

Etäluettavien mittareiden hyödyntäminen olo- suhdehallinnassa vahinkosaneerauksessa

LAB-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK), Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
2023
Iva Vitanova

Tiivistelmä

Tekijä(t) Iva Vitanova	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 30	Valmistumisaika 2023
Työn nimi Etäluettavien mittareiden hyödyntäminen olosuhdehallinnassa vahinkosaneerausessa		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka		
Toimeksiantajaorganisaatio RKM Group Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä tutkittiin etäluettavien mittareiden hyödyntämistä olosuhdehallinnassa vahinkosaneerausessa. Opinnäytetyössä tutkittiin, kuinka etäluettava mittareita voidaan käyttää olosuhteiden hallintaan rakennustyömailla ja millaisia hyötyjä tästä menetelmästä saadaan. Työn tarkoituksena oli selvittää etäluettavien mittareiden soveltuvuutta ja luotettavuutta vahinkosaneerauskohteissa sekä arvioida niiden taloudellisia ja käytännöllisiä etuja.</p> <p>Tutkimus toteutettiin koulussa tapahtuneen vesivahingon yhteydessä, jossa mittareita käytettiin kosteuden mittaamiseen ja seurantaan. Etäluettavien mittareiden avulla voitiin seurata tilannetta reaaliaikaisesti ja välttää turhia käyntejä työmaalla, mikä säästi sekä aikaa että kustannuksia. Lisäksi mittareiden avulla voitiin antaa tarkempaa ja nopeampaa tietoa asiakkaille kosteustilanteesta ja kuivauksen tarpeesta. Lisäksi tutkimuksessa otettiin huomioon muita havaintoja ja tietoja, jotka ovat kertyneet ajan myötä.</p> <p>Opinnäytetyön tulokset osoittivat, että etäluettavilla mittareilla on useita etuja vahinkosaneerauskohteissa. Ne mahdollistavat reaaliaikaisen seurannan kosteus- ja lämpötilatietojen osalta etäyhteyden avulla, mikä säästää aikaa ja resursseja fyysisten mittauskäyntien vähentyessä. Tulosten perusteella myös huomattiin, että etäluettavat mittarit soveltuvat erityisesti pitempiaikaisiin vahinkosaneerauskohteisiin. Opinnäytetyön tulokset antavat tietoa etäluettavien mittareiden hyödyntämisestä vahinkosaneerausessa.</p> <p>Opinnäytetyössä esitetään myös kehitysehdotuksia etäluettavien mittareiden tulevaisuuden kehittämiseksi.</p>		
Asiasanat Etäluettavat kosteusmittarit, vahinkosaneeraus, kosteusmittaus		

Abstract

Author(s) Iva Vitanova	Type of Publication Thesis, UAS Number of Pages 30	Published 2023
Title of Publication Utilizing Remote Monitoring Devices for Indoor Environment Management in Damage Restoration		
Degree and field of study Bachelor of Engineering, Construction and Civil Engineering		
Organisation of the client RKM Group Oy		
Abstract <p>The thesis investigated the utilization of remote monitoring devices for indoor environment management in damage restoration projects. The study aimed to explore how remote monitoring devices can be used for managing conditions at construction sites and the benefits derived from this approach. The objective was to assess the suitability and reliability of remote monitoring devices in damage restoration projects and evaluate their economic and practical advantages.</p> <p>The research was conducted in the context of a water damage incident at a school, where the devices were used for moisture measurement monitoring. The remote monitoring devices enabled real-time monitoring of the situation and helped avoid unnecessary site visits, resulting in time and cost savings. Furthermore, the devices provided more accurate and timely information to clients about the moisture conditions and drying requirements. Other observations and data accumulated over time were also taken into consideration during the study.</p> <p>The findings of the thesis demonstrated several advantages of remote monitoring devices in damage restoration projects. They facilitated real-time monitoring of moisture and temperature data through remote connectivity, resulting in time and resource savings by reducing the need for physical measurement visits. The results also indicated that remote monitoring devices are particularly suitable for long-term damage restoration projects. The thesis provides insights into the utilization of remote monitoring devices in damage restoration and presents suggestions for future development.</p>		
Keywords Remote moisture meters, Damage restoration, Moisture measurement		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Kosteusmittaus ja etäseuranta.....	2
3	Kosteusmittausseuranta Wiisteen etäluettavilla kosteusmittareilla vesivahinkokorjauksessa	5
3.1	Wiiste/Relia anturiteknologia.....	5
3.2	Wiiste SH1-WAN IoT-anturi	5
3.3	Wiiste WM1-WAN Puun IoT-kosteusanturi.....	6
3.4	Wiiste EH1-WAN olosuhdemittari	7
3.5	Relia-selainpohjainen pilvipalvelu	8
3.6	LoRaWAN-verkko.....	11
4	Esimerkkikohde	13
4.1	Kohteen tiedot	13
4.2	Mittaukset	14
5	Kustannustarkastelu	17
6	Hyödyt ja haitat.....	19
6.1	Yrityksen edut.....	19
6.2	Asiakkaiden hyödyt toimintatavasta	20
6.3	Haastattelu	21
7	Tulevaisuuden kehitystarpeita.....	23
8	Yhteenvedo ja pohdinta	24
	Lähteet	25

Keskeiset käsitteet

kosteus	kemiallisesti sitoutumaton vesi kaasumaisessa, nestemäisessä tai kiinteässä olomuodossa
kosteuspitoisuus	kappaleessa olevan kosteuden massan tai tilavuuden suhde kappaleen kuivaan massaan tai tilavuuteen
rakennuskosteus	rakennusvaiheen aikana tai sitä ennen rakenteisiin tai rakennusmateriaaleihin joutunutta rakennuksen käytönaikaisen tasapainokosteuden ylittävää kosteutta, jonka on poistuttava

suhteellinen kosteus RH (%)

ilmassa olevan todellisen vesihöyrypitoisuuden
suhde ilman kyllästysvesihöyrypitoisuuteen

(Rakennusten kosteustekninen toimivuus, Ympäristöministeriön ohje rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta.)

Liitteet

Liite 1. Wiiste SH1-WAN tuotekortti

Liite 2. Wiiste WM1-WAN tuotekortti

Liite 3. Wiiste EH1-WAN tuotekortti

Liite 4. Relia kosteusmittausraportti

1 Johdanto

Kasvavat vaatimukset innovatiivisille ratkaisuille ja tehokkuudelle ovat ajureita rakennusalan jatkuvassa kehityksessä. Rakenteiden laatu ja kestävyys ovat tärkeitä tekijöitä, joiden varmistamiseksi kosteuden hallinta on keskeinen osa. Kosteuden vaikutus rakenteiden toimivuuteen, turvallisuuteen ja pitkäikäisyyteen on merkittävä, joten kosteustasojen seuranta ja hallinta ovat välttämättömiä rakenteiden asianmukaisen toiminnan, turvallisuuden ja pitkän elinkaaren varmistamiseksi.

Jo vuosikymmenien ajan rakennusalalla on käytetty perinteisiä kosteusmittareita erilaisten materiaalien kosteuspitoisuuden mittaamisessa. Nämä kosteusmittarit vaativat fyysistä läsnäoloa paikan päällä. Se on aikaa vievää eikä mahdollista kohteiden samanaikaista seuranta. Siksi etäluettavat kosteusmittarit ovat ratkaiseva innovaatio rakennusalalla. Ne tarjoavat paljon hyötyjä, kuten etä- ja reaaliaikaisen seurannan sekä tiedon tallennuksen ja analysoinnin.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, millaisia hyötyjä etäluettavien mittareiden käyttö voisi tuoda RKM Groupille olosuhdehallinnassa. Tavoitteena on erityisesti tarkastella, miten etäluenta parantaisi yrityksen toiminnan tehokkuutta ja säästäisi kustannuksia verrattuna perinteiseen manuaaliseen mittausmenetelmään.

Projektiin sisältyy myös vastuullisuusnäkökulma, sillä etäluennan odotetaan vähentävän polttoainekustannuksia ja edistävän kestävä kehitystä. Mittareiden datan kerääminen voidaan suorittaa etänä ilman matkustamista rakennuskohteisiin. Se vähentää yrityksen hiilidioksidipäästöjä.

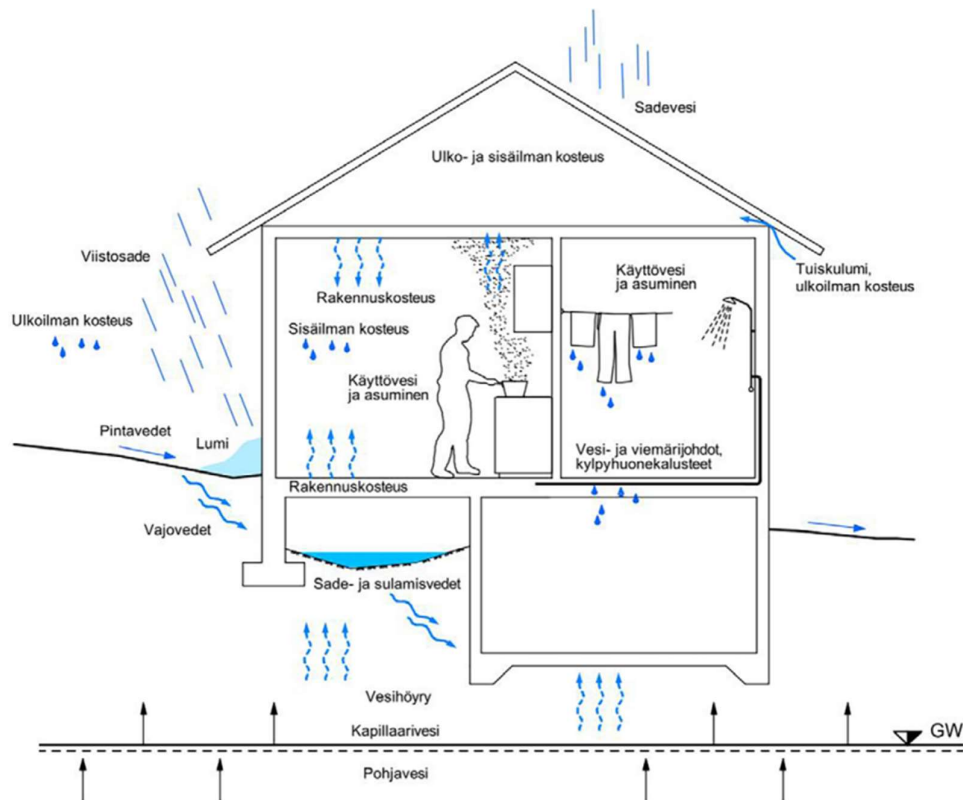
Opinnäytetyö perustuu verkosta löytyviin tietoihin, laskelmiin ja käytännön havainnointiin. Lisäksi opinnäytetyöhön on haastateltu yrityksessä työskenteleviä kosteus- ja olosuhdeasiantuntijoita. Opinnäytetyössä käytetyt kuvat ja esimerkit ovat peräisin yrityksen saneerauskohteista, joiden tiedot ovat jätetty mainitsematta tarkoituksella.

Opinnäytetyö tehdään RKM Group Oy:n tilaamana. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Pirkkälässä ja pääasialliset toimialueet ovat Pirkanmaa, Kymenlaakso, Uusimaa sekä Kanta- ja Päijät-Häme. RKM Group kattaa kiinteistöjen kunto- ja vahinkokartoitukset, sekä monipuoliset vahinko- ja erikoissaneeraustyöt.

2 Kosteusmittaus ja etäseuranta

Kosteus on kemiallisesti sitoutumatonta vettä. Vesi voi esiintyä eri muodoissa, kuten höyrynä, nesteinä tai jäänä, riippuen aineen tilasta ja ympäristön lämpötilasta. Rakennusosien kastuminen voi aiheuttaa kosteusvaurioita ja on yleinen ongelma rakennuksissa. Rakennuskosteus voi aiheutua monista syistä, kuten putkirikosta ja ulkopuolelta kosteuden kulkeutumisesta rakenteisiin. Se voi olla myös rakennuksen rakentamisen aikana joutunutta ylimääräistä kosteutta, jos työnaikaiseen kosteudenhallintaan ei ole panostettu. Erilaisia kosteuslähteitä on esitetty kuvassa 1. (Rakennusfysiikkaa rakennusinsinööreille Kosteus, RAFNET 2020 -oppimateriaalin teoriaosan osio K (Kosteus).)

Rakennuskosteus on haitallista rakennukselle, jos sitä ei poisteta riittävän nopeasti. Lisäksi se voi olla haitallista myös rakennuksen käyttäjille. Rakennuskosteus voi aiheuttaa mikrobivaurioita, jotka aiheuttavat hengitysvaikeuksia ja muita terveysongelmia. Rakennuskosteuden poistamisella on siis suuri merkitys rakennuksen elinkaarelle ja sen käyttäjien turvallisuudelle. Rakennuksen ja sen rakenteiden kosteustasoja voidaan mitata kosteusmittausten avulla. (Suomen rakentamismääräyskokoelma ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.)



Kuva 1. Kosteuslähteet (RT 103528; Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot; copyright Rakennustietosäätiö RTS 2023)

Kosteusmittauksilla voidaan mitata monenlaisia kosteusarvoja, kuten suhteellista kosteutta, materiaalin kosteuspitoisuutta ja vesihöyrypitoisuutta. Mittauksen valinta riippuu tarkoituksesta ja kohteesta. Rakenteiden sisältä kosteutta voidaan mitata seuraavilla tavoilla:

Suhteellisen kosteuden mittaukset

Menetelmällä tutkitaan materiaalien huokosilman suhteellista kosteutta rakenteeseen asennetun anturin avulla. Anturi mittaa ilman suhteellisen kosteuden, joka ilmaistaan prosentteina, ja mittauskohtaan asennettu laite tallentaa mittauks tulokset. Mittauksen tuloksena saadaan tietoa materiaalin kosteustasapainotilaa vastaavasta ilman suhteellisesta kosteudesta. Suhteellisen kosteuden mitta-anturit perustuvat yleensä kapasitiiviseen kosteudenmittaamiseen. (Rakennusfysiikkaa rakennusinsinööreille Mittaukset, RAFNET 2020 -oppimateriaalin teoriaosan osio M (Mittaukset).)

Kapasitiivisen kosteusanturin nykyaikainen rakenne koostuu polymeeristä, joka reagoi ilman vesihöyryyn sekä kahdesta elektrodista, joita on yksi polymeerin kummallakin puolella. Kun ilman kosteus muuttuu, polymeeri absorboi ja vapauttaa vesihöyryä, mikä vaikuttaa anturin sähköiseen kapasitanssiin. Kapasitanssin muutoksia mitataan kahdella elektrodilla. Saatua mittausarvoa käsitellään laitteessa, joka tulkitsee lukeman ja välittää tiedon eteenpäin muihin järjestelmiin. (Vaisala. ”Kosteusanturien merkitys.”)

Materiaalin kosteuspitoisuuden mittaukset

Mittausmenetelmä perustuu suoraan materiaalin kosteuspitoisuuden mittaukseen. Materiaalista otetaan koepala, joka punnitaan ennen ja jälkeen kuivauksen. Näin saadaan selville materiaalin kosteuspitoisuus prosentteina. Materiaalin kosteuspitoisuuden mittauksia käytetään yleensä silloin, kun halutaan selvittää tarkka kosteustaso tietystä materiaalista. (Rakennusfysiikkaa rakennusinsinööreille Mittaukset, RAFNET 2020 -oppimateriaalin teoriaosan osio M (Mittaukset).)

Puumateriaalin kosteuspitoisuuden mittaaminen perustuu anturin kiinnitysruuvien välisen resistanssiin.

Pintakosteusmittauksilla voidaan selvittää rakennusmateriaalin kosteusprosentti. Ne perustuvat tutkittavan materiaalin sähkönjohtavuuden mittaamiseen. Pintakosteusmittarit (pintakosteuden osoittimet) reagoivat kosteuteen materiaalin pinnalla tai pintaosissa, mutta eivät pysty ilmaisemaan kosteuden syvyyttä. Pintamittausmenetelmä ei ole erityisen tarkka, joten saadut tulokset ovat suuntaa antavia. Ne eivät riitä esimerkiksi betonin päällystyskelpoisuuden mittaamiseen. Pintakosteuden osoittimia on useita eri malleja, ja niiden toimintaperiaatteissa voi olla eroja, joten eri mittarit reagoivat eri tavalla eri tilanteissa. (Suomen Sisäilman yhdistys. 2021. Kosteusmittaukset.)

Kosteusmittauksia voidaan käyttää monessa eri tarkoituksessa sekä toteuttaa eri materiaaleille, kuten betonille, puulle, maaperään ja muihin rakennusmateriaaleihin. Mittaukset kohdistetaan yleensä rakennuksen rakenteisiin, kuten lattiaan, seiniin, kattoon ja alapohjaan. Kosteusmittauksia tehdään myös ilmasta, jotta saadaan tietoa sisäilman kosteustasosta. (Suomen Sisäilman yhdistys. 2021. Kosteusmittaukset.)

Rakennusalalla kosteusmittauksia käytetään esimerkiksi rakenteiden kosteusvaurioiden tutkimiseen, kosteudenhallinnan suunnitteluun ja toteutukseen, sekä ilmankosteuden seuraamiseen. Niiden avulla voidaan selvittää kosteusvaurioiden syntyä ja laajuutta. (Suomen Sisäilman yhdistys. 2021. Kosteusmittaukset.)

Kosteusmittausten tulokset analysoimalla voidaan selvittää, onko kosteusvaurioita havaittavissa ja jos on, miten vakavia ne ovat. Mittaustulosten perusteella voidaan myös suunnitella korjausmenetelmiä ja arvioida niiden vaikutuksia. Kosteusmittauksilla varmistetaan rakenteiden pinnoitettavuudesta, pääsääntöisesti betonirakenteiden. Niillä pystytään seuraamaan ja arvioimaan rakenteiden kuivumista, sekä pystytään suunnittelemaan mahdollista kuivaustarvetta. Kosteusmittauksia suorittavat ammattilaiset, kuten kosteudenhallinnan asiantuntijat ja rakennusinsinöörit. (Suomen Sisäilman yhdistys. 2021. Kosteusmittaukset.)

Kosteusmittaajien ammattitaito ja pätevyys voidaan varmistaa kosteusmittaajien sertifiointimenettelyn avulla. Kosteusmittaajan ammattilaiseksi voi päästä suorittamalla vaaditut koulutukset, hankkimalla tarvittavan ammattikokemuksen ja läpäisemällä näyttökokeen. (Rakentamisen Sertifikaatit. Rakenteiden kosteudenmittaaja.)

3 Kosteusmittausseuranta Wiisteen etäluettavilla kosteusmittareilla vesivahinkokorjauksessa

3.1 Wiiste/Relia anturitekнологia

Wiiste Wireless -järjestelmä on langaton kosteudenhallintajärjestelmä, joka mahdollistaa rakennusmateriaalien kosteustason seurannan reaaliajassa ja auttaa tunnistamaan kosteusvaurioita jo varhaisessa vaiheessa. Wiiste Oy:n kosteudenhallintajärjestelmä sisältää useita eri komponentteja, joista tärkeimpiä ja tässä tutkimuksessa olennaisia ovat anturit, tukiasemat ja ohjelmisto. Anturit ovat langattomia kosteusantureita, joita voidaan asentaa eri puolille rakennusta. Anturit lähettävät tiedot tukiasemalle, joka vastaanottaa tiedot ja lähettää ne eteenpäin Wiiste Oy:n ohjelmistolle. Ohjelmisto mahdollistaa tiedonsaamisen ja datan analysoinnin. (Wiiste Oy.)

Langattomassa kosteudenhallintajärjestelmässä on useita hyödyllisiä ominaisuuksia, kuten reaaliaikainen materiaalien kosteus- ja lämpötilaseuranta, varoitukset kosteuspoikkeamista, mahdollisuus seurata mittausdataa etänä sekä raportointiominaisuudet. Väliraporttien ja -mittausten tarve pienenee. Järjestelmä auttaa nopeiden päätösten tekemiseen, sillä jos kuivuminen ei etene suunnitellusti, on mahdollista reagoida nopeasti.

3.2 Wiiste SH1-WAN IoT-anturi

Wiiste SH1-WAN mittaa betonin huokosilman suhteellista kosteutta (kuva 2).



Kuva 2. Wiiste SH1 WAN (IoT) -anturi

SH1 WAN -anturi (liite 1) pystyy mittaamaan suhteellisen kosteuden lisäksi myös lämpötilaa. Lämpötila vaikuttaa materiaalin kosteuteen, joten sen mittaaminen antaa tarkempaa tietoa materiaalin kosteudesta. Näin pystytään varmistamaan rakenteiden laadukkaan kuivumisen. Laadukas kuivuminen vähentää riskiä kosteusvaurioilta ja takaa rakenteiden pitkäikäisyyden. Anturin asentaminen tapahtuu betonivalun yhteydessä, mutta sitä voidaan käyttää myös porareikämittauksiin. Anturit on toimitettu valmiiksi mitoitettuna ja mittaussyvyys ohjelmoituna anturin muistiin. Mittausvyvydet ovat kortin RT 103333 ohjeen mukaiset. Mittasensorit on asennettu anturin mittaputken kärkeen mittaussyvyteen ja mittausontelon tilavuus minimoitu. Anturin päällä on 2 mm:n hiomavara, jotta betonilattian hiominen tai jyrsiminen on mahdollista. IoT-anturi sisältää pariston, jonka käyttöikä on 2–10 vuotta mittausfrekvenssin mukaan. Anturin voi lukea Wiisteen RD1-lukulaitteella, kun pariston virta on ehtynyt. SH 1 WAN -anturi on kapasitiivinen anturi ja sen toiminta on kuvattu tarkemmin kohdassa 2 Kosteusmittaus ja etäseuranta.

SH1 WAN -anturi on varustettu sisäisellä langattomalla yhteydellä. Langaton yhteys mahdollistaa datan keräämisen ja lähettämisen reaaliajassa Relia -pilvipalveluun. Relia -pilvipalvelussa voi suunnitella kosteusmittaukset ja ennakoida kuivumisajan anturin lähettämien mittauksien perusteella. Siellä voidaan asettaa hälytyksen, joka ilmoittaa kosteuden tai lämpötilan ylittamisestä tai alittamisesta. Tämän avulla voidaan valvoa työmaan olosuhteita jatkuvasti ja puuttua ongelmiin ajoissa, kun ne ilmenevät. (Wiiste Oy.)

Tutkimuksessa on käytetty etäluettavaa Wiiste Wireless -järjestelmää ja kuvassa 2 olevia betonin valun aikana sijoitettavia SH1 WAN IoT -antureita.

3.3 Wiiste WM1-WAN Puun IoT-kosteusanturi

WM1-WAN on siirrettävä puurakenteeseen ruuveilla kiinnitettävä anturi (kuva 3).



Kuva 3. Wiiste WM1-WAN Puun IoT-kosteusanturi

Anturi (liite 2) mittaa puumateriaalin kosteuspitoisuutta painoprosentteina kiinnitysruuvien välisen resistanssin avulla ja ympäröivän ilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta kapasitiivisella anturilla. Kiinnitysruuvit toimivat elektrodeina, joissa ruuvien varret on eristetty. Sähkövirta kulkee ainoastaan ruuvien kärkien kautta. Se soveltuu sahatavaran, liimapuun, CLT:n, LVL:n ja muiden vastaavien materiaalien mittaukseen. Mittausdata siirretään pitkän kantaman LoRaWAN-tekniikalla ja seurataan Relian pilvipalvelussa samalla tavoin kuin muiden antureiden tiedot. Mittausfrekvenssi on vakioitu tuntitasolle, mutta sitä voidaan säätää tarvittaessa. Mittaussyvyys määräytyy kiinnitysruuvien pituuden perusteella, sillä ne toimivat mittauselektrodeina. Mittaussyvyyden pituus on ruuvipituus miinus 22 mm. Vakiona ruuvipituudet ovat 30, 40, 50 ja 60 mm, ja erikoismitat ovat 80, 100, 130, 170, 190, 220 ja 240 mm. Anturissa on säädettävät hälytysrajat, ja yksilölliset hälytykset voidaan määrittää eri sähköpostiosoitteisiin. Virtalähde on itse vaihdettavissa. (Wiiste Oy.)

3.4 Wiiste EH1-WAN olosuhdemittari

EH1-WAN on olosuhdemittari (kuva 4), joka mittaa sisäilman suhteellista kosteutta ja lämpötilaa.



Kuva 4. Wiiste EH1-WAN olosuhdemittari

Se on suunniteltu erityisesti työmaaolosuhteisiin ja lähettää mittaustiedot itsenäisesti pilvipalveluun, jolloin olosuhteita voidaan seurata reaaliaikaisesti myös työmaan ulkopuolelta. EH1-WAN (liite 3) on hyödyllinen ratkaisu rakenteiden kuivumisolosuhteiden valvontaan. Se toimii myös pakkasvahtina, joka hälyttää lämpötilan laskiessa liian alhaiseksi. EH1-WAN:in ominaisuuksiin kuuluvat automaattiset hälytykset lämpötilalle, suhteelliselle kosteudelle ja pariston varaukselle. Se mahdollistaa rakennuksen käytön aikaisen automaattisen seurannan pariston kestoajan ollessa jopa 10 vuotta. Tiedot ovat luettavissa käsilukijalla ja

ne voidaan siirtää edelleen pilvipalvelu Reliaan. Laite toimitetaan tehdaskalibroituina ja on tarvittaessa kalibroitavissa uudelleen. Virtalähteen vaihto on myös mahdollista samassa yhteydessä. (Wiiste Oy.)

Kosteusantureiden pariston kestoon vaikuttaa mittausfrekvenssin lisäksi myös anturin käyttölämpötila.

3.5 Relia-selainpohjainen pilvipalvelu

Relia on selainpohjainen pilvipalvelu, jolla voidaan laatia mittaus suunnitelma. Palvelu on helppokäyttöinen ja mahdollistaa sen käytön ilman erityisiä teknisiä laitteita tai taitoja. IoT-antureiden ja Relia-pilvipalvelun avulla voidaan tarkastella kuivumiskäyrää olosuhdetietoi-neen. Näin saadaan selkeä tilannekuva. (Wiiste Oy.)

Wiisteellä ei ole avointa rajapintaa, josta kuka tahansa voi ottaa dataa itselleen. Kuitenkin erikseen sovittaessa Wiiste voi siirtää dataa asiakkaille, jos heillä on esimerkiksi sovittuna URL-osoite.

Avoin rajapinta (open API, Application Programming Interface) on ohjelmointirajapinta, joka mahdollistaa eri järjestelmien tai sovellusten välisen vuorovaikutuksen ja tiedonjakamisen. Se tarjoaa selkeän ja standardoidun tavan kommunikoida ja integroida eri ohjelmistoja keskenään. Se tarjoaa ohjelmoijille dokumentaation ja työkaluja, joiden avulla he voivat käyttää ja hyödyntää rajapintaa. Avoin rajapinta määrittelee, mitä toimintoja ja tietoja on saatavilla, miten niihin päästään käsiksi ja miten niitä voidaan käyttää. (Avoin Rajapinta. 2014.)

Mittaus suunnitelman laatiminen tapahtuu muutamassa vaiheessa:

1. Luodaan kohteelle projekti, kuten kuvassa 5 näkyy. Projektiin merkitään tarpeellinen kohdetieto ja ladataan pohjakuva, kuten kuvassa 6.

Luo uusi projekti

<input type="text" value="Projektin nimi"/>	
<input type="text" value="Osoite 1"/>	
<input type="text" value="Osoite 2"/>	
<input type="text" value="Postinumero"/>	<input type="text" value="Toimipaikka"/>
<input type="text" value="Rakennuttaja"/>	
<input type="text" value="Pääuraakoitsija"/>	
<input type="button" value="Talleta"/>	<input type="button" value="Peruuta"/>



Kuva 5.

Lisää pohjakuva

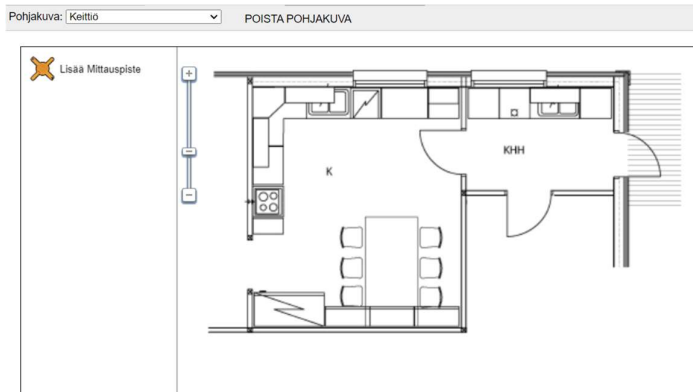
Pohjan nimi:

Ladattava tiedosto: Ei valittua tiedostoa

Sallittuja tiedostomuotoja ovat PDF, PNG, JPG, GIF yms yleiset kuvaformaatit.

Kuva 6.

2. Suunnitellaan, mistä paikoista kuivumista tai kosteutta seurataan (kuva 7).



Kuva 7.

3. Kuvissa 8 ja 9 on esitetty, miten merkitään ja nimetään mittapisteet pohjakuvaan sekä määritellään anturityypit ja mittaussyvyudet. Tässä käytetään RT 103333 -korttia, josta löytyy suosituksia kosteusmittauksissa käytettävistä mittaussyvyyksistä.

MITTAPISTEEN TIEDOT

Nimi

Aikaväli

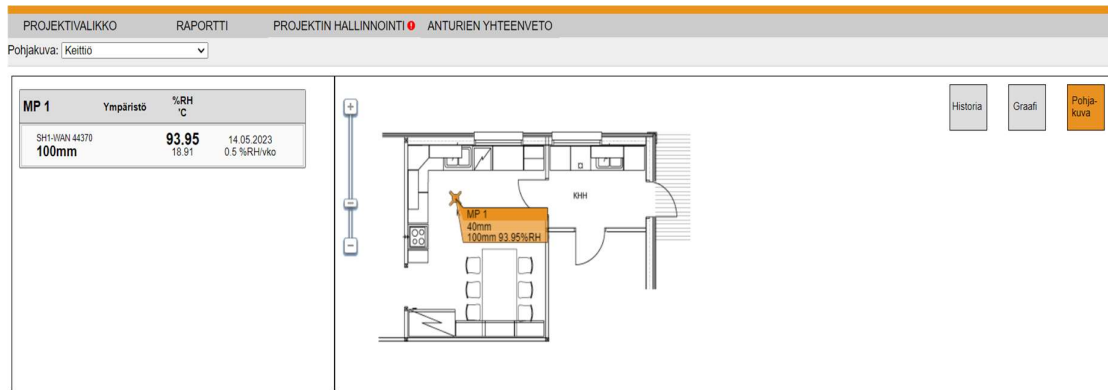
Mistä

Mihin

Anturin syvyys mm

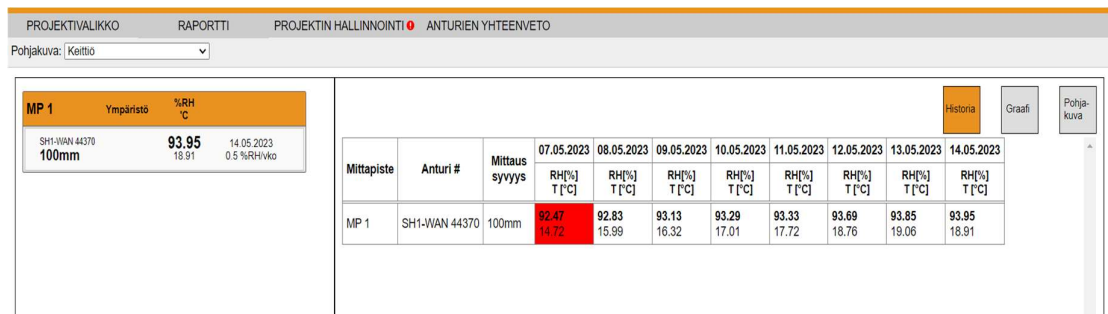
Anturin tyyppi

Kuva 8.



Kuva 9.

4. Verrataan oletettuja kuivumisaikoja kohteen aikatauluun. Analysoidaan tulokset ja arvioidaan, pitääkö jotakin muuttaa suunnitelmassa. Kuvissa 10 ja 11 esitetään esimerkki siitä, miltä mittapisteiden mittaushistoria ja kuivumiskäyrä näyttävät.



Kuva 10.



Kuva 11.

5. Luodaan nopeasti raportteja, jotka voidaan tulostaa PDF-muodossa ja lähettää eteenpäin asiakkaille. Liitteessä 4 on kosteusmittausraportti, jonka Relia luo. Raporttiin voi määrittellä halutun ajanjakson, jolta haluaa nähdä mittaustulokset.

Esimerkeissä käytetyt kuvat eivät kuvaa oikeaa kohdetta.

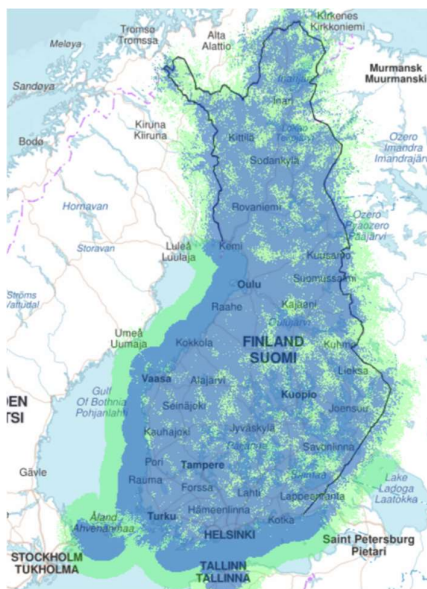
3.6 LoRaWAN-verkko

LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) on langaton verkkoteknologia, joka on suunniteltu erityisesti Internet of Things (IoT)-laitteille. Verkko tarjoaa pitkän kantaman, mikä mahdollistaa etäluettavien kosteusmittareiden laitteiden seurannan.

LoRaWAN-verkon tärkeimmät ominaisuudet ovat seuraavat:

1. Pitkä kantama: LoRaWAN-verkko tarjoaa kaukokantoisen tiedonsiirron, jopa useiden kilometrien päässä. Se mahdollistaa datan keräämisen laajalla alueella.
2. Tietoturva: Perustuu salattuun tiedonsiirtoon.
3. Helppo integraatio: LoRaWAN-protokollaa tukevat monenlaiset IoT-laitteet, mikä helpottaa etäluettavien kosteusmittareiden integroimista olemassa oleviin järjestelmiin.

Kuvassa 12 esitetään arvio Digitan langattoman LoRaWAN -verkon peitosta. Kartassa vihreä väri kuvastaa verkon peittoa päätelaitteen ollessa ulkotiloissa, ja sininen väri kuvastaa verkon peittoa päätelaitteen ollessa sisätiloissa. (Digita Oy. LoRaWAN-teknologia.)



Kuva 12. Digita LoRaWAN -verkko Suomessa (IoT:n kartta)

Wiisteen anturit tarvitsevat tukiasemaa vain silloin, kun Digitan LoRaWAN-verkko ei ole käytettävissä paikallisesti. Tällaisia tilanteita voivat aiheuttaa esimerkiksi paikalliset katve-alueet, kellaritilat tai väestönsuojat, joissa langaton verkko ei pysty ulottumaan kunnolla.

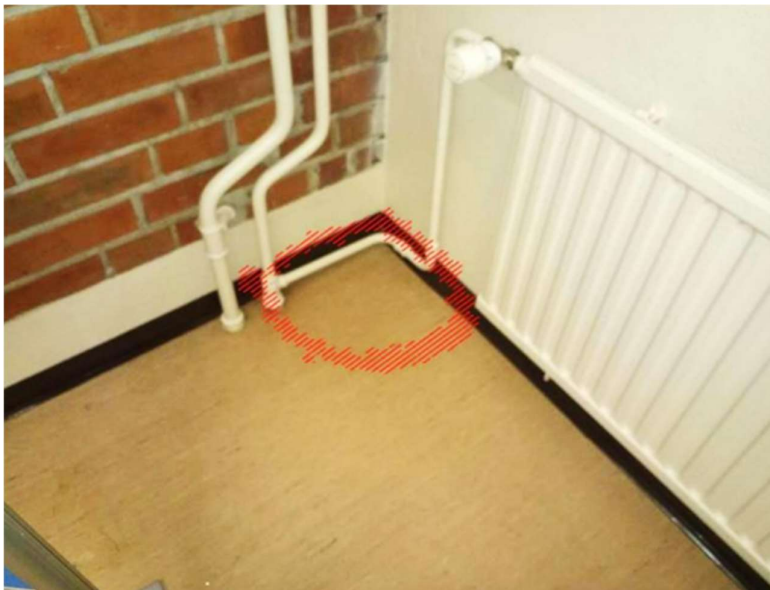
4 Esimerkkikohte

4.1 Kohteen tiedot

Tässä opinnäytetyössä käsitellään esimerkkinä koulua, jossa on tapahtunut vesivahinko ja jonka seurauksena on käynnissä vahinkosaneeraus. Räystäiden sulanapitokaapeli ei toiminut aiheuttaen vesivahingon koulun tiloissa. Rännit täyttyivät jäällä, ja sulamisvedet kastelivat luokkahuoneiden ulkoseiniä. Noin kymmenessä luokassa oli kastuneita rakenteita, kuten tiiliseiniä ja betonilattioita (kuva 13 ja 14).



Kuva 13. Märkä tiiliseinä



Kuva 14. Kastunut lattia

Kastuneet luokkahuoneet suojattiin ja osastoitiin remontin aikana. Tiiliseinien tummentumat desinfioitiin ja kuivattiin koneellisesti. Lattialta poistettiin muovimatto ja betonipinta jyrättiin puhtaaksi liimasta ja tasoitteesta kastuneelta alueelta. Ikkunan alta poistettiin maalit ja tasoitteet, jotta kuivuminen nopeutuisi. Maalattujen ulkoseinien kastuneilta alueilta poistettiin maalit ja tasoitteet kuivumisen nopeuttamiseksi. Ikkunoiden listoitukset vaurioituneilta alueilta purettiin. Purkutöiden jälkeen kastuneet alueet kuivattiin ja desinfioitiin koneellisesti.

4.2 Mittaukset

Työmaalle otettiin etäluettavia kosteusantureita, jotka lähettivät saamansa datan reaaliajassa suoraan Reliaan (kuva 15, 16 ja 17). Kosteusantureiden asentamisen jälkeen anturit nimettiin ja lisättiin Relian seurantajärjestelmään. Reliaan tulee dataa kahdeksan tunnin välein. Mittausfrekvenssi voi vaihdella 8 tunnista noin varttiin tarpeen mukaan. On mahdollista, että frekvenssi muuttuu myöhemmin. Wiisteen normaali betoniin asennettava SH1 WAN -anturi lähettää dataa ensimmäisen 60 vuorokauden aikana tunnin välein ja tämän jälkeen 8 tunnin välein. Alussa tapahtuva lyhyempi mittausjakso on tarkoitettu betonin lujuuden kehittymisen ja astevuorokausien selvittämisen kannalta, jotta voidaan saada käsitys päivittäisestä lämmönvaihtelusta, mikä yleensä aiheuttaa eniten epätarkkuutta kosteusmittauksissa työmaaolosuhteissa. Itse anturin mittaustarkkuus on yleensä riittävä tarkoitettuun käyttötarkoitukseen. Relian mukaan mittauserävarmuudet antureille ovat:

- $\pm 2,5$ %RH välillä 0–90 %RH
- $\pm 3,0$ %RH yli 90 %RH
- $\pm 0,2$ °C välillä 0–60 °C



Kuva 15. Suojattu ja osastoitu kastunut alue



Kuva 16. Etäluettava anturi asennettuna tiiliseinässä



Kuva 17. Etäluettava anturi asennettuna betonilattiassa

Kuivauksen kesto oli noin kolme kuukautta, mutta kohteeseen saavutettiin suunniteltu lopputulos onnistuneen kuivauksen ansiosta. Mikäli käytössä olisi ollut enemmän etäluettavia mittareita, etäseuranta olisi ollut vieläkin tehokkaampaa, sillä kastuneita alueita oli enemmän, joita oli tarpeen seurata. Tämän seurauksena työmaalla jouduttiin siirtämään antureita uusiin paikkoihin kosteusilanteen seuraamiseksi.

Toisena ongelmana havaittiin kuivainten ja etäluettavien antureiden sijoittelu. Lämmön lähteen sijainnilla on merkitystä: tuleeko lämpö betonilaatan päältä, sen sisältä (esimerkiksi lattialämmityksen kautta) vai laatan alta. Jos kuivaimet ja anturit olivat liian lähellä toisiaan, niiden lämmön vaikutus näkyi kosteusmittausten tuloksissa ja saattoi aiheuttaa virheellisiä lukemia. Tämä johti pariin ylimääräiseen käyntiin työmaalla, kun kuivaimet piti sammuttaa oikeiden lukemien saamiseksi.

Jos kosteusmittaustulokset osoittavat selkeästi kuivaa tilaa, uusia porareikämittauksia ei tarvita eikä niitä tarvitse varmentaa. Tulokset antavat luotettavan kuvan kosteusilanteesta, ja päätelmä voidaan tehdä näiden perusteella. Kuitenkin, jos kosteusmittaustulokset ovat lähellä rajatapauksia tai viittaavat kosteuden ollessa rajalla, on suositeltavaa suorittaa uusia mittauksia perinteisellä mittausmenetelmällä. Tällä varmistetaan, että epävarmuustekijät otetaan huomioon ja saadaan tarkemmat ja luotettavammat tulokset. Perinteinen mittausmenetelmä voi sisältää esimerkiksi kosteusmittauksia punnitsemalla näytteitä tai käyttämällä muita tarkkoja mittalaitteita. Tällainen tarkkuus on erityisen tärkeää tilanteissa, joissa kosteuden taso vaikuttaa esimerkiksi päällystettävyyteen.

5 Kustannustarkastelu

Kustannusten havainnollistamiseksi tehtiin laskelma, joka perustuu esimerkkikohteeseen ja siellä tehtyihin käynteihin. Siinä otetaan huomioon matkakulut ja käyntien tuntihinta työntekijälle.

Hinnat, joita tässä laskelmassa on käytetty, ovat mielikuvituksellisia eivätkä vastaa RKM Groupin palveluhinnastoa.

Laskelmaan otettiin huomioon 50 €/h tuntihinta työntekijälle jokaiselle käynnille, sekä kilometrikulut 1 €/km. Etäisyys RKM Groupin toimiston tiloista kohteeseen on noin 8 km suuntaansa, joten yhteensä matkaan kuuluu 16 km.

Käyntejä oli syntynyt yhteensä kuusi koko kuivauksen keston aikana. Tähän lukuun ei sisällytetty vahinkokartoitusta tai raportin tekemistä, eikä muita käyntejä, jotka liittyivät työmaan palavereihin tai muihin vastaaviin tilaisuuksiin.

Kun käyntejä oli kuusi, yhteensä kilometrejä oli kertynyt 96 km, joten matkakuluja kertyi yhteensä 96 € (16 € per suunta x 6 käyntiä).

RKM Groupin tuntikirjausjärjestelmästä laskettiin, kaikkien käyntien yhteenlaskettu kesto, mukaan lukien porareikämittaukset, antureiden asentaminen, kuivainten sammuttaminen ja antureiden siirtäminen. Kaikkien kuuden käynnin aikana kertyneet työtunnit olivat yhteensä 12 tuntia, joten työtuntien kokonaishinnaksi saatiin 600 €.

Käytettäessä etäluettavia antureita kustannuksia kertyi yhteensä 696 €.

Jos mittaukset olisi suoritettu perinteisellä menetelmällä käymällä paikan päällä, arvioitiin, että olisi tarvittu noin viisi ylimääräistä käyntiä. Yhden ylimääräisen käynnin kesto olisi ollut noin kaksi tuntia, joka sisältäisi joko matkustaminen kohteeseen, kuivainten sammuttamisen, porareikien tekemisen, antureiden asentamisen tai mittatulosten lukemisen mittalaitteella. Kunkin ylimääräisen käynnin hinta olisi ollut noin 150 €, joten kustannukset olisivat olleet noin 750 € enemmän ilman etäluettavia mittareita.

Laskelmien perusteella perinteinen kosteusmittaus olisi pyöristettynä noin 1450 €, eli kustannukset nousisivat yli kaksinkertaisiksi verrattuna etäluettaviin mittauksiin.

Kustannukset vaihtelevat kuitenkin merkittävästi kohteen mukaan. Jos kohde sijaitsee kaukana ja sen seuranta tarvitaan, etäluettava kosteusmittari on parempi vaihtoehto, koska se vähentää tarvetta fyysisille käynneille kohteessa. Kuitenkin, jos ilmenee ongelmia, kuten mittarin toimintahäiriöitä, on välttämätöntä tehdä käynti kohteessa riippumatta etäluennan mahdollisuudesta. Tällaisissa tapauksissa kustannussäästöt eivät ole merkittäviä, ja jopa

ylimääräisiä kustannuksia voi syntyä korjaustoimenpiteistä tai tarkastuskäynneistä. On myös tärkeää huomioida, että kohteissa on hyvä tehdä tarkistuskäyntejä ja varmistaa, että kuivausprosessi etenee suunnitelmien mukaisesti ja kosteudenhallinta on asianmukaista.

Kun purkutyöt on saatu päätökseen, on tärkeää saada selvyyttä kosteustilanteesta ennen kuin kuivaus aloitetaan. Jos kohde osoittautuu kuivaksi heti ensimmäisen mittauksen jälkeen, etäluenta ei tuota merkittävää hyötyä, koska vastaavat mittaukset voidaan suorittaa perinteisillä menetelmillä. Tässä tapauksessa etäluenta maksaisi saman verran kuin perinteiset mittausmenetelmät.

6 Hyödyt ja haitat

6.1 Yrityksen edut

Etäluettavien kosteusmittareiden käytöstä on monia etuja yritykselle. Etäseurannan ansiosta työntekijät voivat tarkastella reaaliaikaista tietoa useammasta kohteesta samanaikaisesti. Tämä vähentää matkustamisen ja fyysisesti paikalla olemisen tarvetta. Erityisesti hyötyä saavutetaan kaukokohteissa, jotka vaativat enemmän matkustamista. Tämä säästää aikaa ja resursseja. Lisäksi vähentää energiankulutusta ja yrityksen liikenteestä aiheutuvia päästöjä. Etäluettavien järjestelmien käyttö parantaa yrityksen hiilijalanjälkeä. Hiilijalanjälki on mittari, joka kuvaa yrityksen tai toiminnan tuottamien kasvihuonekaasupäästöjen määrää ja vaikutusta ilmastonmuutokseen.

Etäluettavat kosteusmittarit antavat ajantasaista tietoa ja voivat lähettää hälytyksiä materiaalien kosteustasojen äkillisistä muutoksista. Aikainen puuttuminen mahdollisiin muutoksiin ja ongelmiin auttaa välttämään kosteusongelmia tai kuivatuksen aikaisia uusia vahinkoja. Tämä auttaa työntekijöitä tekemään päätöksiä ja suunnittelemaan parempaa kosteuden hallintaa.

Etäluettavien käyttö myös edistää tiedonhallintaa ja raportointia. Datan kerääminen kohteista on helpompaa, ja mahdollistaa historiallisen tiedon tallentamisen pilvipalveluun, auttaa poikkeamien havaitsemisessa sekä raporttien laatimisessa. Tämän lisäksi se myös edistää yrityksen sisäistä tiedon välittämistä. Työntekijöiden on helpompi päästä toistensa raporttien ja mittauksien käsiksi, kun toinen on poissa.

Käyttönottamat etäluettavat kosteusmittarit osoittavat yrityksen sitoutumista innovaatioon, mikä voi edistää yrityksen mainetta. Tarjoamalla laadukkaampia rakennusprojekteja, ne voivat auttaa yritystä parantamaan asiakastyytyvyyttä ja antaa sille kilpailuetua rakennusalan markkinoilla.

Haitat

Etäluettavilla kosteusmittareilla on myös joitain haittoja. Yksi merkittävimmistä haittapuoista on mittausvirheiden mahdollisuus. Etäluettavat mittarit voivat antaa epätarkkoja tuloksia tietyissä ympäristöissä, jos ympäristöolosuhteet eivät ole optimaaliset mittaukselle. Tällaisia olosuhteita voivat olla esimerkiksi liiallinen kosteus tai lämpötilan vaihtelut. Lisäksi mittareiden tiedonsiirto vaatii langattoman yhteyden, joka voi esimerkiksi katkeilla heikon signaalin tai häiriöiden vuoksi.

Toinen haittapuoli on mittarien huolto ja kalibrointi. Vaikka etäluettavat tarjoavat reaaliaikaisen seurannan, mittarit on silti tarkistettava ja kalibroitava säännöllisesti, jotta varmistetaan mittauksen tarkkuus. Tämä voi aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia.

Lisäksi etäluettavien mittareiden hinta on yleensä korkeampi kuin perinteisten manuaalisten kosteusmittareiden. Tämä aiheuttaa lisäkustannuksia yritykselle.

Vaikka etäluettavilla kosteusmittareilla on haittapuolensa, niiden hyödyt ylittävät yleensä haittapuolet. Ne tarjoavat nopean ja tarkan kosteuden seurannan, mikä voi auttaa välttämään vakavampia kosteusvaurioita ja säästää korjauskustannuksissa. On tärkeää huolehtia mittareiden oikeasta sijoituksesta, huollosta ja kalibroinnista, jotta voidaan varmistaa mittauksen tarkkuus ja luotettavuus.

6.2 Asiakkaiden hyödyt toimintatavasta

Asiakkaat hyötyvät merkittävästi etäluettavien mittareiden toiminnasta monella tavalla. Manuaalisesti suoritettavia kosteusmittauksia varten oli tarpeen sopia asiakkaiden kanssa sopiva aika ja päästä kohteeseen, mikäli ei ollut avaimia tai kohteessa oli lemmikkieläimiä. Etäluettavien mittareiden avulla kohdepaikalla ei tarvinnut käydä juuri ollenkaan, sillä mittarit voitiin viedä sinne heti purkutöiden jälkeen ja tilannetta pystyi seuraamaan etänä reaaliajassa. Asiakkaat voivat myös säästää kustannuksissa, kun heitä ei laskuteta turhista käynneistä työmailla, jos mittauksia tehdään manuaalisesti.

Toinen hyöty on se, että asiakkaat voivat saada nopeampaa ja tarkempaa tietoa kosteustilanteesta. Kun asiakkaat kysyivät työmaan kosteustilanteesta, ei aina ollut mahdollista kertoa heille, jos mittauksia ei oltu suoritettu paikan päällä. Etäluettavien mittareiden avulla tuloksia pystyi kuitenkin antamaan heti, kun tiedot oli saatu pilvipalvelimen kautta.

Kohteen kuivauksen tarve pystyi suunnittelemaan ja ennakoimaan paremmin etäluettavien avulla, ja sitä kautta antamaan asiakkaalle tarkemman tiedon aikataulusta. Pilvipalvelu Relia arvioi kuivumisen tarvetta ja kestoa, mikä helpotti aikataulun suunnittelua ja asiakkaan tiedottamista.

Lisäksi pandemia-aikana, jolloin monet asiakkaat välttelivät kontakteja, etäluettavien mittareiden avulla voitiin välttyä tarpeettomilta käynneiltä työmailla. Kaiken kaikkiaan etäluettavat mittarit tarjoavat merkittäviä hyötyjä asiakkaille, kuten nopeamman tiedon saatavuuden, kustannusten säästön, turvallisuuden ja terveyden suojelun sekä ympäristöystävällisyyden.

6.3 Haastattelu

Opinnäytetyötä varten haastattelin kolmea RKM Groupin asiantuntijaa, joiden avulla pyrin saamaan tietoa etäluettavien kosteusmittareiden hyödyistä, haitoista ja niiden vaikutuksesta työtehokkuuteen. Lisäksi haluttiin kuulla asiantuntijoiden yleisiä kokemuksia ja mielipiteitä etäluennan toiminnasta. Opinnäytetyössä käytettiin seuraavia kysymyksiä:

1. Mitkä ovat etäluettavien kosteusmittareiden hyödyt verrattuna perinteisiin kosteusmittareihin? Entä haitat?
2. Kuinka etäluettavat kosteusmittarit auttavat sinua tekemään työtäsi tehokkaammin?
3. Mitä ominaisuuksia kehittäisit etäluettavissa kosteusmittareissa?

Etäluettavien kosteusmittareiden hyödyiksi asiantuntijat mainitsivat seuraavaa:

- Suuri taloudellinen säästö, koska fyysisten seurantamittausten tekeminen kohteella ei ole tarpeen. Reaaliaikainen tieto kosteudesta ja lämpötilasta on aina saatavilla ja tiedot ovat käytettävissä kaikille, joille on jaettu projektinäkymä Reliassa.
- Pidempiaikaisessa kuivauksessa etäluettavalla kosteusmittarilla voidaan jättää välimittaukset pois.
- Mittausdata päivittyy anturiin säädetyn päivitystiheyden mukaisesti. Esimerkiksi tunnin välein päivitys antaa mahdollisuuden havaita muutokset kohteen olosuhteissa hyvin.
- Jatkuvan seurannan avulla voidaan dokumentoida kohteen olosuhteet. Mittaustulosten avulla voidaan todeta, kuivataanko rakenne vai kostuuko se uudelleen. Tällaista tietoa on vaikea saada yksittäisellä mittauksella.
- Relia on helppokäyttöinen ja siellä on selkeät toiminnot.

Huonoiksi puoliksi asiantuntijat mainitsivat seuraavaa:

- Joissakin antureissa ei ole mahdollista vaihtaa paristoa.
- Yhteysongelmat ovat joskus olleet yleisimpiä, vaikkakin nykyään vähemmän.
- Anturin asennuksen yhteydessä ei aikaisemmin tiennyt, lähettääkö anturi dataa. Uudemmissa anturimalleissa tämä ongelma kuitenkin korjattu, ja nyt on mahdollista nähdä, onko anturilla kattava kuuluvuusalue.

Etäluettavien järjestelmien käyttö parantaa huomattavasti asiantuntijoiden tehokkuutta ja arjen sujuvuutta. Sen sijaan, että heidän täytyisi tehdä ylimääräisiä käyntejä kohteessa

fyysisten mittauksien suorittamiseksi, he voivat keskittyä muihin tehtäviin ja työskentelyyn. Tämä vapauttaa aikaa ja resursseja, jotka muuten olisivat kuluneet matkoihin ja mittausprosessiin.

Kun tarkastellaan etäluettavien kosteusmittareiden kehittämistarpeita ja ominaisuuksia, haastatellut asiantuntijat korostivat seuraavia seikkoja:

- Etäohjattavat kuivurit: Usein kosteusmittauksia varten kuivurit joudutaan sammuttamaan, jotta voidaan saada luotettavia mittaustuloksia. Etäohjauksen avulla, kuivureita voitaisiin hallita ja säätää etänä.
- Holkin irrotettavuus mittauksen jälkeen on yksi parannusehdotus, joka on otettu huomioon uusimmissa etäluettavien kosteusmittareiden malleissa. Usein mittauksen jälkeen holkin tiiviste jää reiän pohjalle ja apuvälineiden käyttö holkin irrottamiseksi voi aiheuttaa vaurioita.
- Uudessa anturimallissa, joka on ollut testikäytössä, on korjattu aikaisemmin ilmenneitä haasteita. Antureiden toimintaa on kehitetty vastaamaan paremmin käyttäjien tarpeita ja palautteita.

7 Tulevaisuuden kehitystarpeita

Etäluettavien mittareiden toiminnan kehitys jatkuu koko ajan, ja tulevaisuudessa niille on monia kehitystarpeita. Yhtenä mahdollisena kehitystarpeena on älykkäämpi analytiikka. Tulevaisuuden mittareiden tulee pystyä tarjoamaan entistä älykkäämpiä analytiikkatyökaluja, jotka mahdollistavat paremman datan hallinnan ja ennustavan analytiikan avulla varhaisen hälytyksen ongelmista. Tiedonsiirtoon tulee kehittää monipuolisempia ratkaisuja. Langattomat verkot, kuten LoRaWAN, mahdollistavat jo nyt tietojen lähettämisen mittareilta pilvipalveluun.

Tulevaisuuden mittareiden tulee olla entistä energiatehokkaampia, jotta ne voivat toimia pidempään ja pienemmällä akkukapasiteetilla. Energiatehokkuuden parantaminen mahdollistaa myös mittareiden käytön haastavissa ympäristöissä, joissa mittareiden kalibrointi, akkujen vaihto tai lataus ei ole helppoa.

Mittareiden kestävyyttä tulee parantaa, jotta ne voivat toimia luotettavasti erilaisissa ympäristöissä. Kestävyyden parantaminen auttaa vähentämään korjaus- ja huoltokustannuksia sekä pidentämään mittareiden käyttöikää. Tämä auttaa myös säästämään kuluissa, sillä kestävämmät ja toimivammat mittarit vähentävät tarvetta turhiin käynteihin työmaalle mittarin vaihtoa tai korjausta varten, erityisesti jos kohde on kaukana.

Tulevaisuuden mittareiden tulee olla entistä paremmin yhteensopivia muihin järjestelmiin, kuten rakennusautomaatiojärjestelmiin, jotta ne voivat toimia saumattomasti osana laajempaa järjestelmäkokonaisuutta. Tulevaisuuden etäluettavien mittareiden kehitystyö pyrkii entistä parempaan datan hallintaan ja ennustavan analytiikkaan, energiatehokkuuden parantamiseen, kestävyuden lisäämiseen sekä yhteensopivuuden parantamiseen muihin järjestelmiin.

Kauko-ohjattavat kuivauslaitteet parantavat etäseurannan tehokkuutta ja tarjoavat etuja yhdistettynä etäluettaviin kosteusmittareihin. Kun kauko-ohjattavat kuivauslaitteet ja etäluettavat kosteusmittarit toimivat yhdessä, ne tarjoavat tehokkaan tavan optimoida kuivausprosessia etäältä. Työntekijöiden ei tarvitse olla läsnä säätämässä kuivauslaitteita, vaan he voivat seurata ja hallita kuivausta tarvittaessa etänä. Tämä säästää aikaa ja kustannuksia, kun tarvittavat säädöt voidaan tehdä nopeasti ja helposti etäyhteyden avulla.

8 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli käsitellä etäluettavien kosteusmittareiden käyttöä olosuohdehallinnassa vahinkosaneerauksessa. Työssä tarkasteltiin etäluettavien mittareiden toimintaa, hyötyjä ja mahdollisia haittapuolia sekä niiden soveltamista käytännössä vahinkosaneerausprosessissa.

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että etäluettavat mittarit tarjoavat merkittäviä etuja olosuohdehallinnassa ja niiden käyttö on erittäin hyödyllistä. Mittareiden avulla voidaan seurata materiaalien ja tilojen kosteutta ja lämpötilaa reaaliaikaisesti ja etävalvonnan avulla havaita mahdolliset poikkeamat ja ongelmat. Tämä mahdollistaa nopeamman reagoinnin ja vähentää mahdollisia kosteusvaurioiden riskejä. Lisäksi etäluettavat mittarit vähentävät manuaalisten mittausmenetelmien tarvetta, mikä säästää aikaa ja kustannuksia.

Etäluettavien mittareiden käyttöönotto voi kuitenkin olla kallista, ja mittareiden käyttöönotto ja tietojen käsittely vaatii tietoteknistä osaamista. Mittareiden tarkkuus ja luotettavuus voivat myös olla haastavia ympäristön olosuhteista ja mittareiden kalibroinnista riippuen.

Yhteenvetona voidaan todeta, että etäluettavat mittarit ovat hyödyllisiä olosuohdehallinnassa rakennustyömailla ja voivat vähentää kosteusvaurioiden riskejä vahinkosaneerauksessa. Niiden käyttöönotto edellyttää kuitenkin huolellista suunnittelua ja tietoteknistä osaamista, ja mittareiden tarkkuus ja luotettavuus tulee varmistaa. Lisäksi etäluettavat kosteusmittarit osoittavat parempaa soveltuvuutta pitempiaikaisiin kohteisiin, tai sellaisiin, joissa rakenteen kuivuminen tapahtuu luonnollisesti ilman aktiivista kuivausta.

Opinnäytetyössä esitetään myös kehitysehdotuksia etäluettavien mittareiden tulevaisuuden kehittämiseksi.

Tämän opinnäytetyön aikana on kehitetty uusi etäluettava kosteusanturi SHR-WAN, joka on suunniteltu erityisesti vastaamaan vahinkokohteiden tarpeisiin. Tämä uusi anturimalli on kehitetty ottamalla huomioon vanhoihin antureihin saatu palaute ja palautetta on hyödynnetty uusien ominaisuuksien suunnittelussa. Uuden SHR-WAN-anturin myötä on myös kehitetty uusi versio Relia-pilvipalvelusta, joka toimii yhdessä uuden anturin kanssa. Uusi Relia-versio tarjoaa parannettuja analysointimahdollisuuksia uuden anturin tuottamista tuloksista. Kehitystyö jatkuu edelleen, jotta etäluettavat kosteusmittarit vastaavat entistä paremmin käyttäjien tarpeita.

Lähteet

Avoin Rajapinta. 11.10.2014. Avoin Rajapinta Viitattu 11.5.2023. Saatavissa <http://avoinra-japinta.fi/>

Digita Oy. LoRaWAN-teknologia. Viitattu 14.3.2023. Saatavissa <https://www.digita.fi/etusivu/palvelut-yrityksille/digitan-iot-palvelut/lorawan-teknologia/>

Edilex. 2021. Rakentamismääräykset C2. Viitattu 2.4.2023. Saatavissa <https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/c2.pdf>

Rakennusliike RKM Group Oy -kotisivut. Viitattu 7.3.2023. Saatavissa <https://rkmgroupp.fi/>

Rakennustietosäätiö. Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen. RT 103333. RT-tietoväylä. Rakennustieto Oy. Viitattu 18.4.2023 Saatavissa <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.saimia.fi/resource/juha/content/25978#page=1>

Rakennustietosäätiö. Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot. RT 103528. RT-tietoväylä. Rakennustieto Oy. Viitattu 7.3.2023 Saatavissa <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.saimia.fi/resource/juha/content/26400#page=1>

Rakentamisen Sertifikaatit. Rakenteiden kosteudenmittaaja. Viitattu 11.5.2023. Saatavissa https://rakentamissertifikaatit.fi/sertifikaatit/rakenteiden_kosteudenmittaaja

Suomen Sisäilman yhdistys. 2021. Kosteusmittaukset. Viitattu 4.4.2023. Saatavissa <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Ongelmien-tutkiminen/Rakennustekniset-tutkimukset/Kosteusmittaukset>

Tilat ja Terveys ry (2021). Rakennusfysiikan oppimateriaali insinöörinkoulutukseen: Kosteus. Viitattu 12.5.2023. Saatavissa https://tilatjaterveys.fi/documents/39510712/102937006/Rakennusfysiikan+oppimateriaali+insinöörinkoulutukseen_Kosteus.pdf

Tilat ja Terveys ry (2021). Rakennusfysiikan oppimateriaali insinöörinkoulutukseen: Mittaukset. Viitattu 12.5.2023. Saatavissa https://tilatjaterveys.fi/documents/39510712/102937006/Rakennusfysiikan+oppimateriaali+insinöörinkoulutukseen_Mittaukset.pdf

Vaisala. Kosteusanturien merkitys. Vaisala.com. Viitattu 15.5.2023. Saatavissa <https://www.vaisala.com/fi/expert-article/importance-humidity-sensors>

Wiiste Oy -kotisivut. Viitattu 13.3.2023. Saatavissa <https://www.wiiste.com/>



SH1-WAN INTERNETIIN INTEGROITU KOSTEUSANTURI

Wiiste
IoT

Wiisteen SH1-WAN on suomalainen uuden sukupolven anturi, jonka käyttötarkoitus on betonin kosteuden ja lämpötilan mittaaminen. Anturi asennetaan betoniin valun aikana. SH1-WAN lähettää mittaustiedot itsenäisesti internetiin, mikä mahdollistaa kosteustilanteen reaaliaikaisen etävalvonnan työmaan ulkopuolelta.

Työmaolosuhteiseen kehitetyn anturin ominaisuuksiin kuuluvat automaattiset hälytykset lämpötilalle, suhteelliselle kosteudelle ja pariston varaukselle. SH1-WAN mahdollistaa rakennuksen käytönaikaisen automaattisen seurannan pariston kestoajan (jopa 10 vuotta). Sen jälkeen tiedot ovat luettavissa käsilukijalla ja siirrettävissä edelleen pilvipalvelu Reliaan.

Tarkka W-Tip -mittapää

SH1-WAN sisältää uudenlaisen W-Tip -mittapäärakenteen. Merkittävästi nopeutuneen tasaantumisaikansa ansiosta anturi mahdollistaa tarkan betonin kosteuden mittaamisen heti valun jälkeen, myös vaihtelevassa lämpötilassa.

Tulosten luku selaimella

Anturi lähettää kosteus- ja lämpötilatiedot reaaliajassa pilvipalvelu Reliaan. Selainpohjaisen, eri päätelaitteille skaalautuvan Relian muita ominaisuuksia ovat tietojen arkistointi, raportointi, jakaminen ja mittausten suunnittelu pohjakuvien päälle.

Mittaussyvyys

Anturit toimitetaan valmiiksi mitoitettuna ja mittaussyvyys ohjelmituna anturin muistiin. Lisätietoa oikean mittaussyvyyden valinnasta mm. RT ohjekortissa RT 103333 "Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen".

Kalibrointi

Kiinteästi asennettavat SolidRH SH-sarjan anturit toimitetaan tehdaskalibroituina. Ohjeiden mukaisesti säilytettyinä ja asennettuna kalibrointi on voimassa yhden vuoden. Antureita ei tyypillisesti kalibroida enää asennuksen jälkeen, jolloin ajan myötä tapahtuva mittaus-tarkkuuden heikentyminen (kts. tekniset tiedot) on huomioitava mittaustuloksia tarkastellessa.



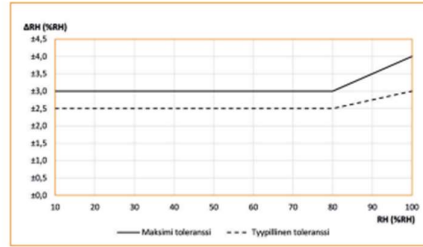
SH1-WAN – OMINAISUUKSIA

- Betoniin kiinteästi valun aikana asennettava
- Langaton etäluku (LoRaWAN)
- Langaton lähiluku (SolidRH RD1)
- Pariston toiminta-aika jopa 10 vuotta
- Nopea Wiiste W-Tip -mittapää
- Mittaussyvyys 15 - 70 mm

TEKNISET TIEDOT

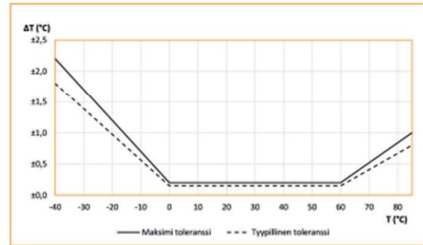
Kosteuden mittaus

Mitta-alue	10 ... 100 %RH
Mittaustarkkuus	(kts. kuva 1) $\pm 2,5$ %RH (10 ... 80 %RH)
Toistettavuus	$\pm 0,2$ %RH
Hystereesi	$< \pm 1$ %RH
Resoluutio	0,1 %RH
Lineaarisuusvirhe	$< \pm 1$ %RH
Vasteaika (T10-90%)	< 20 s
Ryömintä	$< 0,5$ %RH/a
Anturityyppi	Kapasitiivinen polymeeri



Lämpötilan mittaus

Mitta-alue	-40 ... 85 °C
Mittaustarkkuus	(kts. kuva 2) $\pm 0,2$ °C (0 ... 60 °C)
Toistettavuus	$\pm 0,1$ °C
Resoluutio	0,1 °C
Vasteaika (T10-90%)	< 10 min
Ryömintä	$< 0,05$ °C/a
Anturityyppi	PTAT

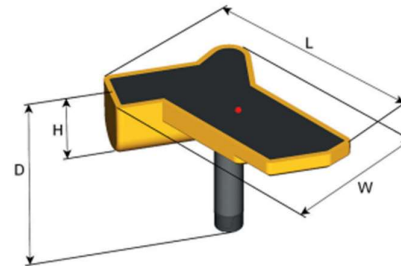


Sähköiset ominaisuudet

Sisäinen virtalähde	3,6 V / 1,2 Ah / 4,32 Wh (Li-SOCl ₂)
Verkkoyhteys	LoRaWAN
Lähettimen teho	25 mW / 14 dBm

Mekaaniset ominaisuudet

Ulkomitat	(kts. kuva 3)
L	86 mm
W	55 mm
H	23 mm
D	≥ 15 mm
Paino	38 ... 50 g (D = 15 ... 70 mm)
Tiivistysluokka	IP68



Käyttö ja varastointi

Käyttölämpötila-alue	-40 ... 85 °C
Varastointiolosuhteet	20 ... 30 °C / 40 ... 60 %RH

Säilytettävä auringonvalolta, pölyltä, kemikaaleilta ja niiden höyryiltä suojattuna.



VALMISTUS, MYYNTI JA NEUVONTA

WIISTE OY
Tiiliruukinkatu 22
33200 TAMPERE

Puhelin 050 442 3232
info@wiiste.com
www.wiiste.com

Laitteen käyttöohjeet: www.wiiste.com

Liite 2. Wiiste WM1-WAN tuotekortti

WIISTE

storaenso

TUOTEKORTTI
Kesäkuu 2020
1(2)

WM1-WAN INTERNETIIN INTEGROITU PUUN KOSTEUSMITTARI

Wiiste
IoT

Wiiste WM1-WAN on suomalainen uuden sukupolven kosteusmittari, jolla voidaan mitata puun lisäksi ympäröivän ilman kosteus ja lämpötila. WM1-WAN on kehitetty Wiiste Oy:n ja Stora Enso Oyj:n yhteistyönä.

WM1-WAN-kosteusmittari asennetaan puun pinnalle, esimerkiksi CLT- tai LVL-elementteihin rakennustyömaalla. WM1-WAN lähettää mittaustiedot itsenäisesti internetiin, mikä mahdollistaa kosteusilanteen reaaliaikaisen etävalvonnan työmaan ulkopuolelta.

Kosteusmittarin ominaisuuksiin kuuluvat automaattiset hälytykset lämpötilalle, puun kosteuspitoisuudelle, suhteelliselle kosteudelle ja pariston varaukselle. WM1-WAN mahdollistaa rakennuksen käytönaikaisen automaattisen seurannan yhdellä vaihdettavalla paristolla jopa kahden vuoden ajan.

Laitteen toiminta

WM1-WAN kiinnitetään mitattavaan kohteeseen erikoisruuveilla, joita käytetään myös mittaalektrodeina. Laitteessa on kaksi elektrodiparia puun kosteuspitoisuuden mittaamiseen kahdelta eri syvyydeltä ja näin puun kosteusprofiilia voidaan valvoa.

Laitteen toiminta perustuu puun resistiivisyyden mittaamiseen ja tulos ilmoitetaan painoprosentteina.

Tulosten lukeminen selaimella

WM1-WAN lähettää tulokset – puun kosteuspitoisuuden, olosuhteiden kosteuden sekä lämpötilan – reaaliajassa pilvipalveluun.

Selainpohjaisen verkkopalvelun käyttöliittymä skaalautuu eri päätelaitteille. Sen ominaisuuksia ovat mm. datan arkistointi, raportointi ja jakaminen sekä mittauspisteiden suunnittelu pohjakuviin.

Patentoitu tekniikka

WM1-WAN käyttää patentoitua tekniikkaa (patentti vireillä), joka käsittää kosteuspitoisuuden mittauksen Wiiste Oy:n kehittämällä uudella W-tip- mittapäärakenteella.

WM1-WANin ainutlaatuiset ominaisuudet yhdistämällä toteutuu tarkka, luotettava ja jatkuva reaaliaikainen seuranta puurakenteiden kosteuspitoisuuksista.



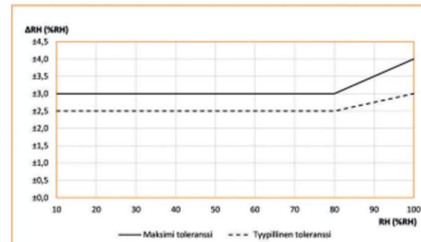
WM1-WAN – OMINAISUUKSIA

- Mittaa puun kosteuspitoisuutta kahdelta eri syvyydeltä.
- Vakiomittasyvytydet valittavissa väliltä 5 – 48 mm
- Voidaan asentaa pysyvästi puuelementtiin
- Langaton etäluku (LoRaWAN)
- Pariston toimita-aika jopa kaksi vuotta
- Nopea Wiiste W-Tip -olosuhdemittaus
- Tarkkuus: $\pm 1\text{MC}$, $\pm 2.5\% \text{ RH}$, $0,2^\circ$

TEKNISET TIEDOT

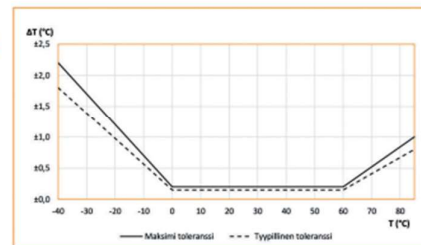
Kosteuden mittaus

Mitta-alue	6 ... 30 MC
Mittaustarckkuus	± 1 MC
Toistettavuus	0,2 MC
Hystereesi	0,2 MC
Resoluutio	0,1 MC
Lineaarisuusvirhe	0,1 MC
Mittausyyppi	Resistiivinen



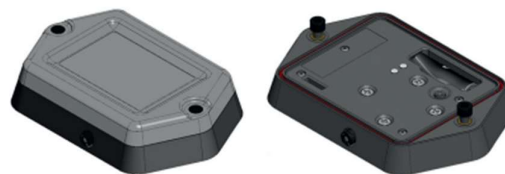
Kosteuden mittaus

Mitta-alue	10 ... 100 % RH (kts. kuva 2)
Mittaustarckkuus	(kts. kuva 1) $\pm 2,5$ % RH (10 ... 80% RH)
Toistettavuus	$\pm 0,2$ % RH
Hystereesi	$< \pm 1$ % RH
Resoluutio	0,1% RH
Vasteaika (T10-90%)	< 20 s
Siirtotarkkuus	$< 0,5$ % RH/a
Anturityyppi	Kapasiivinen polymeeri



Lämpötilan mittaus

Mitta-alue	-40 ... 85 °C
Mittaustarckkuus	(kts. kuva 2) $\pm 0,1$ °C
Toistettavuus	$\pm 0,1$ °C
Resoluutio	0,1 °C
Vasteaika (T10-90%)	< 10 min
Ryömintä	$< 0,05$ °C/a
Anturityyppi	PTAT



Sähköiset ominaisuudet

Sisäinen virtalähde	3,6 V / 1,2 Ah / 4,32 Wh (Li-SOCl ₂)
Verkkoyhteys	LoRaWAN
Lähettimen teho	25 mW / 14 dBm



Mekaaniset ominaisuudet

Ulkomitat	168 mm x 113 mm x 39 mm
Paino	228 g
Tiivistysluokka	IP54

Käyttö ja varastointi

Käyttölämpötila-alue	-40 ... 85 °C
Varastointiolosuhteet	20 ... 30 °C / 40 ... 60 %RH



VALMISTUS, MYYNTI JA NEUVONTA

WIISTE OY

Tiiliruukinkatu 22
33200 TAMPERE

Laitteen käyttöohjeet: www.wiiste.com

Puhelin 050 442 3232

info@wiiste.com

www.wiiste.com

EH1-WAN INTERNETIIN INTEGROITU OLOSUHDEMITTARI

Wiiste
IoT

Wiisteen EH1-WAN on suomalainen uuden sukupolven olosuhdemittari, joka mittaa sisäilman kosteutta ja lämpötilaa. Työmaaolosuhteisiin kehitetty EH1-WAN lähettää mittaustiedot itsenäisesti internetiin, mikä mahdollistaa olosuhteiden reaaliaikaisen etävalvonnan työmaan ulkopuolelta. EH1-WAN on tehokas ratkaisu rakenteiden kuivumisolosuhteiden valvontaan. Sitä voi käyttää työmaalla myös pakkasvahtina, joka hälyttää lämpötilan pudotessa liian alhaiseksi. EH1-WAN toimii sähkökatkosten aikana.

EH1-WAN:in ominaisuuksiin kuuluvat automaattiset hälytykset lämpötilalle, suhteelliselle kosteudelle ja pariston varaukselle. EH1-WAN mahdollistaa rakennuksen käytönaikaisen automaattisen seurannan pariston kestoajan (jopa 10 vuotta). Sen jälkeen tiedot ovat luettavissa käsilukijalla ja siirrettävissä edelleen pilvipalvelu Reliaan.

Tarkka W-Tip -mittapää

EH1-WAN sisältää uudenlaisen W-Tip -mittapää-rakenteen, joka varmistaa erittäin nopeat ja tarkat tulokset.

Tulosten luku selaimella

Olosuhdemittari EH1-WAN lähettää kosteus- ja lämpötilatiedot reaaliajassa pilvipalvelu Reliaan. Selainpohjaisen, eri päätelaitteille skaalautuvan Relian muita ominaisuuksia ovat tietojen arkistointi, raportointi, jakaminen ja mittausten suunnittelu pohjakuvien päälle.

Kalibrointi tarpeen mukaan

Laite toimitetaan tehdaskalibroituna. Se on lisäksi kalibroitavissa aina tarpeen mukaan. Virtalähde on tarvittaessa vaihdettavissa samalla.



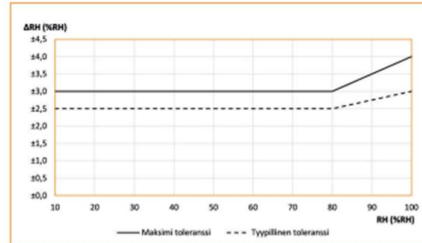
EH1-WAN – OMINAISUUKSIA

- Toimii myös pakkasella ja sähkökatkosten aikana
- Langaton etäluku (LoRaWAN)
- Langaton lähiluku (SolidRH RD1)
- Pariston toiminta-aika jopa 10 vuotta

TEKNISET TIEDOT

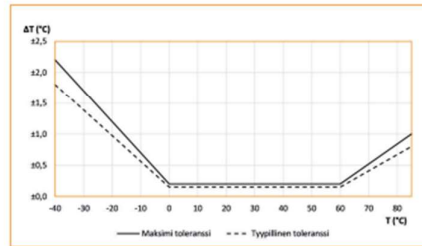
Kosteuden mittaus

Mitta-alue	10 ... 100 %RH
Mittaustarkkuus	(kts. kuva 1) $\pm 2,5$ %RH (10 ... 80 %RH)
Toistettavuus	$\pm 0,2$ %RH
Hystereesi	$< \pm 1$ %RH
Resoluutio	0,1 %RH
Lineaarisuusvirhe	$< \pm 1$ %RH
Vasteaika (T10-90%)	< 20 s
Ryömintä	$< 0,5$ %RH/a
Anturityyppi	Kapasiivinen polymeeri



Lämpötilan mittaus

Mitta-alue	-40 ... 85 °C
Mittaustarkkuus	(kts. kuva 2) $\pm 0,2$ °C (0 ... 60 °C)
Toistettavuus	$\pm 0,1$ °C
Resoluutio	0,1 °C
Vasteaika (T10-90%)	< 30 min
Ryömintä	$< 0,05$ °C/a
Anturityyppi	PTAT

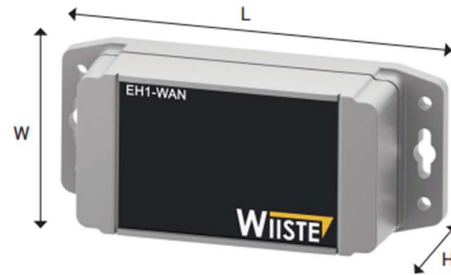


Sähköiset ominaisuudet

Sisäinen virtalähde	Litium-paristo (Li-SOCl ₂) 3,6 V / 1,2 Ah / 4,32 Wh
Verkkoyhteys	LoRaWAN
Lähettimen teho	25 mW / 14 dBm

Mekaaniset ominaisuudet

Ulkomitat	(kts. kuva 3)
L	151 mm
W	72 mm
H	43 mm
Paino	155 g
Tiivistysluokka	IP65



Käyttö ja varastointi

Käyttölämpötila-alue	-40 ... 85 °C
Varastointiolosuhteet	20 ... 30 °C / 40 ... 60 %RH

Säilytettävä auringonvalolta, pölyltä, kemikaaleilta ja niiden höyryiltä suojattuna.



VALMISTUS, MYYNTI JA NEUVONTA

WIISTE OY
Tiiliruukinkatu 22
33200 TAMPERE

Puhelin 050 442 3232
info@wiiste.com
www.wiiste.com

Laitteen käyttöohjeet: www.wiiste.com

Liite 4. Relia kosteusmittausraportti

14.5.2023 7:28

Relia



RELIA
KOSTEUSMITTAUSRAPORTTI

Raportti luotu automaattisesti Relia-palvelussa 14.05.2023 klo 07:28.

Projekti

Esimerkki
Opinnäytetyö

Rakennuttaja

Pääurakoitsija

Relia Vastuhenkilö

Iva Vitanova
RKM Group Oy

Kosteudet ja lämpötilat mitattu SolidRH-laitteistolla.
HUOM. Wiiste Oy ei vastaa tämän raportin tulosten oikeellisuudesta.

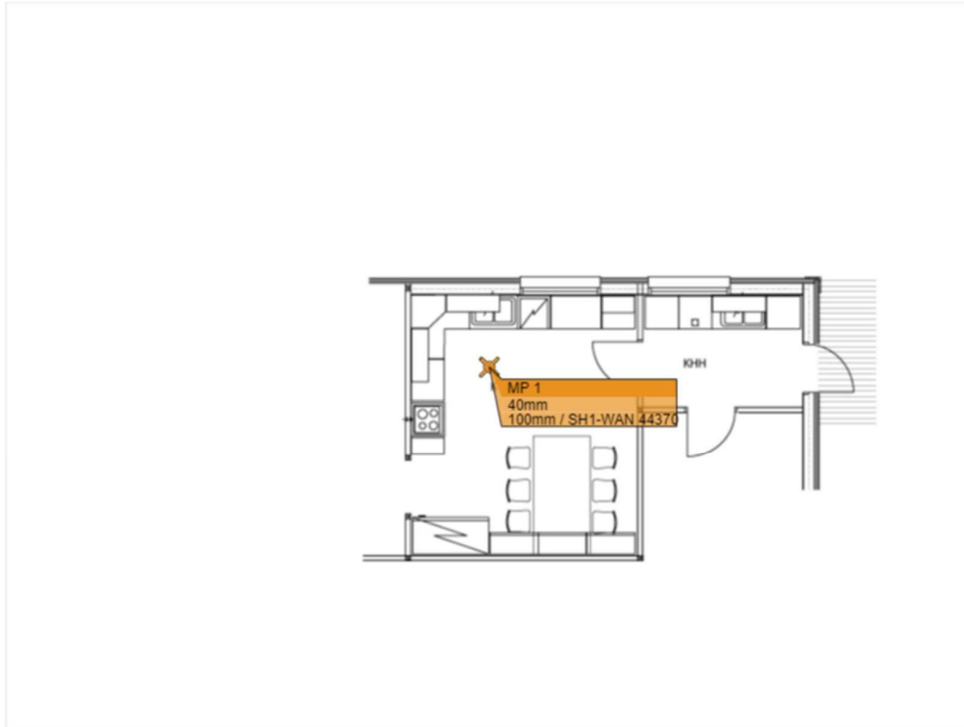
SolidRH-laitteiston mittausalue ja tyypillinen mittausepävarmuus

±2,5 %RH välillä 0 - 90 %RH, ±3,0 %RH yli 90 %RH
±0,2 °C välillä 0 - 60 °C

Tarkkuudessa ei ole huomioitu asennusvirheitä johtuvaa mittausepävarmuutta.

Tarkkuudessa ei ole huomioitu betonin ja ympäristön välisestä lämpötilaerosta aiheutuvaa mittausepävarmuutta.

Pohjakuva:Keittiö



Mittapiste	Mittaus syvyys	Anturi #	Viimeisin mittaus				
			Aika	Ympäristö T [°C]	Ympäristö RH [%]	T [°C]	RH [%]
MP 1	100mm	SH1-WAN 44370	14.05.2023 06:54	-	-	18.91	93.95

Mittauhistoria

Mittapiste	Anturi #	Mittaus syvyys	07.05.2023	08.05.2023	09.05.2023	10.05.2023	11.05.2023	12.05.2023	13.05.2023	14.05.2023
			RH [%] T [°C]	RH [%] T [°C]	RH [%] T [°C]	RH [%] T [°C]	RH [%] T [°C]	RH [%] T [°C]	RH [%] T [°C]	RH [%] T [°C]
MP 1	SH1-WAN 44370	100mm	92.47 14.72	92.83 15.99	93.13 16.32	93.29 17.01	93.33 17.72	93.69 18.76	93.85 19.06	93.95 18.91

