

Mittaroinnin suunnitteluohje

Julkiset palvelurakennukset

Tämä ohje koskee energian kulutuksen ja sisäilmasto-olosuhteiden mittaroinnin suunnittelua Helsingin kaupungin palvelukiinteistöjen uudisrakentamis- ja perusparannushankkeissa.

Ohje on tarkoitettu hankkeen energiasuunnittelijan, sähkösuunnittelijan sekä LVI- ja RAU-suunnittelijan käyttöön.

Ohje ei koske taloteknisesti poikkeuksellisen vaativia kohteita (esimerkiksi uimahallit).

Ohje on laadittu Helsingin kaupungin Kaupunkiympäristön toimialan tilatpalvelussa.

Taulukko 1. Ohjeen päivitykset.

Päivämäärä	Sivu	Kuvaus muutoksesta	Tekijä
9.3.2021	12	Lisätty täsmennykset minne paine-eroanturit asennetaan.	Marianna Tuomainen
7.7.2021	5	Lisätty luettelon kolmanteen ja neljanteen kohtaan huoneen-sanat tarkoittamaan, että huoneessa sijaitsevilla antureiden mittaustiedoilla ohjataan mahdollisia lämmityspattereiden moottorisäätöisiä patteriventtiilejä ja/tai huoneen jäähdytyskonvektorin vesivirtaa säätävää venttiiliä, joista myös lisäys ymmärrettävyyden parantamiseksi	Marianna Tuomainen
7.7.2021	9	Lisätty tietoa siitä, että suuren kosteuskuorman huoneiden suhteellisen kosteuden mittausarvoa käytetään muuttuvailmavirtaisissa järjestelmissä ilmanvaihdon määrän tai keston ohjaamiseen. Sen sijaan alusta- eli ryömintätilan ilmanvaihdon määrän ohjaamiseen tarvitaan tieto alustatilan absoluuttisesta kosteudesta, mikä lasketaan suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittaustiedoista.	Marianna Tuomainen
13.12.2021		Lisätty päivitystyöstä vastaavat henkilöt taulukon 1 alle. Organisaation nimeä kansilehdellä korjattu.	Marianna Tuomainen
17.1.2021		Koko asiakirjan fonttikoko muutettu 12:een saavutettavuuden vuoksi.	Marianna Tuomainen
17.1.2021	8	Lisätty teksti: rakennus tulee varustaa riittävällä määrällä jatkuvatoimisia paine-erolähettämiä kuten Talotekniikkainfon Sisäilmasto ja ilmanvaihto –oppaassa esitetään. Lähdeviitteenä verkkosivu, jonne em. opas on tallennettu.	Marianna Tuomainen

Mittaroinnin suunnitteluohjeen päivitystyöstä vastaa Kalevi Härkönen (energiankulutuksen mittaaminen)

kalevi.harkonen@hel.fi,

puh. 050-596 7042.

ja

Marianna Tuomainen (sisäolosuhteiden mittaaminen)

marianna.tuomainen@hel.fi

puh. 050-3495922

Sisällys

1 MITTAROINNIN SUUNNITTELUN PERIAATTEET HELSINGIN KAUPUNGIN PALVELURAKENNUKSISSA	4
1.1 Yleiset periaatteet	4
1.2 Mittaroinnin periaatteet	4
2 MITTAROINNIN VÄHIMMÄISTASO	6
2.1 Kulutusmittaukset	6
2.2 Järjestelmien tehokkuuden seuraamisen liittyvät mittaukset	7
2.3 Sisäilmasto-olosuhdemittaukset	7
3 TIEDONKERUUN YLEISKUVAUS	13
3.1 Energiamittareiden tiedonkeruu	13
3.2 Sisäilmastoantureiden tiedonkeruu	14
4 KIINTEISTÖN MITTAUSJÄRJESTELMIEN JA KULUTUSMITTAREIDEN VAATIMUKSET	14
4.1 Mittausjärjestelmä	14
4.2 Sähkömittarit	15
4.3 Lämpö- ja jäähdytysenergiamittarit	15
4.4 Vesimittarit	15
4.5 Sisäilmasto-olosuhdeanturit	15
5 ENERGIA- JA VESILAITOSTEN PÄÄMITTAUSTEN ETÄLUENTA	16
6 SUUNNITTELU	16
6.1 Suunnitteluprosessi	16
6.2 Suunnittelun asiakirjat	18
7 SISÄILMASTO-OLOSUHDEMITTAROINNIN SUUNNITTELU OLEMASSA OLEVIIN RAKENNUKSIIN	19
Lähdeviitteet	21

1 Mittaroinnin suunnittelun periaatteet Helsingin kaupungin palvelurakennuksissa

1.1 Yleiset periaatteet

Mittaroinnin periaatteiden määrittelystä ja suunnittelun ohjaamisesta vastaa Kaupunkiympäristön toimiala / Rakennukset ja yleiset alueet / tilat-palvelu.

Ohjeessa käsitellään energiankulutuksen ja sisäilmasto-olosuhteiden seurantaan tarvittavan mittaroinnin toteuttamista uudis- ja peruskorjauskohteissa (luvut 2 – 6) sekä olemassa olevissa rakennuksissa (luku 7).

1.2 Mittaroinnin periaatteet

Energiamittaroinnin keskeiset periaatteet ja tavoitteet ovat:

- mittaroitavat järjestelmät ja laitteet valitaan kohdekohtaisesti niin, että ne
 - tukevat energiankäytön seuranta ja hallintaa rakennuksessa,
 - mahdollistavat energiankäytön trendivalvonnan sekä vertailun historiatietojen ja toisten vastaavien rakennusten kanssa,
 - mahdollistavat energiankäytön laskutuksen,
 - antavat tietoa järjestelmien toimivuuden varmistamiseen ja kuluspoikkeamien syiden selvittämiseen,
 - mahdollistavat käytönaikaisten säätötoimenpiteiden ja kulutustottumusten muutosten havainnoimisen,
 - toteuttavat teknisen valmiuden kysyntäjoustoon.
- mittarointitarpeet huomioidaan jo varhaisessa suunnitteluvaiheessa niin, että mitattavilla keskuksilla on selkeät kuormat ja keskuksella on ryhmitelty järkevästi.
- jotta mittaroinnilla saataisiin vertailukelpoisia tunnuslukuja, tulee mittaroitavien kokonaisuuksien olla selkeitä ja yksiselitteisiä.
- laskennallisia mittauksia voidaan tarpeen mukaan käyttää kulutustyyppi-kohtaisen kokonaiskulutuksen laskentaan, kun kulutus on jakautunut kiinteistössä useaan alamittaukseen (esim. valaistukset ryhmäkeskuksilta tai IV-keskusten summa). Käytettyjen summakaavojen pitää olla yksiselitteisiä, selkeitä ja huolellisesti dokumentoituja.
- mittaukset ja mittarien lukumäärä eivät ole itseisarvo, vaan kattava mittarointi tulee saada aikaan jo kohtuullisella mittarien lukumäärällä.

Kaikki energiamittarit ovat ns. etäluettavia mittareita, joissa väyläliityntä on mittarin natiivi ominaisuus. Mittarien lukemat on myös voitava lukea paikallisesti suoraan mittareista.

Sisäilmastomittaroinnin keskeiset periaatteet ja tavoitteet ovat:

- sisäilmasto-olosuhteita mitataan huoneisiin asennettavin anturein siten, että huoneen lämpö- ja kosteusolosuhteista, sisäilman laadusta sekä vaiipan yli vaikuttavasta paine-erosta saadaan trendidataa rakennusautomaatioon ja diagnostiikkaan
- olosuhdemittauksilla voidaan varmistaa, että asetetut sisäilmastotavoitteet toteutuvat. Mikäli poikkeamia tavoitteista esiintyy, mittausdatasta nähdään poikkeamien kesto ja suuruus, joiden avulla voidaan päätellä tarvittavat toimenpiteet sisäilmasto-olosuhteiden parantamiseksi
- tarpeenmukaisesti säätyvä ilmanvaihtojärjestelmä saa huoneen sisäilmasto-olosuhdesuureiden mittaustiedot ilmavirtojen optimointia varten
- mikäli huoneen lämmitys- ja mahdollisen jäähdytysjärjestelmän ohjaus (esim. lämmityspatterin moottorisäätöinen patteriventtiili ja/tai jäähdytyskonvektorin vesivirtaa säättävä venttiili) on liitetty rakennusautomaatioon, saadaan ohjaukseen tarvittavat säätöviestit sisäilmasto-olosuhdemittauksilla
- sisäilmasto-olosuhdemittaukset toteutetaan samojen periaatteiden mukaisesti eri rakennuksissa, jotta rakennusten sisäilmasto-olosuhteita voidaan verrata keskenään.

Energiankäytön ja sisäilmasto-olosuhteiden seurantaan varten mittareiden ja antureiden keräämä tieto kerätään Raunet-verkon välityksellä Helsingin kaupungin energia- ja olosuhdeseurantajärjestelmään (Nuuka-järjestelmä). Järjestelmä myöhemmin mahdollistaa kiinteistöjen energiankäytön ja olosuhteiden valvonnan, jolloin tunnistetaan poikkeamat energiankäytössä ja sisäilmasto-olosuhteissa sekä mahdolliset anturivirheet suurestakin kiinteistökannasta ilman että valvontaan pitäisi kohdentaa merkittävästi henkilöresursseja.

2 Mittaroinnin vähimmäistaso

Helsingin kaupungin palvelurakennusten energiankulutuksen ja sisäilmasto-olosuhdeseurannan mittaroinnin vähimmäistaso on esitetty luvuissa 2.1 - 2.3.

2.1 Kulutusmittaukset

SÄHKÖ	
Päämittaus	<ul style="list-style-type: none">• rakennuksen päämittaus
Alamittaukset	<ul style="list-style-type: none">• IV-sähkö (pl. pienet erillispoistot). Ilmanvaihtokoneiden yhteenlasketun liittymistehon ylittäessä 20 kW IV-koneisiin lisäksi toteutetaan valmius kulutusjousto, katso erityisvaatimukset luku 3.1• ulkovalaistus• sisävalaistus• keittiö (kokonaismittaus)• sähköautojen latauspisteet• sähköiset pihasulatukset• muut sähkölaitteet (muualla kuin keittiössä), joiden nimellisteho on vähintään 6 kW• muu kiinteistö-sähkö• vuokralaiset• jäähdytysjärjestelmä (sisältäen kompressorit, lauhduttimet ja lauhdutinpiirin pumput sekä verkostopumput)• lämpöpumput

LÄMPÖ	
Päämittaus	<ul style="list-style-type: none">• lämmitysenergian tuotanto tai ostoenergia jokaiselle käytetylle lämmönlähteelle
Alamittaukset	<ul style="list-style-type: none">• lämmin käyttövesi• tilalämmitys• lattialämmitykset• IV-lämmitys• pihasulatukset• hukkalämmöistä talteen otettu energia (lauhdelämöt, jätevesi, jne.)

VESI	
Päämittaus	<ul style="list-style-type: none"> • rakennuksen KV- ja LV-päämittaus
Alamittaukset	<ul style="list-style-type: none"> • LKV:n kokonaiskulutus • keittiön KV- ja LV-kulutus • suurkuluttajakohtainen vedenkulutus

KAUKOJÄÄHDYTYS	
Päämittaus	<ul style="list-style-type: none"> • rakennuksen päämittaus
Alamittaukset	<ul style="list-style-type: none"> • tilajäähdytys • IV-jäähdytys

PAIKALLINEN ENERGIANTUOTANTO	
Päämittaus	<ul style="list-style-type: none"> • lämmitys- ja jäähdytysenergian tuotanto jokaiselle käytetylle lämmönlähteelle • aurinkosähkön tuotanto

2.2 Järjestelmien tehokkuuden seuraamisen liittyvät mittaukset

JATKUVA TEHOKKUUDEN SEURANTA	
Järjestelmä	<ul style="list-style-type: none"> • jäähdytysjärjestelmän tuotannon hyötysuhde EER • lämpöpumppujen lämmöntuotannon hyötysuhde COP • lämpöpumpuilla tai maakylmällä tuotetun jäähdytyksen hyötysuhde EER • ilmanvaihtokoneiden lämpötilasuhde • ilmanvaihtokoneiden ominaissähköteho

2.3 Sisäilmasto-olosuhdemittaukset

2.3.1 Sisäilmasto-olosuhdesuureet ja niitä mittaavat anturit

Uudis- ja peruskorjauskohteissa sisäilmasto-olosuhteiden mittaamiseen käytetään lähtökohtaisesti samoja antureita kiinteistöautomaation prosessiohjausten kanssa. Anturit ovat kaksisuuntaisesti kommunikoivia ja ne kytketään kiinteistöautomaation kenttäväylään. Ratkaisu edistää integraatiota, poistaa järjestelmien välisiä päällekkäisyyksiä ja parantaa kiinteistöjen muuntojoustavuutta. Yksittäiset analogiset anturit sallitaan, jos ne kytketään samaa huonetilaa ohjaavaan huonesäätimeen, joka on kytketty edellä mainittuun kenttäväylään.

Alla olevassa taulukossa on esitetty rakentamishankkeessa sekä ehdottomasti että vapaaehtoisesti asennettavat sisäilmasto-olosuhdeanturit, joista kolmelle on määritetty tavoitearvot Sisäilmastoluokitus 2018:ssa. Taulukossa esitetyt ehdottomasti asennettavat anturit asennetaan palvelurakennuksiin riippumatta siitä, onko ilmanvaihtojärjestelmä vakio- vai muuttuvilmavirtainen (ks. luvut 2.3.2 - 2.3.4).

LANGALLISET	PAKOLLISET	VAPAAEHTOISET
Suureet, joille Sisäilmastoluokitus 2018:ssa on määritetty tavoitearvot	lämpötila	pienhiukkaspitoisuus PM2,5
	hiilidioksidipitoisuus	
Suureet, joille ei ole Sisäilmastoluokitus 2018:ssa määritetty tavoitearvoa	suhteellinen kosteus	TVOC-pitoisuus
	paine-ero vaipan yli	pienhiukkaspitoisuus PM10
		pienhiukkaspitoisuus PM1

Pakolliset

Huoneilman lämpötilalle ja hiilidioksidipitoisuudelle on asetettu Sisäilmastoluokitus 2018:ssa tavoitearvot sisäilmastoluokissa S1, S2 ja S3. Energiatehokkaan rakennuksen suunnitteluohjeessa ja LVI-suunnitteluohjeessa on esitetty Helsingin kaupungin palvelurakennuksilleen asettamat olosuhdetavoitteet.

Sisäilman suhteelliselle kosteudelle ei ole Sisäilmastoluokitus 2018:ssa esitetty tavoitearvoja. Mittaustieto on tarpeellinen, jotta rakennuksen käyttäjille ja muille sidosryhmille voidaan näyttää sisäilmaston kosteusolosuhteet.

Vaipan yli olevan paine-eron tavoitearvo riippuu rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmästä Ympäristöministeriön julkaiseman Rakennusten paine-erojen mittausohjeen liitteen 3 mukaisesti (ks. lähdeviitteet). Tavoitearvoja ei ole vielä lyöty lukkoon. Vaipan yli olevien paine-erojen mittaaminen mahdollistaa ilmanvaihtojärjestelmän toiminnan aiempaa paremman **seuraamisen** ja siksi rakennus tulee varustaa riittävällä määrällä jatkuvatoimisia paine-erolähettämiä kuten Talotekniikkainfon Sisäilmasto ja ilmanvaihto –oppaassa esitetään (ks. lähdeviitteet). Paine-eroantureiden mittaustuloksilla ei suoraan ohjata ilmanvaihtokoneiden puhaltimien pyörimisnopeuksia.

Vapaaehtoiset

Mikäli rakentamishankkeessa päätetään asentaa pienhiukkas- ja/tai TVOC-pitoisuutta mittaavia antureita noudatetaan tässä annettuja ohjeita niiden lukumäärästä.

Sisäilman pienhiukkaspitoisuus seuraa tyypillisesti ulkoilman hiukkaspitoisuutta. Pienhiukkasanturit voidaan asentaa rakennukseen, joka sijaitsee vilkkaasti liikennöidyn tien varrella. Pienhiukkaspitoisuutta mittaavia antureita asennetaan yhteen huoneeseen per kerros tai rakennusosa. Suositeltavaa on asentaa PM2,5 pienhiukkasanturi, mutta voidaan asentaa myös PM10 ja PM1 pienhiukkasanturit.

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuutta mittaavat anturit (TVOC-pitoisuus) eivät toistaiseksi näytä absoluuttisia pitoisuuksia. TVOC-pitoisuutta mittaavat anturit asennetaan huoneisiin, joissa tapahtuvan toiminnan aikana sisäilmaan vapautuu haihtuvia orgaanisia yhdisteitä:

- kuvaamataidon opetustila
- teknisen työn opetustila
- tekstiilityön opetustila
- fysiikka-kemia opetustila
- askarteluhuone
- ateljé, tai muu taiteen tekemisen huone
- kirjojen käsittelyhuone kirjastoissa
- ammattikoulujen opetustilat, joissa käsitellään kemikaaleja ja materiaaleja, joista vapautuu sisäilmaan TVOC-yhdisteitä.

Muuttuvilmavirtaisessa (tarpeenmukaisessa) ilmanvaihtojärjestelmässä ilmamääräsäätimien tai säätöpeltien ohjaamiseen tarvittavina säätöviesteinä käytetään pääasiallisesti huoneen lämpötilan tai hiilidioksidipitoisuuden mittaustulosta, jota verrataan ko. suureiden asetusarvoihin. Sisäilman suhteellisen kosteuden mittaustuloksia käytetään valmistuskeittiöiden, suihku- ja pesutilojen ja uima-allastilojen ilmanvaihdon määrän tai keston ohjaamiseen. Alusta- eli ryömintätilojen ilmanvaihdon määrän ohjaamiseen tarvitaan tieto alustatilan absoluuttisesta kosteudesta, jota on verrattava ulkoilman absoluuttiseen kosteuteen. Alustatilaan asennetaan lämpötilaa ja suhteellista kosteutta mittaavat anturit. Automaatiojärjestelmä laskee mittaustiedoista absoluuttisen kosteuden arvot.

Huoneilman TVOC-pitoisuutta mittaavia antureita voidaan jo käyttää ilmavirtojen optimoimiseen. Päivällä mitattua TVOC-pitoisuutta voidaan verrata yöllä mitattuun TVOC-taustapitoisuuteen. Päivä- ja yöaikaisen TVOC-pitoisuuden eron suuruus on ilmavirtojen suuruutta ohjaava säätöviesti. Mikäli hankkeessa halutaan käyttää TVOC-pitoisuutta ilmavirtojen ohjaamiseen, keskustellaan asiasta hankkeen LVI- ja RAU-rakennuttajan kanssa.

Mikäli rakennukseen toteutetaan jäähdytysjärjestelmä, jossa on huonekohtaisia jäähdytyslementtejä kuten jäähdytyskonvektoreita, ohjataan näiden toimintaa automaatioon kytketyn huonelämmönsäätimen perusteella. Tämä huonelämmönsäädin on yhteinen lämmitysjärjestelmän kanssa. Tällä toteutuksella estetään samanaikainen lämmitys ja jäähdytys.

2.3.2 Sisäilmasto-olosuhteita mittaavien antureiden sijainti huonetiloissa

Huoneen sisäilmasto-olosuhteita mittaavat anturit paine-eroanturia lukuun ottamatta asennetaan lähtökohtaisesti huoneen seinälle 1,1 metrin korkeudelle siten, etteivät ne sijaitse ovien eikä ikkunoiden välittömässä läheisyydessä. Anturit pyritään sijoittamaan siten, että ne ovat ikkunoiden kautta tulevalta auringonvalolta suojassa. Jos anturissa on käyttöliittymä (esimerkiksi paikallinen näyttö), voidaan anturi asentaa 1,5 metrin korkeudelle.

Kattoon sijoitetuilla antureilla ei mitata sisäilmasto-olosuhteita, mutta valaistusvoimakkuus voidaan mitata.

Jos sisäilmasto-olosuhdeanturin asentaminen seinälle ei ole mahdollista esimerkiksi sopivan sijoituspaikan puuttumisen takia tai seinälle asennetun anturoinnin katsotaan nostavan kyseisen tilan osalta kustannuksia kohtuuttomasti siitä saatavaan hyötyyn nähden, voidaan anturi asentaa myös poistoilmakanavaan. Tilan poistoilmakanavassa antureiden tulee sijaita siten, että saatava lukema mahdollisimman hyvin vastaa tilassa vallitsevaa lämpötilaa.

Periaatteena on, että antureita asennetaan rakennuksen kaikkiin tiloihin, joissa oleskellaan – myös niihin huoneisiin, joissa on vakioilmavirta. Seuraavassa on esitetty rakennuskohtaisesti eri oleskelutilat, mihin sisäilmasto-olosuhteita mitaavat lämpötila-, hiilidioksidipitoisuus- ja suhteellisen kosteuden anturit sijoitetaan joko seinälle tai poistoilmakanavaan.

Päiväkoti ja leikkipuisto

- ryhmä-, leikki- ja lepohuoneet
- sali
- henkilökunnan taukokuone
- keittiö
- ruokailualue
- märkätilat (pesutilat)
- ei varastoon, siivoustilaan eikä WC-tilaan

Koulu ja ammatillinen oppilaitos

- opetustilat ja aulat
- liikunta- ja juhlasali
- opettajien huone
- hallinnon tilat
- oppilashuollon tilat
- keittiö
- ruokailualue
- kouluisännän työtila
- märkätilat (suihku- ja pesutilat)
- ei varastoon, siivoustilaan eikä WC-tilaan

Liikuntahallit

- aulat
- liikuntatilat
- pukuhuoneet
- hallinnon tilat
- keittiö
- kahvio
- märkätilat (suihku- ja pesutilat)
- ei varastoon, siivoustilaan eikä WC-tilaan

Kirjasto

- lainaussali
- lainaustoimisto

- henkilökunnan työhuoneet
- kirjojen käsittelyhuone
- kokous- ja seminaarilat
- musiikkistudiot
- opintosali
- muut yleisötilat
- ei varastoon, siivoustilaan eikä WC-tiloihin

Kulttuuritalot ja nuorisotilat

- sali, jossa näyttämö ja katsomo
- taidegalleria
- lämpiö
- ryhmähuoneet
- ateljé ja muut taiteen tekemisen tilat
- biljardihuone tai vastaava
- kahvio ja mahdollinen ravintola
- muut yleisötilat
- keittiö
- henkilökunnan työhuoneet
- ei varastoon, siivoustilaan eikä WC-tiloihin

Senioritalot ja lastentalot

- makuuhuone
- olohuone/oleskeluhuone
- kanslia
- osastokeittiö
- henkilökunnan työhuone
- ei varastoon, siivoustilaan, kylpyhuoneisiin, saunaan tai WC-tiloihin

Sairaalat ja terveysasemat

- potilashuone
- eristyshuone
- osastokanslia
- työhuone
- neuvotteluhuone
- käytävä/odotustila
- näytteenotto
- näytteiden käsittely ja tutkimus / laboratoriotilat
- toimenpidehuoneet
- leikkaussali ja siihen liittyvät heräämötilat
- lääkehuone/apteekki
- välinehuolto
- ravintohuolto
- osastokeittiö
- ei liinavaatevarastoon, pyykki- tai jätetiloihin, siivoustilaan, suihkutilaan, varastoon eikä WC-tiloihin

Uimahallit

- tämä ohje ei koske uimahalleja

2.3.3. Ulko- ja sisäilman välistä paine-eroa mittaavien antureiden sijainti

Toistaiseksi ulko- ja sisäilman välistä paine-eroa mitataan jatkuvatoimisesti olosuhdeseurantaa varten – ei ilmanvaihtokoneiden pyörimisnopeutta ohjamaan.

Ulko- ja sisäilman välistä paine-eroa mitataan 1,0 +/- 0,3 metrin korkeudelta lattia-asta. Tälle korkeudelle asennetaan paineanturin mittausputkien avoimet päät sisällä ja ulkona. Ulos asennettava mittausputken pää päätetään ulkosuojakoteloon sen suojaamiseksi suoralta tuulelta ja hyönteisiltä. Ulkovaipan läpivientiin voidaan käyttää esimerkiksi Ø2,0/1,0 mm (ulko/sisämitta) kuparikapillaariputkea tai ohutta pneumatiikkaputkea. Tämän putken asentaminen kuuluu rakennusurakkaan.

Paineanturille etsitään huoneessa asennuspaikka, jossa se ei ole suoraan huonetilassa näkyvillä. Anturin tulee sijaita mittaustasoa korkeammalla, mutta mittausletkujen pituudella ei ole merkitystä mittaustarkkuuteen. Sopiva asennuspaikka voi siten löytyä esimerkiksi alaslasketusta katosta. Huonetilan seinälle asennettavat mittausletkut suojataan esimerkiksi asennuslistalla. Mittausletkuja asennettaessa huolehditaan, että letkua ei tavuteta niin jyrkälle mutkalle, että se litistyy ja ilman kulku estyy.

Vakioilmavirtaisissa ilmanvaihtojärjestelmissä paine-eroanturi sijoitetaan rakennuksen keskusaulan tai keskeisen käytävän ja monikerroksissa rakennuksissa kerroskohtaisesti keskeisen käytävän ja ulkoilman välistä paine-eroa mittaamaan. Ilmavirtojen säätötyön lopussa tarkistetaan, että huoneet ovat tasapainossa ko. keskusaulaan tai kerroksen keskeiseen käytävään nähden. Lisäksi paine-eroanturi (1 kpl / huone) sijoitetaan rakennuksen keittiöön sekä huoneisiin, jossa on tehokkaita erillispoistoja kuten opetusrakennusten teknisen työn ja fyysikkakemia opetustilat tai terveydenhoitorakennusten laboratoriotilat

Muuttuvilmavirtaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä paine-eroantureita sijoitetaan huoneisiin, joiden ilmanvaihto on muuttuvilmavirtainen. Paine-eroantureita ei kuitenkaan sijoiteta jokaiseen huoneeseen vaan siten, että seuraavat ehdot täyttyvät pienimmällä määrällä antureita

- kunkin ilmanvaihtokoneen palvelualueelle
- kuhunkin kerrokseen
- kahdelle eri julkisivuille

vaipan yli vaikuttavaa paine-eroa mittaamaan.

Paine-eroanturi sijoitetaan myös rakennuksen keskusaulan tai keskeisen käytävän ja monikerroksissa rakennuksissa kerroskohtaisesti keskeisen käytävän ja ulkoilman välistä paine-eroa mittaamaan. Lisäksi paine-eroanturi (1 kpl / huone) sijoitetaan rakennuksen keittiöön sekä huoneisiin, joissa on useita erillispoistoja kuten opetusrakennusten teknisen työn, fyysikkakemian ja kotitalouden opetustilat tai terveydenhoitorakennusten laboratoriotilat. Keittiöön asennetaan yksi paine-eroanturi, vaikka keittiössä olisi ikkunoita eri julkisivuilla. Jos ruokalaa palvelee oma ilmanvaihtokone, asennetaan ruokalaan vain yksi paine-eroanturi.

Samoin jos liikuntasalia palvelee oma ilmanvaihtokone, asennetaan liikuntasaliin vain yksi paine-eroanturi.

3 Tiedonkeruun yleiskuvaus

3.1 Energiamittareiden tiedonkeruu

Kiinteistöjen energiamittaukset jakaantuvat pääsääntöisesti pääenergiavirtojen mittauksiin ja alamittauksiin. Lisäksi rakennuksiin toteutetut uusiutuvan energian järjestelmät varustetaan tuotannon määrän mittauksilla.

Pääenergiamittarit ovat lähtökohtaisesti energiayhtiön toimittamia mittareita, joilla mitataan rakennukseen toimitettu ostoenergia. Niiden avulla saadaan selville rakennuksen kulutukset energialajikohtaisesti. Helsingin kaupungin energia- ja olosuhdeseurantajärjestelmä (Nuuka-järjestelmä) kerää nämä kulutustiedot energiayhtiöltä suoraan.

Suuremmissa kiinteistöissä, joihin liittyy useampia erillisiä rakennuksia, tulee esille tilanteita, joissa pääenergia mitataan vain yhdestä rakennuksesta. Tällöin pitää laajentaa myös pääenergian kulutusten mittauksia rakennustasolle alamittausten avulla.

Uudis- ja perusparannuskohteissa kaikki energiamittarit ovat kommunikoivia mittareita, eikä pulssilaskentaan perustuvaa mittaustapaa käytetä.

Energian alamittauksissa käytettävien mittarien tietoliikennetarkoituksessa on kaksi vaadittavaa tietoliikenteen nopeustasoa sen mukaan, mitä mitataan.

- **Nopea mittaus** tarkoittaa kysyntäjoustoos osallistuvien sähkölaitteiden mittausta (ilmanvaihtokoneet). Mittausten pätehotiedot on voitava tallentaa lokiin yhden sekunnin tarkkuudella. Pätehotiedot tulee olla joko aikaleimattu EET-aikaan tahdistettuna tai vaihtoehtoisesti niiden tulee sisältää taajuusmittaustieto, joka on tahdissa suhteessa pätehomittaus-tietoihin. Historiatietojen tallennusjakso on vähintään neljä vuorokautta. Lokitietojen kerääminen voidaan toteuttaa valmiutena siten, että se on mahdollista jälkeinpäin ottaa käyttöön mittareita tai niiden tietoliikennekaapelointia vaihtamatta.
- Muut mittaukset tallennetaan tiheimmillään 15 minuutin välein. Tämä koskee kysyntäjouston ulkopuolisia energian alamittauksia.

Nopea mittaus yleensä edellyttää mittaria, joka on suoraan yhteydessä rakennusautomaation IP-verkkoon. Mittauskeskittintä voidaan käyttää, jos mittarin ja mittauskeskittimen välinen tietoliikennetarkaisu on riittävän suorituskykyinen (esimerkiksi Modbus RTU) ja mittareita on yhden tällaisen keskittimen takana rajallinen määrä, jotta nopea tallennusykli olisi mahdollista luotettavasti toteuttaa. Lokitiedosto kerätään mittareilta ja/tai mittauskeskittimiltä sekunnin välein palvelimeen IP-verkon puolella. Palvelimen toimittaa Helsingin kaupungin energia- ja

olosuhdeseurantajärjestelmän sopimuskumppani (Nuuka). Nopea mittaus tulee toteuttaa vähintään valmiutena suuritehoisiin ilmanvaihtokoneisiin.

Muiden energiamittareiden osalta vaaditaan 15 minuutin välein tapahtuva tiedon tallennus. Tällaiset mittarit voivat olla IP-liitäntäisiä, tai ne voidaan yhdistää mittarointiväylään, jolloin mittauskeskitin on IP-liitäntäinen. Mittarointiväylän pitää perustua yleisesti käytettyyn avoimeen standardiin (kuten Modbus RTU tai M-bus). Tiedonkeruu mittareilta voidaan myös toteuttaa kiinteistöautomaation kautta, jos tällä tavoin saavutetaan kustannussäästöjä esimerkiksi vähentyneen kaapeloinnin takia. Toteutustavasta riippumatta pitää järjestelmän tallentaa hetkelliset kulutustiedot aikaleimalla varustettuna. Historiatiedot täytyy tallentaa paikallisesti vähintään seitsemän vuorokauden ajan.

3.2 Sisäilmastoantureiden tiedonkeruu

Sisäilmasto-olosuhdeantureilla on oltava tekninen valmius yhden minuutin näytteenotto- ja tallennusväliin. Uudiskohteissa tiedonkeruu toteutetaan ensisijaisesti kiinteistöautomaation kautta, jolloin anturit käyttävät kommunikointiin jotain kiinteistössä käytössä olevaa kiinteistöautomaatioprotokollaa. Peruskorjauskohteissa saatetaan käyttää kiinteistöautomaation rinnalla tai sen sijaan langattomia ratkaisuja, joista kerrotaan luvussa 7.

4 Kiinteistön mittausjärjestelmien ja kulutusmittareiden vaatimukset

4.1 Mittausjärjestelmä

Energiankulutusmittarit raportoivat tietonsa Helsingin kaupungin energia- ja olosuhdeseurantajärjestelmään (Nuuka-järjestelmä) Raunet-verkon kautta. Kulutusjoustoon yhdistettävät mittarit yhdistetään Raunet-verkkoon suoraan tai mahdollisesti mittauskeskitimen kautta, muut kulutusenergiamittarit voidaan yhdistää mittauskeskitimen tai mahdollisesti kiinteistöautomaation kautta.

Sisäilmasto-olosuhdeanturit yhdistetään Raunet-verkkoon pääsääntöisesti kiinteistöautomaation kautta.

Sekä kiinteistöautomaatiossa että mittarointiväylissä käytetään avoimiin standardeihin perustuvia, yleisesti käytettyjä protokollia. Kiinteistöautomaatiossa tällaisia ovat BACnet, KNX ja Modbus TCP, mittarointiväylien puolella M-Bus ja Modbus RTU.

4.2 Sähkömittarit

Mittareiden, joita käytetään kulutusjoustossa tai laskutuksessa (esimerkiksi vuokralaisilta), pitää täyttää mittauslaitedirektiivin 2004/22/EY vaatimukset. Sähkön alamittareilta vähintään edellytetään IEC-standardin mukaista tarkkuusluokkaa 1.

4.3 Lämpö- ja jäähdytysenergiamittarit

Lämpöenergian mittareina käytetään ultraääneen perustuvia mittareita, jotka ovat liitettävissä Raunet-verkkoon joko suoraan natiivi IP-liitännällä tai mittauskeskittimen kautta.

4.4 Vesimittarit

Vesimittareina käytetään ultraääneen perustuvia mittareita, jotka ovat liitettävissä Raunet-verkkoon joko suoraan natiivi IP-liitännällä tai mittauskeskittimen kautta.

4.5 Sisäilmasto-olosuhdeanturit

Vähimmäisvaatimukset sisäilmasto-olosuhteita mittaavien antureiden **mittaus-tarkkuudelle** 22 °C lämpötilassa:

- lämpötila $\pm 0,5$ °C
- suhteellinen kosteus ± 2 %
- CO₂-pitoisuus ± 50 ppm + 3 % lukemasta
- TVOC-pitoisuus (ei mittaa absoluuttista pitoisuutta => ei vaatimusta)
- paine-ero ± 1 Pa
- pienhiukkaset PM10 ja PM2,5 ± 15 µg/m³ ja ± 15 % lukemasta

Vähimmäisvaatimukset sisäilmasto-olosuhteita mittaavien antureiden **mittaus-alueelle**:

- huonelämpötila +10 ...+ 40 °C
- ulkolämpötila - 50 ... + 50 °C
- Suhteellinen kosteus 0... 100 %
- CO₂-pitoisuus 0...2000 ppm
- TVOC-pitoisuus 450...2000 ppm (CO₂-verrannollinen) tai muu skaalaus
- paine-ero -100...+ 100 Pa
- Pienhiukkaset PM2,5 ja PM10 0...100 µg/m³

RAU-urakoitsija veloitetaan antureiden takuuajan puitteissa huoltamaan anturit ja tarvittaessa vaihtamaan paristollisten antureiden paristot. RAU-urakoitsija veloitetaan takuuajana kalibroimaan tai tarvittaessa uusimaan anturi, jonka mit-taustuloksen KYMP RYA havaitsee virheelliseksi. Esimerkiksi, jos hiilidioksidipi-toisuuden mittaustulos on alle 400 ppm (huomioiden mittaustarkkuus) tai lämpö-tila- ja suhteellisen kosteuden mittaukset poikkeavat merkittävästi rakennuksen

muista vastaavista mittauksista, vaikka olosuhteet eivät ole merkittävästi erilaiset.

5 Energia- ja vesilaitosten päämittausten etäluenta

Energia- ja vesilaitokset asentavat kiinteistöihin omat mittarinsa etäluentalaitteineen. Näiden laitosten palvelimilta kulutustiedot siirtyvät sähköisesti suoraan Helsingin kaupungin energia- ja olosuhdeseurantajärjestelmään (Nuuka-järjestelmä).

6 Suunnittelu

Hankkeissa pidetään huolta siitä, että tämä ohje on kaikkien asianosaisten tiedossa jo siinä vaiheessa, kun suunnittelutarjouksia jätetään. Asianosaisia ovat ainakin energia-, rakennusautomaatio-, sähkö- ja LVI-suunnittelija.

Peruskorjauskohteissa selvitetään ennen suunnittelun aloitusta, voidaanko olemassa olevia mittareita ja/tai luentajärjestelmiä hyödyntää. Tarvittaessa mittareita vaihdetaan väyläliityntäisiksi mittareiksi ja lisätään uusia mittareita, jotta kulutukset voidaan mitata suunnittelussa laajuudessa.

6.1 Suunnitteluprosessi

6.1.1 Tavoitteiden asettaminen

Sisäilmaston olosuhteiden tavoitearvot perustuvat Sisäilmastoluokitus 2018:n tavoitearvoihin ja niistä sovittuihin poikkeamiin, ja on kuvattu Helsingin kaupungin energiatehokkaan palvelurakennuksen suunnitteluohjeessa ja LVI-suunnitteluohjeessa.

6.1.2 Mittaroinnin suunnittelu

Energiamittaroinnin suunnitteluun osallistuvat rakennusautomaatio-, sähkö- ja LVI-suunnittelijat. RAU-suunnittelija kerää mittaroinnin kokonaisuuden tiedot yhteen, ellei hankkeessa erikseen muuta sovita.

Sisäilmastomittaroinnin suunnittelun päävastuu on LVI-suunnittelijalla, joka sijoittaa anturit huoneissa toimivuudeltaan optimaalisiin paikkoihin (ks. luvut 2.3.2 ja 2.3.3). Sijainnit esitetään tasokuvissa, jotta kaapelointireitti saadaan suunniteltua. Lisäksi RAU-suunnittelija piirtää olosuhdeanturit, niiden tarvitsemat johdot ja kytkennät automaatiojärjestelmään RAU-suunnitelmiin.

6.1.3 Suunnitelmien tarkastus

Hankkeen energiasuunnittelija tarkastaa energiamittarointisuunnitelmat, tarvittaessa yhteistyössä toisten asiantuntijoiden kanssa.

Sisäilmastomittaroinnin tarkastaa Helsingin kaupungin LVI-rakennuttaja ja tarvittaessa yhteiskuntavastuuyksikön asiantuntija.

6.1.4 Mittausjärjestelmän tilaus

Suunnittelijoiden tulee selkeästi määritellä hankintarajat suunnitteluasiakirjoissa. LVIAS-järjestelmiin liittyvät mittarit hankitaan pääsääntöisesti pääjärjestelmän mukaisten hankintarajojen mukaan.

Sisäilmasto-olosuhdeantureiden hankinta on rakennusautomaatiourakoitsijan vastuulla.

6.1.5 Mittareiden asentaminen

Suunnittelijoiden tulee selkeästi määritellä urakkarajat suunnitteluasiakirjoissa. Lämpöenergia-, jäähdytysenergia- ja vesimittarit tyypillisesti asentaa LVI-urakoitsija, olosuhdeanturit rakennusautomaatiourakoitsija ja sähkömittarit sähköurakoitsija. Mittareihin ja antureihin liittyvät sähkönsyötöt ja väyläkaapeloinnit asentaa ja merkitsee sähköurakoitsija, jos ei toisin sovita.

6.1.6 Mittauskeskittimien asentaminen ja käyttöönotto

Mittauskeskittimien hankinta, asentaminen ja käyttöönotto kuuluvat sähköurakkaan. Urakoitsija voi tarvittaessa hankkia tämän alihankintana mittauskeskittimien toimittajalta.

6.1.7 Käyttöönoton toimivuustarkastus

Toimivuustarkastuksessa todetaan etäluennan toimivuus ja mittarilukemien oikeellisuus mittareilta mittauskeskittimelle ja edelleen Helsingin kaupungin energia- ja olosuhdeseurantajärjestelmään (Nuuka-järjestelmä). Toimivuustarkastus tehdään vertaamalla mittarin lukemaa ja etäluettua kulutuslukemaa. Samassa yhteydessä tarkastetaan, että alamittarien kulutuksien yhteissumma vastaa päämittarien mittaamaa kulutusta.

Urakoitsijat tekevät mittarien toimivuustarkastukset ennen etäluennan toimivuuden tarkastusta. Urakoitsijat ovat myös osana etäluennan toimivuustarkastusta ja tekevät sen tuloksena mahdollisesti löytyvät korjaustoimenpiteet.

Energiasuunnittelija, toimivuuden varmistamisen konsultti tai KYMPin toimivuuden varmistamisen työryhmän jäsen valvoo ja hyväksyy energiamittareiden toimivuustarkastuksen.

Olosuhdeantureiden toimivuustarkastuksessa todetaan anturilukemien oikeellisuus Helsingin kaupungin energia- ja olosuhdeseurantajärjestelmässä (Nuuka-järjestelmässä). Helsingin kaupungin RAU-rakennuttaja yhteistyössä yhteiskuntavastuuyksikön asiantuntijan kanssa tekee rakentamishankkeen takuuajalla sisäilmasto-olosuhdeantureiden toimivuustarkastukset ja velvoittaa RAU-urakoitsijaa korjaamaan tai vaihtamaan vialliset anturit.

6.1.8 Loppudokumentaatio

Loppupiirustukset tehdään kaikista suunnitelma- ja työpiirustuksista täydentämällä ja päivittämällä ne työaikaisin muutoksin.

Mittareille ja antureille annetaan positionumerot Helsingin kaupungin laitetunusjärjestelmäohjeen mukaisesti.

6.2 Suunnittelun asiakirjat

Perinteisten TATE-suunnitelmien lisäksi laadittavat mittarointisuunnitelmat:

ENERGIAMITTAROINTI	
Mittaritaulukko	Mittarointitaulukkaan kootaan kaikki etäluentaan liitettävät mittarit. Mittaritaulukossa esitetään mittarin positionumero, mittauslaji (sähkö, lämpö, jäähdytys, vesi), sijainti, vaikutusalue, sarjanumero, sähkömittarien virtamuuntajien kerroin, virtausanturin putkikoko, mittarin malli sekä keskittimen ja väylän numero, johon mittari on liitetty.
Järjestelmäkaavio	Järjestelmäkaaviossa esitetään etäluentaan liitettävät mittarit, kaikki tiedonsiirtoon liittyvät laitteet sekä kaapeloinnit.
Sähkömittausten jakelukaavio	Sähkö-, lämpö-, jäähdytys- ja vesimittausten jakelukaavioissa esitetään kulutusmittarit kulutuslajeittain sekä raportoinnin ja kulutusseurannan tarvitsemat rakennuskohtaisten kokonaiskulutusten laskentakaavat.
Lämpöenergiamittausten jakelukaavio	
Vesimittausten jakelukaavio	
Mittaroinnin paikannuspiirustus	Paikannuspiirustuksissa esitetään mittarit ja mitauskeskittimet sijainteineen. Mittareiden palvelualueet esitetään tate-suunnitelmissa.

SISÄILMASTO-OLOSUHDEMITTAROINTI	
Anturitaulukko	Taulukkoon kootaan kaikki etäluentaan liitettävät anturit. Taulukossa esitetään anturin positionumero, mittauslaji, sijainti (huone), anturin malli sekä anturin laiteosoite tai muu vastaava tunniste siinä järjestelmässä, johon se kuuluu. Langattoman anturin tapauksessa pariston tyyppi ja käyttöikä.
Anturit tasokuvissa	Antureiden sijainnit esitetään tasokuvissa.

7 Sisäilmasto-olosuhdemittaroinnin suunnittelu olemassa oleviin rakennuksiin

Olemassa olevien palvelurakennusten sisäilmasto-olosuhteiden seuranta tehdään tarvittaessa langattomilla sekä mahdollisesti siirrettävillä antureilla. Sisäilmasto-olosuhteita mittaavien langattomien antureiden lähetysväli tulee olla enintään 15 minuuttia.

Langattomiin antureihin on saatavana periaatteeltaan kolmenlaisia ratkaisuja. Jokaisessa ratkaisussa on vahvuutensa ja heikkoutensa, joten valinta tehdään tapauskohtaisesti.

1. **Rakennusautomaation kanssa kommunikoivat langattomat anturit.** Moderneihin rakennusautomaatiojärjestelmiin voidaan liittää langattomia antureita, jotka toimivat samassa järjestelmässä rinnakkain langallisten antureiden kanssa. Mitta-arvot välitetään Helsingin kaupungin energia- ja olosuhdeseurantajärjestelmään (Nuuka-järjestelmä) rakennusautomaation ja Raunet-verkon välityksellä. Ratkaisun etuna on mahdollinen yhteistoiminta kiinteistöautomaation kanssa.
2. **Langattomat lyhyen kantaman olosuhdeanturit.** Tällaiset anturit ovat tavallisesti paristotoimisia. Ne lähettävät mitta-arvonsa radioteitse kiinteistöön sijoitettavalle tukiasemalle, jolta tieto edelleen välitetään Helsingin kaupungin energia- ja olosuhdeseurantajärjestelmään (Nuuka-järjestelmä) joko Raunet- tai internet-yhteyttä käyttäen. Antureiden signaalikantama on tyypillisesti noin 30 metriä, mutta se voi olla pienempikin signaalia vaimentavista esteistä johtuen (esimerkiksi rakennuksen väliseinät). Tarvittaessa voidaan käyttää signaalitoistimia. Joissain langattomissa teknologioissa anturi voi välittää toisen anturin lähettämän sanoman tukiasemalle, jos alkuperäinen anturi on tukiasemasta liian kaukana, mutta tällaiset reitittävät anturit eivät voi olla paristotoimisia. Tunnettuja standardeja ovat mm. ZigBee ja Bluetooth BLE.

3. **Langattomat IoT-anturit** ovat myös paristotoimisia. IoT-anturit lähettävät mitta-arvonsa radioteitse kiinteistön ulkopuoliselle tukiasemalle, jonka peittoalue yleensä kattaa kokonaisen kaupunginosan. (Jos anturointi asennetaan kuuluvuuden kannalta erittäin haastavaan ympäristöön, täytyy soveltuvuus tarkastaa erikseen. Tällainen ympäristö voisi olla esimerkiksi maanalainen väestönsuoja.) Tukiasemalta tieto kerätään anturitoimittajan pilvipalveluun ja täältä edelleen Helsingin kaupungin energia- ja olosuhdeseurantajärjestelmään (Nuuka-järjestelmä). Teknologia soveltuu pienten datamäärien välittämiseen. Tunnettuja teknologioita ovat LoRa, SigFox ja NB-IoT.

Käytettäessä lyhyen kantaman antureita (ratkaisut 1 ja 2) kerätään kulutustiedot kiinteistössä fyysisesti sijaitsevaan vastaanottimeen. Kulutustietojen keruu voi olla kiinteistöautomaatioon tai langattoman anturijärjestelmän tukiasemaan sisäänrakennettu ominaisuus, tai kulutustietojen keruuta varten voi olla erillinen tätä tarkoitusta varten hankittu laite. Keruusta vastaavassa laitteessa pitää olla riittävä puskurimuisti, jotta katkokset tietoliikenneyhteyksissä eivät aiheuta epäjatkuvuutta energia- ja olosuhdeseurantajärjestelmän (Nuuka) historiatiedoissa. IoT-anturien tapauksessa (ratkaisu 3) tiedon keruu ja puskurointi tapahtuvat anturitoimittajan pilvipalvelussa.

Kerätyt kulutustiedot lähetetään energia- ja olosuhdeseurantajärjestelmän (Nuuka) palvelimelle push-tekniikalla, käyttäen esimerkiksi MQTT tai https -protokollaa tai Rest Api -palvelua. Yhteensopivuus on tarkastettava ennen laitehankintoja.

Alla olevassa taulukossa on esitetty sekä ehdottomasti että vapaaehtoisesti asennettavat sisäilmasto-olosuhdeanturit. Langattomien antureiden sijoittamiseen huonetiloissa pätee samat vaatimukset kuin langallisille. Vaatimukset on esitetty luvussa 2.3.

LANGATTOMAT	PAKOLLISET	VAPAAEHTOISET
Suureet, joille Sisäilmastoluokitus 2018:ssa on määritetty tavoitearvot	lämpötila	pienhiukkaspitoisuus PM2,5
	hiilidioksidipitoisuus	
Suureet, joille ei ole Sisäilmastoluokitus 2018:ssa määritetty tavoitearvoa	suhteellinen kosteus	TVOC-pitoisuus
	paine-ero vaipan yli	pienhiukkaspitoisuus PM10
		pienhiukkaspitoisuus PM1

Langattomien sisäilmasto-olosuhdeantureiden vähimmäisvaatimukset mittaus-tarkkuudelle ja mittausalueille ovat samat kuin langallisille antureille. Vaatimukset on esitetty luvussa 4.5.

Langattomat anturit kirjataan taulukkoon (kts. luku 6.2) ja tieto niiden edellyttämästä paristojen vaihdosta liitetään kiinteistön huoltokirjaan.

Anturitoimittaja veloitetaan antureiden takuuajan puitteissa huoltamaan anturit ja tarvittaessa vaihtamaan paristollisten antureiden paristot. Anturitoimittajaa veloitetaan kalibroimaan tai tarvittaessa uusimaan anturi, jonka mittaustuloksen KYMP RYA havaitsee virheelliseksi sen takuuajan kuluessa. Esimerkiksi, jos hiilidioksidipitoisuuden mittaustulos on alle 400 ppm (huomioiden mittaustarkkuus) tai lämpötila- ja suhteellisen kosteuden mittaukset poikkeavat merkittävästi rakennuksen muista vastaavista mittauksista, vaikka olosuhteet eivät ole merkittävästi erilaiset.

Olemassa olevien rakennusten sisäilmastomittaroinnin suunnitteluun osallistuu yhteiskuntavastuuyksikön asiantuntija.

Lähdeviitteet

Rakennuksen paine-erojen mittausohje, 2019. Ympäristöministeriö
https://www.ymparisto.fi/FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Terveellisyys

Talotekniikkainfo. Sisäilmasto- ja ilmanvaihto –opas, päivitetty 11.6.2021.
<https://talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas>