



Hedi Boulifa

Sisäliikuntatilojen ilmanvaihdon toiminta ja tarpeenmukaisen ilmanvaihdon riittävyys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

14.3.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Hedi Boulifa
Otsikko:	Sisäliikuntatilojen ilmanvaihdon toiminta ja tarpeenmukaisen ilmanvaihdon riittävyys
Sivumäärä:	38 sivua
Aika:	14.3.2022
Tutkinto:	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	talotekniikka
Ammatillinen pääaine:	LVI-suunnittelu
Ohjaajat:	yliopettaja Rauno Holopainen projektipäällikkö Sini Laine

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia Leppävaaran ja Tapiolan liikuntahallien ilmanvaihdon toimintaa ja ilmanvaihdon riittävyttä.

Opinnäytetyössä mitattiin sisäliikuntatilojen pallokenttien ja katsomoiden ilmavirrat, hiilidioksidipitoisuus sekä ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus hallien käytön aikana. Saatuja mittaustuloksia verrattiin nykyisiin ohjearvoihin.

Tapiolan liikuntahallin mittaustulokset osoittivat, että ilmavirta oli noin puolet liikuntahallien ulkoilmavirran ohjearvosta. Hallin sisäilman lämpötila oli mittausten aikana ohjearvoja korkeampi, mihin vaikutti mittaushetken ulkoilman lämpötila. Sisäilman hiilidioksidipitoisuus oli ohjearvojen mukainen.

Leppävaara liikuntahallin ilmastointia ohjataan hallin sisäilman lämpötilan, hiilidioksidipitoisuuden sekä kosteuden mukaan. Mittaustuloksia verrattiin normaalin päiväkäytön suunnitteluilmavirtaan ja nykyisiin ohjearvoihin. Liikuntahallin sisäilman lämpötila ja hiilidioksidipitoisuus olivat mittausten aikana nykyisten ohjearvojen mukaisia. Mittattu ilmavirta oli noin 21 % suunnitteluarvoja pienempi.

Avainsanat: liikuntahalli, ilmanvaihto, sisäilman lämpötila, suhteellinen kosteus, hiilidioksidipitoisuus

Abstract

Author: Hedi Boulifa
Title: Ventilation of indoor Sports Facilities and Sufficiency of Adequate Ventilation
Number of Pages: 38 pages
Date: 14 March 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering
Professional Major: HVAC Design
Supervisors: Rauno Holopainen, Principal Lecturer
Sini Laine, Project Manager

The thesis studied the ventilation operation and adequacy of ventilation in two sports halls. The airflows, carbon dioxide level, air temperature, and relative humidity of the halls and auditoriums were measured during use. The measurement results were compared with the reference values.

The results of one hall showed an airflow of about half of the guideline value for gyms. The indoor air temperature was higher than the guide values due to the outdoor air temperature at the time. The carbon dioxide level of the indoor air was in line with the guideline values.

The airflow system in the other sports hall had two operating modes, full ventilation, and regular daily use, regulated according to the air temperature, carbon dioxide level, and humidity. The measurement results were compared to both the design day flow for daily use and the current setpoints. The results followed the guidelines for ventilation and indoor air quality.

The air conditioning system in the second sports hall was controlled according to the indoor air temperature, carbon dioxide level, and humidity. The measurement results followed the current guideline values for ventilation and indoor air quality but did not meet the design values.

Keywords: sport hall, ventilation, indoor air temperature, carbon dioxide concentration, relative humidity

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sisäilman ja ilmanvaihdon määräykset ja ohjeet	2
2.1	Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa	2
2.2	LVI 06-10600 Sisäliikuntatilojen LVIA-suunnittelu	2
2.3	Sisäilmaluokitus 2018	3
3	Mittauslaitteet ja mittauksien suoritus	4
3.1	Ilmavirtojen mittaus	6
3.2	Hiilidioksidipitoisuus-, ilmankosteus- ja lämpötilamittaukset	7
4	Tapiolan liikuntahalli	7
4.1	Perustiedot	7
4.2	Ilmanvaihtojärjestelmä	7
4.2.1	Tuloilmajärjestelmä	9
4.2.2	Poistoilmajärjestelmä	12
4.3	Tapiolan liikuntahallin mittaukset	13
4.4	Tuloilman mittaukset	14
4.5	Poistoilmavirtamittaukset	15
4.6	Hiilidioksidipitoisuus, kosteus ja lämpötila	15
4.7	Mittaustulosten analysointi	16
4.7.1	Tuloilmavirran mittaustulokset	16
4.7.2	Poistoilmavirran mittaustulokset	18
4.7.3	Hiilidioksidipitoisuusmittauksien tulokset	19
4.7.4	Ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittaustulokset	21
5	Leppävaaran liikuntahalli	23
5.1	Perustiedot	23
5.2	Ilmanvaihtojärjestelmä	25
5.2.1	Ilmanvaihtokoneet	25
5.2.2	Kanavisto ja päätelaiteet	26
5.2.3	Ilmavirran säätö	26
5.3	Leppävaaran liikuntahallin mittaukset	28

5.3.1	Tulo- ja poistoilmamittaukset ja mittaustulokset	28
5.3.2	Hiilidioksidipitoisuuden, lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittaustulokset	31
6	Yhteenveto	36
	Lähteet	38

Lyhenteet

CO ₂ :	hiilidioksidi
DDC:	Direct Digital Control, digitaalinen säätö.
LTO:	lämmöntalteenotto
MET:	Metabolic equivalent of task, ihmisen aineenvaihdunnan tehon yksikkö
MPU:	Micro process unit, mikroprosessoriyksikkö
ppm:	parts per million, miljoonasosa
PID:	Proportional-integral-derivative, suhteellinen (P)-integrointi (I)-derivointi (D)
SFS:	Suomen Standardisoimisliitto SFS ry
UI:	Universal input, universaali tuloportti

1 Johdanto

Opinnäytetyön aihe syntyi LIIKU-projektissa, jonka tavoitteena on selvittää erilaisten sisäliikuntatilojen sisäympäristön ja sisäilman laatua. Projektissa on 14 tutkittavaa liikuntatila, jotka sijaitsevat pääkaupunkiseudulla. Projektissa ovat mukana Helsingin, Espoon, Keravan ja Vantaan kaupungit, Aalto-yliopistokiinteistöt Oy, Suomen yliopistokiinteistöt Oy, sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö ja ympäristöministeriö.

Espoon kaupungin ja Aalto-yliopiston kanssa sovittiin, että tässä opinnäytetyössä tarkastellaan kahden Espoossa sijaitsevan liikuntahallin sisäilmaolosuh-teita. Kyseiset kohteet olivat Tapiolan ja Leppävaaran liikuntahallit.

Työn tarkoituksena oli sisäliikuntatilojen pallokenttien ja katsomoiden ilmavirtojen, hiilidioksidipitoisuuden sekä sisäilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittaukset, tulosten käsittely ja analysointi.

Tässä opinnäytetyössä opastetaan alan uusille opiskelijoille menetelmiä ja ohjeita sisätilojen sisäilman ja ilmanvaihdon mittaamiseen. Työssä on esitelty liikuntatilojen ilmanvaihtoa ja sisäilman laatua koskevia ohjeita ja mittauksiin liittyviä standardeja.

Rakennusten sisäilmaston ja ilmanvaihdon suunnittelulle on annettu ohjeita Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteiden suunnittelun normaaliohjeissa (vuosina 1955–1975) ja määräyksiä ja ohjeita Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 (vuosina 1976–2017). Ympäristöministeriön asetus 1009/2017 uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta tuli voimaan vuonna 2018.

Liikuntatilojen ilmanvaihdon ohjeita on annettu muun muassa FINVACin tekemässä oppaassa ”Opas ilmanvaihdon mitoittamiseen muissa kuin asuinrakennuksissa (2019)”, Sisäilmastoluokituksessa 2018 ja LVI-kortissa ”Sisäliikuntatilojen LVIA-suunnittelu”.

2 Sisäilman ja ilmanvaihdon määräykset ja ohjeet

2.1 Opas ilmanvaihdon mitoittamiseen muissa kuin asuinrakennuksissa

Oppaassa on esitetty ilmanvaihdon mitoituksen ohjearvoja muissa kuin asuinrakennuksissa rakennusten, kuten toimistorakennukset, myymälät, ravintolat, ja liikuntahallit. Taulukossa 1 on liikuntatilojen ulko- ja poistoilmavirran ohjearvoja.

Taulukko 1. Liikuntatilojen ilmanvirtojen ohjearvoja (Opas ilmanvaihdon mitoittamiseen muissa kuin asuinrakennuksissa 2019, 2020: 17).

Tila/käyttötarkoitus	Ulkoilmavirta dm ³ /s, hlö	Ulkoilmavirta dm ³ /s, hlö	Poistoilmavirta dm ³ /s, hlö
Sisäliikuntatilat raskas liikunta, esim. salibandy, koripallo, kuntosalien ryhmäliikuntatilat (yli 600 W/hlö)	30		
Sisäliikuntatilat keskiraskas liikunta esim. tennis (400–600 W)	25		
Sisäliikuntatilat kevytliikunta esim. jooga (200–300 W)	15		
Kuntosalit	15–25	6	
Katsomo	6 dm ³ /s, paikka		
Käytävät ja aulat, joissa oleskeluaan		3	
Pukuhuoneet		3	
Käytävät, joissa ei oleskella		1	
Liikuntatilojen suihku- ja pesutilat		5	vähintään 16 dm ³ /s, suihku

2.2 LVI 06-10600 Sisäliikuntatilojen LVIA-suunnittelu

Ohjekortissa LVI 06-10600 on mainittu sisäliikuntatilojen LVIA-järjestelmien suunnittelun mitoitusohjeita ja periaatteita, esim. ilmanjakotavan valinta, sisäilman laadun hallinta ja ilmanvaihdon tarpeenmukainen ohjaus. Taulukossa 2 on esitetty lajikohtaisia ilmavirtoja ja sisäilmaston ohjearvoja. Taulukossa kuormitustason yksikkönä käytetään metabolista ekvivalenttia [MET].

Taulukko 2. Lajikohtaisia ilmavirtojen ja sisäilmaston ohjearvoja (LVI- 06-10600 Sisäliikuntatilojen LVIA-suunnittelu)

Laji	Kuormitus- taso MET	Tuloilma määrä q_{iv}/m^2	Tuloilma määrä $q_{iv}/hlö$	Ilman nopeus m/s	Suhteellinen kosteus ¹⁾ %/RH	Tavoite lämpötila °C	Lämpötila vaatimus °C	CO2-pitoisuus max ppm
futsal	5–10	2	30	0,2	35–60	20–21		1200
koripallo	5–10	2	30	0,2	35–60	17–18	16–25	1200
salibandy	5–10	2	30	0,2		17–18		1200
käsipallo	5–10	2	30	0,2	35–60	18–24		1200
lentopallo	5–6	2	25	0,2	35–60	17–18	16–25	1200

¹⁾ Puuparkettilattian edellyttämät kosteusrajat, selvitettävä ilmankostutuksen tarve tapaus-kohtaisesti.

2.3 Sisäilmaluokitus 2018

Sisäilmaluokituksen 2018 mukaan urheiluhallien sisäilma on jaettu kolmeen laatuokkaan. S1-luokka on yksilöllinen sisäilmasto, eli sisäilman laatu on erittäin hyvä. Tiloissa ja rakenteissa ei ole ilmanlaatuun vaikuttavia tekijöitä, esim. vaurioita tai muita epäpuhtauksien lähteitä, eikä häiritseviä hajuja. S2-luokan tiloissa sisäilman laatu on hyvä ja vaatimukset ovat melkein samat kuin S1-luokassa. Kuumina kesäpäivinä tilojen ylikuumeneminen on mahdollista. S3-luokan tiloissa sisäilmaston laatu tyydyttävä ja vastaa asetuksen 1009/2017 vähimmäistasoa. Sisäilmaluokituksessa 2018 on annettu tavoitearvot huonetilojen ulkoilmavirroille, hiilidioksidipitoisuudelle ja lämpötilalle.

Taulukossa 3 on esitetty liikuntahallien ulkoilmavirtojen normaalin käyttötilanteen mitoitusarvot ja taulukossa 4 sisäilman hiilidioksidipitoisuuden tavoitearvot (suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus).

Taulukko 3. Ulkoilmavirtojen normaalin käyttötilanteen mitoitusarvo (Sisäilmastoluokitus 2018).

Tila	S1-luokka		S2-luokka		S3-luokka	
	dm ³ /s, hlö	dm ³ /s, m ²	dm ³ /s, hlö	dm ³ /s, m ²	dm ³ /s, hlö	dm ³ /s, m ²
Liikuntahalli, urheilijat		2,5		2		2
Liikuntahalli, katsojat	10		8		6	

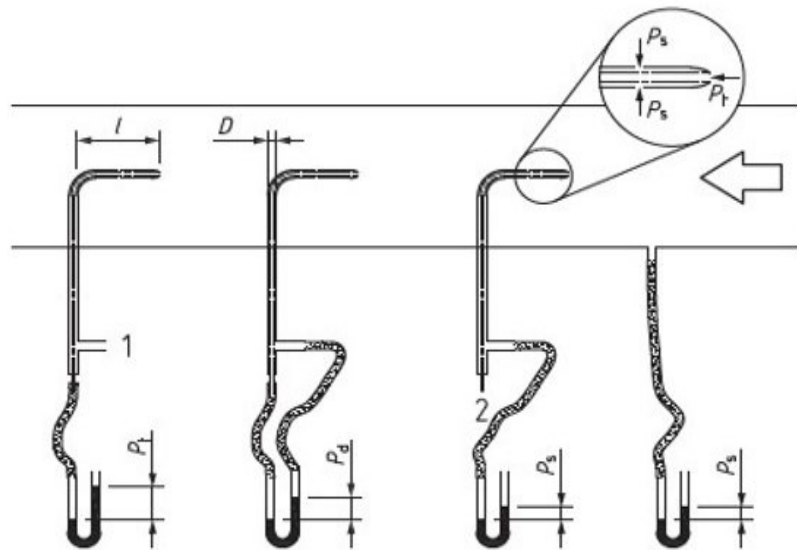
Taulukko 4. Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden tavoitearvot (Sisäilmastoluokitus 2018).

	S1-luokka	S2-luokka	S3-luokka
Hiilidioksidipitoisuuslisä	< 350	< 550	< 800

3 Mittauslaitteet ja mittauksien suoritus

Ennen mittausten tekemistä kerättiin hallien taustatiedot ja perehdyttiin hallien LVI-piirustuksiin. Aineistoon perehtymisen jälkeen tehtiin tutustumiskäynnit halleihin, joissa selvitettiin mitattavat tilat ja mittauspisteet.

Rakennuksen ilmavirtojen kenttämittausmenetelmät on kuvattu standardissa SFS-EN 16211:2015. Tämä standardi määrittelee erityisesti menetelmät, joita käytetään ilmavirran mittausten tekemiseen. Standardissa on myös määritelty tekijät, jotka voivat vaikuttaa mittaustuloksiin, kuten mittalaitteiden kalibrointiin ja erilaisiin asennustilanteisiin mukautetut mittausmenetelmät. Lisäksi standardissa on yksityiskohtaiset selitykset mittauspisteiden sijainnista sekä mittausprosessista ja -vaatimuksista (SFS-EN 16211 2015: 13). Kuvassa 1 on esitetty kanavan kokonaispaineen (pt), dynaamisen paineen (pd) ja staattisen paineen (ps) mittauksen periaate.



Selite

- 1 liityntä staattiselle paineelle
- 2 liityntä kokonaispaineelle

Kuva 1. Mittaukset pitot-putkilla (SFS-EN 16211 2015).

Ennen mittausten suorittamista on otettava huomioon alla olevat vaatimukset:

- Mittausta ei pitäisi tehdä poikkeuksellisten sääolosuhteiden vallitessa, kuten esim. tuulen nopeuden ylittäessä 10 m/s rakennuksen ympäristössä tai ulkolämpötilan alittaessa paikkakunnan mitoitusulkolämpötilan.
- Mittalaitteen on oltava tyyppihyväksyty, tai kalibroitu standardin SFS-EN 16211:2015 mukaisesti. Käyttöohjeesta on käytävä ilmi laitteen käytön rajoitukset sekä arviointiperusteet mittauksen luotettavuudelle.
- Mittausvirheet voivat johtua mittausympäristöstä, mittalaitteesta tai sen käyttäjästä. Mitä monimutkaisempi laite on, sitä enemmän siinä on myös virhemahdollisuuksia.

3.1 Ilmavirtojen mittaus

Ilmavirtamittaukset tehtiin käyttäen PHM-V1- ilmavirta- ja paine-eromittaria ja pitot-putkea sekä Alnor-balometriä 610 mm X 610 mm:n hupulla (kuva 2).



Kuva 2. Balometri 610 mm X 610 mm:n hupulla (TEKNOCALOR).

Kanaviin tehtiin 10 mm:n kokoiset reiät pitot-putkella tehtäviä mittauksia varten. Mittauspisteiden määrä ja etäisyydet riippuvat kanavien halkaisijoista, jotka on mainittu standardissa SFS-EN 16211:2015 8.2.2.3 mittaustasojen valmistelu- ja valintamenettely (kuva 3).

Nimellis-halkaisija ^a D mm	Mittauspisteiden sijainti	a mm	b mm	c mm	d mm	Kuva
100 125 160	$a = 0,29 \cdot D$ $b = 0,71 \cdot D$	29 36 46	71 89 114			
200 250 315 400	$a = 0,10 \cdot D$ $b = 0,50 \cdot D$ $c = 0,90 \cdot D$	20 25 32 40	100 125 158 200	180 225 283 360		
500 630 800 1 000 1 250	$a = 0,043 \cdot D$ $b = 0,290 \cdot D$ $c = 0,710 \cdot D$ $d = 0,957 \cdot D$	22 27 34 43 54	145 185 230 290 360	355 445 570 710 890	478 603 766 957 1 196	

^a Kanavastandardin mukaisesti.

Kuva 3. Pyöreiden kanavien mittauspisteet (SFS-EN 16211:2015).

3.2 Hiilidioksidipitoisuus-, ilmankosteus- ja lämpötilamittaukset

Hiilidioksidipitoisuus-, ilmankosteus- ja lämpötilamittaukset tehtiin kolmella TSI-IAQ 7525-CALC- sisäilman laadun mittarilla. Mittarin mittaustarkkuudet ovat hiilidioksidipitoisuudelle ± 3 % lukemasta tai ± 50 ppm, ja suhteelliselle kosteudelle ± 3 % RH. Mittausten kesto oli vuorokausi.

Mittaustuloksista huomattiin, että yksi mittareista oli epäkunnossa. Tämän vuoksi opinnäytetyössä käsitellään vain kahden mittarin mittaustuloksia.

4 Tapiolan liikuntahalli

4.1 Perustiedot

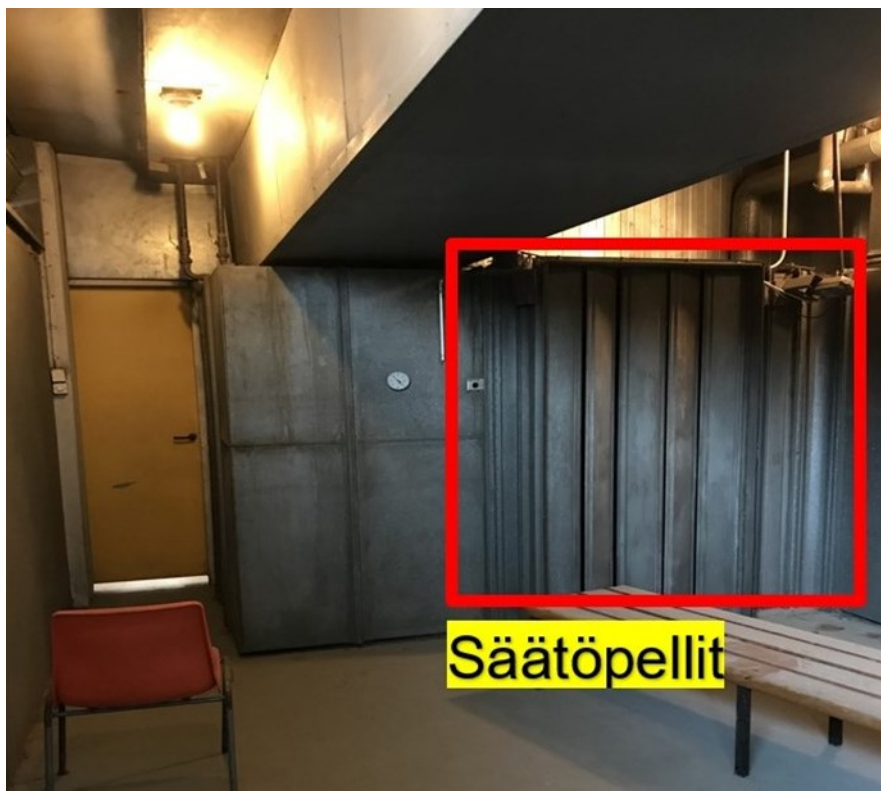
Tapiolan liikuntahalli on rakennettu vuonna 1974. Hallin pinta-ala on 3 330 m² ja tilavuus on 21 365 m³. Hallin katsomossa on 2 640 paikkaa, joista 1 570 istumapaikkaa ja 1 070 seisomapaikkaa. Rakennuksessa on judo- ja kuntosali sekä pallokenttä. Pallokentällä pelataan koripalloa, lentopalloa ja salibandyä.

4.2 Ilmanvaihtojärjestelmä

Tapiolan liikuntahallin LVI-piirustukset olivat alkuperäisiä (käsin piirrettyjä) ja jotkut niistä olivat hankalalukuisia.

Rakennuksessa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä sekä joissain tiloissa on erillinen koneellinen poistoilmavaihtojärjestelmä (esim. yläkerroksen WC-tiloissa). Yleisilmanvaihtokone palvelee hallia, katsomoa sekä yläkerran tiloja muut ilmanvaihtokoneet palvelevat, kunto- ja judosalia, alakerran käytäviä ja pukuhuoneita. Ilmanvaihtokoneet ja kanavisto ovat edelleen alkuperäisessä kunnossa, vaikka ne on asennettu vuosina 1974–1975. Alakerroksessa hallin takana on kaksi vierekkäistä ilmanvaihtokonehuonetta, joiden välillä on kulkuovi. Ensimmäisessä konehuoneessa on poistoilmakone ja kaksi poistoilma aukkoa, joiden kautta poistoilmaa tulee konehuoneeseen, siirtyy

konehuoneesta poistoilmakoneeseen ja poistoilmakanavaan. Viereisessä huoneessa on tuloilmakone, kaksi ulkoilmasäleikköä, ja kierrätysilman säätöpellit (kuva 4), jolla säädetään kierrätysilman määrää. Vuonna 1995 halliin on asennettu lämmönjakokeskus (mitoitusteho 512 kW), jolla lämmitetään ilmanvaihtokoneen lämmityspatterille menevää vettä.



Kuva 4. Poistoilmakoneen kierrätysilman säätöpellit.

Taulukossa 5 on rakennuksen ilmanvaihtokoneiden tyypit, tehot sekä hallin ilmanvaihdon suunnitteluilmavirrat. Rakennuksen ilmanvaihtosuunnitelmat on tehty vuonna 1974. Tässä opinnäytetyössä on keskitytty ainoastaan hallin yleisilmanvaihtokoneeseen, joka koostuu tuloilmakoneesta 6 RP ja poistoilmakoneesta 8 PP.

Taulukko 5. Rakennuksen ilmanvaihtokoneiden tyypit, tehot ja niiden palvelu-alueet.

Kone	Tyyppi	Ilmavirta m ³ /h	Puhallin	Moottori	Palvelualue
Tuloilmakone 6 RP	CFN-200-300	20 000	700 r/min, 3 kW	1435 r/min, 4 kW	Palloilusali/katsomo/ yläkerran tiloja 2190 m ²
Poistoilmakone 8PP	FTK 200	17 000	500 r/min, 1,4 kW	1415 r/min, 2,2 kW	Palloilusali 964 m ²
Huippuimuri 15PP	FDC 35	1 300	900 r/min	900 r/min, 0,11 kW	Varasto, WC:tä, (va- sen puoli) 58 m ²
Huippuimuri 16PP	FDC 35	1 400	900 r/min	900 r/min, 0,11 kW	Varasto, sosiaalitila, WC:tä (oikea puoli) 58 m ²
Tuloilmakone 9RP	KSN 70	6 200	800 r/min, 1 kW	1420 r/min, 1,5 kW	Alakerran tiloja (va- sen puolella)
Huippuimuri 11PP	FDC 50-411	6 600	900 r/min	900 r/min, 0,67 kW	Alakerran tiloja (va- sen puoli)
Tuloilmakone 12RP	KSN 50	4 800	1000 r/min, 0,8 kW	1420 r/min, 1,5 kW	Alakerran tiloja (va- sen puoli)
Huippuimuri 14PP	FDC 50-411	5 200	900 r/min	900 r/min, 0,67 kW	Alakerran tiloja (va- sen puoli)

4.2.1 Tuloilmajärjestelmä

Liikuntahallin ulkoilman sisäänottosäleiköt sijaitsevat kadulla noin puolen metrin korkeudella maan tasolta (kuva 5).



Kuva 5. Ulkoilman sisäänottosäleikkö.

Hallin, katsomon ja rakennuksen yläkerran tuloilmajärjestelmä koostuu tuloilmakoneesta 6 RP (kuva 6), suorakaiteen (1 000 mm x 800 mm) muotoisesta kanavasta ja kahdestatoista pyöreästä kanavasta. Suunnitelman mukaan tuloilmamäärän on oltava 20 000 m³/h. Tuloilmakoneessa on kaksoiskeskispuhalin. Tarkastuskäynnillä huomattiin puhaltimen olevan alkuperäisessä kunnossa.



Kuva 6. Tuloilmakone 6 RP.

Kiinteistö on liitetty kaukolämpöverkkoon ja ilmanvaihdon on varustettu lämmityspatterilla. Lämmitysjohtotputkistojen eristykset on päällystetty sinkityllä pellillä (kuva 7).



Kuva 7. Lämmitysjohtoputkistoja.

Rakennusautomaatiojärjestelmästä ilmanvaihtoverkoston lämpötilaa ohjataan ulkolämpötilan mukaan (taulukko 6).

Taulukko 6. Ilmanvaihtoverkoston lämpötilan säätöarvot.

Ulkolämpötila °C	Menoveden asetusarvo °C
-26	80
-10	60
15	33
20	20

Tuloilma lähtee tuloilmakoneesta suorakaiteen muotoisen kanavan kautta, joka on yhdistetty pyöreisiin tuloilmakanaviin. Hallin tuloilman kanavat ovat pääosin alkuperäisiä sinkittyjä pyöreitä kanavia. Katossa on 12 tuloilmakanavaa ja jokaisessa kanavassa kolme päätelaitetta (kuva 8).



Kuva 8. Hallin tuloilmakanavat ja päätelaitteet.

4.2.2 Poistoilmajärjestelmä

Poistoilmajärjestelmä koostuu kahdestakymmenestä säleiköstä, jotka sijaitsevat hallin kahdessa sivuseinässä, kymmenen säleikköä kummallakin seinällä. Molemmilla puolilla säleiköt yhdistyvät suureen (1000 mm x 150 mm) suorakaiteen muotoiseen kanavaan, josta poistoilmakanavat kulkevat alemman hallin lattian alla ilmanvaihtuhuoneeseen. Poistoilmakonehuoneen lattiassa on kaksi poistoilma-aukkoa, joista poistoilma tulee hallista ilmanvaihtokonehuoneeseen ja sieltä poistoilmakoneeseen. Kuvassa 9 on ilmanvaihtokonehuoneen kaksi poistoilma-aukkoa ja poistoilmakone.

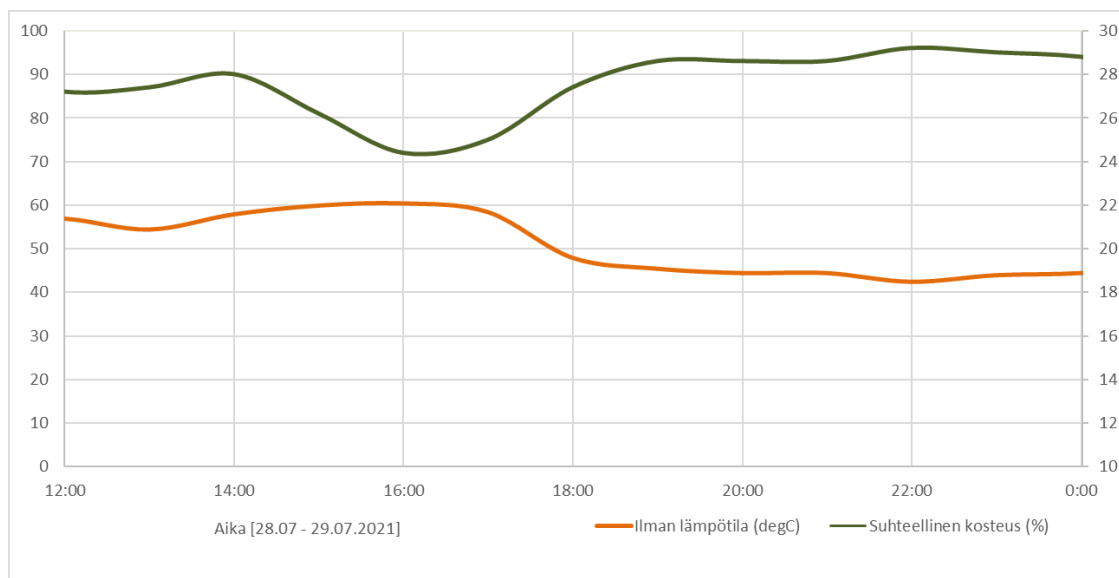


Kuva 9. Poistoilma-aukot ja -kone 8 PP.

4.3 Tapiolan liikuntahallin mittaukset

Mittaukset tehtiin 28-29.07.2021. Kolme TSI-IAQ 7525-CALC- sisäilmamittaria asetettiin vuorokaudeksi mittaamaan hallin hiilidioksidipitoisuutta, lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Hallin tuloilmavirta mitattiin pitot-putkella ja poistoilmavirta huppumittarilla.

Kuvassa 10 on esitetty ulkoilman suhteellinen kosteus ja lämpötila, joiden arvot saatiin Ilmatieteen laitoksen säähavaintopalvelusta.



Kuva 10. Tapiolan ulkoilman lämpötilä ja suhteellinen kosteus (Ilmatieteen laitos 2021).

4.4 Tuloilman mittaukset

Tuloilmavirta mitattiin pitot-putkilla, koska päätelaiteet ovat korkealla hallin katossa. Mittaukset tehtiin standardin SFS-EN 16211:2015 mukaan. Standardin SFS-EN 16211:2015 mukaan, pitot-putkella mitattaessa on mittauspisteestä (kanavan halkaisijan kohdalta) otettava vähintään viisi mittausta, kun kanavan halkaisija on 400 mm. Jokaisesta mittauspisteestä tehtiin seitsemän mittausta tarkemman mittaustuloksen saamiseksi.

Kuvassa 11 on tuloilmakanavan mittauspiste, jonka etäisyys kanavan käyrästä on viisi kertaa kanavahalkaisija.



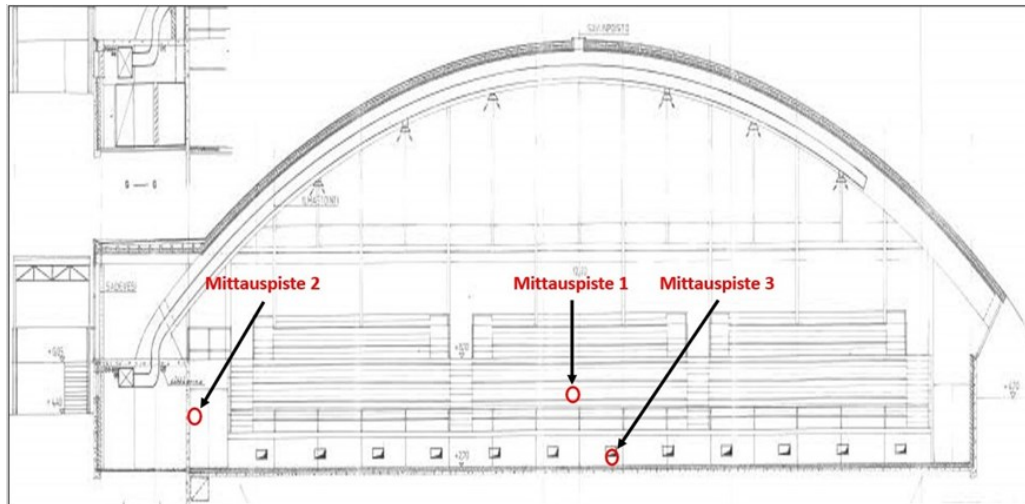
Kuva 11. Tuloilmakanavan ilmapirran mittauspiste.

4.5 Poistoilmavirtamittaukset

Hallissa on kaksikymmentä poistosäleikköä, jotka sijaitsevat hallin seinissä 15 cm:n korkeudella lattiasta. Poistoilmavirta mitattiin säleiköistä huppumittarilla.

4.6 Hiilidioksidipitoisuus, kosteus ja lämpötila

Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden, kosteuden ja lämpötilan mittaukset tehtiin kolmella TSI-IAQ 7525-CALC- sisäilman laadun mittarilla. Mittauspisteet valittiin siten, että ne sijaitsevat hallin osissa, ensimmäinen (mittauspiste 1) oli hallin keskellä katsomon alla, toinen puolapuilla (mittauspiste 2) ja kolmas (mittauspiste 3) oli poistosäleikössä (kuva 12).



Kuva 12. Sisäilman laadun mittareiden sijainti hallissa.

4.7 Mittaustulosten analysointi

4.7.1 Tuloilmavirran mittaustulokset

Taulukossa 7 on tuloilmakanavista mitatut ilmavirrat, jotka on mitattu pitot-putkella. Jokaisella kanavalla mittauspisteitä oli 7–9. Arvot taulukossa ovat mittausten keskiarvoja.

Taulukko 7. Tuloilmakanavista mitatut ilmavirrat.

Kanavan halkaisija mm	Mitattu arvot dm ³ /s
Ø 400	229
Ø 400	207
Ø 400	209
Ø 400	178
Ø 400	208
Ø 400	175
Ø 400	142
Ø 400	211
Ø 400	240
Ø 400	211
Ø 400	181
Ø 400	207
	2398

Mitattu tuloilmavirta oli yhteensä 2 398 dm³/s, eli 8 932 m³/h. Piirustuksien mukaan suunniteltu arvo oli 20 000 m³/h. Hallin rakentamisvuonna oli voimassa Lämmitys ja ilmanvaihtolaitteiden suunnittelun normaaliohje. Kuvassa 13 on normaaliohjeen ohjearvo voimistelusalien tuloilmavirralla (1966, s. 35). Voimistelusalien tuloilmavirtojen arvot olivat 6 m³/h m². On mahdollista, että liikuntahallin suunnittelija käytti koko rakennuksen pinta-alaa liikuntasalin, katsomon ja yläkerran tilojen ilmavirran laskemiseen. Rakennuksen pinta-ala on 3 330 m², joten 3 330 m² x 6 m³/h m²= 19 980 m³/h eli noin 20 000 m³/h. Tuloilmakoneen kahdesta ulkoilmasäleiköstä toinen oli kiinni mittaushetkellä. Tämä voi aiheuttaa sen, että mitattu tuloilmavirta on noin puolet suunnitellusta arvosta.

522	Oppilaitokset	$\frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{henkilöluku}}$	$\frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{lattia-m}^2}$	$\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$
	Luokkahuoneet	15	6	—
	Käytävät ja hallit	—	4	—
	Opettajainhuoneet, kirjastot ja lukusalit	—	6	—
	Tupakkahuoneet	—	15	—
	Opetusvälinehuoneet	—	3	—
	Voimistelusalit	50	6	—
	Juhlasalit	20	25	—
	Pukuhuoneet	—	15	—
	Pukuhuoneet (ilmanpoisto kaap-			

Kuva 13. Voimistelusalit ulkoilmavirta, normaaliohjeet 1966.

Tuloilmakoneen palvelualueen pinta-ala on 2 231 m². Käytettäessä nykyisiä ilmanvaihdon ohjearvoja lasketaan hallin ja käyttävien tarvittava ulkoilmavirta.

Hallin pinta-ala on 964 m², ja tarvittava ulkoilmavirta LVI- 06-10600 Sisäliikuntatilojen LVIA-suunnittelu on 2 dm³/sm².

Käytävien ja aulan pinta-ala on 1 267 m², ja tarvittava ulkoilmavirta on 3 dm³/sm² (Opas ilmanvaihdon mitoittamiseen muissa kuin asuinrakennuksissa 2019, 2020: 17). Pinta-aloista lasketut ilmavirrat ovat taulukossa 8.

Taulukko 8. Laskettu tarvittava ulkoilmavirta.

	Pinta-ala m ²	Ulkoilmavirta dm ³ /sm ²	Ulkoilmavirta m ³ /h	Tarvittava ulkoilmavirta m ³ /h
Liikuntasali	964	2	7,2	6 941
Käytävät	1 267	3	10,8	13 684
			Yhteensä	20 625

Tarvittava ulkoilmavirta 20 624 m³/h on yli kaksi kertaa isompi kuin mitattu ilmavirta (8 932 m³/h).

4.7.2 Poistoilmavirran mittaustulokset

Mitattu poistoilmavirta oli yhteensä 1 895 dm³/s eli 6 822 m³/h. Ilmanvaihtopiirustuksessa poistoilmavirran suunnitteluarvo on 17 000 m³/h. Liikuntahallin ilmanvaihtopiirustuksissa on 24 poistoilman säleikköä. Jokaisen säleikön kautta poistuva ilmavirta on 710 m³/h eli 197 dm³/s. Nykyään hallissa on vain kaksikymmentä säleikköä. Jos laskennassa käytetään säleikön poistoilmavirran suunnitteluarvona 710 m³/h. Säleikköjä on 20 kpl, jolloin poistoilmavirraksi saadaan:

$$710 \text{ m}^3/\text{h} \times 20 \text{ säleikköä} = 14\,200 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Taulukossa 9 on hallin tulo- ja poistoilmavirtojen suunnitellut ja mitatut arvot sekä niiden erot.

Taulukko 9. Liikuntahallin suunnittelut ja mitatut tulo- ja poistoilmavirrat.

	Suunnitellut arvot m³/h	Mitatut arvot m³/h	Ero Mitattu/suunnittelut arvot %
Tuloilma	20 000	8 932	55
Poistoilma	17 000 / 14 200 ¹⁾	6 822	60 / 52 ¹⁾
Ero tulo/poistoilma	24 %	15 %	

¹⁾ nykyään hallissa on kaksikymmentä poistosäleikköä.

4.7.3 Hiilidioksidipitoisuusmittauksien tulokset

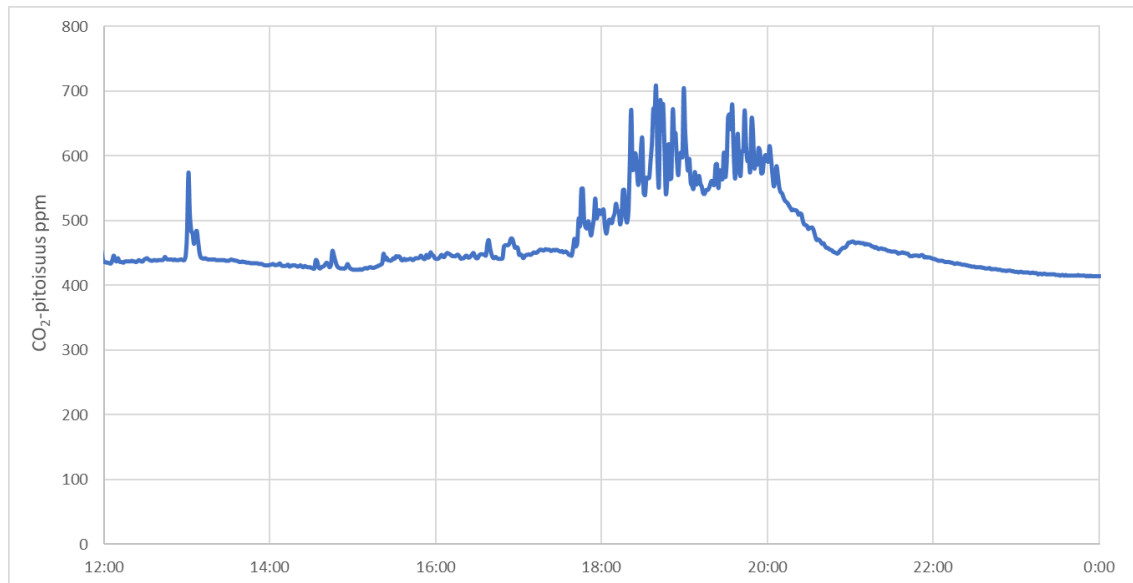
Mittausten alussa hallissa oli voimistelijoita (klo 15:00–17:00), sen jälkeen oli salibandyn harjoitukset (klo 17:00–20:00). Salibandyjoukkueen harjoitusten aikana hiilidioksidipitoisuusarvot nousivat, ja maksimiarvo oli 706 ppm (taulukko 10). Harjoitusten jälkeen hiilidioksidipitoisuus alkoi heti laskea.

Taulukko 10. Mittauspisteen 1 hiilidioksidipitoisuuden arvot.

CO2	ppm	Aika
Keskiarvo	560,0	
Minimiarvo	414,0	28.07.2021 klo 23:58
Maksimiarvo	706,0	28.07.2021 klo 18:40

Hallin hiilidioksidipitoisuus nousi lievästi käytön aikana ja pysyi S1-luokassa (taulukko 3).

Kuvassa 14 on esitetty mittauspisteen 1 hiilidioksidipitoisuuden vaihtelu mittauksen aikana.



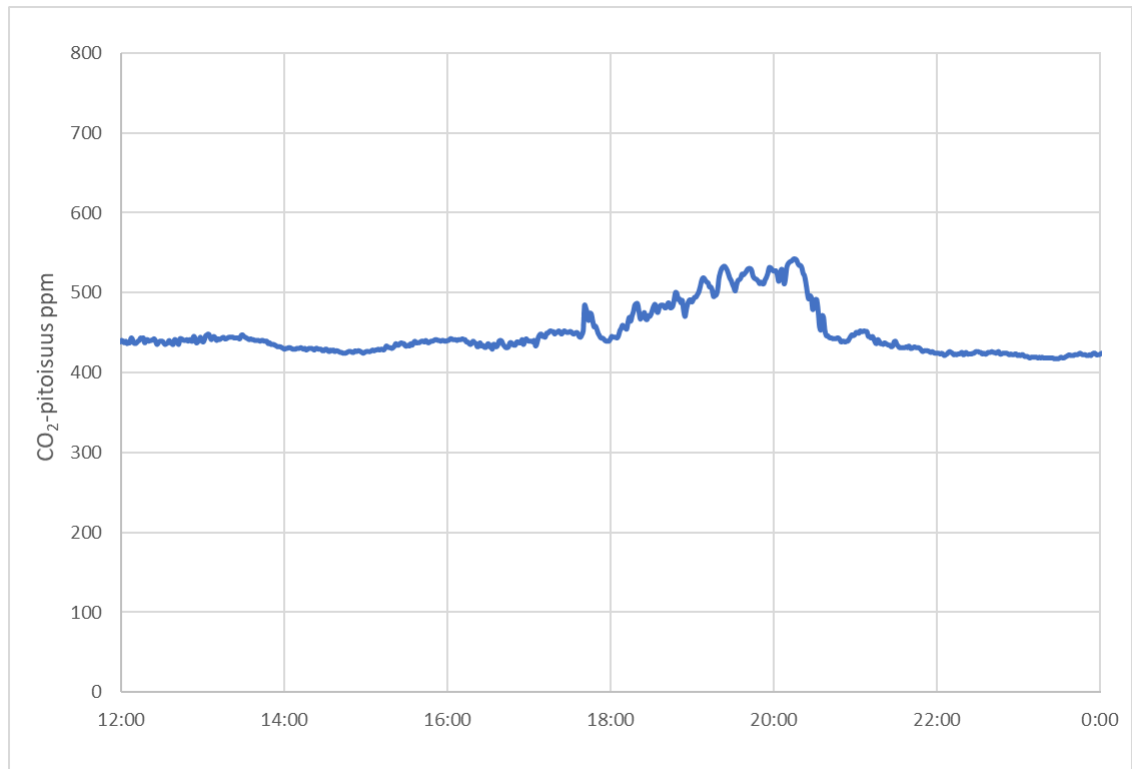
Kuva 14. Mittauspisteen 1 hiilidioksidipitoisuuden vaihtelu.

Taulukossa 11 on esitetty mittauspisteen 2 hiilidioksidipitoisuuden mittausten keskiarvo sekä minimi- ja maksimiarvo.

Taulukko 11. Mittauspisteen 2 hiilidioksidipitoisuuden arvot.

CO ₂	ppm	Aika
Keskiarvo	474,0	
Minimiarvo	418,0	28.07.201 klo 23:30
Maksimiarvo	530,0	28.07.201 klo 20:18

Kuvassa 15 näkyy mittauspisteen 2 hiilidioksidipitoisuuden käyrä.



Kuva 15. Mittauspisteen 2 hiilidioksidipitoisuuden vaihtelu.

4.7.4 Ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittaustulokset

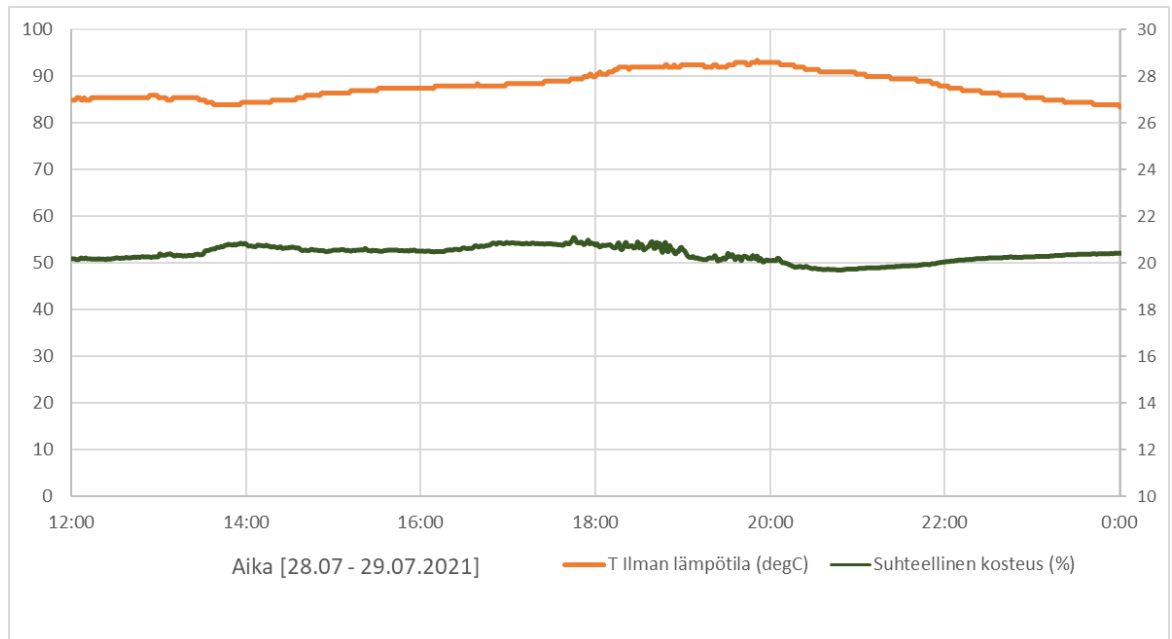
Mittauksen aikana ulkolämpötila oli noin 20 °C, ja ulkoilman suhteellisen kosteuden keskiarvo oli 85 %.

Kuvissa 16 ja 17 näkyy, että hallin lämpötila oli koko päivän yli 25 °C ja kahden mittarilla mitattu keskiarvo oli 26,4–27,8 °C. Harjoitusten aikana lämpötila nousi, ja maksimiarvo oli 28,7 °C klo 20:00.

Kahdella mittarilla mitattu suhteellisen kosteuden keskiarvo oli 51,7 %, maksimiarvo oli 55,6 %, joka laski harjoituksen jälkeen. Ilmastointikoneessa ei ole jäähdytystä/kuivausta, joten sisäilmanlämpötilaan vaikuttaa ulkoilman lämpötila ja suhteellinen kosteus.

Taulukko 12. Mittauspisteen 1 ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden arvot.

	Kosteus %	Aika	Lämpötila °C	Aika
Keskiarvo	52,0		27,8	
Minimiarvo	48,4	28.07.2021 klo 20:48	26,8	28.07.2021 klo 23:59
Maksimiarvo	55,6	28.07.2021 klo 17:45	28,7	28.07.2021 klo 19:51

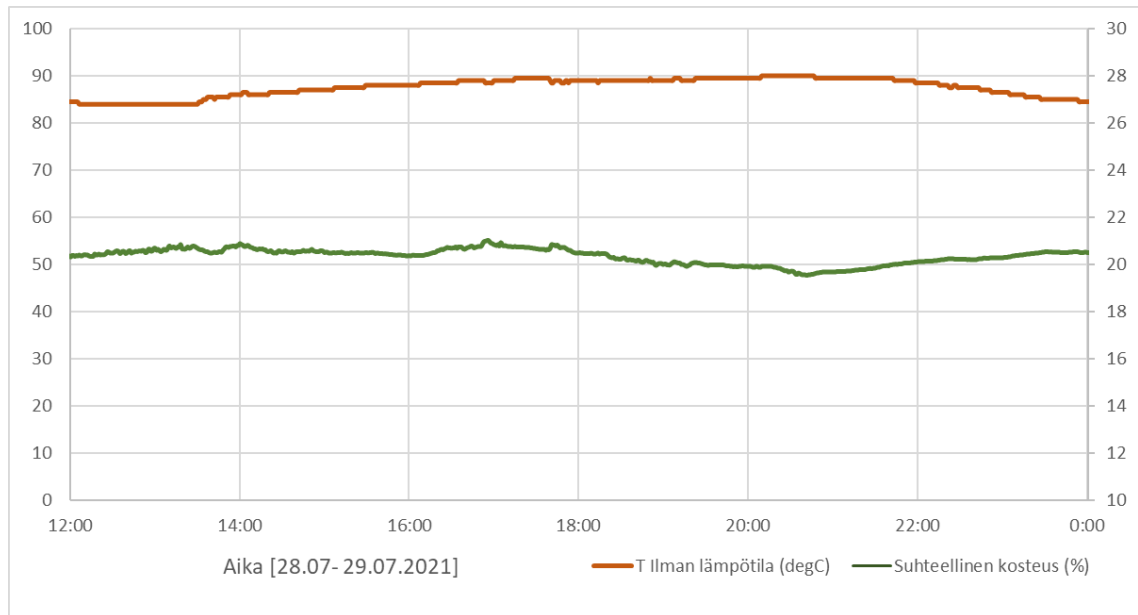


Kuva 16. Mittauspisteen 1 ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden vaihtelu.

Taulukossa 13 on esitetty mittauspisteen 2 lämpötilan ja suhteellisen kosteuden keskiarvo sekä minimi- ja maksimiarvot.

Taulukko 13. Mittauspisteen 2 ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden arvot.

	Kosteus %	Aika	Lämpötila °C	Aika
Keskiarvo	51,3		27,4	
Minimiarvo	47,7	28.07.2021 klo 20:41	26,8	29.07.2021 klo 12:08
Maksimiarvo	54,8	28.07.2021 klo 16:55	28,0	28.07.2021 klo 20:27

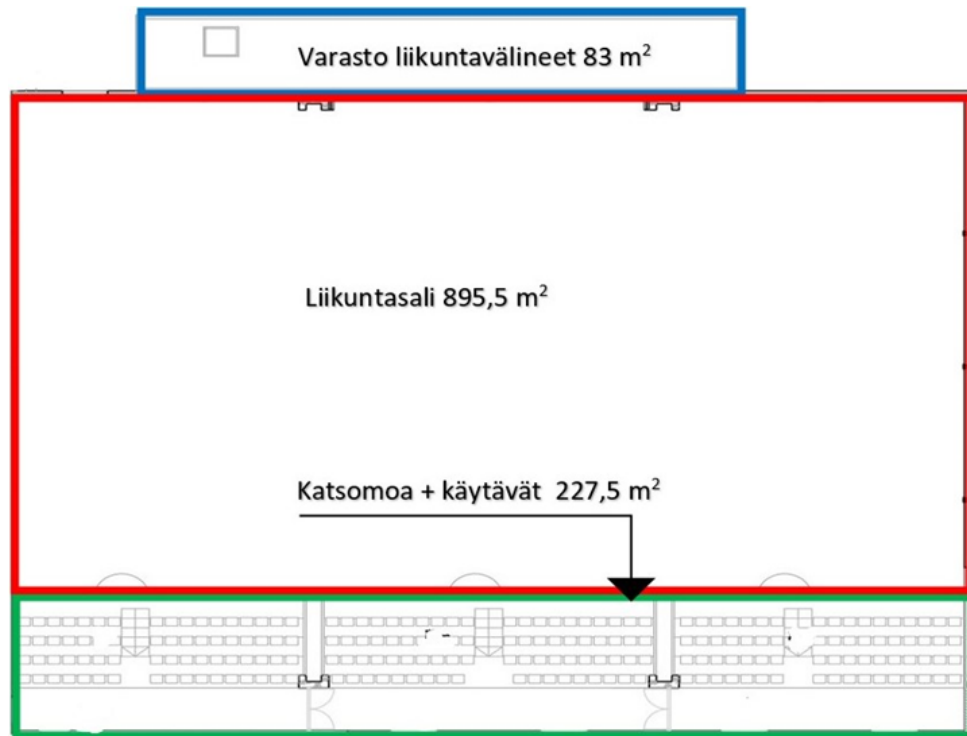


Kuva 17. Mittauspisteen 2 ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden vaihtelu.

5 Leppävaaran liikuntahalli

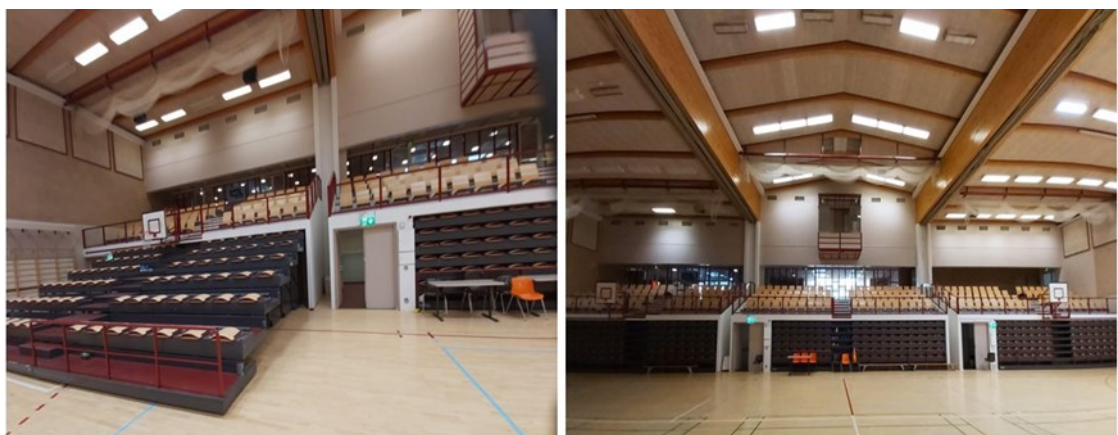
5.1 Perustiedot

Leppävaaran urheilupuistossa sijaitseva Leppävaaran liikuntahalli on rakennettu vuonna 1991. Rakennus on kaksikerroksinen porrastuen maaston mukaan. Liikuntahallin pinta-ala on 895,5 m² (kuva 18).



Kuva 18. Liikuntahallin, varasto ja käytävät pinta-ala.

Hallissa pelataan kori-, lento-, käsi- ja sulkapalloa, tennistä, futsalia. Hallin yhdellä puolella on kiinteä ja siirrettävä katsomo, joissa on yhteensä 484 istumapaikkaa (kuva 19). Halli voidaan jakaa kolmeen yhtä suureen osaan katosta laskeutuvilla väliseinillä, lisäksi hallin yläpuolella on radio- ja tv-selostamo (kuva 19).



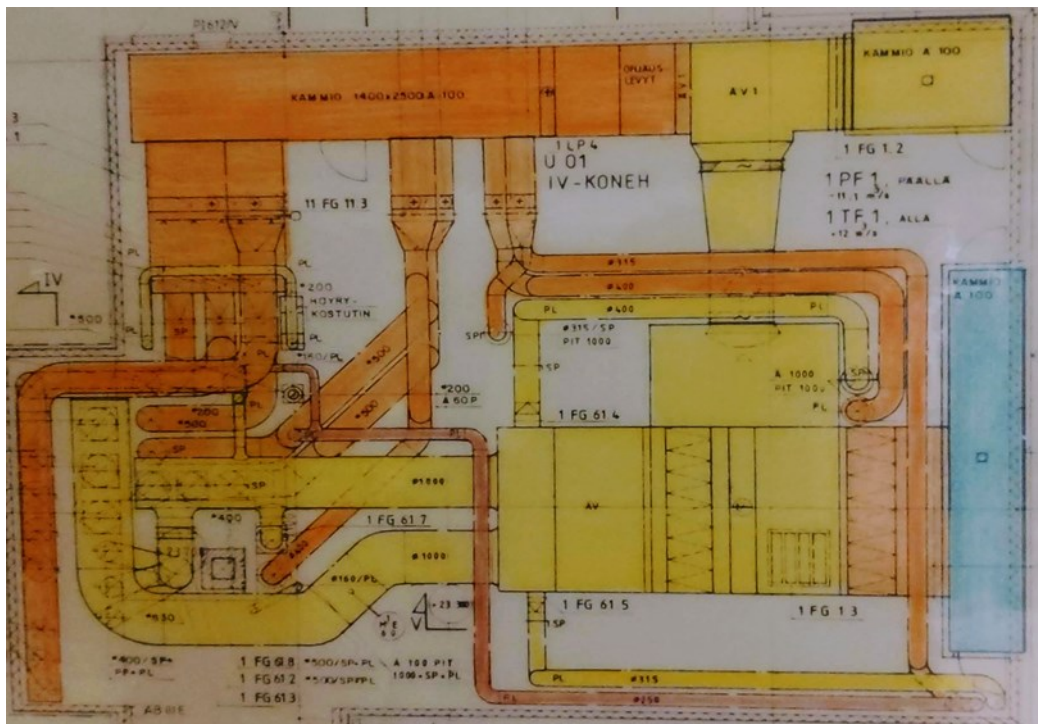
Kuva 19. Vasemmalla on kiinteä ja oikealla on automaattisesti siirrettävä katsomo, ja oikealla on katosta laskeutuvat väliseinät sekä radio- ja tv-selostamo.

5.2 Ilmanvaihtojärjestelmä

5.2.1 Ilmanvaihtokoneet

Ilmanvaihtohuone sijaitsee rakennuksen vesikatolla. Leppävaaran liikuntahallin ilmanvaihtojärjestelmä muodostuu Econovent ET lämmöntalteenottosiirtimestä, höyrykostuttimesta, aksiaalipuhaltimista (Woods-Varofoil-A) varustettuina MPU-säätölaitteilla ja paineilmakompressorilla. Lämmöntalteenottosiirrin siirtää sekä kosteutta että lämpöä. Lämmöntalteenoton hyötysuhde on yleensä 70–80 %. (Econovent ET ja RT lämmöntalteenottolaitteet ilmastointijärjestelmiin)

Kuvassa 20 on esitetty tuloilmajärjestelmä oranssilla värillä, poistoilmajärjestelmä keltaisella ja ulkoilmakammio siniseillä värillä.



Kuva 20. Ilmanvaihtohuoneen IV-koneet ja kanavisto.

5.2.2 Kanavisto ja päätelaiteet

Hallin ilmanvaihtokanavatilassa on viisi tuloilmakanavaa, joiden halkaisija on 500 mm. (2 kanavaa halliin, 1 katsomoon ja 2 käytävälle). Kaksi tuloilmakanavaa sijaitsee alakerroksen käytävässä. Katsomossa on 12 kpl Haltonin x LVA 400-, hallissa on 4 kpl Haltonin LVA 315- ja käytävällä on 12 kpl Haltonin LVA+AP 200 -tuloilmalaitetta.

Hallissa on kolme poistoilmakanavaa, joiden halkaisija on 630 mm. Jokaisessa kanavassa on kuusi Haltonin TS-HV+K+C 800x 300 säleikköä, ja ne sijaitsevat 8–10 m:n korkeudella katsomon puoleisella seinällä.



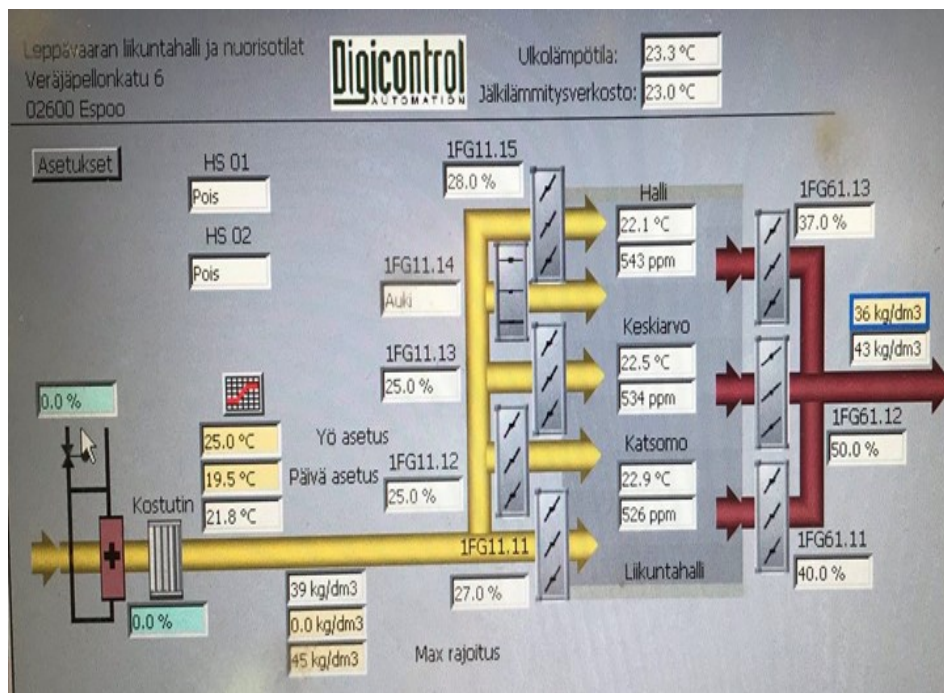
Kuva 21. Ilmanvaihto kanavien sijainti käytävällä.

5.2.3 Ilmavirran säätö

Hallissa on ilmavirtasäätöinen järjestelmä, jonka ilmavirtaa säädetään hallin ilman lämpötilan ja hiilidioksidipitoisuuden sekä kosteuden mukaan. Tuloilman lämpötila säädetään hallin lämpötilan mukaan. Ilmanvaihtokoneella 1 TK hoide-
taan päiväkäytössä liikuntahallin ilmanvaihto sekä yökäytössä hallin lämmitys.

Ilmanvaihdon mitoitusperusteena on tuuletustarve. Tuloilmakone käsittää ilman suodatuksen, esilämmityksen (LTO), kostutuksen ja jälkilämmityksen vyöhykkeittäin. Puhaltimien ilmavirtaa säädetään pneumaattisella siipikulmasäätimellä (UI).

Ilmanvaihtoselostuksen mukaan tarpeen mukainen ilmastointi on toteutettu siten, että jatkuvasiipikulmasäätin puhallin 1TF1 pitää tuloilmakammiossa vakio painetta mikroprosessoriohjatun säätimen avulla siten, että joka vyöhykkeelle saadaan tarvittavat ilmavirrat. Poiston jatkuvasiipikulmasäätimestä puhallinta 1PF1 ohjataan saman mikroprosessorisäätimen avulla siten, että imukammiossa pysyy tarvittava alipaine, jotta tarvittavat poistoilmavirrat saavutetaan. Tulo- ja poistopuhaltimien yli mitataan paine-erot, joiden perusteella säädin estää puhaltimia sakkaamasta ja suojaa kanavistoa liian suurilta yli- ja alipaineilta asetellun rajakäyrän mukaisesti. Säätimestä voi nähdä tulo- ja poistoilmavirrat sekä staattiset paineet tulo- ja poistoilmakammioissa ja rajapaineet sekä puhaltimien siipikulmat. Säätimestä voidaan asettaa PID-säätöparametrit staattisten paineiden ohjausta varten DDC:llä. Järjestelmän PC:tä voidaan käyttää MPU:n kauko-ohjaus- ja näyttölaitteena (kuva 22).



Kuva 22. Ilmastoinnin automaation näytöltä luettavat asetus- ja mittausarvot.

Taulukon 14 arvot otettiin hallin rakennuksen automaation säätökaaviosta.

Taulukko 14. Sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvot huonelämpötilan funktiona.

	Huonelämpötila °C	Asetus °C
1	16,0	28,0
2	17,6	23,5
3	19,0	22,5
4	21,0	20,0
5	22,0	19,5
5	24,0	19,0

5.3 Leppävaaran liikuntahallin mittaukset

Leppävaaran liikuntahallin mittaukset tehtiin 11.08.2021. Mittauksissa käytettiin pitot-putkilla ilmavirtamittausten tekemiseen. Kolme TSI-IAQ 7525-CALC-sisäilmamittaria asetettiin vuorokaudeksi mittaamaan hallin hiilidioksidipitoisuutta, lämpötilaa ja suhteellista kosteutta.

5.3.1 Tulo- ja poistoilmamittaukset ja mittaustulokset

Tulo- ja poistoilmamittaukset on tehty samalla tavalla, kuin Tapiolan liikuntahallilla. Käytiin kaikille ilmavirran mittauksille pitot-putkea SFS-EN 16211:2015-standardin mukaan. Ilmastoinnin ilmamäärät on säädetty eri käyttötilanteisiin, esim. täysilmanvaihto ja normaali päiväkäyttö.

Taulukossa 15 on esitetty hallin mitatut ja suunnitelman mukaiset ilmavirrat. Hallin tuloilmavirraksi mitattiin 1 025 dm³/s kahdesta Ø 500:n kanavasta. Katso- mon tuloilmavirraksi mitattiin 1 230 dm³/s kolmesta Ø 500:n kanavasta. Käytävän tuloilmavirraksi mitattiin 445 dm³/s. Mittaustuloksia verrattiin suunniteltuihin täysilmanvaihdon ja normaalin päiväkäytön ilmavirtoihin.

Taulukko 15. Hallin mitatut ja suunnitellut tuloilmavirrat.

	Mitattu	Suunnittelutuloilma- virta	Suunnittelutuloilma- virta	Ero mitattu/suun- nitteluilmavirta nor- maali päiväkäy- tössä
	dm³/s	dm³/s	dm³/s	%
Liikuntasali	1 025	1 300	1 300	-21
Katsomo	1 230	2 900	1 350	-9
Käytävä	445	1 700	500	-11
Yhteensä	2 700	5 900	3 150	-14

Taulukko 16. Hallin mitatut ja suunnitellut tulo- ja poistoilmavirrat ja niiden prosentuaaliset erot.

	Mitattu	Suunnitteluilma- virta	Suunnitteluilma- virta	Ero mitattu/ suunnitteluil- mavirta
	dm³/s	dm³/s	dm³/s	%
Tuloilma	2 700	5 900	3 150	-14
Poistoilma	2 521	6 310	3 090	-18
Ero tulo/poistoilma	7 %	-6 %	2 %	

Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa -standardin ja sisäilmaluokituksen 2018 mukaan ulkoilmavirta hallille S1-luokka on $2,5 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$ ja S2-luokka on $2 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$, käytävälle $3 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$ ja varastolle $0,35\text{--}1 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$. Lasketaan hallin tarvittava ulkoilmavirta.

Taulukko 17. Tarvittava ulkoilmavirta (Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa 2019).

	Pinta-ala	Ulkoilmavirta	Ulkoilmavirta
	m²	S1-luokka	S2-luokka
		dm³/s	dm³/s
Liikuntasali	895,5	2 239	1 791
Käytävä/kiinteä katsomo	228	683	683
Varasto (1 dm ³ /s, m ²)	83	83	83
		3 005	2 557

Leppävaaran liikuntahallin tarvittavat ulkoilmavirran arvot laskettiin käyttämällä nykyisiä ohjearvoja, ja tulokset verrattiin hallin ulkoilmavirran mitattuihin arvoihin (taulukko18).

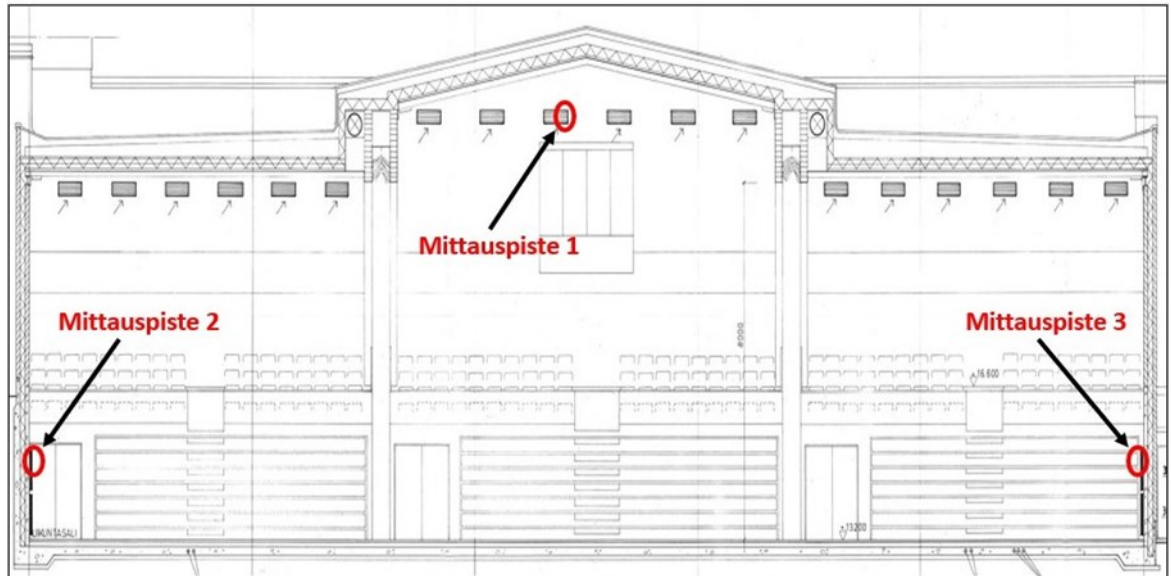
Taulukko 18. Tuloilmavirta; mitatut, suunnittelut ja tarvittavat arvot.

	Mitattu	Suunnitteluilma-	Tarvittava	Tarvittava
	ulkoilmavirta	normaali	ulkoilmavirta	ulkoilmavirta
		päiväkäytössä	S1-luokka	S2-luokka
dm ³ /s	2 700	3 150	3 005	2 557
m ³ /h	9 720	11 340	10 818	9 203

Mittaustulosten perusteella havaitaan, että hallin mitattu ilmavirta on riittävä verrattuna ohjeen Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa ohjearvoihin nähden.

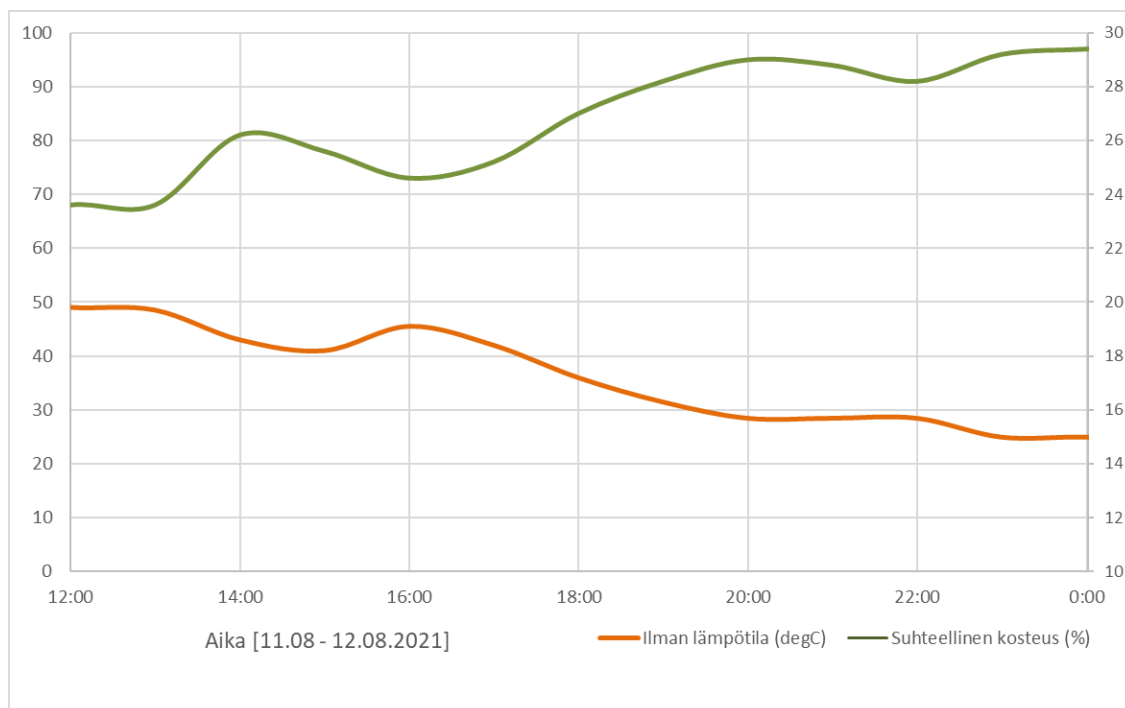
5.3.2 Hiilidioksidipitoisuuden, lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mit- taustulokset

Hallilla kolmessa mittauspisteissä mitattiin hiilidioksidipitoisuutta, kosteutta ja lämpötilaa kolmella sisäilma laadun mittarilla. Mittarien sijainti näkyy kuvassa 23. Kuvassa on esitetty myös poistoilmasäleikköjen sijainti hallissa.



Kuva 23. Sisäilman laadun mittarien sijainti.

Mittausten aikana ulkoilman lämpötilan keskiarvo oli 17 °C, ja ulkoilman suhteellisen kosteuden keskiarvo oli 85 % (kuva 24).



Kuva 24. Ulkoilman lämpötilä ja suhteellinen kosteus (Ilmatieteen laitos 2021).

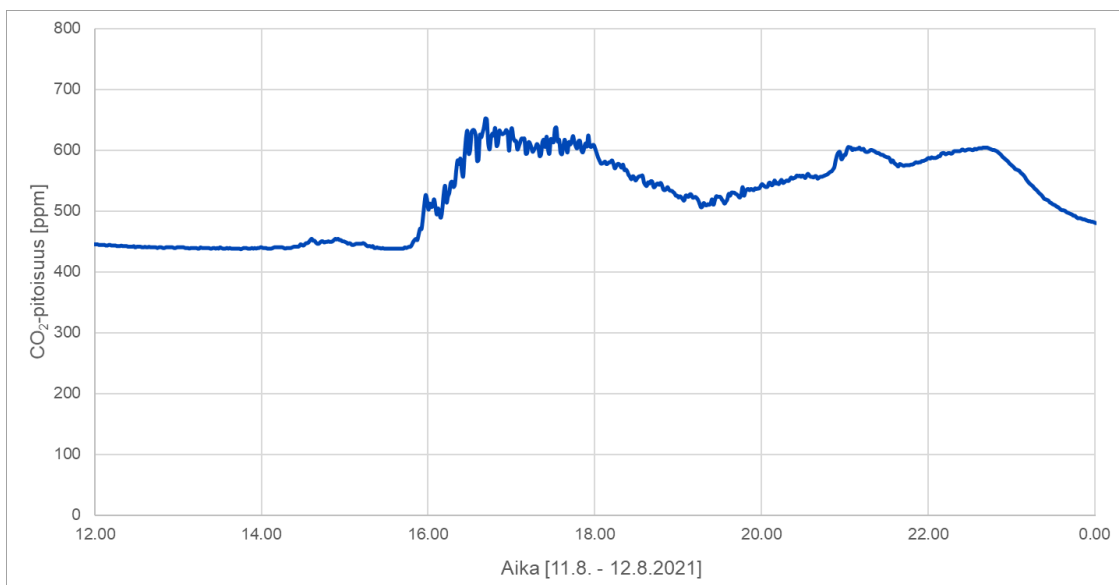
5.3.2.1 Hiilidioksidipitoisuuden mittaustulokset

Aamulla halli oli tyhjänä mittarien asettelun aikana. Päivällä halli oli varattu koripallo- ja futsalpelaajille klo 15:30–22:00, jolloin paikalla oli 15–40 pelaajaa.

Kuvien 25 ja 26 hiilidioksidipitoisuudesta näkee, kuinka mittausten aikana hallissa hiilidioksidipitoisuus vaihtelee. Hiilidioksidipitoisuuden minimiarvo oli 417 ppm ja maksimi arvo oli 684 ppm (taulukko 20).

Taulukko 19. Mittauspisteen 1 hiilidioksidipitoisuuden arvot.

CO ₂	ppm	Aika
Keskiarvo	510,0	
Minimiarvo	437,0	11.08.2021 klo 13:44
Maksimiarvo	652,0	11.08.2021 klo 16:40

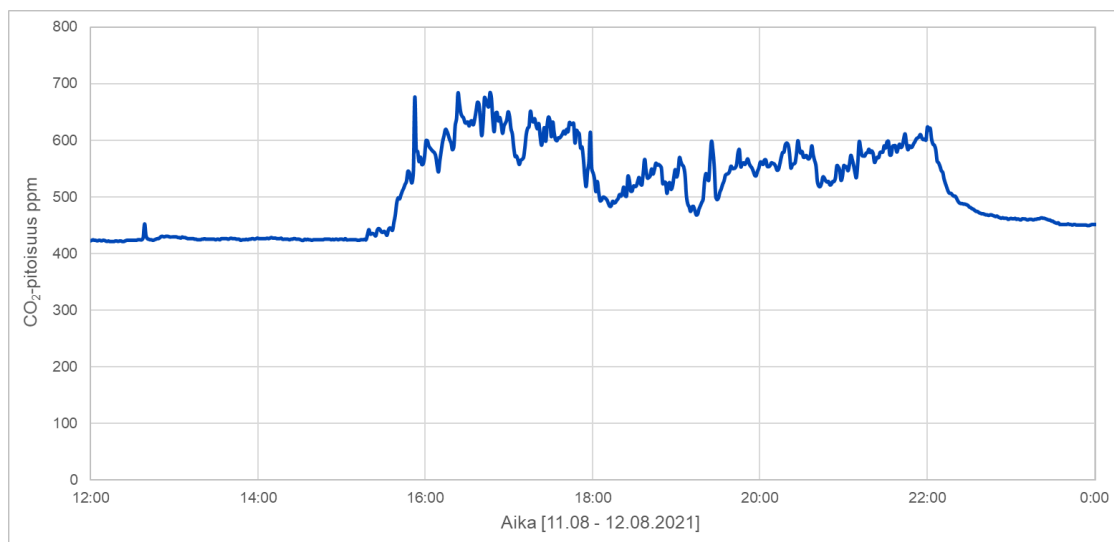


Kuva 25. Mittauspisteen 1 hiilidioksidipitoisuuden vaihtelu.

Hallin hiilidioksidipitoisuus nousi 684 ppm:iin käytön aikana ja pysyi S1-luokassa (taulukko 3).

Taulukko 20. Mittauspisteen 1 hiilidioksidipitoisuuden arvot.

CO ₂	ppm	Aika
Keskiarvo	550,5	
Minimiarvo	417,0	11.8.2021 klo 10:26
Maksimiarvo	684,0	11.8.2021 klo 16:47



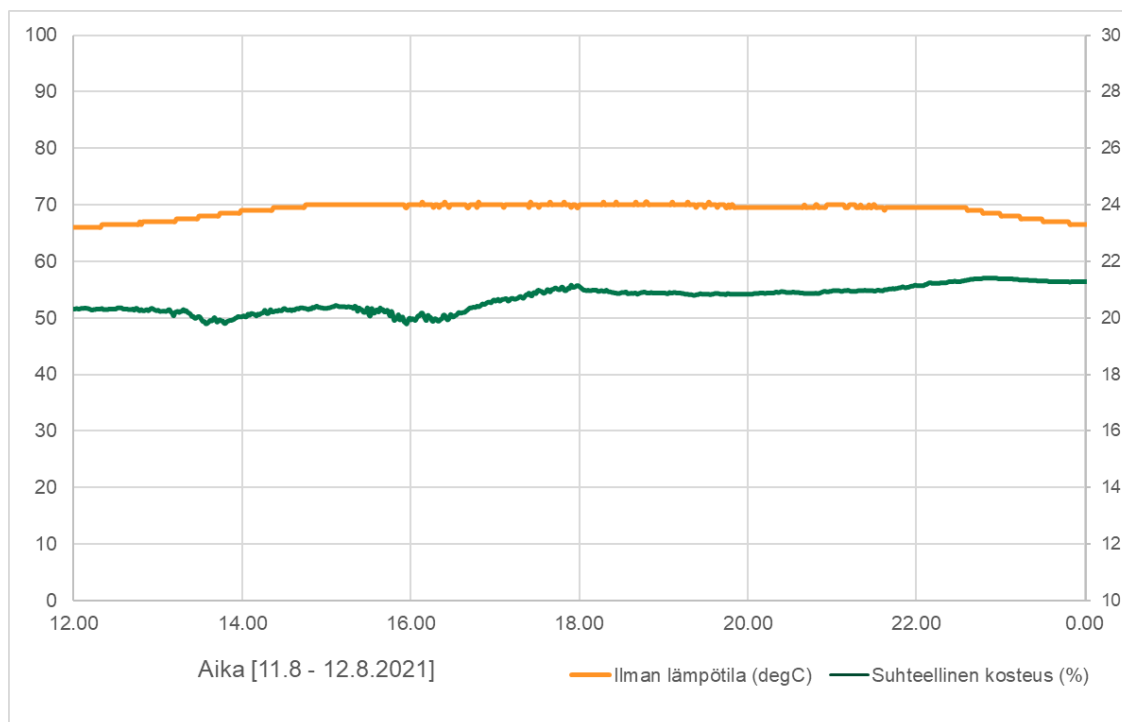
Kuva 26. Mittauspisteen 2 hiilidioksidipitoisuuden vaihtelu.

5.3.2.2 Ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittaustulokset

Hallin lämpötilan keskiarvo oli 23,5 °C ja kosteuskeskiarvo oli 50,6 %. Harjoitteleajan edetessä lämpötila sekä suhteellisen kosteuden arvot nousivat. Ne olivat kuitenkin alle lämpötilan ohjearvon ja suhteellisen kosteuden suositusarvon. Lämpötilan maksimiarvo oli 24,1 °C ja suhteellisen kosteuden minimiarvo oli 40,0 % ja maksimiarvo oli 57 % (taulukko 22). Lämpötilavaatimukset ovat 16–24 °C ja suhteellisen kosteuden suositusarvo on 35–60 % (taulukko 1).

Taulukko 21. Mittauspisteen 1 ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden arvot.

	Kosteus %	Aika	Lämpötila °C	Aika
Keskiarvo	52,7		23,6	
Minimiarvo	49,0	11.08.2021 klo 15:57	23,2	11.08.2021 klo 12:13
Maksimiarvo	56,4	11.08.2021 klo 23:59	24,0	11.08.2021 klo 17:49



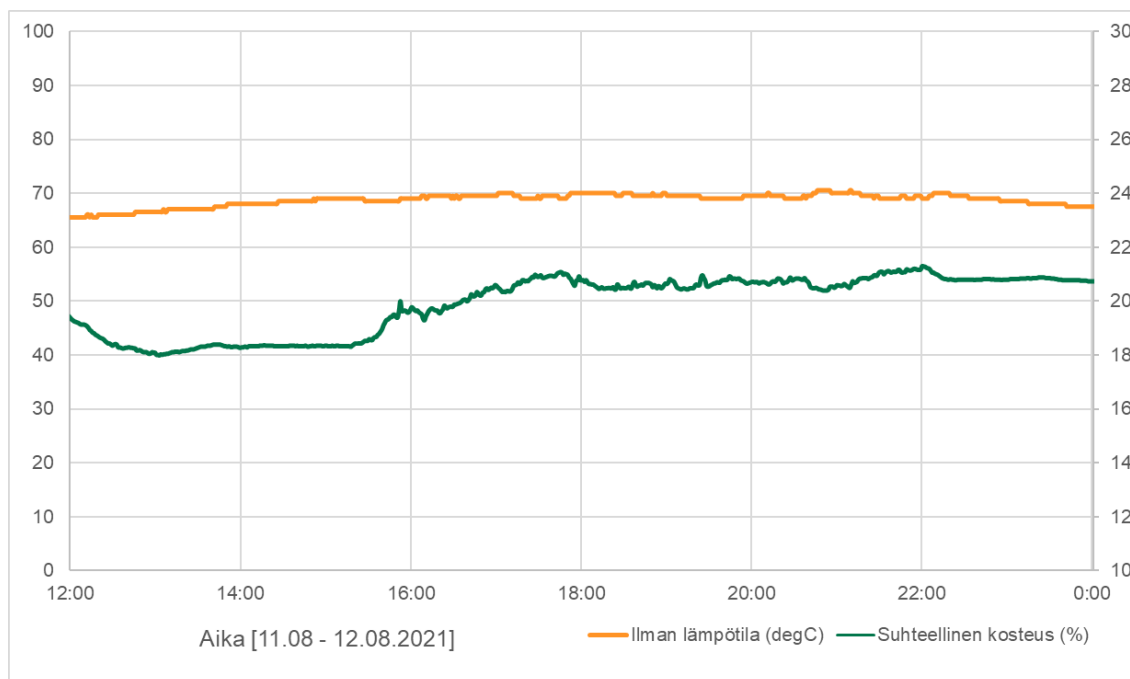
Kuva 27. Mittauspisteen 1 ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden vaihtelu.

Taulukossa 22 on esitetty mittauspisteen 2 ilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan keskiarvo sekä minimi- ja maksimiarvot.

Taulukko 22. Mittauspisteen 2 ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden arvot.

	Kosteus %	Aika	Lämpötila °C	Aika
Keskiarvo	48,5		23,5	
Minimiarvo	40,0	11.08.2021 klo 13:00	22,9	11.08.2021 klo 00:00
Maksimiarvo	57,0	11.08.2021 klo 22:00	24,1	11.08.2021 klo 20:53

Kuvassa 28 näkyvät mittauspisteen 2 ilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan diagrammit.



Kuva 28. Mittauspisteen 2 ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden vaihtelu.

6 Yhteenveto

Tapiolan liikuntahallin mittausten aikana sisäilman lämpötila oli keskimäärin 27,6 °C (27,4–27,8 °C), ja hiilidioksidipitoisuus oli keskimäärin 517 ppm (474–560 ppm) sekä ilman suhteellinen kosteus oli keskimäärin 52 % (51–52 %). Mittausten aikana ilman lämpötila, hiilidioksidipitoisuus ja suhteellinen kosteus olivat nykyisten ohjearvojen mukaisia, vaikka Tapiolan liikuntahallin rakennuksen sekä ilmanvaihtojärjestelmän koneet ja kanavisto ovat vanhoja (vuosi 1974). Tapiolan liikuntahallin ilmanvaihdossa havaittiin puutteita hygieniassa ja puhtauudessa. Esimerkiksi ilmanvaihtokoneen kammioissa oli pölyä ja roskia, ja ulkoilman sisäänottoaukko sijainti oli noin puolen metrin korkeudella maan tasalta (kuva 5).

Leppävaaran liikuntahallin mittausten aikana mittaustuloksista sisäilman lämpötila oli keskimäärin 23,5 °C (23,6–23,5 °C), ja hiilidioksidipitoisuus oli keskimäärin 596 ppm (437–754 ppm) sekä ilman suhteellinen kosteus oli keskimäärin 51 % (49–53 %). Rakennuksessa on höyrykostutin, joka on ilmastointikoneessa puuparkettialattian takia.

Nykyinen ohjearvoissa on mainittu suositeltu suhteellisen kosteuden arvoja 35–60 %. Talvilla sisäilman suhteellisen kosteuden arvo on alle 35 %, jos rakennuksen ilmastointijärjestelmässä ei ole höyrykostutinta.

Työ oli mielestäni erittäin mielenkiintoinen ja innostava, mutta varsinkin alussa oli paljon vaikeuksia ja haasteita. Kohteiden LVI-piirustuksien ja tiedon etsiminen ja kerääminen ei ollut helppoa, erityisesti kun halleilla on liikuntapaikkojen hoitajat, mutta ei kiinteistöhoitajia, jotka olisivat voineet vastata hallien LVI-järjestelmiä koskeviin kysymyksiini. Etenkin Tapiolan liikuntahallissa asiakirjat olivat hyvin vanhoja ja vaikeasti ymmärrettäviä. Työn haasteellisuus antoi itselleni varmuutta tehdä mittaukset ja analysointi itsenäisesti määräysten mukaan. Tästä työstä opin paljon uutta asioita ja taitoni kehittyivät huomattavasti.

Lähteet

Econovent ET ja RT lämmöntalteenottolaitteet ilmastointijärjestelmiin. 2016. Verkkoaineisto. sisilmahuolto.com <https://sisilmahuolto.com/wp-content/uploads/2016/06/Econovent_ET_ja_RT_lammontalteenottolaitteet_ilmastointijärjestelmiin_all_pages_lowres.pdf>. Luettu 15.10.2021.

Lämmitys ja ilmanvaihtolaitteiden suunnittelun normaaliohjeet 1966. 2. painos. Helsinki: Lämpö- ja vesijohtoteknillinen yhdistys ry.

Havaintojen lataus. 2021. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus>>. Luettu 01.2.2022.

Kasvihuonekaasujen pitoisuudet. 2022. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/kasvihuonekaasujen-pitoisuudet#kumpula>>. Luettu 10.2.2022.

Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa 2019. Korjaus 2020. Verkkoaineisto. FINVAC ry. <https://finvac.org/wp-content/uploads/2020/06/Opas_ilmanvaihdon_mitoitukseen_muissa_kuin_asuinrakennuksissa_2019b.pdf>. Luettu 25.9.2021.

Liikunnan tilavaraus. Verkkoaineisto. Resurssivaraus Espoon kaupunki. <<https://resurssivaraus.espoo.fi/liikunnantilavaraus/haku>>. Luettu. 20.7.2021.

Sisäilmastoluokitus 2018. 2018. RT-07-11299. Rakennustietosäätiö.

Sisäliikuntatilojen LVIA-suunnittelu. 2017. LVI 06-10600. Rakennustietosäätiö.

TEKNOCALOR. Palvelevan myynnin LVI-talo. Verkkoaineisto. Teknocalor Oy Ab. <<https://www.teknocalor.fi/>>. Luettu. 15.2.2022.

Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet 1987. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö, D2 (1987). <http://www.ym.fi/fi-FI/Maan kaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskoelma/Kumotut>. Julkaistu: 18.2.1987. Luettu 10.2.2022.

