



eurofins

Expert Services

EUROFINS EXPERT SERVICES

Palveluja huomisen menestykseen!

NUMMELAN KOULUN SISÄILMAN- JA
ILMANVAIHTOSELVITYS 5.2.2019

HELENA JÄRNSTRÖM, FT

MIKKO SAARI, DI

RISTO KOIVUSAARI, DI



- **Sisäilmakatselmus 30.1.2019**
- Katselmuksessa 30.1.2019 tarkastettiin aistinvaraisesti tiloja ja tehtiin havaintoja sisäilman laatuun liittyen. Katselmuksen tarkoituksena oli toimia lähtötietona asiakirjojen lisäksi tulevia tutkimus- ja muita toimenpiteitä varten.
- **Asiakirjatarkastus 15.2.2019 (EUFI29-19000655)**
- Katselmuksen ja kohteessa lähtötietoina olleiden asiakirjojen perusteella arvioitiin sisäilman haitallisen olosuhteen olevan joidenkin sisäilman osatekijöiden vuoksi mahdollinen. Mahdollisen haitallisen altistumisolosuhteen olemassa olon selvittämiseksi tai sen poistamiseksi suositeltiin seuraavia toimenpiteitä:





- Toimenpidesuosituksheet ennen tutkimuksia
- Lumen säännöllistä pudottamista vesikatolta vesivuotoriskien välttämiseksi.
- Kellariin ja ullakolle vievien ovien ilmanpitävyyden parantamista.
- **Asiakirjatarkastuksessa suositellut ja maaliskuussa suoritettut tutkimukset**
- Tutkimukset ja kohdekäynnit (EUF129-19001261) tehtiin 19.2-29.3.2019 välisenä aikana.
- Kellaritilat: ilmanvaihdon riittävyyden selvittäminen, kosteuskartoitukset ja -mittaukset, kellarin alipaineisuuden mittaus, sisäilman PAH-mittaus (1 kpl)
- Luokkatilat: lattiarakenteiden rakenneavaukset ja mikrobinäytteet (4 kpl), alakerran luokkatilojen sisäilman PAH-mittaukset (3 kpl), lattiarakenteiden ilmanpitävyyden tarkastaminen, kuitunäytteet (4 kpl)
- Tuloilman puhtauden tarkastaminen ilmanvaihtokoneesta, alkuperäisten ilmanvaihdon hormien tulppausten ilmanpitävyyden tarkastaminen





- Tutkimusten havainnot ja tulokset (EUFI29-19001261), 1/6
- Ilmanvaihto luokkatilat
 - Tuloilman puhtaudessa ei havaittu merkittäviä puutteita
 - Ilmanvaihdon riittävyys (ilmavirtojen suuruus) oli hyvällä tasolla
 - Ilmanvaihtojärjestelmä ei aiheuta haitallisia pitkäkestoisia paine-eroja rakennukseen
 - Ilmanvaihdolle kuitenkin suositeltu toimenpiteitä, jotka ovat säätötoilla tehtävissä.
 - Savun hajulle ei sisätiloissa ei ilmanvaihtojärjestelmän muutoksilla ole paljoakaan tehtävissä, ajoittainen savun haju ilmenee voimakkaampana rakennuksen ulkopuolella pihan oleskelualueilla kuin rakennuksen sisällä.
- Ilmanvaihto kellaritilat
 - Mittausten perusteella kellaritilojen poistoilmavirta on riittävän suuri poistamaan kosteuden kellaritiloista ($110 \text{ dm}^3/\text{s}$, kellaritilojen kosteuslisä ulkoilmaan nähden oli keskimäärin $1...2 \text{ g/m}^3$)
 - Kellaritilojen alipaine on jatkuva ja paine-ero on riittävä estämään kellaritilan ilmassa olevien epäpuhtauksien kulkeutuminen 1. kerroksen tiloihin (keskim. -4 Pa).
 - Suositellaan järjestämään pienet korvausilmareitit kellaritiloihin ja ummistamaan maanvastaisissa seinärakenteissa olevat talotekniikan läpiviennit, niin että korvausilma kellariin ei tule maaperästä.





- Tutkimusten havainnot ja tulokset (EUF129-19001261), 2/6
 - Kellarin kosteus
 - Kellarin maanvastaisten rakenteiden kosteus korkea. Kellarin sisäilman kosteuslisä ei olosuhdemittausten perusteella ole erityisen suuri (tehokas ilmanvaihto). Kellaritiloissa vanhojen puuvien kynnyksrakenteet ovat alapuoleltaan lahoja. Puhtaille kivirakenteille kosteus ei aiheuta haittaa.
 - Sisäilman PAH*-näytteet
 - Näytteet otettiin luokkatiloista K1, K2 ja K3 sekä kellarista.
 - Kellarin rakenteissa ja maanvastaisissa rakenteissa olevien vanhojen kosteuseristeiden epäpuhtaudet (PAH) eivät kulkeudu sisäilman PAH-mittausten perusteella luokkatilojen sisäilmaan. Kellaritilan ilmassa on lähellä viitearvoa oleva määrä PAH-yhdisteiden indikaattoriyhdistettä naftaleenia, mutta kellaritilan ilman kulkeutuminen luokkatiloihin on epätodennäköistä
- Kellarissa ei suositella olevan oleskelutiloja eikä kellarissa suositella varastoitavan oleskelutiloissa käytettäviä huokoista pintaa sisältäviä tavaroita (esim. kangaspintainen tuoli) tai kosteudelle herkkiä materiaaleja.
- *PAH-yhdisteitä sisältävien kosteuseristeiden sisäilman kannalta huono ominaisuus on, että niistä voi vapautua kaasumaisia ainesosia, jotka ilmenevät hajuina ja osa niistä voi aiheuttaa syöpäriskiä.



Nummela skola - Kivikoulun tutkimukset



- Tutkimusten havainnot ja tulokset (EUF129-19001261), 3/6
- 1. ja 2. kerroksen lattiarakenteet
 - Lattiarakenteiden kunnossa tai ominaisuuksissa ei havaittu sisäilmaan vaikuttavia merkittäviä puutteita. Muovimattopäällysteisen pintarakenteen ilmanpitävyys oli hyvä, rakenteet olivat kuivia eikä niissä ollut merkkejä aiemmin koholla olleesta kosteudesta. Rakenteista otettujen mikrobinäytteiden perusteella homepitoisuus oli alle määritysrajan. Luokkatilojen kalusteviemärien liitos kytkentäviemäreihin oli epätiivis, jolloin viemärikaasuja voi kulkeutua sisäilmaan. → Suositellaan luokkahuoneiden kalusteviemärien liitoskumien uusimista.



Slide 6

RK1

Risto Koivusaari; 14.5.2019

Nummela skola - Kivikoulun tutkimukset



- Tutkimusten havainnot ja tulokset (EUF129-19001261), 4/6
- Ulkoseinärakenteet
 - Ulkoseinärakenteissa ei havaittu muita sisäilmaan vaikuttavia puutteita kuin ikkunarakenteissa. Ikkunoiden puuosissa on havaittavissa viistosateen aiheuttamia kosteusjälkiä ja vikaantumista. Ikkunavälistä tehdyn aistinvaraisen arvioinnin perusteella eniten vikaantuneissa ikkunoissa on havaittavissa myös lievää hajua. Ikkunat ovat kunnostuksen tarpeessa etenkin ulkopuitteen osalta. Kunnostustarve oli suurinta eteläjulkisivulla sekä länsijulkisivulla.



Nummela skola - Kivikoulun tutkimukset



- Tutkimusten havainnot ja tulokset (EUF129-19001261), 5/6
- Yläpohjarakenteet
 - Yläpohjarakenteen ilmanpitävyydessä ei tarkastusten perusteella ei ole merkittäviä puutteita. Rakennuksen vesikatolla esiintyy lumen sulamista ullakkotilan korkean lämpötilan vuoksi. Vesikatteena on peltikate, jonka saumojen kautta etenkin lumen alla oleva paineellinen vesi pääsee kastelemaan alempia rakenteita vähäisesti ja paikallisesti. → Suositellaan lumen säännöllistä pudottamista vesikatolta vesivuotoriskien välttämiseksi sekä säännöllisiä tarkastuskäyntejä ullakolla, jotta mahdolliset vuotokohtat tulevat ilmi. Suositellaan peltikatteen tarkastamista ja tarpeenmukaista korjaamista vuotokohtien kohdalla vesikaton kautta.





- Tutkimusten havainnot ja tulokset (EUFI29-19001261), 6/6
 - Sisäilman kuitunäytteet* (2 viikon laskeuma)
 - Kuitunäytteiden perusteella sisäilmassa ei teollisia mineraalivillakuituja esiintynyt.
- *Teolliset mineraalivillakuidut voivat aiheuttaa ärsytysoireita iholla, silmissä ja hengitysteissä. Niitä voi irrota mm. pinnoittamattomista tai rikkoontuneista mineraalivilläänieristyslevyistä.

Haitallisen altistumisolosuhteen arviointi Kivikoulun opetustiloissa tehtyjen tutkimuksien perusteella:

Tutkimusten perusteella haitallinen altistumisolosuhte on opetustiloissa ikkunoiden kunnon vuoksi mahdollinen etenkin etelä- ja länsijulkisivulla. Muutoin haitallinen altistumisolosuhte opetustiloissa on epätodennäköinen.



Nummellan koulu- tutkimukset



- Tutkimuksen kohteena olevat tilat olivat peruskorjatulla vanhalla osalla sekä laajennusosalla



- Rakennetutkimukset ja sisäilman VOC-näytteet kohdistettiin tiloihin, joissa oli esiintynyt hajuja (tilat 161, 184b, 210 ja 231). Ilmanvaihtojärjestelmän tutkimuksissa selvitettiin ilmanvaihdon mahdollista osuutta hajuihin ja niiden leviämiseen.





- **Tarkastus- ja mittauskäynnit 12/2018-1/2019**
 - Aistinvarainen arviointi
 - Kosteuskartoitus pintakosteusilmaisimella ja kosteusmittaukset lattiarakenteista
 - Rakenteiden ilmavuotoreittien paikannus
 - Rakenneavaukset lattiarakenteista
 - Sisäilman VOC-näytteet (VOC= haihtuvat orgaaniset yhdisteet)
 - Paine-eromittaukset
 - Ilmanvaihdon ilmavirtojen mittaukset
 - Ilmanjaon tehokkuuden tutkimukset (tuloilman sekoittuminen tilassa)
 - Akustiikkalevyille (huone 231) tehtiin aistinvarainen arviointi laboratoriossa nk. emissiokammionmentelmällä





- **Kosteusmittaukset lattiarakenteista**

- Mittaukset pinnoitteen alta ns. viiltomittaus
- Mittauspisteitä 10 kpl
- Kosteus alhainen (enintään 60 RH-%) myös uusien peruskorjauksessa valettujen rakenteiden kohdalla
- Mitattu kosteustaso ei aiheuta tutkittujen tilojen pinnoitteille haittaa





• Rakenteiden ilmavuotoreittien paikannus merkkisavulla

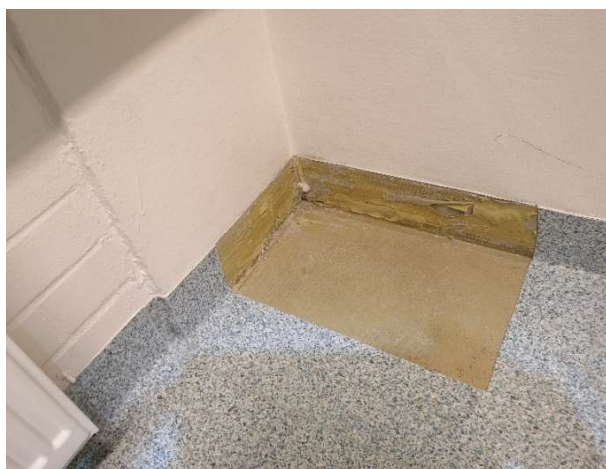
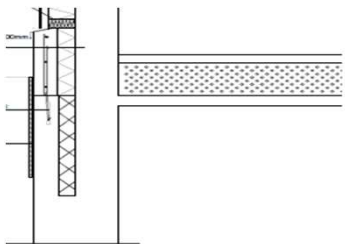
- Merkittävät ilmavuodot rakenteiden läpi voivat aiheuttaa haittaa tilojen käytölle mm. hajuja.
- Tutkittavaan tilaan järjestettiin noin 10 Pa alipaine tilan omalla ilmanvaihtojärjestelmällä pienentämällä tuloilmavirtaa päätelaitteesta kokeen ajaksi.
- Paikallisia ilmavuotokohtia tai ilmanvirtausta rakenteista tutkittavaan tilaan havaittiin tiloissa 161, 210 ja 231.
- Rakenteiden ilmanpitävyyden havaitut puutteet suositellaan korjaamaan parantamalla läpivientien ja liitosten ilmatiiviyttä erillisen suunnitelman/ työohjeen mukaan.





• Rakenneavaukset alapohjarakenteissa peruskorjatulla puolella

- Rakenneavausten perusteella alapohjarakenne on alkuperäisen suunnitelman mukainen.
- Rakenteen pintalaatan paksuus on noin 50-70 mm. Laattojen välissä on kevytsoraa 200-240 mm. Pohjalaatan päällä on kosteuseristys. Pohjalaatan alla hiekkaa.
- Kevytsorakerroksessa ei ollut poikkeavia merkittäviä hajuja. Rakenteessa ei ollut kosteudelle herkkiä materiaaleja, kuten valupaperia tms. Pohjalaatan alla maaperässä ei ollut vettä tai muottilautoja.





• Sisäilman aistinvaraiset arvioinnilla ja VOC-näytteet

- Sisäilman aistinvaraisella arvioinnilla ja VOC-mittauksilla selvitettiin aiemmin tavattuja poikkeavia hajuja. Tavanomainen TVOC- taso $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alittui selvästi.

Mittauspiste	TVOC- pitoisuus $\mu\text{g}/\text{m}^3$		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



Tulokset 5/ 10



• Ilmanvaihtojärjestelmä

- Mitatut tilakohtaiset ilmanvaihdon ilmavirrat, 1.kerros

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.



Tulokset 6/ 10



- Ilmanvaihtojärjestelmä

- Mitatut tilakohtaiset ilmanvaihdon ilmavirrat, 2. kerros

Tila	Suunniteltu, dm ³ /s		Mitattu, dm ³ /s		Poikkeama suunnitteluarvosta, dm ³ /s		Paine-ero käytävään, Pa
	Tulo	Poisto	Tulo	Poisto	Tulo	Poisto	
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 %	





• Ilmanvaihtojärjestelmä

- Ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenoton lämmönsiirtimien paine-erot poistoilmapuolelta tuloilmapuolelle (pieni tai + merkkinen paine-ero tarkoittaa, että epäpuhtauksien kulkeutuminen on mahdollista)

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, lämmönsiirtimen sisällä (carry over) ja lämmönsiirtimen pinnoilla.			





- **Ilmanvaihtojärjestelmän tulosten yhteenveto**
- **Tuloilman puhtaus**
 - Lämmöntalteenoton vuodot. Paine-erot säädettävä ja tiivisteet uusittava säännöllisesti.
 - Ulkoilman sisäänottojen etäisyys tuuletusviemäreiden tuuletuksesta ei kaikkien osalta täyttänyt määräysten etäisyysvaatimuksia (8 m).
 - Tuuletusviemäreiden ja niiden aktiivihiihtisuodattimien toimivuus on syytä tarkistaa.
 - Ilmanvaihtokoneet olivat pääosin hyvässä käyttökunnossa.
 - Viemäriin hajua oli kaikissa konehuoneissa. Ilmanvaihtokoneiden ja konehuoneiden viemärintien säännöllinen huolto tulee lisätä huolto-ohjelmaan.
 - Ilmanvaihtokonehuoneisiin on syytä lisätä jatkuvasti toimiva ilmanvaihto varmistamaan tilan hyvä ilman laatu.
 - Ilmakanavistot olivat pääosin puhtaat. Yhdessä opetustilassa havaittiin tuloilman suutinkanavan pohjalla poikkeavia epäpuhtauksia, jotka tulee poistaa. Laajennusosan tuloilmakanavan ja tuloilmalaitteen liitoskohdat tulee tiivistää, jotta mineraalivillakuituja ei leviä tiloihin.
 - Siivouskomeron 157 hiekanerotuskaivon kautta tuli voimakas viemäriin hajua siivouskomeroon ja ilmanvaihtokoneeseen. Hajun syntyminen voidaan estää viemärintien säännöllisellä huollolla ja lisäämällä siivouskomeron oveen siirtoilmareitti.





• Ilmanvaihdon riittävyys

- Peruskorjatun vanhan puolen ilmanvaihtokoneiden mitatut kokonaisilmavirrat poikkesivat jonkin verran suunnitteluarvoista ja olivat lisäksi epätasapainossa. Kokonaisilmavirtojen perusteella ilmanvaihdossa ei ole sellaisia puutteita, jotka aiheuttaisivat sisäilmaongelmia.
- Ilmanvaihtokoneiden ilmavirtojen mittaukset suositellaan varustettaviksi sähköisillä painemittareilla riittävän ilmanvaihdon ennakoivaksi seuraamiseksi.
- Ilmanvaihtokoneessa TK2 tuloilman lämpötilan säädössä LTO:n tehon heikentäminen on käytössä pakkasillakin. LTO:n heikentäminen lämmityskaudella tulisi estää.
- Ilmavirrat mitattiin 26 tilasta. Seitsemässä 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.



Akustiikkalevyn aistinvarainen arviointi



- Aistinvarainen arviointi suoritettiin nk. puhdasilmakammiossa, LT 23°C, RH50%, IVK 0,5h⁻¹. Takapinta peitettiin.**

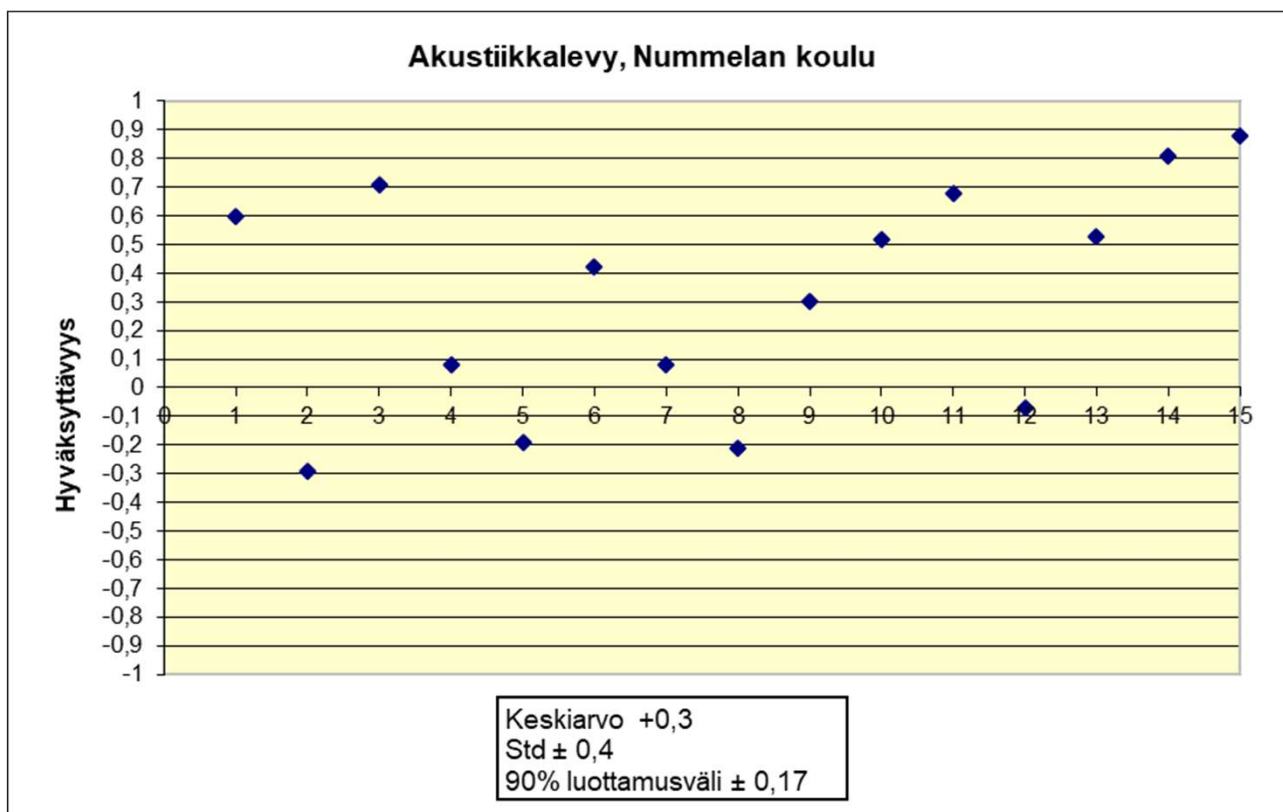


15 henkilöä arvioi kammioilman hajun hyväksyttävyyttä sisäilman laadun kannalta (-1.....+1, täysin ei-hyväksytty...täysin hyväksytty)





- Haju on keskimäärin hyväksytty sisäilman laadun kannalta. Haju voi kuitenkin aiheuttaa yksittäisiä valituksia.





- Rakennetutkimuksessa havaittiin paikallisia ilmavuotokohtia tai ilman virtausta rakenteista.
- Rakenteen kosteudet olivat alhaiset.
- Sisäilman ja tuloilman VOC-pitoisuudet olivat alhaiset.
- Ilmamäärät ovat pääasiaassa riittävät mutta ilmanvaihto paikoitellen epätasapainossa.
- Kanaviston ja tuloilmapäätelaitteen epätiiveyskohdista voi kulkeutua mineraalivillakuituja ja hajua.
- LTO laitteen kautta voi kulkeutua epäpuhtauksia tuloilmaan.
- Viemärinhajua havaittiin IV-konehuoneessa ja siivouskomerossa.



Suosituksat jatkoimenpiteille, Nummellan koulu



- **Tuloilmakanavan ja tuloilmalaitteen liitoskohdat tulee tiivistää.**
- **Viemärin tuuletuksen ja ilman kulkeutumisen selvittäminen tarkemmin.**
- **Viemäröinnin huolto ja ylläpito varmistettava.**
- **Viemärijärjestelmän kunto ja tiiveys tulisi tarkistaa ml. rasvanerotuskaivot ja liittyminen kunnalliseen viemäriverkkoon.**
- **Ilman sisäänoton ja tuuletusviemärin etäisyyttä tulee lisätä.**
- **Järjestelmällinen sisäilmakysely: oireet, sijainti, ajankohta**

