taulukkoon vihreällä. Näiden tilojen osalta ei ole tarvetta ilmanvirtojen uudelleen säätöön tai tasapainotukseen. Muut (värjäämättömät) mitatut ilmavirrat vastaavat suuruusluokaltaan suunnitteluarvoja, mutta ilmavirrat ovat epätasapainossa. Näiden osalta suositellaan ilmavirtojen tasapainottamista lisäämällä vajaaksi jäänyttä ilmavirtaa.

Ilmavirtojen lisäksi mitattiin huoneiden paine-eroja suhteessa käytävään. Tulosten mukaan pääosa huoneista oli hieman ylipaineisia käytävään verrattuna. Paine-erot olivat kuitenkin pieniä, enimmillään 2 Pa. Pienet paine-erot viittaavat siihen, että tilat eivät ole ilmatiiviitä muihin sisätiloihin verrattuna. Epäpuhtaudet voivat kulkeutua epätiiviyiskohtien kautta tilasta toiseen.

Taulukko 9. Mitatut tilakohtaiset ilmanvaihdon ilmavirrat. Paine-erot käytävään ovat kertamittauksia ja suuntaantavia.

Tila	Suunniteltu, dm ³ /s		Mitattu, dm ³ /s		Poikkeama suunnitteluarvosta, dm ³ /s		Paine-ero käytävään, Pa
	Tulo	Poisto	Tulo	Poisto	Tulo	Poisto	
125 opetustila	120	-120	141	-114	18 %	-5 %	0
126 opetustila	120	-120	104	-85	-13 %	-29 %	1,5
152 taideaineet 1)	180	-113	205	-109	14 %	-4 %	0
153 taideaineet varasto	-	-10	-	-10	-	0 %	
154 taideaineet varasto	-	-10	-	-11	-	10 %	
156 taideaineet varasto	20	-20	37	-21	85 %	5 %	
161 opetustila	264	-264	265	-260	0 %	-2 %	2
162 opetustila	180	-180	180	-180	0 %	0 %	
176 ryhmähuone	54	-54	34	-55	-37 %	2 %	2
178 wc	-	-20	-	-22	-	10 %	
180 wc	-	-20	-	-21	-	5 %	
181 sisääntuloeteinen	68	-28	40	-25	-41 %	-11 %	
184a ryhmähuone	64	-64	61	-62	-5 %	-3 %	
184b ryhmähuone	64	-64	57	-63	-11 %	-2 %	

1) yksi poistoilmalaite puuttuu suunnitelluista ja mitatuista ilmavirroista.

203 opetustila	120	-120	109	-88	-9 %	-27 %	1,5
204 opetustila	120	-120	125	-106	4 %	-12 %	0
205 opetustila	120	-120	102	-114	-15 %	-5 %	-1,5
209 kanslia	20	-20	15	-23	-25 %	15 %	
210 rehtori	34	-34	30	-36	-12 %	6 %	
231 opetustila	120	-120	120	-101	0 %	-16 %	0
234 opetustila	120	-120	122	-94	2 %	-22 %	0
259a terv.hoit/lääkäri	63	-63	63	-61	0 %	-3 %	1,7
260a tsto	36	-36	38	-35	6 %	-3 %	1,6
263 opetustila	183	-183	182	-188	-1 %	3 %	
264 opetustila	183	-183	176	-193	-4 %	5 %	
277 opetustila	168	-168	169	-171	1 %	2 %	

Paine-erot rakennuksen vaipan yli

Vaipan paine-eroja mitattiin kertamittauksina ja neljän viikon seurantajaksolla. Mitatut paine-erot olivat melko pieniä. Tilat 184b ja 263 olivat 5 – 6 Pa alipaineisia ulkoilmaan verrattuna. Tila 231 oli keskimäärin 0 – 1 Pa ylipaineisia ulkoilmaan verrattuna. Opetustilojen ali- ja ylipaineisuus johtui tilakohtaisten ilmavirtojen epätasapainosta, koska kokonaisilmavirrat olivat tasapainossa.

Voimistelusalin alla olevan alustatilan paine-eroa mitattiin pukuhuoneen puoleisen seinän yli kulkuoven kautta 2.-4.1.2019. Seurantajakson aikana paine-ero vaihteli 20...53 Pa välillä ja keskiarvo mittausjakson aikana oli 27 Pa. Paine-ero oli tasainen kahta yksittäistä piikkiä lukuun ottamatta. Alustatilan ilma oli selvästi alipaineinen pukuhuoneeseen (ja muihin ympäröiviin tiloihin nähden). Alustatilan alipaineistusta hoitaa kaksi huippuimuria, joista toinen oli epäkunnossa seurantajakson aikana. Huippuimurin korjaus oli tilattu.

1. kerroksen päädyssä luokkien 161-163 käytävän alla oleva putkikanaali oli hetkellisen paine-eromittauksen perusteella myös alipaineinen suhteessa käytävän ilmaan. Kulkuluukun kautta tehdyn paine-eromittauksen (4.1.2019) perusteella putkikanaali oli noin 19 Pa alipaineinen.

Ilmanjaon tehokkuus

Ilmanjaon tehokkuutta tutkittiin pistokokein eri tiloissa. Tulokset esitetään taulukossa 10. Pääosin ilmanvaihdon tehokkuus oli riittävä. Pieniä puutteita oli lähinnä tuloilman puhallusalueen ulkopuolella tilojen reuna-alueilla. Tehokkuutta suositellaan parannettavaksi tuloilman sisäänpuhalluksen suuntauksella. Sisääntuloeteisen 181 käytävän ilmanvaihdon tehokkuuden parantaminen edellyttää tuloilmalaitteen asentamista käytävään.

Siirtoilmareitit vaikuttavat myös ilmanvaihdon tehokkuuteen ja ne olivat pääosin kunnossa. Siivouskomeron (157) lisäksi muun muassa joidenkin WC-tilojen ovissa ei ollut riittävän suurta ovirakoa. Tämä heikentää tilojen ilmanvaihdoin tehokkuutta, kun ovi on kiinni. Voimistelusalin yläosan aukon sulkemisen vaikutusta ilmanvaihdon tehokkuuteen ei tutkittu yksityiskohtaisesti, mutta sillä ei ole todennäköisesti kovin suurta vaikutusta, koska voimistelusalin yläosan ilmatila ei aukon takia suurene merkittävä. Yläosan aukolla voi olla pieni merkitys ilmanvaihdon tehokkuuteen silloin, kun tuloilma on hyvin viileää ja salin alaosan ilmanvaihto toimii syrjäyttävän ilmanvaihdon periaatteella.

Mitattu tuloilman lämpötila oli oleskelutiloissa noin 19 - 20 °C.

Taulukko 10. Ilmanvaihdon tehokkuus tutkituissa tiloissa.

Tila	Ilmanvaihdon tehokkuus	Toimenpide-ehdotukset
161 Opetustila 28 h	Tuloilmasuutinkanavien (3 kpl) alla ilmanvaihdon tehokkuus oli hyvä. Ikkunaseinän vieressä keskellä hyvä, mutta päädyissä huono. Käytäväseinän vieressä huono päätyosia lukuun ottamatta. Tilassa olevat kattopalkit vaikuttavat tuloilman virtaukseen. Ilma oli hieman tunkkainen.	Ilmanjakoa voidaan parantaa suuntaamalla reunimmaisista tuloilmasuuttimista ikkuna- ja oviseinää kohti.
162 Opetustila 44 h	Tuloilmasuutinkanavien (2 kpl) alla ilmanvaihdon tehokkuus oli hyvä. Ikkuna- ja käytäväseinän vieressä huono. Oven puoleisen päätyseinän vieressä tyydyttävä. Tilan keskellä oleva kattopalkki vaikuttaa tuloilman virtaukseen. Ilma oli hieman tunkkainen.	Ilmanjakoa voidaan parantaa suuntaamalla reunimmaisista tuloilmasuuttimista ikkuna- ja oviseinää kohti.
153 Taideaineet 44 h	Tuloilmasuutinkanavien (2 kpl) ja tuloilmalaitteen alla ilmanvaihdon tehokkuus oli hyvä. Varastosyvennyksessä (pesuallas) huono.	Ilmanjakoa voidaan parantaa suuntaamalla keskiosan tuloilmasuuttimista syvennystä kohti. Mitatut ilmavirrat epätasapainossa.
184a Ryhmähuone 15 h 184b	Tuloilmalaitteen alla ilmanvaihdon tehokkuus oli hyvä. Tuloilmalaitteen yläpuolella ilma ei liikkunut. Tuloilmalaitteen alla ilmanvaihdon tehokkuus oli hyvä. Tuloilmalaitteen yläpuolella ilma ei liikkunut.	- -
181 Sisääntulooteinen	Avotilassa ilmanvaihdon tehokkuus oli hyvä. Sisälle johtavassa käytävässä huono, ilma ei liikkunut lainkaan.	Käytävän ilmanvaihdon tehokkuuden parantaminen edellyttää ylimääräisen tuloilmalaitteen asentamista käytävän kattoon.
176 Ryhmähuone 8 h	Keskellä huonetta ilmanvaihdon tehokkuus oli hyvä. Ikkunaseinän vieressä huono. Lisäksi ilma seisoo alakaton alapuolella.	Katossa oleva tuloilmalaite on nurkassa ja kaapin päällä. Sijainti ei ole paras mahdollinen ilman jaon kannalta. Myös alakaton reuna vaikuttaa virtauksiin.
277 Opetustila 28 h	Opettajan seinältä huoneen puoleenväliin ilmanvaihdon tehokkuus oli hyvä. Toisen puolen päätyseinän luona tehokkuus oli heikentynyt ja oviseinän puolella huono.	Tuloilmavirta takaseinän päädyssä tulee tarkistaa ja suuttimia suunnattava uudelleen ilman jaon tehostamiseksi.
263 Opetustila 28 h	Tuloilmasuutinkanavien (2 kpl) alla ilmanvaihdon tehokkuus oli tyydyttävä. Ilman virtausnopeus oli pienempi kuin muissa vastaavissa opetustiloissa. Ikkuna- ja oviseinän vieressä tehokkuus oli huono. Ilma oli hieman tunkkainen.	Tuloilmavirrat tulee tarkistaa ja suuttimia suunnattava uudelleen ilman jaon tehostamiseksi.

Tila	Ilmanvaihdon tehokkuus	Toimenpide-ehdotukset
260a Tsto 8 h	Ilmanvaihdon tehokkuus oli hyvä.	-
259a Terv.hoit./ Lääkäri 2 h	Ilmanvaihdon tehokkuus oli hyvä.	-
291 Voimistelusal	Tuloilmakanavista 3/8 oli käytössä. Käytössä olleiden tuloilmakanavien alla ilmanvaihdon tehokkuus oli hyvä. Kanavissa olevat suuttimet puhalsivat alilämpöisen tuloilman tehokkaasti lattian tasolle asti. Ilma liikkui riittävästi myös kiinni olevien tuloilmakanavien alla.	-
125 Opetustila	Ilmanvaihdon tehokkuus oli hyvä. Ilma jaettiin ja poistettiin käytäväseinän yläosasta säleikköjen kautta.	Ilmanvaihdon ilmavirrat epätasapainossa.
126 Opetustila	Ilmanvaihdon tehokkuus oli hyvä. Pesualtaan puoleisen seinän nurkissa tyydyttävä. Ilma jaettiin ja poistettiin käytäväseinän yläosasta säleikköjen kautta.	Ilmanvaihdon ilmavirrat suunniteltua pienemmät, etenkin poistoilmavirta
129 Tekninen työ	Ilmanvaihdon tehokkuus oli kuumakäsittelyn puoleisessa osassa hyvä ja konesalin puolella tyydyttävä. Keskellä salia tehokkuus oli huono (ei tuloilmaa). Tilan ilmassa oli puun tuoksua, mutta ilma oli muutoin laadultaan hyvä. Tilojen 130, 132 ja 136 ilman laatu oli hyvä eivätkä ne olleet epäpuhtauslähteitä.	Salin keskiosan ilmanvaihdon tehokkuutta tulee parantaa lisäämällä siihen tuloilman sisäänpuhallus.
203 Opetustila	Ilmanvaihdon tehokkuus oli hyvä tuloilman puhalluskohtien kohdalla tilan keskellä ja ikkunaseinän vieressä. Pesualtaan puoleisen seinän vieressä tyydyttävä. Käytäväseinän puolella tehokkuus oli huono. Ilma jaettiin ja poistettiin käytäväseinän yläosasta säleikköjen kautta.	Ilmanvaihdon ilmavirrat suunniteltua pienemmät, etenkin poistoilmavirta.
204 Opetustila	Ilmanvaihdon tehokkuus oli hyvä tuloilman puhalluskohtien kohdalla tilan keskellä ja ikkunaseinän vieressä. Pesualtaan puoleisen seinän vieressä tyydyttävä. Käytäväseinän puolella tehokkuus oli huono. Ilma jaettiin ja poistettiin käytäväseinän yläosasta säleikköjen kautta.	Poistoilmavirta hieman suunniteltua pienempi.
205 Opetustila	Ilmanvaihdon tehokkuus oli hyvä tuloilman puhalluskohtien kohdalla tilan keskellä ja ikkunaseinän vieressä. Pesualtaan puoleisen seinän vieressä tyydyttävä. Käytäväseinän puolella tehokkuus oli huono. Ilma jaettiin ja poistettiin käytäväseinän yläosasta säleikköjen kautta.	Ilmanvaihdon ilmavirrat hieman suunniteltua pienemmät.
231 Opetustila	Ilmanvaihdon tehokkuus oli hyvä. Ilma jaettiin ja poistettiin käytäväseinän yläosasta säleikköjen kautta.	Poistoilmavirta hieman suunniteltua pienempi.
234 Opetustila	Ilmanvaihdon tehokkuus oli hyvä tilan keskellä ja ikkunaseinän vieressä. Oven ja takaseinän puolella tehokkuus oli tyydyttävä.	Ilmanvaihdon ilmavirrat suunniteltua pienemmät, etenkin poistoilmavirta.
210 Rehtori	Ilmanvaihdon tehokkuus oli hyvä työpöydän alueella ja tyydyttävä neuvottelupöydän alueella.	Tuloilman uudelleensuuntaus. Ilmavirrat hieman epätasapainossa.

Yhteenveto ja toimenpide-ehdotukset

Rakenteet

Pintakosteusilmaisimella tehdyn kosteuskartoituksen ja viiltomittauksena tehtyjen kosteusmittausten perusteella lattiarakenteiden päällysteen alla oleva kosteustaso on alhainen sekä alapohja- että välipohjarakenteissa tutkituissa tiloissa. Alapohjarakenteiden kosteusrasitusta ja kuntoa tutkittiin myös rakenneavauksilla peruskorjatulla osalla. Rakenneavausten perusteella alapohjarakenteessa ei ole kosteudelle herkkiä materiaaleja eikä alapohjarakenteen sisällä ollut poikkeavia merkittäviä hajuja.

Rakenteiden ilmanpitävyydessä havaittiin paikallisia ilmavuotokohtia ulkovaipparakenteiden läpi. Vaipparakenteiden läpi ei suositella tulevan merkittävästi ilmaa sisätiloihin, koska rakenteiden toisella puolella on vanhoja ulkoilmaa vasten olevia lämmöneristeitä, joihin usein kertyy ulkoilmasta peräisin olevia epäpuhtauksia. **Havaitut puutteet rakenteiden ilmanpitävyydessä suositellaan korjaamaan** parantamalla läpivientien ja liitosten ilmatiiviyttä erillisen suunnitelman mukaan.

Sisäilmanäytteet

Sisäilman VOC- yhdisteiden pitoisuudet olivat alhaiset ja vastasivat tavanomaisesti vastaavissa tiloissa mitattua tasoa. Tuloilman pitoisuudet olivat n. 50-75% sisäilman pitoisuudesta. Tuloilmassa todettiin samoja yhdisteitä kuin sisäilmassa, mm. asetofenonia ja bentsoehappoa. Tuloilman VOC-lähteitä ovat tyypillisesti ulkoilma sekä ilmanvaihtojärjestelmän osat (suodattimet, äänenvaimentimet). Lisäksi ilmanvaihtojärjestelmän kautta voi sisäilmaan joissakin tapauksissa palautua likaista poistoilmaa.

Aistinvaraisen arvioinnin perusteella tiloissa todettiin erilaisia hajuja, mm. pesuaineen ja irtaimiston hajua. Tilojen hajuja ei kuitenkaan arviointihetkellä pidetty epätavanomaisina. Rakenteiden ja rakennusmateriaalien merkitystä hajuihin voidaan arvioida luotettavasti ainoastaan tyhjentämällä tilat irtaimistosta.

Ilmanvaihtojärjestelmä

Tutkimuksen päätuloksena on arvio ilmanvaihtojärjestelmän kunnosta ja toimivuudesta, sekä arvio ilmanvaihdon vaikutuksesta mahdollisiin sisäilmaongelmiin. Ilmanvaihtojärjestelmää ei ollut asiakirjojen mukaan tutkittu aikaisemmin.

Tuloilman puhtaus.

Poistoilman epäpuhtaudet voivat kulkeutua tuloilmaan ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenotossa (LTO) tai ulkokautta katolla. Ilmanvaihtokoneessa TK204 koneen sisäinen paine-ero oli sellainen, että **epäpuhtauksien kulkeutuminen LTO:n kautta** on todennäköistä. Myös muissa koneissa kulkeutuminen on joissain paineolosuhteissa mahdollista. Ilmanvaihtokoneiden (etenkin TK204) paine-eroa suositellaan säädettäväksi niin, että poistoilmapuolelle lisätään painehäviötä ennen LTO:a. Paine-eron tulee olla niin suuri, ettei suodattimien likaantuminen ja niiden painehäviön kasvu käänneä paine-eroa haitalliseksi. LTO:n poisto- ja tuloilmapuolen välille suositeltavaa asentaa **sähköinen paine-eron mittaus** ja liittää se mahdollisine hälytyksineen rakennusautomaatiojärjestelmään. Ulkoilman sisäänottojen ja jäteilman ulospuhallusten välinen etäisyys katolla täytti rakentamismääräysten vaatimukset. Peruskorjatulla osan ilmanvaihdon ulkoilman sisäänotto oli toteutettu sisäänottopylväillä, jotka ainakin osittain sijaitsevat ulospuhallusta korkeammalla. Yleensä pyritään päinvastaiseen korkeuseroon.

Ulkoilman sisäänottoon voi kulkeutua myös viemärikaasuja katolla olevista **tuuletusviemäreistä**. Katolla olevien tuuletusviemäreiden (12 kpl) etäisyys ulkoilman sisäänotoista ei kaikkien osalta täyttänyt määräysten etäisyysvaatimuksia (8 m). Tuuletusviemäreiden päähän on lisätty aktiivihiihisuodattimia. Mikäli aktiivihiihisuodatus kuristaa tuuletusviemäriä liikaa, puutteellinen tuuletus saattaa imeä vesilukkoja tyhjäksi samassa viemäriinlinjassa. **Viemärien tuuletuksen** toimivuus tulee tarkistaa. Myös viemäreiden ja erityisesti tuuletusviemäreiden **kunto ja tiiviys** tulee selvittää esimerkiksi kuvauksella.

Ilmanvaihtokoneet olivat pääosin hyvässä käyttökunnossa. Suodattimien vaihto suositellaan tehtäväksi kaksi kertaa vuodessa nykyisen yhden kerran sijaan. Suodattimien likaantumista tulee seurata ja säätää vaihtoväliä ja –ajankohtaa sen mukaan. Ennen suodatinta olevat **poistoilmapuolen äänenvaimentimet** olivat pölyisiä ja ne on syytä puhdistaa säännöllisesti. **LTO-roottoreiden harjatiivisteet** olivat osittain kuluneita ja niiden kuntoa on syytä seurata ja uusia tiivisteet säännöllisin väliajoin. Ilmanvaihtokoneiden TK 204 ja TK 205 ulkoilmakammiossa on likaa ja roskaa sekä jonkin verran pakkaslunta. **Kammio tulee puhdistaa** kammiossa säännöllisesti. Ilmanvaihtokoneiden TK1 – TK3 ulkoilmakanavia ei pystytty tarkastamaan luukkujen puuttuessa.

Ilmanvaihtokoneiden ja konehuoneiden viemäröinti ei ollut kunnossa. Viemäriin hajua oli kaikissa konehuoneissa. Konehuoneiden viemäröinnin säännöllinen huolto tulee lisätä huolto-ohjelmaan. Voimistelusalin ilmanvaihtokonehuoneessa lattiakaivoa ei voida virheellisen sijainnin takia huoltaa. Ilmanvaihtokoneiden viemäreitä ei saa liittää kiinteästi viemäriputkistoon vaan vesilukon ja ilmapälin kautta lattiakaivon tai kaatoaltaan päälle.

Ilmanvaihtokonehuoneisiin on syytä lisätä jatkuvasti toimiva **ilmanvaihto**, jolla varmistetaan tilan hyvä ilman laatu ja estetään epäpuhtauksien ja hajujen kulkeutuminen järjestelmän vuotokohtien kautta tuloilmaan.

Opetustilan 263 tuloilmakanavassa havaittiin suutinkanavan pohjalla poikkeavia epäpuhtauksia, jotka tulee poistaa. Laajennusosan tilassa 125 tuloilmakanavan ja **tuloilmalaitteen** tiivistämättömässä **liitoskohdassa** on esillä **mineraalivillaa**. Kaikki tulo- ja poistoilmasäleikköjen liitokset tulee tarkistaa ja korjata niin, että ilmaa ei vuoda seinän sisällä eikä kuituja leviä tiloihin.

Siivouskomeron 157 hiekanerotuskaivon kautta tullut viemäriin haju oli erittäin voimakas siivouskomerossa, mutta myös ilmanvaihtokoneen TK 3 sisällä. Näin voimakasta viemäriin hajua ei ole aikaisemmin muissa kohteissa havaittu. Rakennuksen **viemärijärjestelmän ja tuuletuksen toimivuus** tulee varmistaa (ml. rasvanerotuskaivot ja liittyminen kunnalliseen viemäriverkkoon). Konehuonetilojen lisäksi myös muiden tilojen viemäröinti pitää huoltaa säännöllisesti. Lisäksi siivouskomeron ovesta **puuttui siirtoilmareitti**. Sitä ei ollut edes suunnitelmissa (myös viemärisuunnitelmissa oli epätarkkuuksia). Oveen on lisättävä riittävän suuri ovirako tai siirtoilmasäleikkö. Myös muissa pelkällä poistoilmalaitteella varustetuissa tiloissa (WC:t ym.) ovirakojen suuruus vaihteli. Ovirakojen suunnitelmien mukaisuus tulee tarkistaa ja tarvittaessa suurentaa rakoa ovea lyhentämällä tai kynnysmuutoksilla siirtoilmavirtaa vastaavaksi.

Ilmanvaihdon riittävyys

Peruskorjatun vanhan puolen ilmanvaihtokoneiden mitatut kokonaisilmavirrat poikkesivat jonkin verran suunnitteluarvoista ja olivat lisäksi epätasapainossa. Poikkeamisista huolimatta yhteenlaskettu ilmanvaihto vain noin 20 % suunniteltua pienempi ja varsin hyvin tasapainossa. Kokonaisilmavirtojen perusteella ilmanvaihdossa ei ole sellaisia puutteita, jotka aiheuttaisivat sisäilmaongelmia. Ilmanvaihtokoneiden ilmavirtojen

mittaukset suositellaan varustettaviksi **sähköisillä painemittareilla**, jotka liitetään rakennusautomaatiojärjestelmään. Tällä mahdollistetaan riittävän ilmanvaihdon ja ilmanvaihdon tasapainon ennakoiva seuraaminen, joka on sisäilman laadun kannalta tärkeää.

Kaikki Ilmanvaihtokoneet kävivät jatkuvasti vähintään pienennetyllä teholla. Normaaliikäytön aikataulut vastasivat hyvin tilojen käyttöä.

Eri ilmanvaihtokoneiden (erillispoistot mukaan lukien) palvelualueet tulisi merkitä rakennuksen pohjakuviin (palvelualuekartta), jotta mahdolliset ilmanvaihtoon liittyvät korjaustoimenpiteet on helppo kohdistaa oikeisiin kohtiin järjestelmässä.

Ilmanvaihtokoneiden ilmansuodattimien paine-erojen mittauksessa havaittiin mittareiden nollakohdan siirtymistä. **Paine-eromittareiden nollakohdat** on syytä tarkistaa ja nollata sekä lisätä toimenpide huolto-ohjelmaan.

Ilmanvaihtokoneessa TK2 tuloilman lämpötilan säädössä LTO:n tehon heikentäminen on käytössä pakkasillakin. **LTO:n heikentäminen lämmityskaudella tulisi estää.**

Ilmavirrat mitattiin 26 tilasta. Kuudessa tilassa mitattujen ja suunniteltujen ilmavirtojen välinen poikkeama on merkittävä. Näissä tiloissa ilmavirrat tulee **säätää uudelleen**. Lisäksi kuudessa tilassa mitatut ilmavirrat olivat epätasapainossa. Näiden osalta suositellaan **ilmavirtojen tasapainottamista**.

Ilmanvaihdon tehokkuus oli pääosin riittävä. Paikallisesti esiintyneiden puutteiden korjaamiseksi tehokkuutta suositellaan parannettavaksi **tuloilman sisäänpuhalluksen suuntauksella**. Sisääntuloeteisen 181 käytävän ilmanvaihdon tehokkuuden parantaminen edellyttää **tuloilmalaitteen asentamista** käytävään.

Ilmanvaihtojärjestelmän aiheuttamat paine-erot

Ilmanvaihtojärjestelmä ei aiheuttanut tehtyjen mittausten mukaan merkittäviä paine-eroja rakennukseen.

Voimistelusalin alustatilan alipaine oli tutkimushetkellä riittävä, vaikka toinen imuri oli epäkunnossa. **Voimistelusalin alla olevan alustatilan korvausilma** tulisi järjestää hallitusti ulkoa esimerkiksi ilmanvaihtokonehuoneen kautta. Riittävästä alipaineesta tulee huolehtia myös mahdollisten muutostöiden jälkeen.

Espoo, 22.2.2019

Helena Järnström
*Kehityspäällikkö**Mikko Saari*
*Erityisasiantuntija**Risto Koivusaari*
Asiantuntija

Liitteet 3

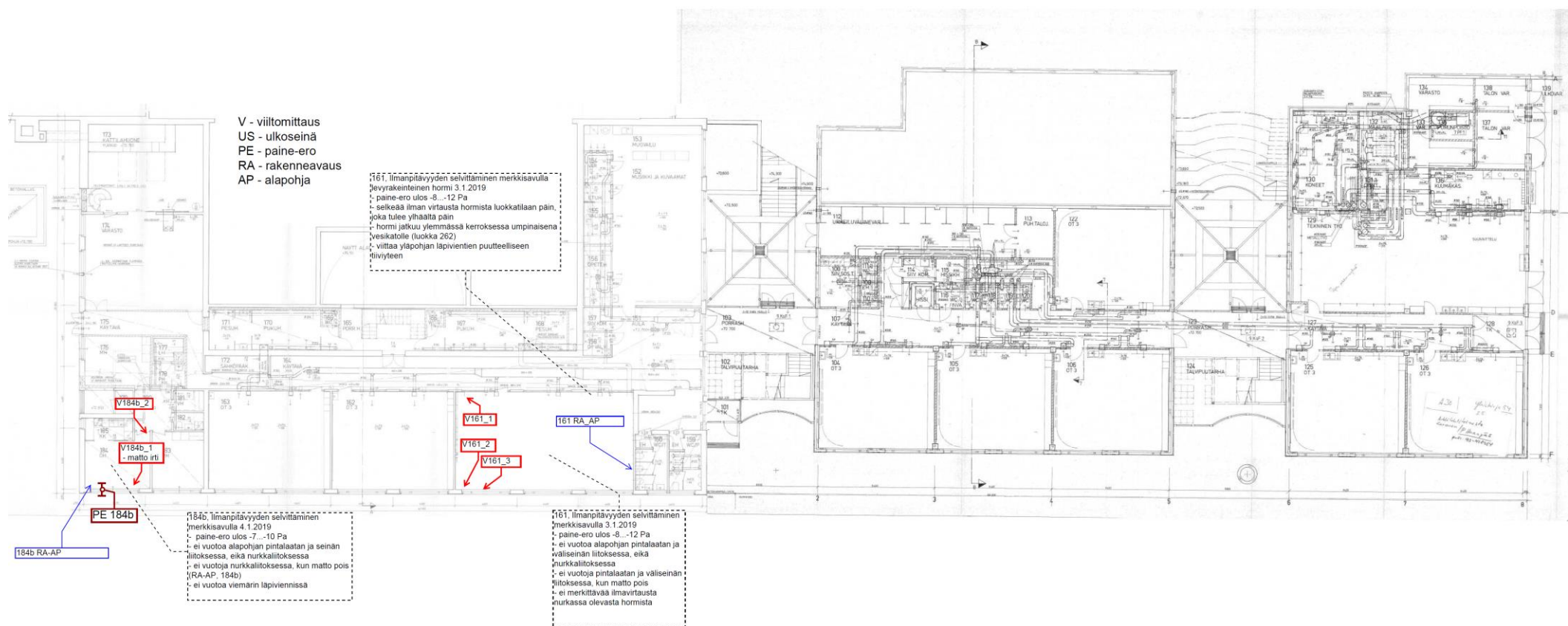
Jakelu

Tilaaaja Alkuperäinen
Arkisto Alkuperäinen

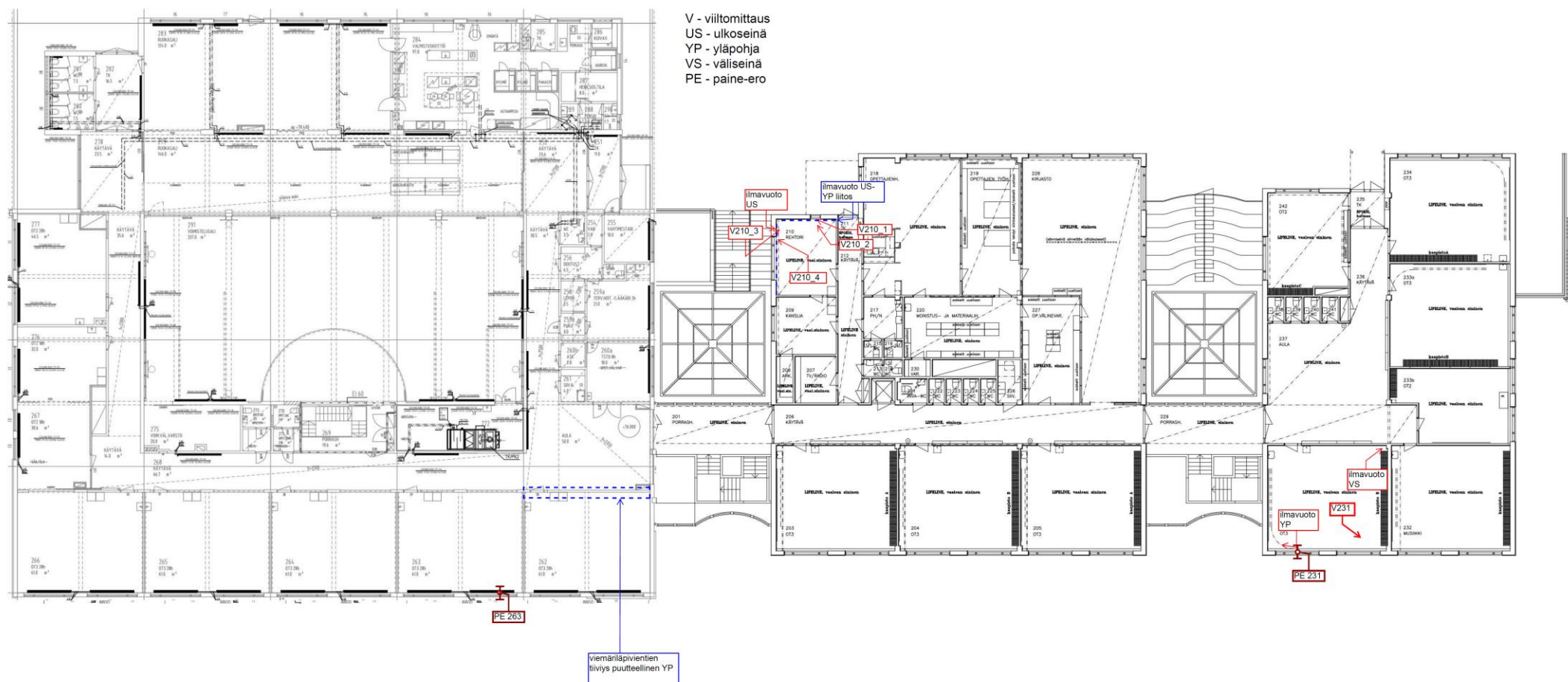
Viitteet

1. Sisäinen, standardia EN ISO 16000-6 soveltava menetelmäohje. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) pitoisuuden määrittäminen.
2. Sisäinen, standardia EN ISO 16000-6 soveltava menetelmäohje. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) analysointi Tenax TA-adsorbenttiputkista käyttäen GC-FID/MSD tekniikkaa.
3. VTT sisäilma- ja materiaaliemissioviitetietokanta. 2019.
4. www.ttl.fi

LIITE 1. Tutkittujen tilojen ja mittauspisteiden sijainti



Kuva 1. Pohjapiirros 1. krs.



Kuva 2. Pohjapiirros 2. krs.

LIITE 2. Tilakohtaisten ilmavirtojen mittaustulokset 2. - 3.1.2019.

eurofins Expert Services				MITTAUSPÖYTÄKIRJA		Mittaja: PK & MH		Sivu: 1/1	
						Asukas:		Pvm: 2-3.1.2019	
Kohde: Nummelan koulu						Osoite: Väinämöisentie 9, Nummela			
Käytetyt mittauslaitteet: DPM TT550C S/N:5953,						Ulko-olosuhteet: sää. Lämpötila °C kosteus			
Ilmanvaihtokoneen käyttöasento:						Sisäolosuhteet: °C kosteus %.			
Huonetilä / mittauspaikka Krs. / piir.n:o	Tulo	Poisto	Päätelaite	Säätö- asento	Mittausarvo, Pa	Ilmavirta, dm³/s	Huoneilman lämpötila, °C	Tuloilman lämpötila, °C	Suunniteltu ilmavirta,
125	x		TS-HV 400x100			87			60
	x		TS-HV 400x100			54			60
		x	TS-HV 400x150			-114			-120
						141/-114	20,5	19,8	120/-120
126	x		TS-HV 400x100			60			60
	x		TS-HV 400x100			44			60
		x	TS-HV 400x150			-85			-120
						104/-85			120/-120
152	x		Eagle Cb 200-500		10	63			60
	x		IBIS Ca-160		23	70			60
	x		IBIS Ca-160		24	72			60
		x	KSO-100	0	114	-20		Erillispoisto	-20
		x	KSO-160	8	92	-47			-47
		x	KSO-160	8	69	-41			-47
		x	KSO-160	-	-	-		Ei mitattu	(-46)
						205/-109			180/-113
153		x	KSO-100	-7	-72	-10			-10
154		x	KSO-100	-9	70	-11			-10
156	x		ULA -100	10	56	37			20
		x	KSO-100	0	122	-21			-20
						37/-21			20/-20
161	x		IBIS Ca-200/PRA	6	7,0	77			88
	x		IBIS Ca-200/PRA	6	10,0	92			88
	x		IBIS Ca-200/PRA	6	11,0	96			88
		x	KSO-200	27	25,0	-45			-53
		x	KSO-200	26	28,0	-47			-53
		x	KSO-200	25	34,0	-50			-53
		x	KSO-200	26	40,0	-56			-53
		x	KSO-200	26	50,0	-62			-53
						265/-260			264/-264
162	x		IBIS Ca-200/PRA	6	11,4	98			90
	x		IBIS Ca-200/PRA	6	8,1	83			90
		x	KSO-200	15	60,0	-49			-45
		x	KSO-200	15	57,0	-48			-45
		x	KSO-200	14	55,0	-45			-45
		x	KSO-200	12	50,0	-39			-45
						180/-180			180/-180
176	x		Eagle Cb 200-500		3,0	34			54
		x	KSO-160	13	88,0	-55			-54
						34/-55			54/-54
178		x	KSO-100	-5	250,0	-22			-20
180		x	KSO-100	-5	235,0	-21			-20
181	x		Eagle Cb 200-500		4,1	40			68
		x	KSO-125	0	83,0	-25			-28
						40/-25			68/-28
184 a	x		Eagle free -200		6,1	61			64
		x	KSO-200	23	57,0	-62			-64
						61/-62			64/-64
184 b	x		Eagle free -200		5,5	57			64
		x	KSO-200	27	48,0	-63			-64
						57/-63			64/-64

Testaustulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Eurofinsin kirjallisella luvalla.

eurofins MITTAUSPÖYTÄKIRJA Expert Services				Mittaja: PK & MH		Sivu: 1/1			
Kohde: Nummelan koulu				Asukas:		Pvm: 2-3.1.2019			
Käytetty mittauslaitteet: DPM TT550C S/N:5953,				Osoite: Väinämöisentie 9, Nummela					
Ilmanvaihtokoneen käyttöasento:				Ulko-olosuhteet: sää. Lämpötila °C kosteus					
Huonetila / mittauspaikka Krs. / piir.n:o				Sisäolosuhteet: °C kosteus %					
	Tulo	Poisto	Päätelaite	Säätö- asento	Mittausarvo, Pa	Ilmavirta, dm³/s	Huoneilman lämpötila, °C	Tuloilman lämpötila, °C	Suunniteltu ilmavirta, dm³/s
203	x		TS-HV 400x100			53			60
	x		TS-HV 400x100			56			60
		x	TS-HV 400x150			-88			-120
						109/-88	20	20,3	120/-120
204	x		TS-HV 400x100			63			60
	x		TS-HV 400x100			62			60
		x	TS-HV 400x150			-106			-120
						125/-106			120/-120
205	x		TS-HV 400x100			54			60
	x		TS-HV 400x100			48			60
		x	TS-HV 400x150			-114			-120
						102/-114			120/-120
209	x		THA-125-4V			15			20
		x	URH-125	12	44	-23			-20
						15/-23	20,6	18,8	20/-20
210	x		THA-160-4V			30			34
		x	URH-125	15	19	-16			-17
		x	URH-125	15	27	-19			-17
						30/-36	20,6	18,9	34/-34
231	x		TS-HV 400x100			60			60
	x		TS-HV 400x100			60			60
		x	TS-HV 400x150			-101			-120
						120/-101	19,7	19,3	120/-120
234	x		TS-HV 400x100			67			60
	x		TS-HV 400x100			55			60
		x	TS-HV 400x150			-94			-120
						122/-94			120/-120
259 a	x		Eagle free 160		18	63			63
		x	KSO-125	7	75	-31			-32
		x	KSO-125	7	70	-30			-32
						63/-61	20,2	18,7	63/-63
260 a	x		Eagle free 125		21,5	38			36
		x	KSO-125	10	75,0	-35			-36
						38/-35	19,6	18,6	36/-36
263	x		IBIS Ca-200/PRA	6	10,5	94			92
	x		IBIS Ca-200/PRA	6	9,3	88			92
		x	KSO-200	18	54,0	-52			-46
		x	KSO-200	18	48,0	-49			-46
		x	KSO-200	18	42,0	-45			-46
		x	KSO-200	18	35,5	-42			-46
						182/-188			183/-183
264	x		IBIS Ca-200/PRA	5	17,2	85			92
	x		IBIS Ca-200/PRA	5	19,5	91			92
		x	KSO-200	15	60,0	-49			-46
		x	KSO-200	15	65,5	-51			-46
		x	KSO-200	15	70,0	-53			-46
		x	KSO-200	9	73,0	-41			-46
						176/-193			183/-183
277	x		IBIS Ca-200/PRA	4,5	23,1	84			84
	x		IBIS Ca-200/PRA	4,5	23,5	85			84
		x	KSO-200	15	47,7	-44			-42
		x	KSO-200	15	43,6	-42			-42
		x	KSO-200	15	42,0	-41			-42
		x	KSO-200	15	51,0	-45			-42
						169/-171			168/-168

Testaustulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Eurofinsin kirjallisella luvalla.

LIITE 3. Sisäilmanäytteistä tunnistetut yksittäiset VOC- yhdisteet

Taulukko 1. Sisäilmanäytteistä tunnistetut yksittäiset VOC- yhdisteet (tolueeniekvivalenttina, *) tulos omalla standardivasteella.

YHDISTE	CAS	RT, min	Liikuntasali			Tila 24			Yhdyskäytävä			Tila 15
			Flec	sisäilmatuloilma		Flec	sisäilmatuloilma		Flec	sisäilmatuloilma		Flec
			µg/m ² h	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ² h	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ² h	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ² h
Etikkahappo	000064-19-7	5,5	3	1	<1	2	2	<1	1	2	<1	2
1-Butanoli	000071-36-3	7,5	7	<1	<1	4	1	<1	3	<1	<1	2
Bentseeni	000071-43-2	7,6	1,2	0,8	0,6	0,6	1,3	0,7	0,6	0,9	0,7	0,5
Dimetyylisilaanidioli	001066-42-8	8,2	4	<1	<1	2	<1	<1	2	<1	<1	2
1,2-Propaanidioli	000057-55-6	10,0	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1	1	<1	<1
Heksanaali	000066-25-1	12,5	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1	<1	<1	<1
Oktaani	000111-65-9	12,5	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Heksametyylisyklotrisiloksaani	000541-05-9	13,3	4	<1	<1	1	<1	<1	1	<1	<1	2
2-butoksietanoli	000111-76-2	16,4	5	<1	<1	3	<1	<1	2	<1	<1	4
alfa-Pineeni	000080-56-8	17,6	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1	2	<1	<1
Bentsaldehydi	000100-52-7	18,5	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	1
Fenoli	000108-95-2	18,9	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Oktametyylisyklotetrasiloksaani	000556-67-2	19,4	5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2,2,4,6,6-Pentametyyliheptaani	013475-82-6	19,5	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2-Etyyliheksanoli *)	000104-76-7	20,6	3	<1	<1	3	<1	<1	3	<1	<1	4
4-Metyylifenoli	000106-44-5	22,0	4	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Nonanaali	000124-19-6	23,0	3	1	<1	2	3	<1	<1	1	<1	2
6-Metyyli-1-heptanoli	001653-40-3	23,7	<1	<1	<1	<1	<1	<1	3	<1	<1	<1
Dekametyylisyklopentasiloksaani	000541-02-6	24,1	3	1	<1	<1	4	<1	<1	<1	<1	<1
Dodekaani	000112-40-3	25,6	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Dekanaali	000112-31-2	25,9	2	<1	<1	1	1	<1	<1	<1	<1	1
3-Okteeni	014919-01-8	26,2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2
2-Etyyliheksyylietteri	010143-60-9	31,6	4	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
propanidiyyliesterin 2-metyyli-propaanihappo, TXIB	006846-50-0	35,6	<1	<1	<1	1	2	<1	<1	2	<1	1
2,6-Diisopropyliinaftaleeni	024157-81-1	38,7	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
C9-alkoholit			62	3	1	33	4	<1	6	<1	<1	33
TVOC			137	10	<5	57	30	<5	26	14	<5	73

Testaustulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Eurofinsin kirjallisella luvalla.