

EEBAK sisäilmastotutkimus



Vuotson koulu

Lapin Ammattikorkeakoulu

13.2.2019

Esittely

Sisäilmastojen laadun tarkistamiseksi ja analysoimiseksi hankkeen pilottikohteissa suoritettiin mittausarjoja samalla tavalla kuin kaikissa hankkeeseen osallistuvissa maissa. Mittaustiedot sisälsivät sisäilman lämpötilaa ja suhteellisen kosteuden seuranta neljän viikon ajan jaettuna kahteen mittausjaksoon: ensin lämmityskaudella ja toinen kesällä.

Käyttäjien yleisen tyytyväisyyden analysoimiseksi ja mahdollisten virheiden ja ongelmien havaitsemiseksi suoritettiin kussakin pilottitapauksessa käyttäjäkysely. Käyttäjät tietävät yleensä rakennuksen ominaisuudet paremmin, koska he viettävät eniten aikaa rakennuksessa. On myös lähes mahdotonta havaita pitkän aikavälin muutoksia ja muutoksia lyhyen tarkastuksen yhteydessä.

Vuotson pilottikohde on varsin vaatimaton koulu, joka sijaitsee Sodankylän pohjoisosassa. Koulu on rakennettu vuonna 1980 ja se tarjoaa tiloja muille Vuotsossa sijaitseville toimille. Rakennuksessa on 1155 m², ja sitä lämmitetään pääasiassa öljyllä. Kiinteistön suuri lämpöenergian kulutus oli merkittävä tekijä, kun Vuotso valittiin yhdeksi EEBAK-hankkeen pilottikohteista.

Ensimmäiset mittaukset suoritettiin erittäin kompaktilla iButton-tiedonkeruujärjestelmällä, mutta ensimmäisen mittausjakson aikana iButton anturit olivat melko alttiita epäonnistumiselle. Tapahtuma johti siihen, että sisätiloissa tapahtuvan ilmaston seurantaan ostettiin uusi mittausjärjestelmä. Uusi järjestelmä oli Lascar Electronics EL-USB-2 +RH/lämpötilan tiedonkeruujärjestelmä.

Mittaukset Vuotson koululla

Kaikkien lämpötila- ja kosteusmittausten kesto oli vähintään kaksi viikkoa. Mittausyksiköt sijoitettiin rakennuksen tärkeimpiin huoneisiin pääasiassa käytettyjen tilojen olosuhteiden analysoimiseksi, jota tässä tapauksessa olivat aula ja luokissa kaksi ja kolme. Jokainen anturi asetettiin samalle korkeudelle ja sijoitettiin strategisesti suoran auringonvalon ja muiden mahdollisten virhelähteiden minimoimiseksi.



Kuva 1. Mittauspisteet Vuotson koululla.

Uuden mittausjärjestelmän ostamisen jälkeen pystyimme tallentamaan suurempia määriä vanhaa iButton-järjestelmään verrattuna, joten väli oli yleisempi, tallennettaessa arvoja viiden minuutin välein. Kesäajan mittaukset suoritettiin 28.6.2018 – 11.7.2018. Lämmityskauden mittausjakso suoritettiin 9.1.2018 – 24.1.2018.



Kuva 2. Tiedonkeruujärjestelmä asetettuna ja käytössä Vuotson koulun aulassa.

Rakennuksen tietoja

Rakennuksen tyyppi: Koulu

Kaupunki: Sodankylä

Käyttötarkoitus: Opetusrakennus

Rakennettu: 1980

Pinta-ala: 1155 m²

Tilavuus: 5710 m³

Suoritetut tutkimukset ja mittaukset (Pääpaino EEBAK):

- Energia arviointi, 2015
- Lämmitysenergian tuottaminen bio-energialla tutkimus, 2013

Lämmitys, vesi ja sähkö:

- Lämmön tuotanto: Öljyboilerit ja vesi-ilma lämpöpumppu.
- Lämmitysenergian tarve: 390 MWh
- Sähkön kulutus: 90 MWh.
- Veden kulutus: 270 m³/a

Käyttäjäkyselyt

Käyttäjäkyselyjä käytettiin tässä tapauksessa täydellisemmän kuvan saamiseksi sisäilmastosta ja käyttäjien tyytyväisyydestä. Vaikka pystyimme mittaamaan monia eri sisäilman parametreja, on myös tärkeä analysoida, miten käyttäjät kokevat sisäilmaston. Yleensä käyttäjät käyttävät rakennuksessa eniten aikaa, joten teoriassa he tuntevat parhaiten rakennuksen sisäilman ominaisuuksien ja muiden toimintojen ominaisuudet.

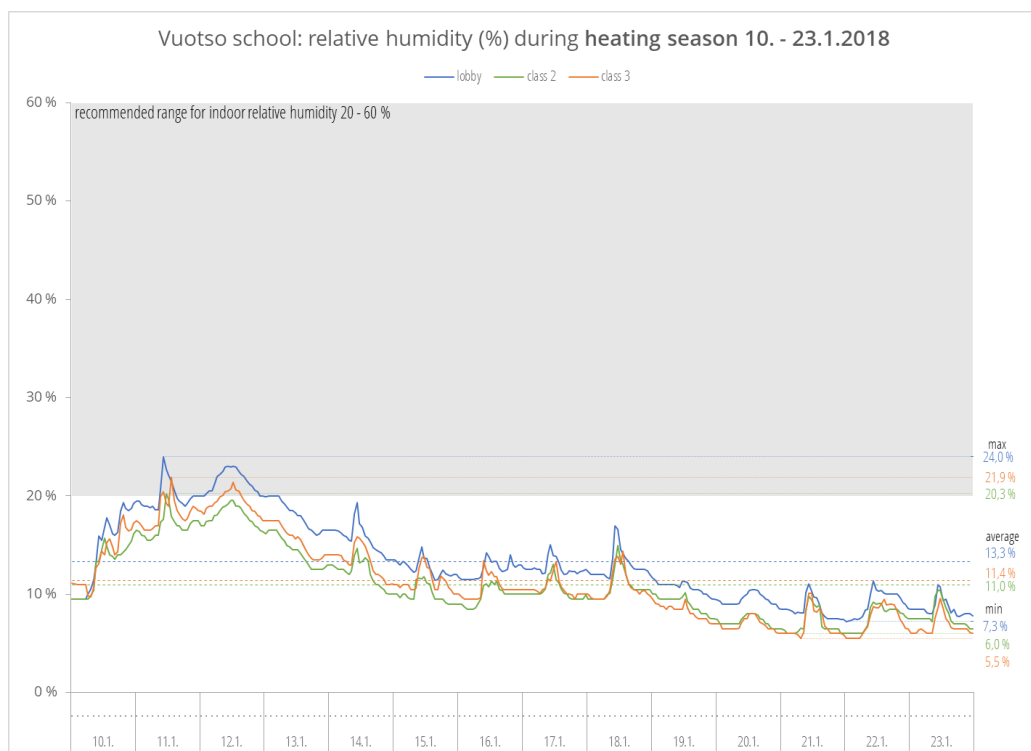
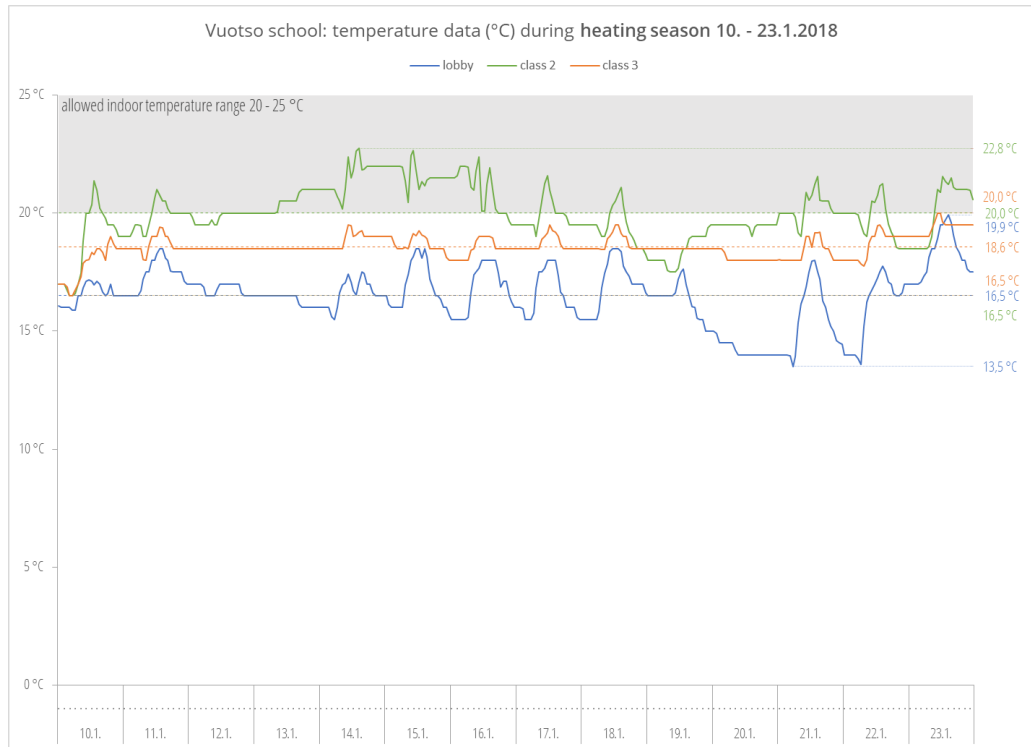
Yhtenäinen käyttäjäkysely luotiin, jotta tuloksia voitaisiin verrata eri pilottitapausten välillä. Tässä tapauksessa kyselylomake oli käännettävä suomeksi, mutta lyhyet, yksinkertaiset kysymykset minimoivat mahdollisuuden käänteisiin ja kielellisiin virheisiin ja eroihin.

Kysymysten laajuus koskee sisäilman laatua ja energiatehokkuutta. Käyttäjää pyydetään kuvaamaan esimerkiksi tyytyväisyyttä valaistukseen, meluun, lämpömukavuuteen, kosteuteen ja sisäilman laatuun. Mukana on myös yksinkertaisia kyllä tai ei-kysymyksiä, jotka koskevat homeen kasvua, jotta voidaan havaita ilmeiset sisäongelmat, ja niihin liittyvät mahdolliset terveysongelmat.

Ainoastaan henkilöstö täytti kyselyn, koska kysymykset katsottiin liian monimutkaisiksi koulurakennuksessa oleville opiskelijoille. Vastaanotettuja täytettyjä käyttäjäkyselyjä oli neljä kappaletta, jotka edustavat hieman yli kymmenen vuoden kokemusta Vuotson-koulussa.

Tulokset

Lämmityskauden tulokset:

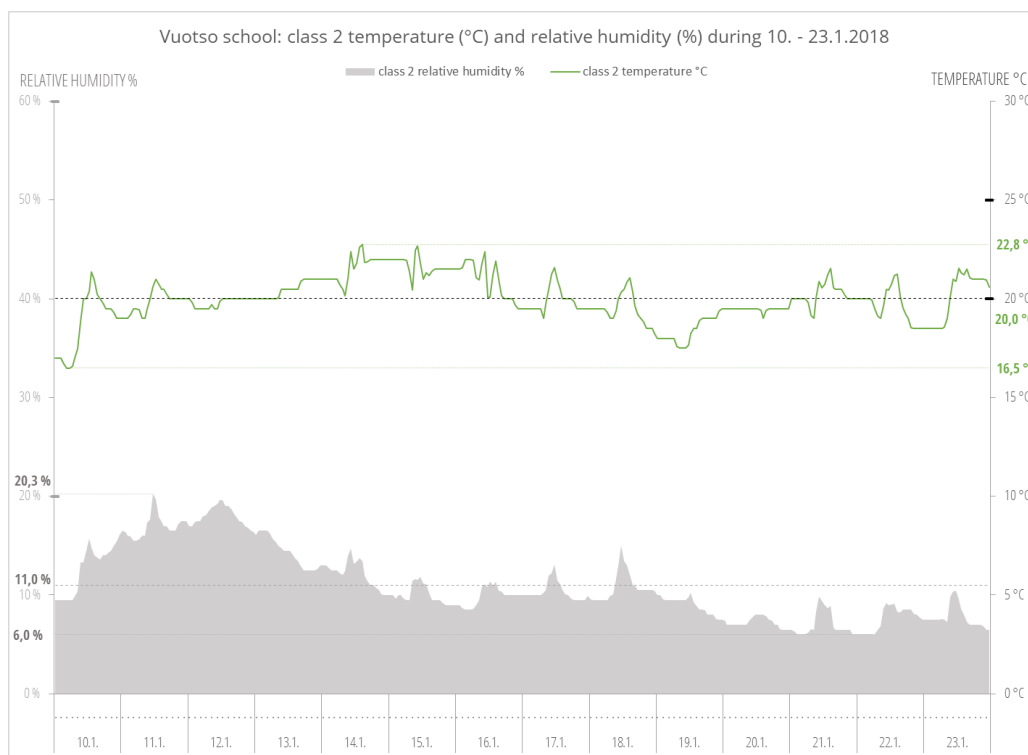


Kuvaajat 1 & 2. Lämpötila ja suhteellinen kosteus Vuotson koululla talvi mittausjakson aikana.

Luokka 2

Luokan 2 sisäilman keskilämpötila oli 20°C mittausjakson aikana. Luokkahuone oli noin puolet ajasta suositellussa 20°C lämpötilassa; mitattu vähimmäisarvo on 16,5°C. Lämmitysjärjestelmä säädetään pitämään alhaisempi lämpötila tyhjänä, mutta mittauksen mukaan lämpötila on melko alhainen jatkuvasti useita päiviä. Suurin lämpötila mittausjakson aikana oli varsin vaatimaton ja mukava 22,8°C.

Suhteellisen kosteuden keskiarvo oli 11,0%. Kosteus oli hyvin alhainen koko mittausjakson aikana, ja viimeisen vuosineljänneksen aikana saavutettiin hyvin alhaiset arvot 6,0 RH. Sisäilman alhainen suhteellinen kosteus on yleinen ongelma talven kylmissä jaksoissa, ja se voi aiheuttaa hengitysteiden, ihon ja silmien ärsytystä ja lisätä muiden sisäilman sisältämien epäpuhtauksien aiheuttamia oireita. Suhteellisen kosteuden maksimiarvo oli myös melko alhainen, n. 20,3 %.

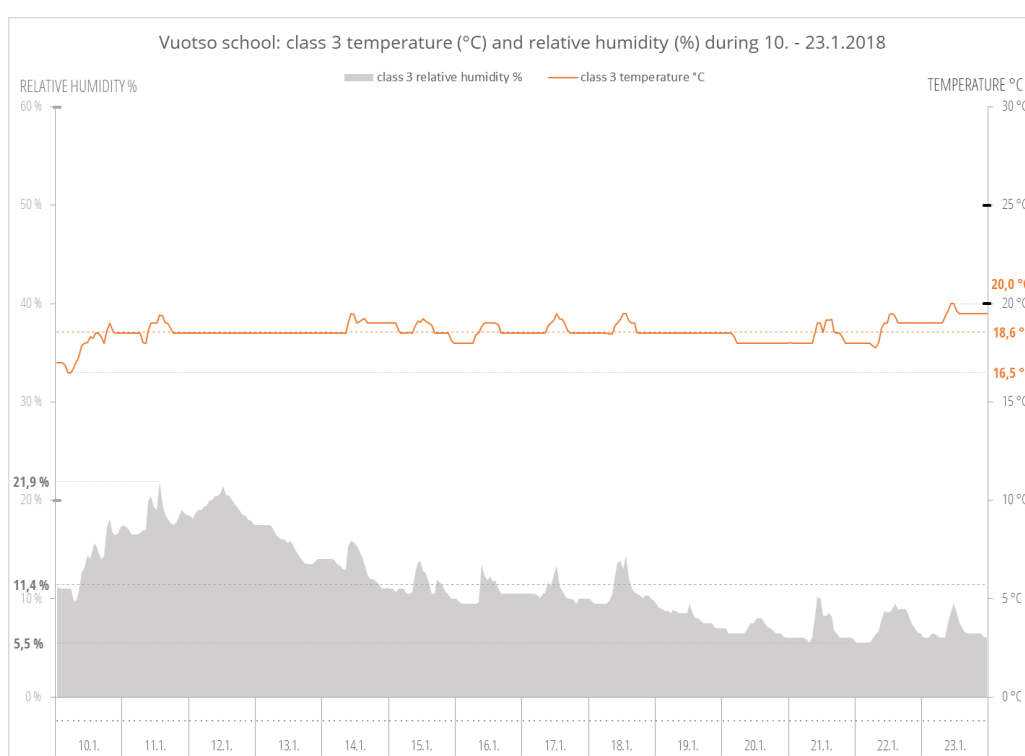


Kuvaaja 3. Lämpötila ja suhteellinen kosteus luokassa 2 mittausjakson aikana.

Luokka 3

Luokan 3 sisäilman keskilämpötila oli 18,6°C mittausjakson aikana. Vähimmäislämpötila oli 16,5°C ja korkein 20,0°C. Lämpötilassa ei ollut suuria poikkeamia keskilämpötilasta. Lämpötila pysyi kansallisen ohjearvon (20°C) alapuolella lähes koko mittausjakson ajan. Tämä tukee käyttäjien kokemuksia kylmästä sisätilasta, ja on suositeltavaa nostaa lämpötilaa vastaamaan kansallisia ohjeita.

Suhteellisen kosteuden keskiarvo oli 11,4%, Suhteellinen kosteus ei saavuttanut hälyttäviä numeroita, enimmäisarvo oli melko alhainen noin 21,9% RH. Alin arvo oli 5,5%, joka on erittäin kuiva ja, kuten luokassa 2 todetaan, voi se aiheuttaa jonkin verran ärsytystä.



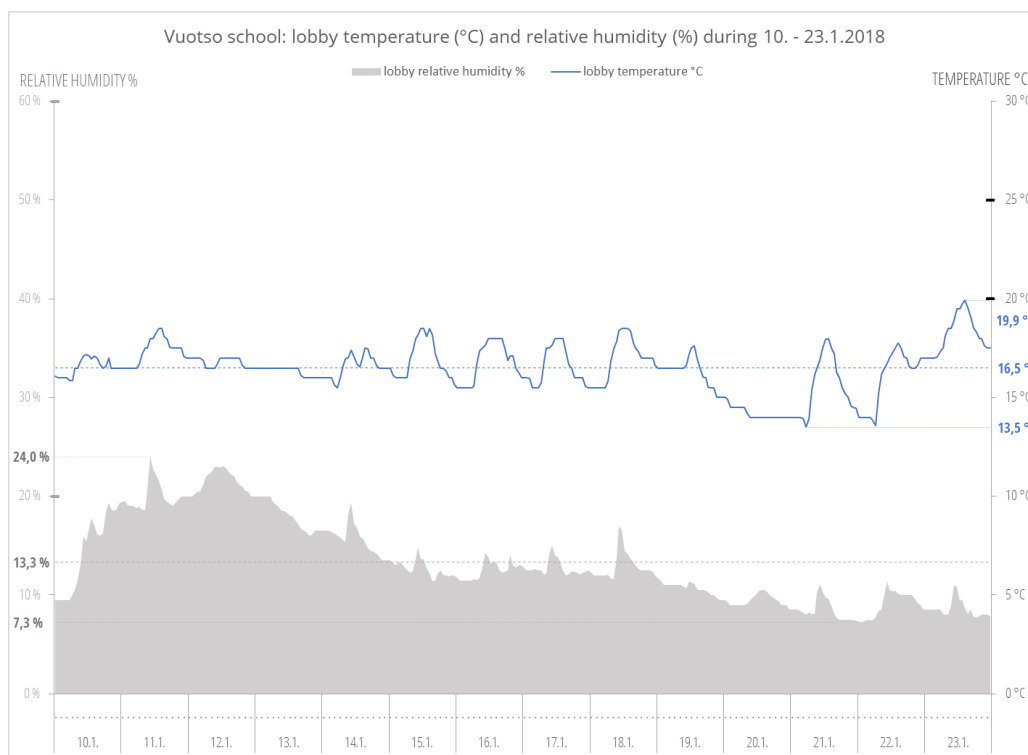
Kaavio 4. Lämpötila ja suhteellinen kosteus luokassa 3 mittausjakson aikana.

REGIONAL COUNCIL
OF LAPLAND

Aula

Sisäilman keskilämpötila aulaassa oli 16,5°C mittausjakson aikana. Mitattu vähimmäisarvo oli hyvin alhainen, 13,5°C ja maksimilämpötila mittausjakson aikana täyttivät niukasti kansallisen ohjeen vähimmäislämpötilan 20°C. Mitatut arvot ovat hyvin alhaiset, koska käyttäjät viettävät aikaa aulaassa lounastunnilla sekä välitunneilla. Aulaassa sisäänkäynti on itäseinällä, ja koska alkuperäinen eteinen on poistettu, suuri sisäänkäynti mahdollistaa kylmän ulkoilman pääsyn aulaan.

Suhteellisen kosteuden keskiarvo oli 13,3%. Kosteus oli koko mittausjakson aikana turvallisella tasolla rakenteellisesta näkökulmasta tarkasteltuna. Käyttäjien näkökulmasta sisäilma oli melko kuiva, mikä on valitettavasti melko yleistä Suomessa mekaanisesti tuuletetuissa kohteissa talvella. Viimeisellä vuosineljänneksellä kosteus oli hyvin alhainen. Vähimmäisarvo oli 7,3% RH. Suurin arvo oli korkeimmillaan 24,0%.



Kaavio 5. Lämpötila ja suhteellinen kosteus aulaassa mittausjakson aikana.

Säädata talven mittausajanjaksolta

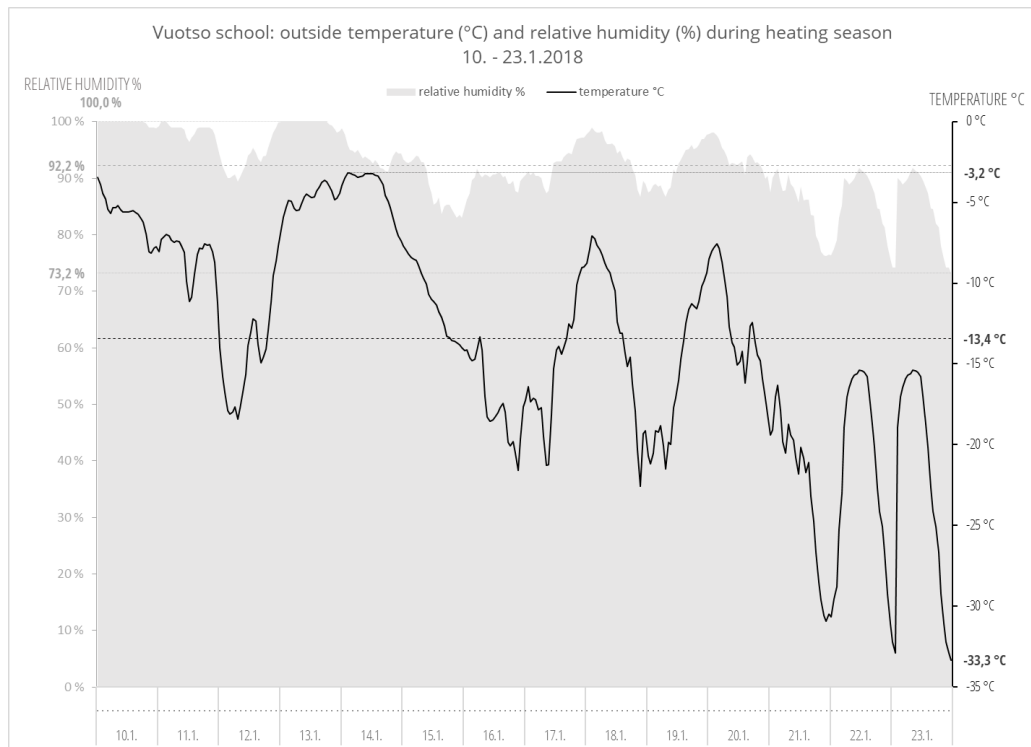
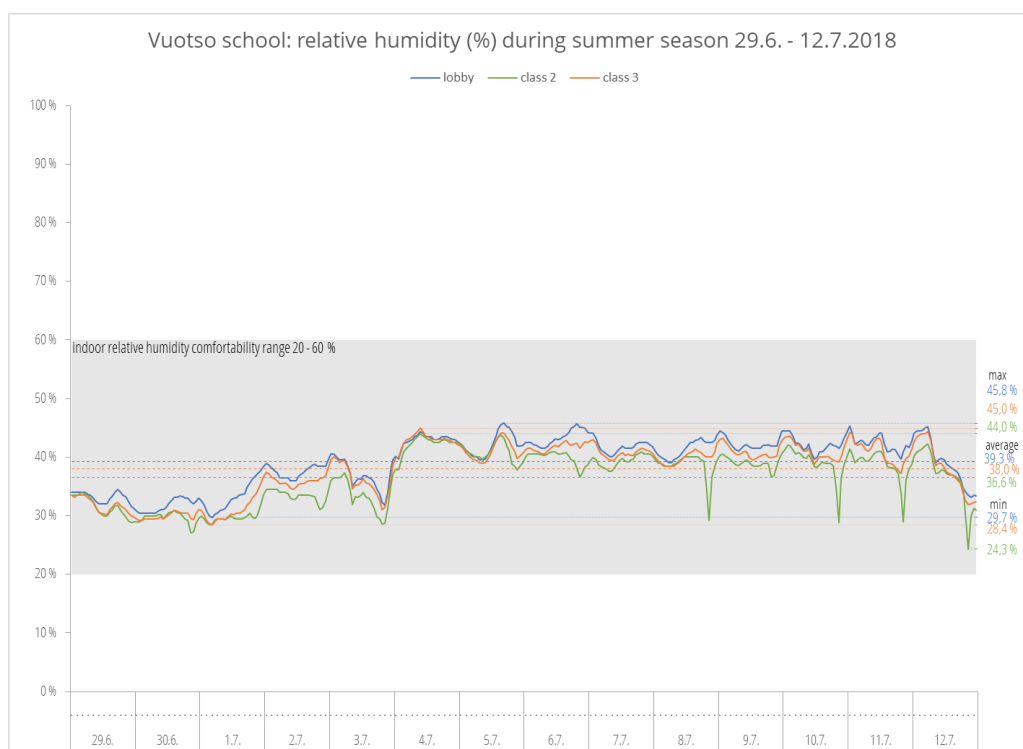
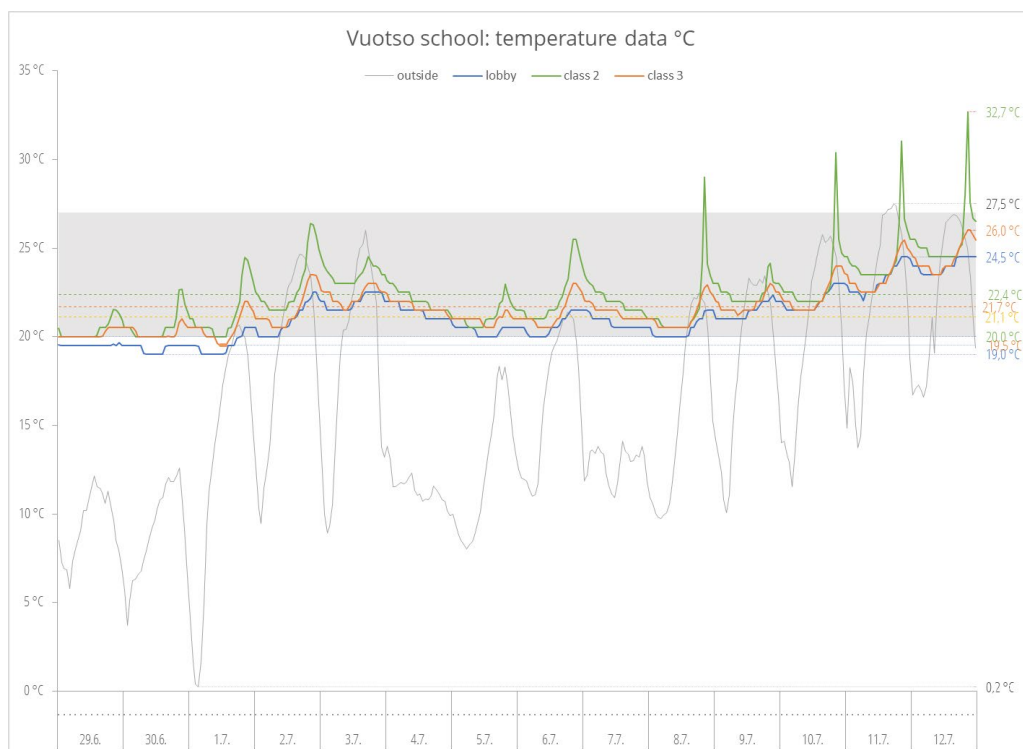


Figure 6. Temperature and relative humidity outdoors during measurement period.

Lämmityskauden ulkolämpötila kulkee läpi kaikki Suomen talven tyypilliset lämpötilat, jotka ovat tilapäisesti lähellä jäätymispistettä, lämpimin (-3,2°C) ja jäätävä (-33,3°C) kylmimmillään. Keskimääräinen lämpötila tämän mittausjakson aikana oli -13,4°C. Tämä osoittaa selvästi olosuhteiden vaikeuden talviaikaan, lämpötilan laskiessa lähelle jäätymispistettä ja lämpötilan eroja 15°C tunnin kuluessa.

Suhteellinen kosteus oli selvästi käänteinen suhteessa lämpötilaan, kuten oli odotettavissa. Suhteellisen kosteuden keskiarvo oli 92,2 % RH. Suurin tallennettu arvo oli 100,0 % RH ja matalin 73,2 % RH. Kaikki säätiedot kerättiin meteorologian instituutin tietokannasta.

Kesäajan mittausten tulokset

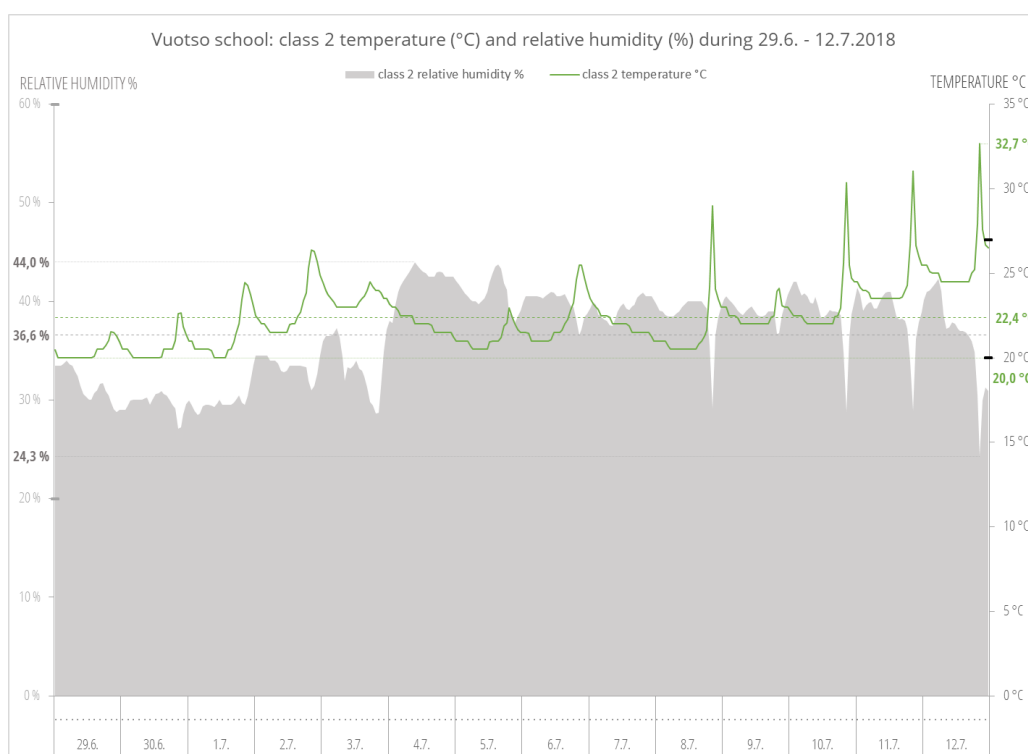


Kaaviot 7 & 8. Lämpötila ja suhteellinen kosteus Vuotson koululla kesäajan mittausjaksolta.

Luokka 2

Luokan 2 sisäilman keskilämpötila oli mittausjakson aikana 22,4°C. Keskiarvosta oli melko suuria poikkeamia; Vähimmäislämpötila on 20°C ja korkein 32,7°C. Säännöllisempi lämpötila ylitti kansallisen standardin rajan (27°C). Tulosten ja olosuhteiden tarkemman tarkastelun jälkeen mitattujen huippulämpötilojen aikana oli ilmeistä, että mittayksikkö paljastui hetkeksi ilta-auringolle.

Suhteellisen kosteuden keskiarvo oli 36,6%. Kosteus oli miellyttävällä tasolla koko mittausjakson ajan melko vaatimattomilla poikkeamilla. Suhteellinen kosteus oli alimmillaan 24,3%. Suurin arvo suhteellisella kosteudella oli 44,0%.

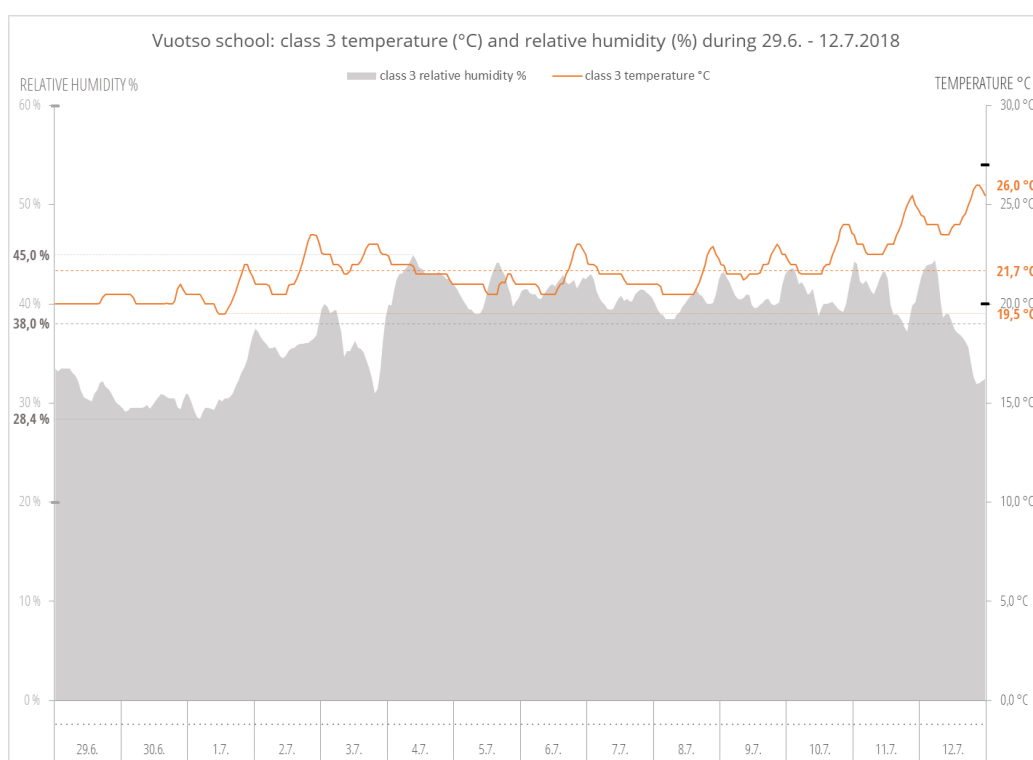


Kaavio 9. Lämpötila ja suhteellinen kosteus luokassa 2 kesäajan mittausjakson aikana.

Luokka 3

Luokan 3 sisäilman keskilämpötila oli mittausjakson aikana 21,7°C. Matalin lämpötila oli 19,5°C ja korkein 26,0°C. Lämpötila laski kansallisen standardin (20°C – 27°C) alapuolelle, vaikka tipahdus itsessään oli lyhyt, ja poikkeaman havaitsemista tuskin huomaa ilman mittauslaitteita. Lämpötila pysyi loppuajan kansallisen standardin rajoissa kesäajan mittauksen ajan.

Suhteellisen kosteuden keskiarvo oli 38,0%. Kosteus oli turvallisella ja mukavalla tasolla koko mittausjakson ajan. Suhteellisen kosteuden alin arvo oli 28,4% ja korkein arvo oli 45,0%.

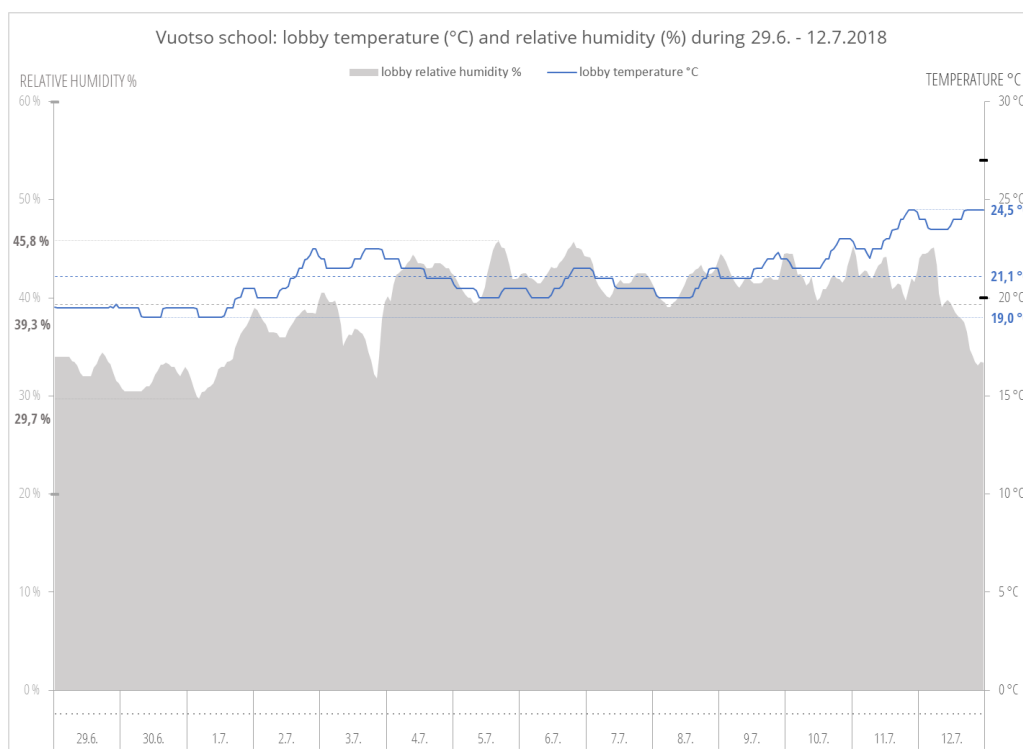


Kaavio 10. Lämpötila ja suhteellinen kosteus luokassa 3 kesäajan mittausjakson aikana.

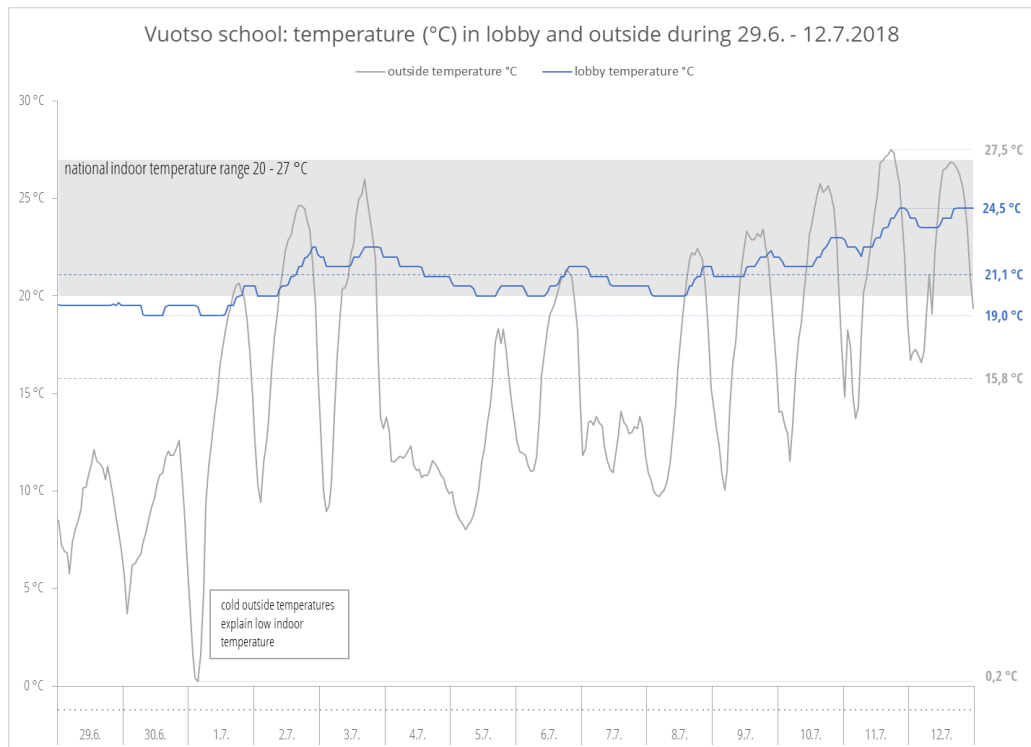
Aula

Aulan sisäilman keskilämpötila oli mittausjakson aikana 21,1°C. Alin lämpötila oli 19,0°C ja korkein 24,5°C. Sisäilman lämpötilan rajoitukset lämmityskauden ulkopuolella (20°C – 27°C) eivät täyty kaikissa tapauksissa. Kylmemmät lämpötilat ovat läsnä mittausjakson alkuvaiheessa.

Suhteellisen kosteuden keskiarvo oli 39,3%. Kosteus pysyi kohtuullisella tasolla sekä ihmisten, että rakennuksen osalta pysyen samalla ohjearvoissa (20 – 60%); matalin arvo oli 29,7% ja korkein arvo oli terveellinen 45,8%.

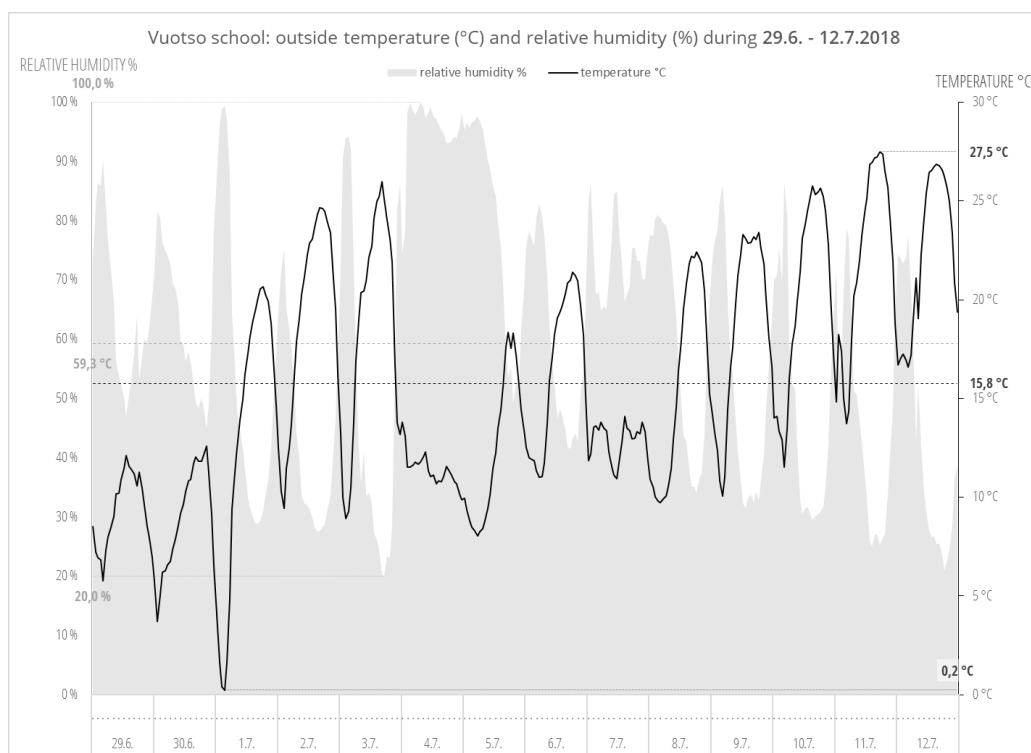


Kaavio 11. Lämpötila ja suhteellinen kosteus aulassa kesäajan mittausjakson aikana.



Kaavio 12. Lämpötila ulkona ja aulaissa kesäajan mittausjakson aikana.

Säädata kesäajan mittausjakson aikana



Kaavio 13. Lämpötila ja suhteellinen kosteus ulkona mittausjakson aikana.

Kesäajan mittausten aikana Suomen säässä oli kaikenlaisia tyypillisiä olosuhteita. Keskimääräinen lämpötila oli mittausten aikana 15,8°C. Alin tallennettu lämpötila oli 0,2°C ja korkein 27,5°C.

Suhteellinen kosteus seuraa lämpötilaa käänteisesti, ja kosteuden muutokset olivat suuria. Suhteellisen kosteuden keskiarvo oli 59,3%. Alimmillaan suhteellinen kosteus oli ulkona 20% ja korkein arvo oli 100%.

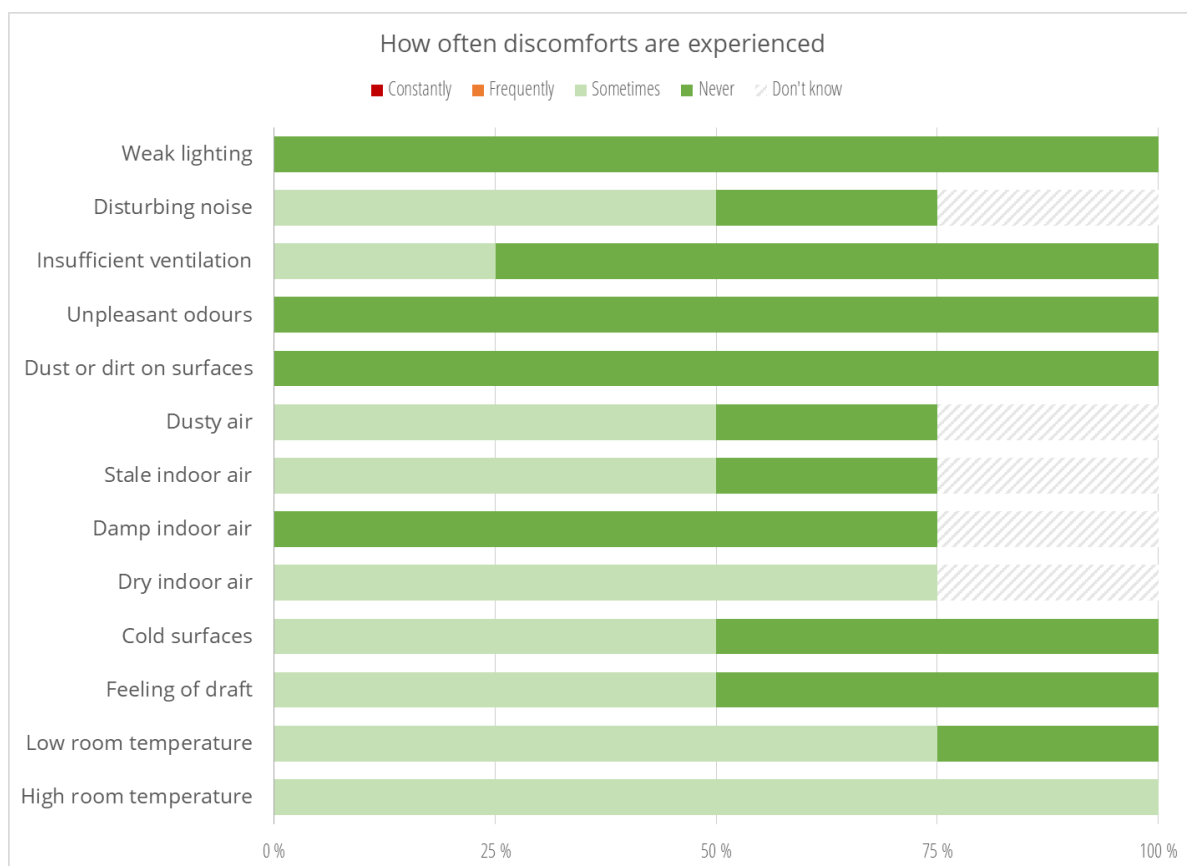
REGIONAL COUNCIL
OF LAPLAND

Käyttäjäkyselyjen tulokset

Neljä Vuotson koulurakennuksessa työskentelevää työntekijää täytti kyselyn. Kysymysten luonteen ja osittain monimutkaisuudesta johtuen kyselyä ei ollut tarkoitus antaa kyselylomakkeita lapsille, jotka opiskelevat Vuotson koulussa. Vastaukset edustavat keskiarvoisia aikaolosuhteita opetustyölle, jotka tehdään pääasiassa työaikana.

Käyttäjät ovat tietoisia rakennukseen ja sen toimintoihin toteutetuista energiansäästötoimenpiteistä ja käyttäjät säästävät energiaa aktiivisesti omalla tavallaan viisaalla valaistusperiaatteen mukaisesti. Käyttäjät eivät ole havainneet mitään tyypillisiä homeen kasvun tai muita sisäilmaongelman merkkejä, eivätkä he kärsi mistään, joka voisi liittyä huonoon sisäilmaan.

Yleisesti, käyttäjät olivat tyytyväisiä Vuotson koulun sisäilmastoon. Pääasiallinen huoli sisäilmastosta oli sisäilman lämpötila ja kuiva sisäilma. Sisäilman ilmoitettiin olevan liian korkea ajoittain mutta myös matala yhtä usein. Kuivan sisäilman tiedetään aiheuttavan hengitysteiden ärsytystä mutta tämä on läsnä lähes joka rakennuksessa kylmimpinä talviaikoina ja sitä on vaikea käsitellä ilman kostutinta, joka itsessään tuo erilaisia riskejä yhtälöön.



Vuokaavio 1. Tulokset kuvaavat, kuinka usein epä mukavuuksia esiintyy pilottikohteessa.

Käyttäjien mielestä heillä oli hyvä hallinnointi rakennuksen sisäilmastoon. Koulussa on vain muutamia kymmeniä ihmisiä päivittäin, ja paikallisen kiinteistöhuollon lisäksi se tarjoaa suuret mahdollisuudet yksittäisille henkilöille, että heidän äänensä kuullaan, mitä tulee sisäilmastoon.

Johtopäätökset

Kesäisin lämpötila on kohtuullinen ja kosteus on mukavalla ja turvallisella tasolla. Ainoa ilmeinen epämukavuuden lähde, joka on havaittu mittaustiedoista, on kylmä ja erittäin kuiva sisäilma lämmityskauden aikana. Käyttäjien tietoja tukee myös kerätty tieto sisäilmastosta mittausjakson aikana ja antaa samalla arvokasta tietoa mittaamattomista ja subjektiivisista yksityiskohdista. Käyttäjät eivät ilmoittaneet mistään ongelmista, mikä koskisi sisäilmaa. Merkkejä ylimääräisistä kosteudesta tai vesivahingoista ei havaittu ja mitatut tiedot tukevat käyttäjäkyselyn tuloksia. Käyttäjillä ei ollut myöskään tilaan liittyviä terveysongelmia. Kun otetaan huomioon kaikki kerätyt tiedot, on turvallista sanoa, että pilottikohde on terve rakennus homeen ja muiden epäpuhtauksien suhteen.

Sisäilman terveyskoodi ei sisällä tarkkoja ohjeita sisätilojen suhteellisesta kosteudesta. Koodi määrittelee vain, että sisäilman kosteus ei saa pysyä pidempään niin korkealla tasolla, että se voi aiheuttaa mikrobikasvun riskin pinnoille, rakenteille tai laitteille. Entisissä oppaissa ja viitteellisissä julkaisuissa korkein turvallinen arvo sisäilman suhteelliselle kosteudelle on yleensä ollut 60%. Ohje ei määrittele edes löysiä ohjearvoja pienimmälle sallitulle arvolle, vaikka tiedetään se, että liian kuivalla sisäilmalla voi olla negatiivisia vaikutuksia rakennuksen käyttäjiin. Mittausjakson aikana ei esiintynyt liian korkean suhteellisen kosteuden aiheuttamaa homeen kasvun riskejä. Lämmityskauden aikana suhteellinen kosteus oli hyvin kuiva ajankohtana, ja käyttäjät ilmoittivat kokeneensa sisäilman kuivana ajoittain. Ongelma on Suomessa yleinen talvella, ja sisäilman lisäkosteutus on usein riski homeen kasvulle.

Ympäristöministeriö on määritellyt sisäilman lämpötilan standardit. Sisäilman lämpötilan on pysyttävä 20 – 25°C sisällä lämmityskauden aikana ja 20 – 27°C lämmityskauden ulkopuolella. Lämmityskauden aikana pilottikohteen lämpötila oli pääosin kansallisten standardien alapuolella kaikissa tiloissa. Aulan lämpötila putosi alle 15°C:een useita kertoja. Lämmityskauden ulkopuolella lämpötilat laskivat kansallisen rajan alle vain hetkellisesti, mikä ei aiheuttanut ollenkaan tai vähäisesti merkittäviä epämukavuuksia. On syytä mainita, että lämpötila laskee säännöllisesti yö- ja viikonloppuisin energiansäästötoimenpiteenä. Silti lämpötila on hyvin kylmä rakennuksen käytön aikana

Kaiken kaikkiaan sisäilmasto on hyvä, pääongelmana on kylmä ja kuiva sisäilma lämmityskauden aikana. Lämpötila on helposti säädettävissä mutta vaatii syvempää analyysia siitä, että aiheuttaako se terveysongelmia vai ei. Sisäilman kosteuttamisella voi olla jonkin verran hyötyä sisäilman laatuun mutta se tuo homeen kasvun riskiyhtälön pitkällä aikavälillä