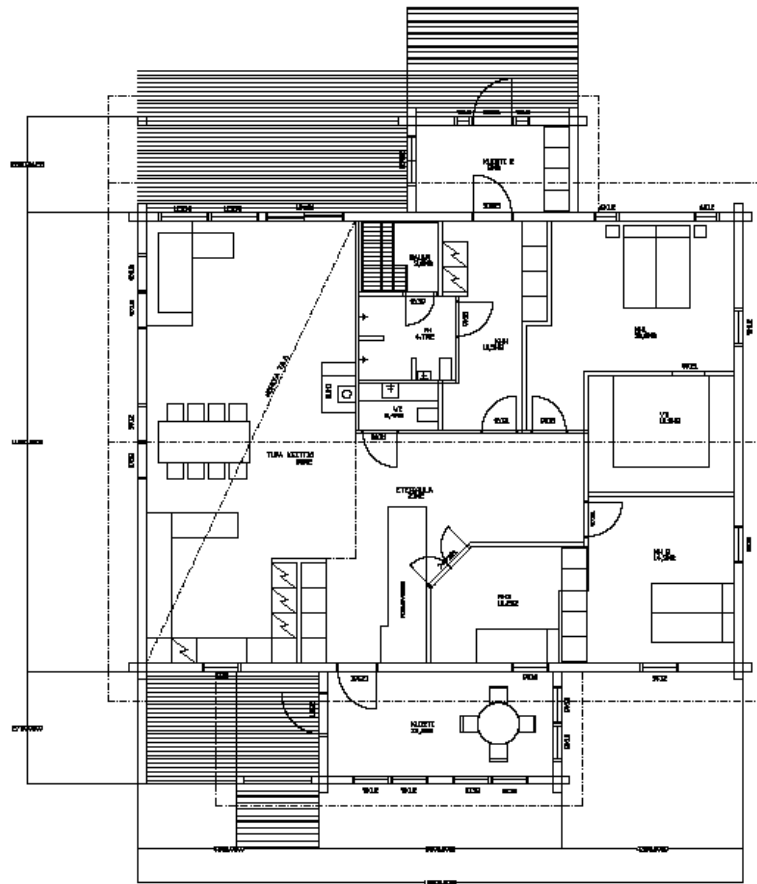


EEBAK Sisäilmastotutkimus



Pellon hirsitalo

Lapin Ammattikorkeakoulu

20.9.2018

Johdanto

Sisäilmastojen laadun määrittämiseksi ja analysoimiseksi hankkeen pilottikohteissa suoritettiin mittauksia samalla tavalla kaikissa hankkeeseen osallistuvissa maissa. Mittaustiedot sisälsivät sisäilman lämpötilan ja suhteellista kosteuden seurantaan neljän viikon ajan kahtena erillisenä mittausjaksona; ensin lämmityskaudella ja toinen kesän aikana.

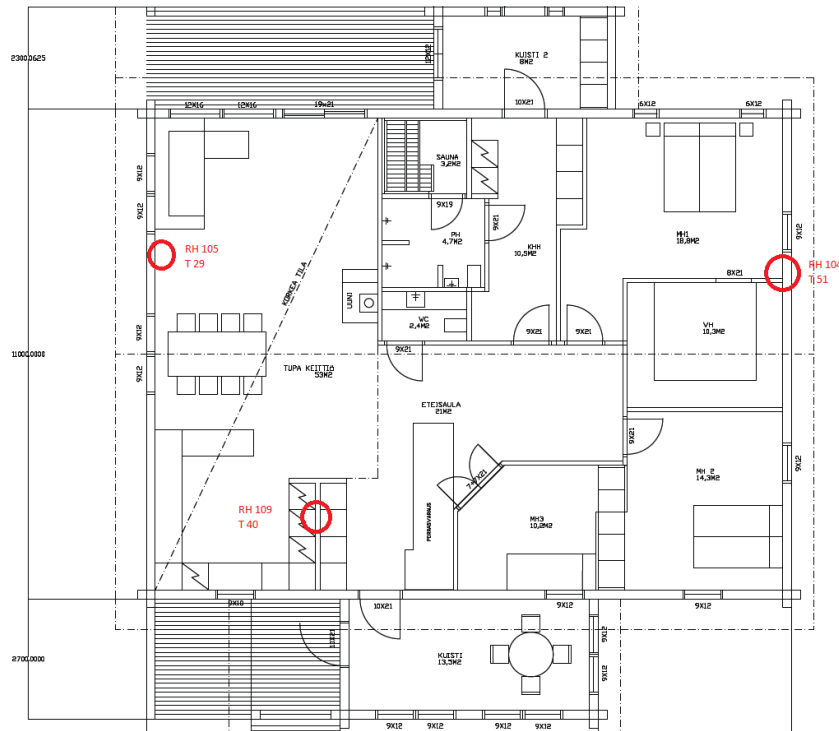
Käyttäjätyytyväisyyden analysoimiseksi ja mahdollisten mukavuushaittojen ja ongelmien havaitsemiseksi suoritettiin kussakin pilottikohteessa käyttäjäkysely. Käyttäjät tietävät yleensä rakennuksen ominaisuudet parhaiten, koska he viettävät eniten aikaa kyseisessä rakennuksessa. On myös lähes mahdotonta havaita pidemmällä aikavälillä tapahtuvia muutoksia lyhyen tarkastuksen yhteydessä.

Pilottikohde Pellossa on asuintalo, joka sijaitsee Suomen ja Ruotsin toisistaan erottavan Torniojoen varrella. Itse rakennus on Pellonpuun valmistama lamellihirsitalo, joka on rakennettu vuosien 2012 ja 2013 aikana.

Ensimmäinen osa mittauksista suoritettiin kompaktilla iButton-mittausjärjestelmällä. iButton-anturit osoittautuivat toiminnaltaan epäluotettaviksi, mikä johti uusien mittausjärjestelmien hankkimiseen kesäaikana. Uusi, kesämittauksissa käytetty laitteisto on Lascar Electronics EL-USB-2+ RH/Temp-mittausjärjestelmä.

Mittaukset Pellon pilottikohteessa

Kaikkien lämpötila- ja kosteusmittausten kesto oli vähintään kaksi viikkoa. Mittausyksiköt sijoitettiin rakennuksen käytön kannalta kriittisimpiin huonetiloihin sisäilmaston olosuhteiden analysoimiseksi. Mittauspisteet sijoitettiin tässä pilottikohteessa olohuoneeseen, keittiöön ja makuuhuoneeseen. Jokainen anturi asetettiin samalle korkeudelle ja sijoitettiin strategisesti suoran auringonvalon ja muiden mahdollisten virhelähtöjen minimoimiseksi.



Kuvio 1 Mittauspisteet Pellon pilottikohteessa

Mittausintervalli asetettiin korkeimmalle mahdolliselle asetukselle, joka laitteiston muistikapasiteetin huomioiden oli mahdollista. Lämmityskauden mittausjaksolle asetettiin 30 minuutin mittausintervalli. Lämmityskauden mittausjakso suoritettiin 12.3.2018 – 26.3.2018.

Kesäkauden aikana päivitetyn mittauskaluston laajempi muistikapasiteetti mahdollisti tiheämmän mittausintervallin käytön, ja kesäkauden mittauksissa käytettiin talvi-kauteen verrattuna huomattavasti tiheämpää, viiden minuutin mittausintervallia. Kesän mittaukset suoritettiin 7.6.2018 – 27.6.2018.



Kuvio 2 iButton mittauslaite asetettuna ja käynnissä olohuoneessa

Tietoa rakennuksesta

Tyyppi: Omakotitalo

Kaupunki: Pello

Käyttötarkoitus: Asuinrakennus

Rakennettu: v. 2013

Pinta-ala: 170 m²

Tilavuus: 481 m³

Suoritettut tutkimukset ja mittaukset:

- Ilmatiiveysmittaus
- Sisä- ja ulko-olosuhteiden seuranta

Lämmitys, vesi ja sähkö:

- Lämmöntuotanto: Pellettilämmitys
- Lämpöenergian tarve: 46 MWh
- Sähkönkulutus: 8 MWh

Käyttäjäkysely

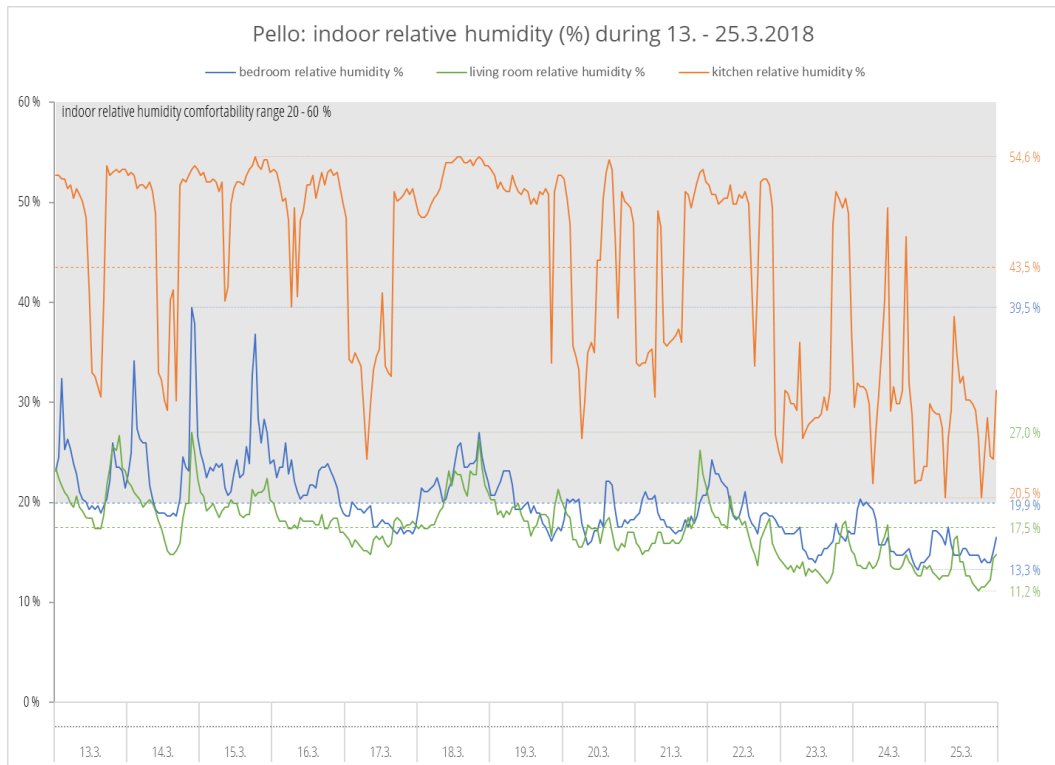
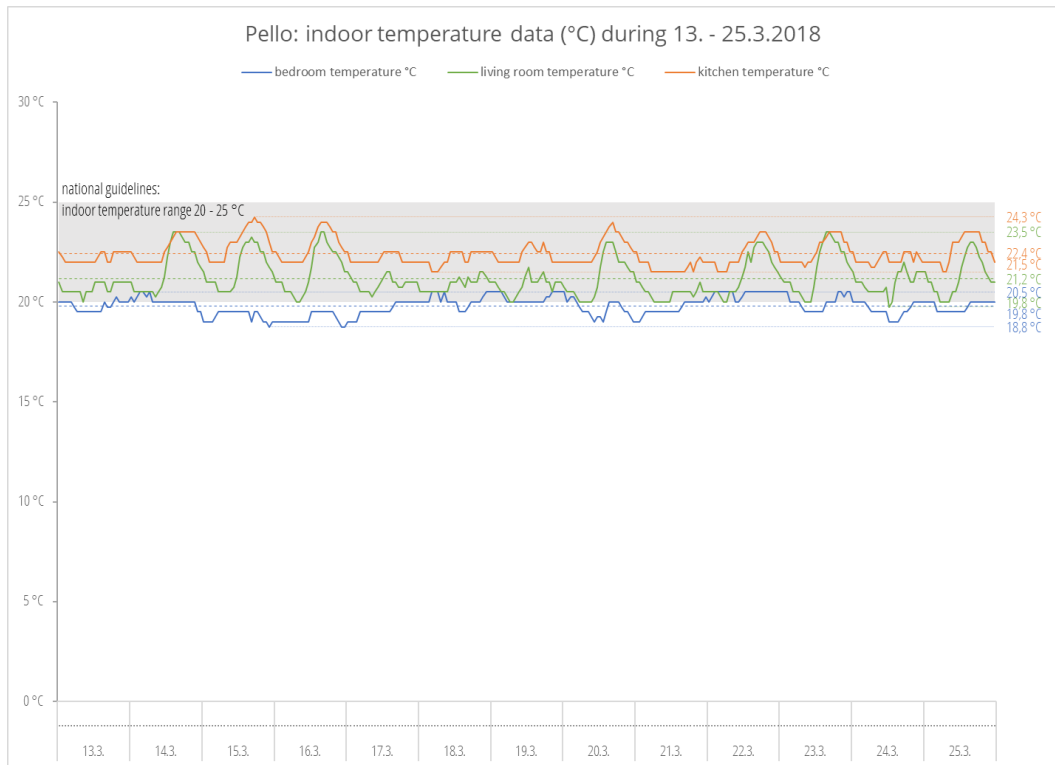
Käyttäjäkyselyjä käytettiin tässä tapauksessa, jotta saavutettaisiin kattavampi kuva sisäilmaston laadusta ja käyttäjien tyytyväisyydestä. Vaikka pystymme mittaamaan monia eri sisäilman ominaisuuksia, on myös tärkeää tarkastella, millaiseksi käyttäjät kokevat sisäilmaston. Tavanomaisesti kiinteistössä eniten aikaa viettävät käyttäjät, joten monin paikoin heillä usein on paras käsitys kiinteistön sisäympäristön ominaispiirteistä ja muista toiminnoista.

Yhtenäinen käyttäjäkysely luotiin, jotta tuloksia voitaisiin verrata eri pilottikohteiden välillä. Tässä tapauksessa kyselylomake oli käännettävä suomeksi, mutta lyhyet, yksinkertaiset kysymykset minimoivat mahdollisuuden käännöksellisiin ja tulkinnallisiin virheisiin ja poikkeamiin.

Käyttäjäkyselyn kysymykset kohdistuvat kohdekiinteistön sisäympäristön laatuun sekä energiatehokkuuteen. Kyselyssä tiedustellaan muun muassa käyttäjän tyytyväisyyttä valaistukseen, meluun, lämpömukavuuteen, kosteuteen ja sisäilman laatuun. Mukana on myös lyhyitä, mikrobikasvustoihin ja sille tyypillisiin piirteisiin liittyviä kysymyksiä, joilla voidaan arvioida sisäympäristön terveellisyyttä sekä tarvittaessa kohdentaa mahdollisia sisäilmaongelmiin liittyviä tutkimuksia.

Tulokset

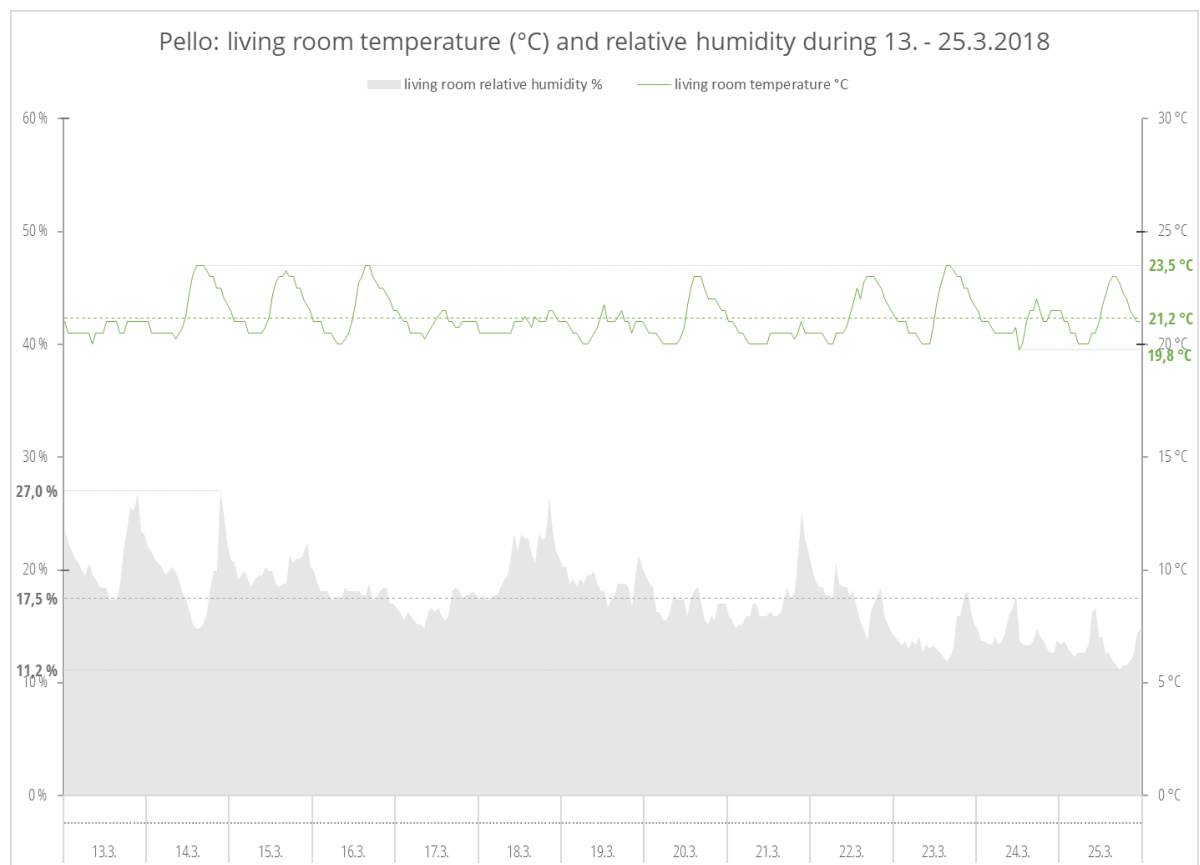
Lämmityskauden tulokset



Olohuone

Mittausjakson keskimääräinen sisäilman lämpötila oli 21,1°C. Suuria poikkeamia keskiarvosta ei ollut; matalin mitattu lämpötila on 19,5°C ja maksimilämpötila 23,5°C. Maksimilämpötila on yllättävän alhainen ottaen huomioon, että olohuoneessa on erittäin suuret, etelään ja länteen suuntautuvat ikkunat, joiden kautta tulee paljon auringonvaloa.

Suhteellisen kosteuden keskiarvo oli 17,5 %. Kosteus oli melko alhainen koko mittausajanjakson ajan ja viimeisen neljänneksen aikana sisäilman suhteellinen kosteus saavutti hyvin matalan 11,1 prosentin arvon. Suhteellisen kosteuden suurin mitattu arvo oli myös melko alhainen, 28,4%.



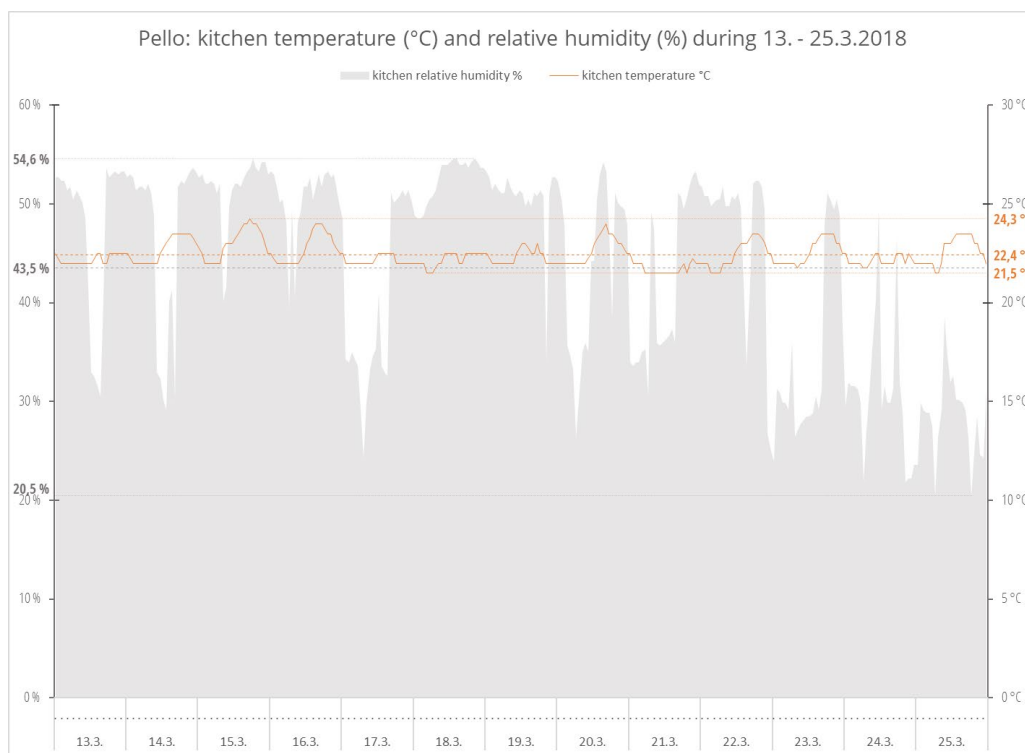
Kuvio 3 Lämpötila ja suhteellinen kosteus olohuoneessa mittausajanjakson aikana

REGIONAL COUNCIL
OF LAPLAND

Keittiö

Sisäilman lämpötilan keskiarvo keittiössä oli 22,4°C mittausajanjakson aikana. Alin mitattu lämpötila oli 21,0°C ja maksimilämpötila oli 24,5°C. Korkeimmat lämpötilat johtuvat todennäköisesti ruoanlaitosta. Kaiken kaikkiaan sisäilman lämpötila on suhteellisen vakaa ja miellyttävällä tasolla.

Suhteellisen kosteuden keskiarvo oli 43,1%. Kosteus oli selkeästi korkeampi kuin muissa mittapisteissä mutta selittyvät ruoanlaitolla ja kodinkoneiden käytöllä. Kosteus ei saavuttanut hälyttäviä arvoja, vaikka maksimi olikin 54,6%. Alin mitattu sisäilman suhteellisen kosteuden arvo oli 19,0 %.

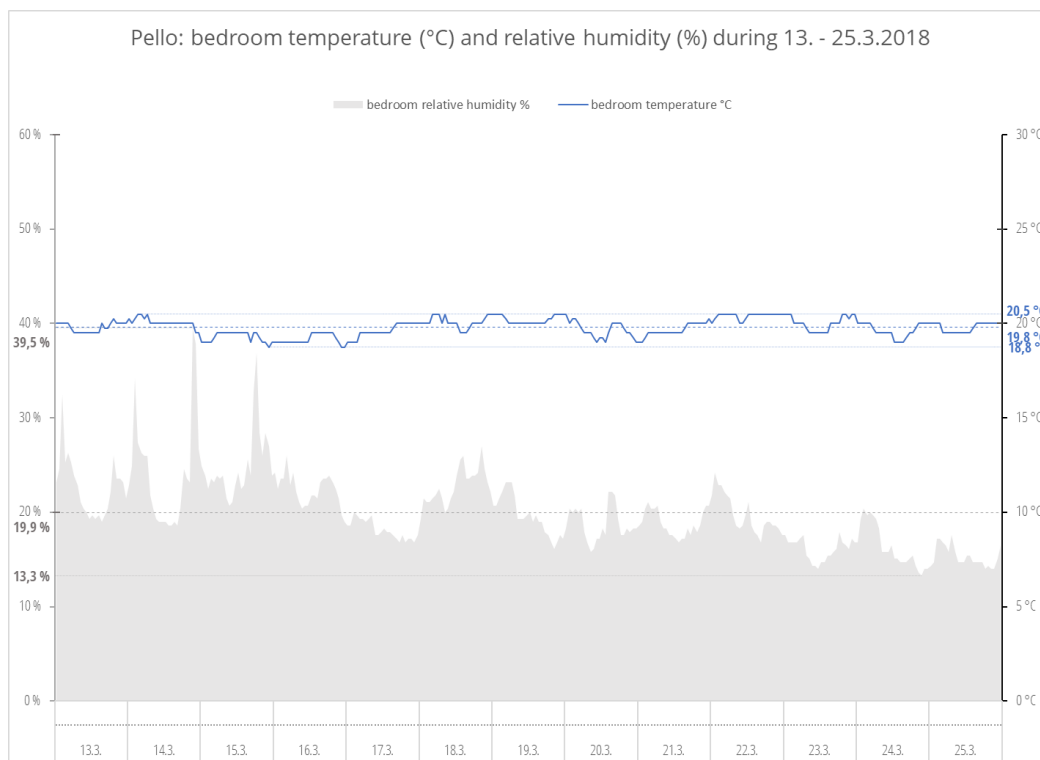


Kuvio 4 Lämpötila ja suhteellinen kosteus keittiössä mittausajanjakson aikana

Makuuhuone

Makuuhuoneen lämpötilan keskiarvo oli 19,8°C mittausajanjakson aikana. Keskiarvossa ei ollut suuria poikkeamia; alin lämpötila oli 18,5°C ja maksimi oli 22,5°C. Lämpötilat olivat melko alhaisia, kansallisen toimenpiderajan alapuolella, 20°C.

Suhteellisen kosteuden keskiarvo oli 19,9 %. Kosteus oli kohtuullisella ja turvallisella tasolla koko mittausjakson ajan. Suhteellinen kosteus oli hyvin alhaista viimeisen neljänneksen aikana, kuten olohuoneessakin. Alin arvo oli 12,6 %. Korkeimman arvon huippu oli 39,5 % ja se liittyy todennäköisesti saunomiseen ja suihkussa käymiseen.



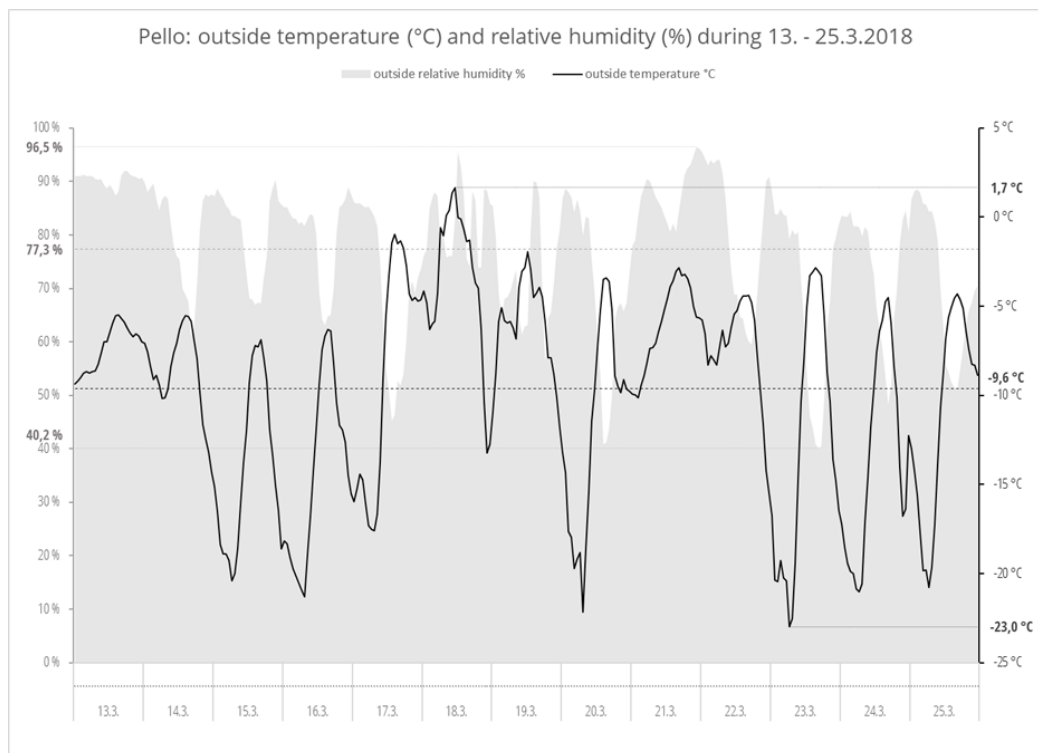
Kuvio 5 Lämpötila ja suhteellinen kosteus makuuhuoneessa mittausajanjakson aikana

REGIONAL COUNCIL
OF LAPLAND

Säädata talven mittausjakson ajalta

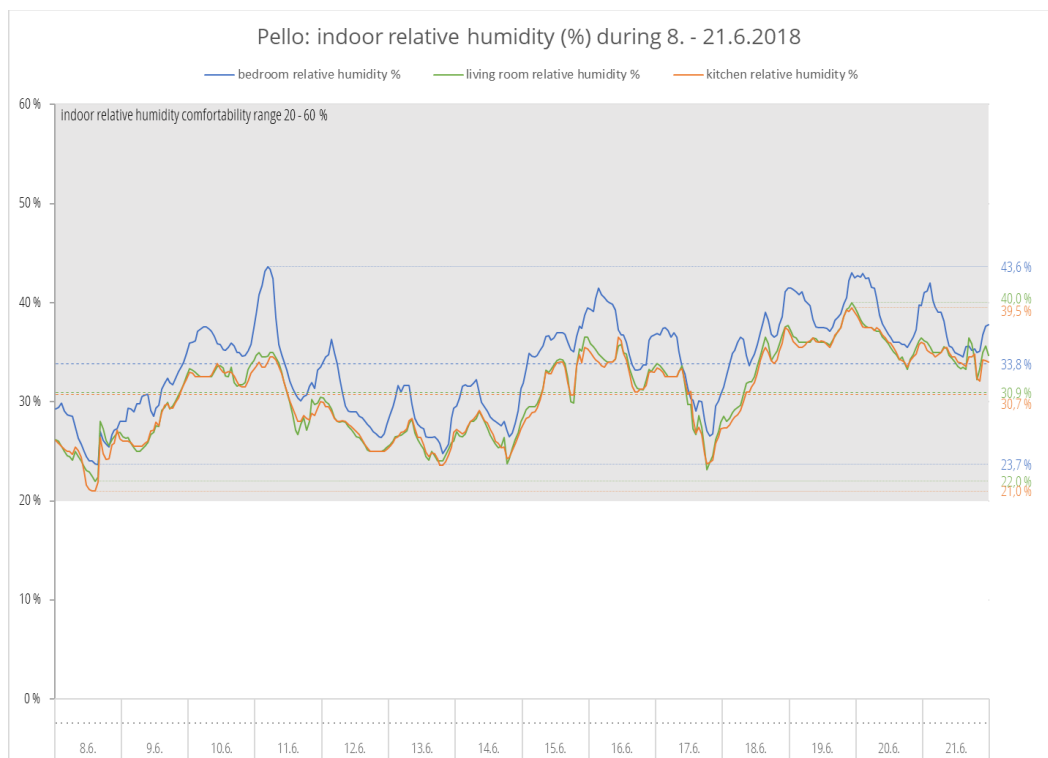
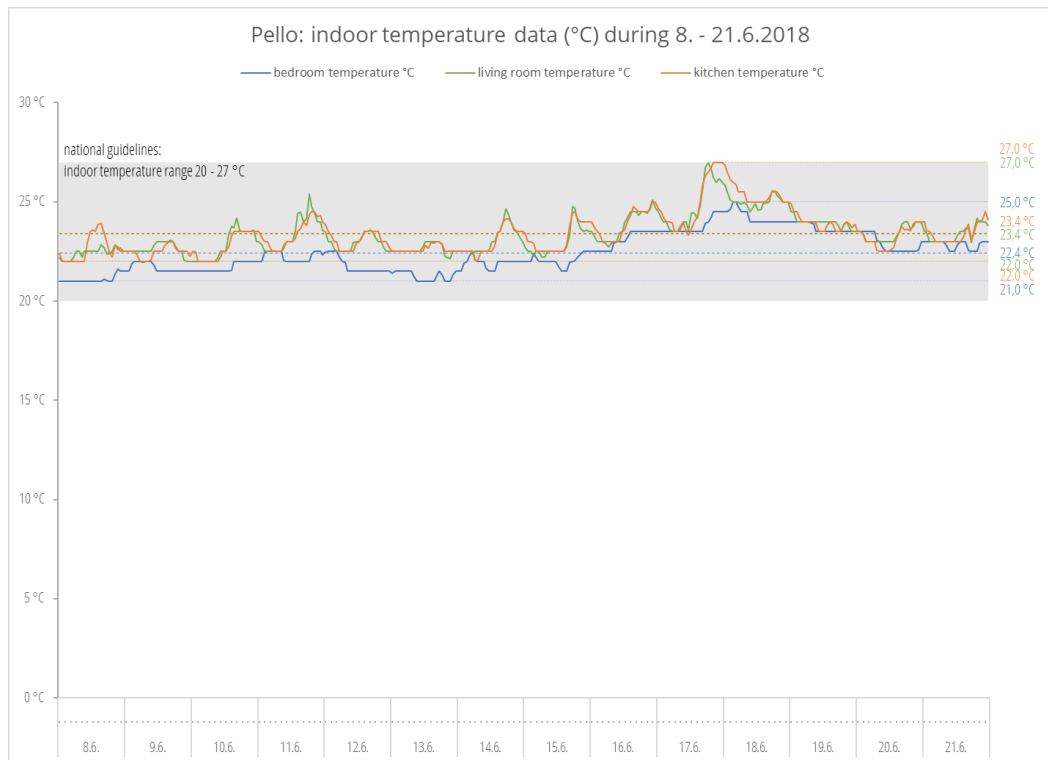
Ulkolämpötila saavutti lämmityskauden mittausjakson aikana kaikki tyypilliset Suomen talven lämpötilat, tilapäisesti jäätympisteen yläpuolella (lämpimimmillään 3,1°C) ja kylmimmillään -23,1°C. Keskimääräinen lämpötila tämän mittausjakson aikana oli -9,7°C. Mittausjakson säädata osoittaa selvästi olosuhteiden vaikeuden, lämpötilan heitellässä lyhyilläkin ajanjaksoilla jopa kahdellakymmenellä celsiusasteella.

Suhteellinen kosteus oli selvästi käänteinen suhteessa lämpötilaan, kuten odotettiin. Suhteellisen kosteuden keskiarvo oli 77,3%. Korkein tallennettu arvo oli 97,0 % ja alin 39%. Kaikki säätiedot kerättiin Ilmatieteenlaitoksen tietokannasta.



Kuvio 6 Ulkotilan lämpötila ja suhteellinen kosteus mittausajanjakson aikana

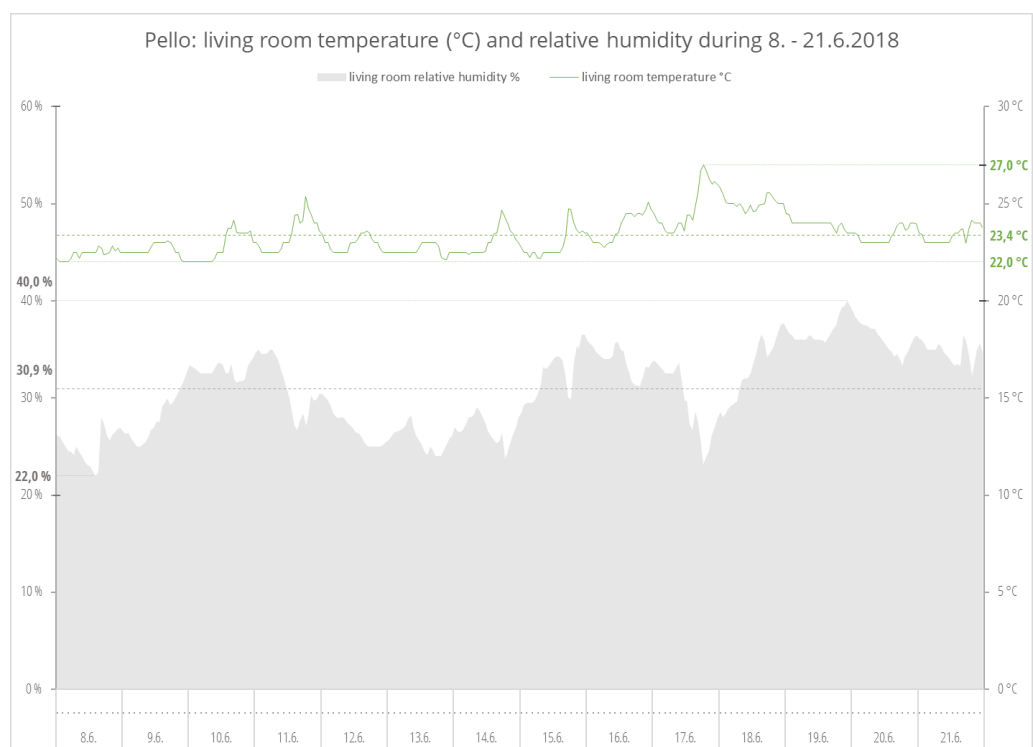
Kesäajan tulokset



Olohuone

Olohuoneen sisäilman lämpötilan keskiarvo oli 23,5°C mittausjakson aikana. Lämpötilanvaihtelut olohuoneessa olivat mittausjaksolla huomattavat; minimilämpötila oli 19,0°C ja maksimilämpötila oli 28,5°C. Lämpötila meni hieman kansallisen toimenpiderajan alapuolelle (20°C). Useammin lämpötila kuitenkin ylitti sisäilman lämpötilan kansallisen toimenpiderajan maksimiarvon (27°C), joka ei ole yllättävää, koska olohuoneessa on hyvin suuret, etelään ja länteen suuntautuvat ikkunat.

Suhteellisen kosteuden keskiarvo oli 31,8%. Kosteus oli miellyttävällä tasolla koko mittausjakson ajan. Suhteellinen kosteus oli alimmillaan 21,5%. Suhteellisen kosteuden maksimiarvo oli 41,5%.

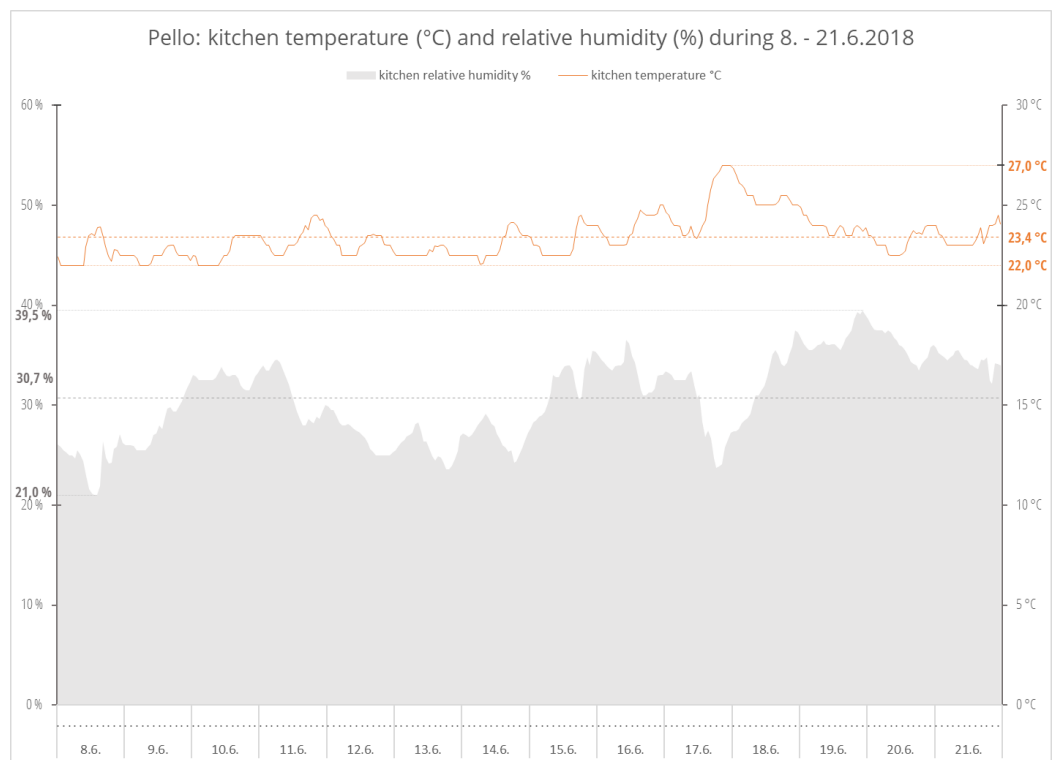


Kuvio 7 Lämpötila ja suhteellinen kosteus olohuoneessa kesäajan mittausjakson aikana

Keittiö

Sisäilman keskilämpötila keittiössä oli 23,6°C mittausajanjakson aikana. Alin lämpötila oli 20°C ja ylin 27,5°C. Korkeimmat lämpötilat johtuvat osittain ruoanlaitosta, mutta huomionarvoista on myös se, että keittiö ja olohuone ovat käytännössä yhtä suurta tilaa. Suuri määrä valoa tulee ikkunan läpi lämmittäen keittiötä ja olohuonetta aurinkoisina päivinä.

Sisäilman suhteellisen kosteuden keskiarvo oli 31,7%. Keittiön sisäilman suhteellinen kosteus oli lähes identtinen olohuoneen suhteellisen kosteuspitoisuuden kanssa mittausjakson ajan, koska huoneet ovat yhteyksissä toisiinsa. Suhteellisen kosteuden alin arvo mittausjaksolla oli 21,0% ja suurin arvo oli 42,5%.

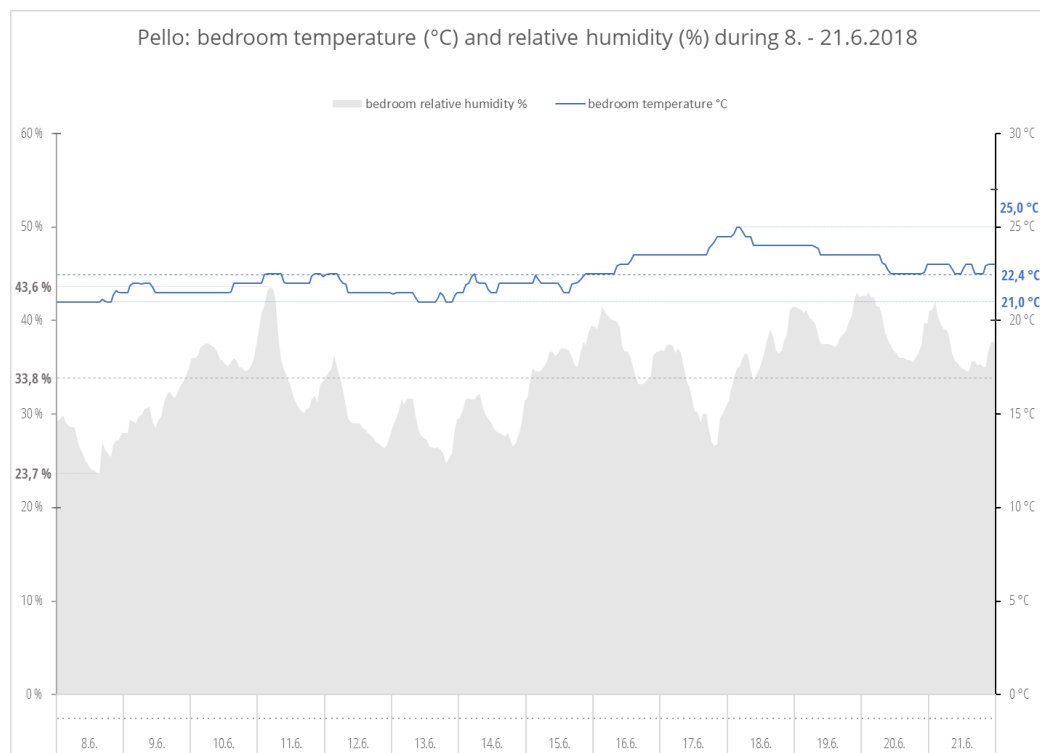


Kuvio 8 Lämpötila ja suhteellinen kosteus keittiössä kesällä mittausjakson aikana

Makuuhuone

Sisäilman lämpötilan keskiarvo olohuoneessa oli 22,5°C mittausjakson aikana. Alin lämpötila oli 19,5°C ja korkein 25,0°C. Ylimmät lämpötilat olivat hieman korkeat mutta ne voidaan selittää suurilla ikkunoilla, joista lämpöä tulee olohuoneeseen ja lämpötila on silti kansallisen standardin rajoissa (20 – 27°C).

Suhteellisen kosteuden keskiarvo oli 34,7%. Sisäilman suhteellinen kosteus pysyi koh- tuullisella tasolla sekä sisäympäristön että mukavuuden kannalta; alimmillaan suhteel- linen kosteus oli 23,5% ja korkeimmillaan 44,5%.

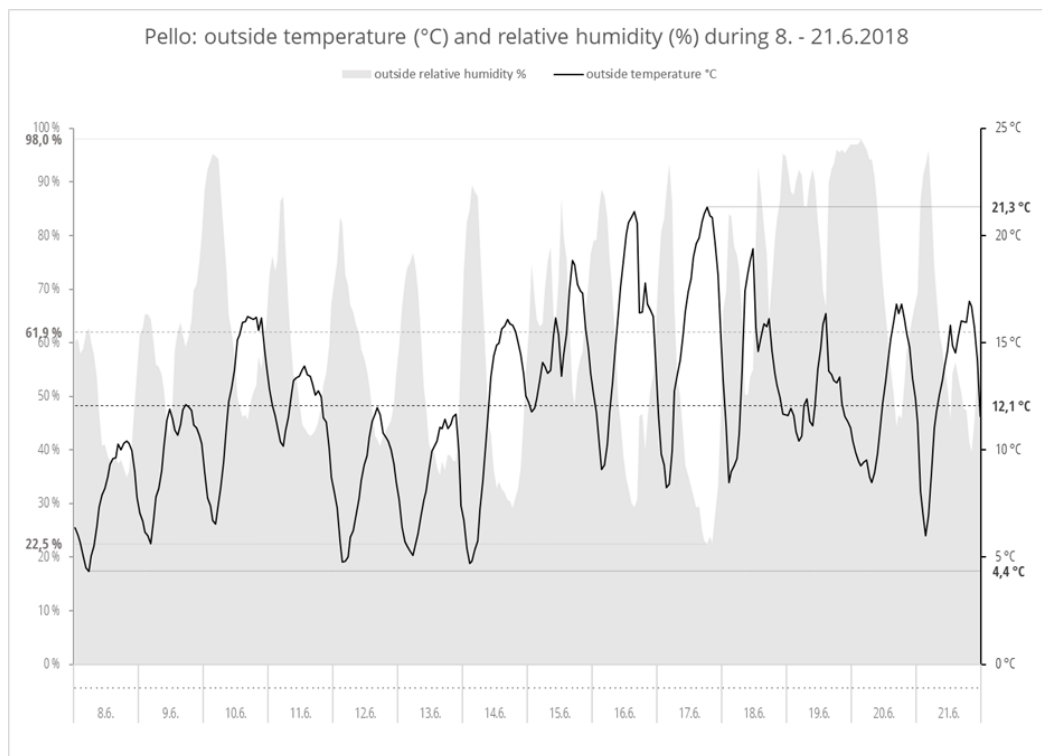


Kuvio 9 Lämpötila ja suhteellinen kosteus makuuhuoneessa kesäajan mittausjakson aikana

Säädata kesän mittausajalta

Kesän mittausjaksolla kerätty säädata edustaa tyypillisiä olosuhteita kesäkuussa Suomessa. Keskimääräinen lämpötila ulkona mittausjakson aikana oli 12,5°C. Alhaisin lämpötila oli 4,3°C. Korkein lämpötila oli 22,2°C. Mittausjakson aikana ei esiintynyt korkeita lämpötiloja.

Suhteellinen kosteus on kääntäen verrannollinen lämpötilan muutoksiin. Keskimääräinen ulkoilman suhteellinen kosteus oli 62,2%. Pienin suhteellinen kosteus ulkona oli 21,0% ja korkeimmillaan 98,0%. Arvot ovat lähes identtiset kuin Kittilän pilottikoh- teessa.



Kuvio 10 Ulkoilman lämpötila ja suhteellinen kosteus mittausjakson aikana

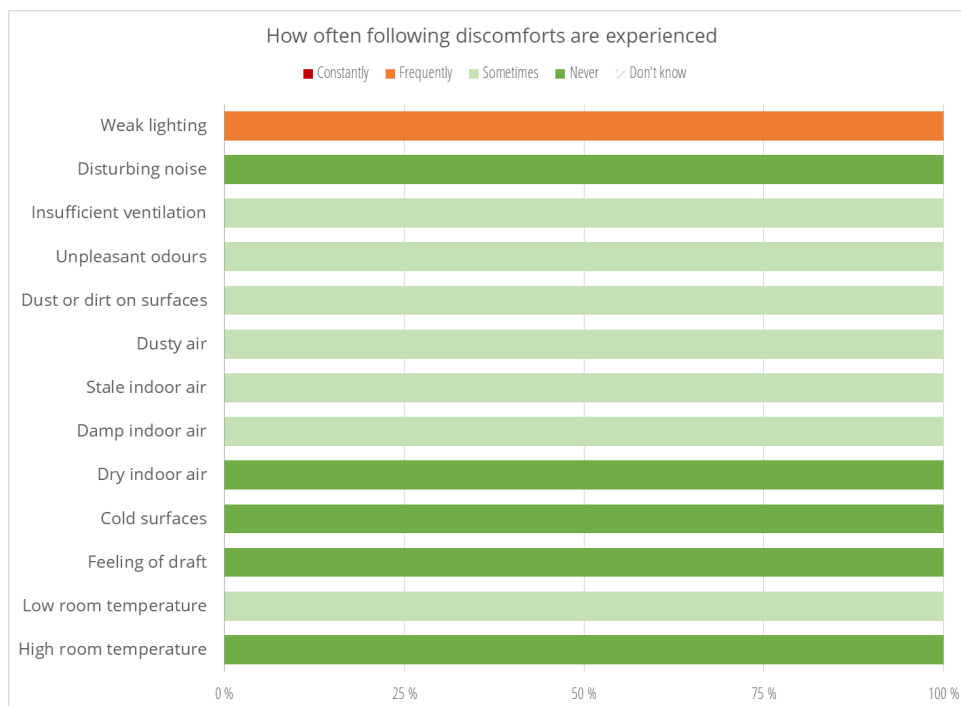
Käyttäjäkyselyn tulokset

Toinen rakennuksen omistajista täytti kyselyn, edustaen koko perheen mielipiteitä ja kokemuksia. Vastaustapa on tyypillinen omakotitalossa asuvalle perheelle suoritetuissa käyttäjäkyselyissä. Perhe on asunut talossa sen rakentamisen jälkeen vuodesta 2013 lähtien. Koska rakennus on suhteellisen tuore, ei siellä ole toistaiseksi tehty remontteja tai korjauksia. Rakennuksen käytön aikana käyttäjät eivät tee aktiivisia energiansäästötoimia tai toimenpiteitä.

Käyttäjät ovat pääosin tyytyväisiä rakennuksen sisäilman lämpöoloihin. Sisäilma koettiin aika ajoin viileäksi, mutta pääsääntöisesti kuitenkin termiset olot olivat miellyttävällä tasolla. Mitattujen ja koettujen lämpötilaolosuhteiden välinen, suuri ero yllätti dataa käsittelevän tutkimushenkilöstön.

Sisäilma koettiin ajoittain hieman tunkkaiseksi ja kosteaksi. Omistaja ilmoitti, että ilmanvaihdon ilmamäärät ovat hieman alhaisia hänen omasta mielestään. Tämä vaikuttaisi ilmeiseltä syytä edellä mainittuihin puutteisiin. Heikko valaistus osoittautui useimmin esiintyväksi mukavuushaitaksi. Käyttäjät eivät ole havainneet mikrobikasvustolle tyypillisiä merkkejä tai muita sisäilmaongelmia, eivätkä kärsi terveydellisistä haitoista, mitkä voisivat aiheutua sisäilmaongelmista.

Taulukko 1 Koettujen mukavuushaittojen esiintymistiheys.



Johtopäätökset

Mittausjaksoilla kerätyn datan perusteella sisäilmasto on pääsääntöisesti hyväksyttävällä tasolla. Lämpötila on miellyttävä, ja kosteus on kohtuullisella ja turvallisella tasolla. Ainoat mittausdatassa havaittavat, asumismukavuuteen negatiivisesti vaikuttavat tekijät olivat kuiva sisäilma lämmityskauden aikana ja tarpeettoman korkea sisälämpötila aurinkoisten kesäpäivien aikaan. Lämpötila laski alle kansallisen toimenpiderajan mutta vain hetkellisesti.

Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu, että mitattu ja koettu sisäilmasto voivat poiketa toisistaan, mikä on yksi selkeä peruste käyttäjäkyselyiden laatimiselle. Vaikka mitaustiedot viittasivat ajoittain kuivaan sisäilmaan ja korkeaan sisälämpötilaan, eivät käyttäjät kokeneet näitä tekijöitä epämiellyttäviksi. Lämpötilan ja suhteellisen kosteuden tulokset olivat melkein päinvastaisia odotettuihin tuloksiin ja käyttäjät ilmoittivat sisäilman olevan toisinaan viileää ja kosteaa. Mittausdata vahvistaa satunnaisen sisäilman viileyden, mutta runsaita ilmankosteuksia ei ollut havaittavissa. Käyttäjät eivät ole havainneet mikrobikasvustolle tyypillisiä piirteitä kiinteistön sisäilmassa ja rakennusosissa. Käyttäjillä ei myöskään ole minkäänlaisia rakennukseen liittyviä terveysongelmia. Tutkimuksessa kerättyjen tietojen pohjalta voidaan todeta, että kyseinen pilottikohte on sisäympäristöltään terve talo.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista ei sisällä tarkkoja ohjeita sisätilojen suhteellisesta kosteudesta. Asetus määrittelee ainoastaan, että huoneilman kosteus ei saa olla pitkäkestoisesti niin suuri, että siitä aiheutuu rakenteissa, laitteissa taikka niiden pinnoilla mikrobikasvun riskiä. Aikaisemmin käytössä olleissa oppaissa ja ohjeellisissa julkaisuissa sisätilojen suhteellisen kosteuden suurin turvallinen arvo on tavanomaisesti ollut 60%. Asetus ei määrittele edes suurpiirteistä, numeraalista arvoa pienimmälle sallitulle arvolle, vaikka yleisesti on tunnustettu, että liian kuivalla sisäilmalla voi olla negatiivisia vaikutuksia rakennuksen käyttäjiin. Mittausjaksojen aikana ei esiintynyt liian korkean suhteellisen kosteuden aiheuttamaa homeen kasvun riskiä. Lämmityskauden aikana suhteellinen kosteus oli ajoittain hyvin kuivaa mutta käyttäjät eivät ilmoittaneet kokevansa sitä kuivana.

Ympäristöministeriö on määrittänyt toimenpiderajat sisäilman lämpötilalle. Sisäilman lämpötilan tulee pysyä 20 – 25°C välillä lämmityskauden aikana ja 20 – 27°C lämmityskauden ulkopuolella. Lämmityskauden aikana pilottikohteen lämpötila pysyi pääosin noissa raja-arvoissa keittiössä ja olohuoneessa. Makuuhuoneessa lämpötila kävi säännöllisesti 20°C alapuolella. Lämmityskauden ulkopuolella lämpötilat menivät vain hyvin hetkellisesti toimenpiderajan alapuolelle. Lämpötilojen korkeammalla puolella rajat menivät yli useimmiten olohuoneessa johtuen suurista etelään ja länteen suunnatuista ikkunoista. Ongelma voidaan helposti korjata esimerkiksi varjostuksella.

Kaiken kaikkiaan sisäilmasto on hyvä, selkeimpänä puutteena ollen korkeat lämpötilat kesäaikaan aurinkoisina päivinä. Pienemmät mukavuushaitat, kuten valaistus ovat helposti ratkaistavissa, koska omistajat voivat lisätä valaistusta omassa kodissaan. Alhaisella energiankulutuksella ei ollut havaittavissa negatiivisia vaikutuksia käyttäjien mukavuuteen.