

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Henri Hakkarainen

CLT-RAKENTAMISEN TYÖAIKAINEN KOSTEUDENHALLINTA JA  
-SEURANTA

Opinnäytetyö

Toukokuu 2018



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Toukokuu 2018**  
**Rakennustekniikan koulutusohjelma**

Tikkarinne 9  
80220 JOENSUU  
+ 358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä  
Henri Hakkarainen

Nimeke  
CLT-rakentamisen työaikainen kosteudenhallinta ja -seuranta

Toimeksiantaja  
Karelia-amk

**Tiivistelmä**

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin Joensuun Hukanhaudalle rakennettavan päiväkodin työaikaista kosteuden hallintaa ja seuranta. Hukanhaudan päiväkotiin asennettiin antureita, joilla seurattiin rakennuksen lämpötilaa sekä kosteuskäyttäytymistä. Tämän työn lämpötilojen ja kosteuksien tarkastelun aikaväli oli rakentamisen aloituksesta sen lämmitysvaiheeseen asti. Anturit jätettiin rakenteisiin, jotta kosteuksia ja lämpötiloja voidaan tarkastella käytönkin aikana. CLT-elementtien kuivumisesta seurattiin pintakosteusmittarilla sekä visuaalisesti pintaa tarkastelemalla.

Työssä käydään läpi myös yleisesti puurakentamisen kosteudenhallintaa etenkin CLT- elementtien suojausten riittävyyttä, tiiviyyttä, sekä siirrettävien sääsuojien käyttöä.

Rakennuksen sisäilman kosteutta ja lämpötiloja seuraamalla huomattiin, että käytössä olleet lämmittimet oli mitoitettu liian suuriksi, jonka takia niiden käyttöä jouduttiin jaksottamaan. Lämmittimien jaksottamisen ansiosta välttyttiin CLT-elementtien halkeilulta.

Kieli

suomi

Sivuja 46

Liitteet -

Liitesivumäärä -

Asiasanat

Kosteudenhallinta, CLT, sääsuojaus



**THESIS**  
**May 2018**  
**Degree Programme in Construction**  
**Engineering**

Tikkarinne 9  
80220 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600 (switchboard)

Author  
Henri Hakkarainen

Title  
CLT construction work-time moisture- control and tracking

Commissioned by  
KUAS

Abstract

In this thesis deal with in work-time moisture control and tracking of the day care centre to be built at Joensuu Hukanhauta. Sensors were installed at Hukanhauta day care center to tracking the building temperature and humidity. Time interval for examining the temperature and humidity is in this work started from of construction and ends building heating. The sensors left in the structures so that humidities and temperatures can be examine during use. CLT-elements drying was started tracking with surface moisture meter and visually on the spot.

In this work go through also wood construction moisture controlling, especially CLT-element for construction protection adequacy, tightness and the use of transferable weather protections.

Monitoring the building indoor humidities and temperatures, was found that heaters what was use is estimated too powerful, which mean heaters using had be periodize. The periodize of heaters avoided CLT-elements cracking.

Language

Finnish

Pages 46

Appendices -

Pages of Appendices -

Keywords

clt, weather protections, moisture control, moisture tracking

# Sisältö

1	Johdanto.....	5
1.1	Taustat.....	5
1.2	Työn tavoitteet ja rajaukset.....	5
1.3	Termit ja määritelmät .....	6
1.4	CLT-elementtirakentamisen tuomat edut ja haasteet .....	7
2	Kosteus rakenteissa ja rakennusmateriaaleissa .....	8
2.1	Kosteusvaurioiden syyt rakentamisessa .....	8
2.2	Kosteusvaurioiden aiheuttamat haitat.....	8
2.3	Puun kosteusominaisuudet.....	9
2.4	Kosteudenhallintaa koskevat määräykset ja ohjeet.....	10
2.5	Kosteudenhallintasuunnitelma .....	11
2.6	Sääsuojaus- ja talvirakentamissuunnitelma .....	11
3	Kosteudenhallinta menetelmät Hukanhaudan päiväkotii .....	12
3.1	Työvaihesuunnittelu ja valvonta .....	12
3.2	Kosteusriskien kartoitus.....	13
3.3	Materiaalien suojaus ja varastointi .....	14
3.3.1	Hukanhaudanpäiväkodin materiaalien suojaus ja varastointi .....	14
3.4	Varastointi ulkona .....	15
3.5	Varastointi sisällä .....	16
3.6	Elementti- ja rakennusosien suojaukset.....	17
3.6.1	Elementtien suojaukset .....	17
3.7	Sääsuojaustelta .....	20
3.8	Kuivamisaikaarviot .....	21
4	Terveen rakenteen toteuttamisen kriteerit .....	23
4.1	Ammattitaidon merkitys .....	23
4.2	Rakentamisen ongelmia.....	23
5	Tulokset Hukanhaudan päiväkotii.....	24
5.1	Mittapäiden asennukset ja mittaustulokset .....	24
5.2	Mittapäiden tuloksien analysointi .....	31
5.3	Rakenteiden kosteuksien mittaus ja tarkkailu.....	33
5.4	Kosteusmittaussuunnitelma .....	39
5.4.1	Kosteusmittaussuunnitelma Hukanhaudan päiväkotii.....	39
5.4.2	Mittaustavat ja mittauskohdat .....	40
5.5	Kosteudenhallinnan dokumentointi.....	40
6	Johtopäätökset.....	42
6.1	Hukanhaudanpäiväkodin kosteudenhallinnan onnistuminen.....	42
6.2	SiMAP anturit .....	42
7	Pohdinta .....	43
	Lähteet.....	44

# 1 Johdanto

## 1.1 Taustat

Suomessa puurakentaminen on ollut suosiossa pientalorakentamisessa, mutta 2010-luvulla puurakentaminen on nostanut päätään myös kerrostalorakentamisessa sekä julkisissa kohteissa. Ympäristöministeriöllä on käynnissä puurakentamisen toimenpideohjelma, jossa on tarkoitusta edistää puurakentamisen osaamista varsinkin kasvukeskuksissa sekä kehittää puurakentamisen säädöksiä. (Ympäristöministeriö 2017.)

Työ oli osana Karelia-ammattikorkeakoulun puurakentamisen edistämishjelmaa, jolla pyritään kehittämään suomalaista puurakentamista. Rakennuksen rakennuttajana on Joensuun kaupungin Tilakeskus ja päiväkodin toteuttajaksi on valittu joensuulainen Rakennustoimisto K.Tervo Oy. Rakennustyöt tontilla käynnistyvät elokuussa 2017 ja kohde on tarkoitus valmistua lokakuussa 2018.

## 1.2 Työn tavoitteet ja rajaukset

Työssä tarkoituksena oli keskittyä seuraamaan ja edistämään CLT-elementtirakentamisen kosteuden hallintaa ja selvittää CLT:stä rakennettavan rakennuksen kosteudenhallintaprosessi. Osana työtä myös tutkitaan puurakentamisen kosteudenhallintaa sekä työmaalla olevien materiaalien suojauksia.

Rakennuksen pääasiallisena runkomateriaalina käytetään CLT-elementtejä, joiden työmaa-aikaista varastointia seurattiin, asennusvaiheen kosteusriskejä selvitettiin sekä tarkasteltiin, kuinka CLT-elementit käyttäytyivät rakennuksen lämmityksen alkaessa.

Rakentamisen aikaista kosteudenhallintaa seurattiin visuaalisesti käymällä työmaalla paikan päällä ja valokuvaamalla rakenteiden, materiaalien ja elementtien suojauksia. Ulkoseinien eri rakennekerroksiin asetettiin lämpötilaa ja kosteuden mittaavia antureita, sekä rakennuksen huonetilan lämpötilaa ja kosteutta seurattiin. Antureita asennetaan rakennuksen kahteen eri kohtaan.

Antureiden asennuksesta ja antureiden paikoista on keskusteltu pääurakoitsijan K.Tervo Oy:n vastaavan työnjohtajan Pekka Kniftin kanssa, sekä pääsuunnittelijan suunnittelutoimisto Pauli Nuutinen Ky:n Pauli Nuutisen kanssa. Työn aihe rajataan työmaanaikaiseen kosteudenhallintaan sekä työnsuunnittelun ja toteutusvaiheen tehtäviin.

### **1.3 Termit ja määritelmät**

#### **ABSOLUUTTINEN KOSTEUS**

Ilman todellinen vesihöyrymäärä tilavuusyksikköä kohden ( $\text{g}/\text{m}^3$ ).

#### **ABSORPTIO**

Rakennusaine ottaa itseensä vettä ympäristöstä (kostuminen). (Björkholtz 1997.)

#### **CLT**

CLT eli Cross Laminated Timber on ristiinliimattua massiivipuuta. Toimii kantavana ja jäykistävänä rakenteena.

#### **DESORPTIO**

Rakennusaine luovuttaa kosteutta ympäristöönsä (kuivuminen). (Björkholtz 1997.)

#### **DIFFUUSIO**

Diffuusio on kaasumolekyylien liikettä, joka pyrkii tasoittamaan kaasuseoksessa olevia yksittäisen kaasun pitoisuuseroja. Diffuusiosta kaasu siirtyy korkeammasta pitoisuudesta alempaan pitoisuuteen. (Björkholtz 1997.)

#### **KASTEPISTE**

Kastepiste on lämpötila, jossa vesihöyryä sisältävän kaasun suhteellinen kosteus on 100 %. (Björkholtz 1997.)

## KONVEKTIO

Konvektiossa lämpö siirtyy kaasun tai nesteen virtauksen mukana. Luonnollinen konvektio syntyy esimerkiksi ulkoseinien lämmöneristeessä tai ikkunan ilmaraossa. Pystyrakenteessa oleva ilma lämpenee sisäpinnassa, jolloin tiheys pienenee ja pyrkii virtaamaan ylöspäin, sekä kylmemmän ulkopinnan puolella ilma jäähtyy ja virtaa alaspäin. (Björkholtz 1997.)

## SUHTEELLINEN KOSTEUS

Suhteellisella kosteudella [RH] tarkoitetaan ilmassa olevan kosteuden määrän suhdetta kyllästyskosteuteen. (Björkholtz 1997.)

### 1.4 CLT-elementtirakentamisen tuomat edut ja haasteet

CLT-elementeistä rakentaessa on sen tuomat edut ja haasteensa, samoin on myös betonirakentamisessa. Alla on lueteltu CLT-rakentamisen etuja sekä haasteita.

CLT-elementtirakentamisen edut:

- CLT eli ristiinliimattu puu antaa hyvät ominaisuudet jäykistykseen ja stabilisointiin. (Stora Enso 2014.)
- CLT on kevyt materiaali CLT levy painaa noin  $5\text{kN/m}^3$ , kun betoni noin  $24\text{kN/m}^3$  (Puuinfo 2011).
- CLT:n kosteuden aiheuttamat muutokset ovat melko pieniä, ristiinliimatun rakenteen ansiosta
- Keveyden ansiosta CLT elementeistä voidaan toteuttaa ns. tilaelementtejä
- CLT:tä pidetään ympäristöystävällisenä ja terveyttä edistävänä materiaalina
- CLT ei aiheuta ongelmakuormitusjätettä sitä purkaessa
- Tuotantovaiheessa on CLT-levyjä helppo muotoilla esim. jyrsimällä, joten CLT on arkkitehtonisesti todella hyvä materiaali rakentaa. (Stora Enso 2014.)

CLT-elementtirakentamisen haasteita:

- CLT rakentamisessa tulee helposti palomääräykset vastaan, jos halutaan jättää näkyviin puupintoja.
- CLT levyt saattavat halkeilla kovilla pakkasilla ja liian kuivassa ilmassa.
- Puun keveyden takia korkeiden rakennuksien (yli 8-kerroksisissa) voi rakenteen jäykistäminen olla vaikeaa käyttämättä ns. hybridirakennetta, jossa käytetään betonia jäykistämiseen.

- Puun kanssa täytyy aina olla kosteudenseurannassa ja torjunnassa erittäin tarkkana.

## **2 Kosteus rakenteissa ja rakennusmateriaaleissa**

### **2.1 Kosteusvaurioiden syyt rakentamisessa**

Yhä useammin rakennusalalla kiinnitetään huomiota rakennuksen terveyteen liittyviin vakaviin puutteisiin, kuten kosteus- tai homeongelmiin. Tämä on lisännyt kiinnostusta selvittää kosteusvaurioiden syyt.

Kosteusvaurioiden yleisimmät syyt ovat:

- suunnitteluvirheet ja riskialttiit ratkaisut
- rakennusvirheet
- kunnossapidon laiminlyöminen
- rakenteiden ja materiaalien tekninen vanheneminen
- lämpö ja vesieristevauriot. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2016.)
- Piittaamattomuus rakentamisen valvonnassa

### **2.2 Kosteusvaurioiden aiheuttamat haitat**

Kosteusvaurioiden haitat voidaan jakaa karkeasti kahteen eri kategoriaan terveydellisiin ja taloudellisiin haittoihin. Kosteusvaurioiden syntymiset voidaan jakaa neljään ryhmään. Kosteutta voi siirtyä rakenteisiin valumalla, kapilaarisesti ja vesihöyryn diffuusiona tai konvektiovirtauksina (Hengitysliitto 2016).

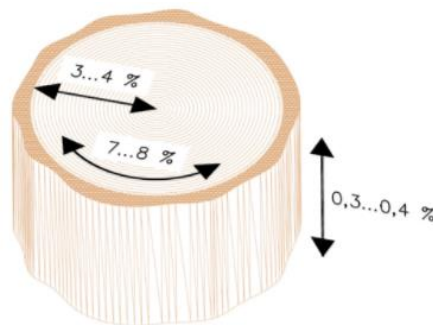
Terveydellisiä haittoja aiheuttavat kosteudet ovat yleensä ns. riskirakenteissa sijaitsevia piilovaurioita. Terveydellisellä haitalla tarkoitetaan asunnossa olevasta tekijästä tai olosuhteesta aiheutuvaa sairastumista tai sairauden oiretta. Yleensä kosteusvaurioista johtuvat sairaudet ovat hengitystieoireita, allergioita, yleisoireita tai infektoita. (sisäilmayhdistys ry 2016.)



Kosteusvauroissa voi syntyä suuriakin taloudellisia tappioita jo pienemmissäkin rakennuksissa. Yleensä kosteusvaurioiden syntyessä tai niiden löytyessä täytyy rakenteita purkaa, uusia sekä kuivattaa, jotta rakenne saadaan kuntoon. Vanhoissa rakennuksissa voi olla, että rakennus joudutaan kokonaan purkamaan kosteuden vuoksi, joka aiheuttaa mittavia purkukustannuksia sekä uuden rakennuksen rakennuskustannuksia. Nykypäivän rakentamisessa on aloitettu kiinnittämään enemmän huomiota suunnitteluvaiheessa, ettei riskirakenteita synny sekä ettei kosteus pääse aiheuttamaan piilovaurioita.

### 2.3 Puun kosteusominaisuudet

Puu elää sen kosteuspitoisuuden muuttuessa eli kutistuu kuivaessaan ja laajenee kostuessaan. Puu kosteuseläminen voi aiheuttaa rakenteissa painumisia ja mittapoikkeamia, sekä puun suuri kutistuminen voi aiheuttaa rakenteisiin halkeamia. Puu kutistuu (kuva 1) kuivattaessa täydestä kosteasta absoluuttisen kuivaksi tangentin suunnassa keskimäärin 8 %, säteen suunnassa noin 4 % ja syiden suunnassa vain 0,2 - 0,4 %. (Puuinfo Oy.)



Kuva 1. Puun kutistumisen muutokset sen kuivaessa. (Puuinfo Oy.)

## 2.4 Kosteudenhallintaa koskevat määräykset ja ohjeet

Kosteudenhallintaa ohjaavia määräyksiä ja ohjeita ovat tehneet useat tahot. Viranomaismääräyksiä kosteudenhallintaan on tehnyt mm. maankäyttö- ja rakennuslaki sekä suomen rakennusmääräyskokoelma. Erilaisia ohjeita löytyy mm. RATU-, RT-korteista sekä Suomen Rakennusinsinöörien Liiton tekemänä.

### Viranomaismääräyksiä

- Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/199 Maankäyttö- ja rakennusasetus 895/199
- Suomen rakentamismääräyskokoelma, A1. Rakentamisen valvonta ja tekninen tarkastus. Määräykset ja ohjeet. 2006.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma, A2. Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat. Määräykset ja ohjeet. 2002.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma, C2. Kosteus, määräykset ja ohjeet. 1998.
- Työterveyshuoltolaki 1384/2001 RatuTT 03-00975

### Ohjeita

- Ratu C2-0299, Rakennustyömaan aluesuunnittelu. Rakennustieto Oy. 2007.
- Ratu C8-0377, Talvityöt ja kustannukset. Suunnitteluohje. Rakennustieto Oy. 2010.
- Ratu S-1229, Rakennustyömaan projektisuunnitelma. Rakennustieto Oy. 2011
- Ratu S-1228, Rakentamisen tehtäväsuunnittelu. Ohje aliurakan ja työkaupan hallintaan. Rakennustieto Oy. 2010.
- Ratu S-1227, Työmaan toimitusten suunnittelu ja ohjaus. Rakennustieto Oy. 2010. Ratu S-1225, Pölyntorjunta rakennustyössä. Rakennustieto Oy. 2009.
- Ratu S-1221, Purkutöiden suunnittelu. Purkusuunnitelma ja purkutöiden tehtäväsuunnittelu. Rakennustieto Oy. 2009.
- Ratu 0415, Telinetyö. Menekit ja menetelmät. Rakennustieto Oy. 2013.
- Ratu 07-3022, Suojauskalusto. Sääsuojat, suojapeitteet, julkisivusuojat. Rakennustieto Oy. 1992.
- Ratu 07-3032, Rakenteiden lämmitys ja kuivaus. Rakennustieto Oy. 1996.
- Ratu 84-0386, Suojaus. Menekit ja menetelmät. Rakennustieto Oy. 2011.
- RIL 107-2012. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2012. 219 s.

- RIL 250-2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Suomen Raken- nusunsinöörien Liitto RIL ry. 2011. 243 s.

## 2.5 Kosteudenhallintasuunnitelma

Kosteudenhallintasuunnitelman tavoitteena on varmistaa, että rakennustyömaalla estetään rakenteiden ja materiaalien kastuminen rakentamisen aikana. Suunnitelmassa nimitetään työmaalle kosteudenhallinnasta vastaava henkilö, joka on vastuussa että työmaalla noudatetaan laadittuja suunnitelmia ja ohjeita. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2018a.)

Kosteudenhallintasuunnitelmaan kuuluvat osa-alueet

- yleistiedot hankkeesta
- hankkeen erityispiirteet ja erityisvaatimukset
- rakennuttajan tavoitetaso
- kosteusriskien arviointi ja tulokset
- ympäristöön liittyvät ja rakennustyön aikaiseen käyttöön liittyvät riskit
- ilmastolliset riskitekijät, vuodenaikojen aiheuttamat riskitekijät
- rakennuspaikan sijainti ja ilmansuunta
- työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelu
- hankkeen kesto ja aikataulu sekä kuivumisaika-arviot rakennekohtaisesti
- rakennustarvikkeiden varastointi ja suojausvaatimukset työmaalla, sekä kuljetuksen aikainen suojausvaatimus kosteudelta
- keskeneräisten ja valmiiden rakenteiden tai rakennusosien suojausvaatimukset
- suunnitteluvaiheeseen lähtötiedoiksi tarvittavat tutkimukset ja kartoitukset ja niiden sovittaminen hankeaikatauluun. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2018a.)

## 2.6 Sääsuojaus- ja talvirakentamissuunnitelma

Sääsuojaus- ja talvirakentamissuunnitelmaa käytetään nykyään lähes kaikissa julkisissa rakennuskohteissa, joiden rakennusaikana on riski, että rakenteet pääsevät altistumaan kosteudelle. Sääsuojaus- ja talvirakentamissuunnitelma tehdään varsinkin vaativiin puurakennuskohteisiin, joissa ollaan tarkkoja kosteudenhallinnassa. Se voi olla yksi osa ns. rakentamisen kuivaketjua.

Hukanhaudan päiväkodissa tehtiin sääsuojaus- ja talvirakennussuunnitelmat, joissa käsitellään mm. sääsuojauksien työmenetelmät, rakennuksen sääsuojaaminen ja materiaalien suojaamiset läpi. (Knift Pekka 2017b.)

### **3 Kosteudenhallinta menetelmät Hukanhaudan päiväkot**

#### **3.1 Työvaihesuunnittelu ja valvonta**

Hukanhaudan työmaalle K.Tervon vastaatyönjohtaja Pekka Knift laati kosteudenhallintasuunnitelman. Merkittävimmistä työvaiheista tehdään ns. työvaihesuunnitelma esim. CLT-elementtien asennustyöstä, jossa määritetään suojaukset työvaiheiden aikana. Ennen jokaista merkittävää työvaihetta pidetään ns. työvaiheen aloituspalaveri, jossa käydään työvaihesuunnitelma läpi työn toteuttajan kanssa. Työtä valvotaan malliasennuksin ja tarkastuksin ja niistä tehdään dokumentit, jotka tallennetaan BUILDERCOM-projektipankkiin.

Toteutuksessa kiinnitettiin huomiota oikeisiin työtapoihin ja menetelmiin sekä ohjeiden ja määräysten noudattamiseen. Kaikki käytetyt materiaalit valittiin tuoteperheittäin, jotta tuotteet sopisivat parhaiten yhteen. Tuoteperheitä käyttäessä noudatettiin valmistajan laatimia ohjeita.

Urakoitsijoiden oli valittava työmenetelmänsä siten, että rakenteiden altistuminen kosteudelle tai kastumiselle oli mahdollisimman pieni. Nostot sääsuojien sisään ja materiaalien ja tavaroiden siirtely oli yleisesti ajoitettava siten, että sisään siirrettävien materiaalien ja tavaroiden mukana ei kulkeudu vettä eikä lunta. Vedenkäyttöä vaativissa työvaiheissa, kuten timanttikorauksissa on käytettävä vedenkeräysastiaa tai veden kohdepoistoa, jotta veden tuloa sisään saadaan minimoitua.

Työvaiheiden vaativat sääsuojaukset poistetaan vasta sitten kun vastaavatyönjohtaja on todennut, että riskiä rakenteen kastumiseen ei ole enää olemassa. Sääsuojaukset on toteutettava sillä tavalla, että mahdollinen kosteus joka on päässyt rakenteeseen, pääsee myös kuivamaan pois.

Työmaalla valvottavia kohteita joiden kanssa täytyy olla erittäin tarkka

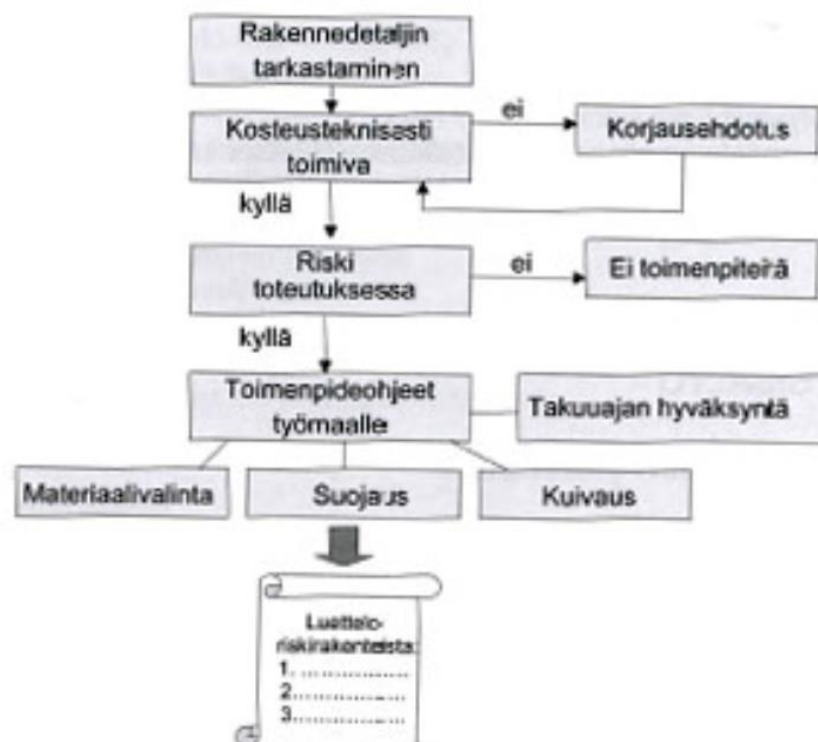
- salaojaputkien korkeudet, kaltevuudet, liitokset ja täyttömateriaali laatu

- alapohjan ja perusmuurien alustäytön materiaalit, kapilaarikatkot
- vedeneristysten kuivakalvon paksuus ja sen mittaus
- alapohjan lattialaatan riittävät kuivamisajat ja liikuntasaumojen tiiveys
- välipohjarakenteen riittävät kuivamisajat ja liikuntasaumojen tiiveys
- ontelolaattojen vedenpoistoreikien avaus ja puhtaanapito
- ulkoseinärakenteiden suojaus ja rakennusaikainen sateenpitävyys
- ikkuna- ja ovien asennus sekä pellitys
- vesikatteen läpiviennit ja ylös nostot. (Knift Pekka 2017a.)

### 3.2 Kosteusriskien kartoitus

Kosteusriskien kartoituksella kootaan luettelo rakenteista, materiaaleista ja tuotteista, joiden suunnitteluun tai toteutukseen työmaalla voi liittyä kosteusteknisiä ongelmia. Kun kosteustekniset ongelmat on kartoitettu, voi työnjohto kiinnittää erityistä huomiota näiden riskitekijöiden valvontaan ja toteutuksiin.

Riskien tunnistusmenetelmät (kuva 1) voivat toimia apuvälineinä, jotka auttavat kokemuksen rinnalla. Esimerkiksi alla olevaa kuvaa (kuva 1) voidaan käyttää riskien tunnistamiseen. Rakennustyömaan kosteusriskit voidaan kartoittaa mm. tarkastelemalla rakennekuvia, miettimällä rakennustapoja etukäteen. Riskien kartoituksessa on myös tärkeät tunnistaa mitkä ovat kosteusherkeit rakenteet. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2018d.)



Kuva 1. Kosteusriskien tarkastuslista. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2018d.)

Hukanhaudan päiväkodin keskeisempiä ennalta tunnistettavia riskejä:

- Salaojajärjestelmät
- sadevesijärjestelmät
- perustusten ja maanvarasten rakenteiden alus- ja vierustäyttöjen materiaalit ja niiden kerrospaksuudet.
- perustusten kapillaarikatkot
- perusmuurin vedeneristeet
- rakennuksen vaipan työaikainen ummistaminen ennen ikkunoiden ja ulko-ovien asennusta
- vedenpoisto ontelolaatoista
- välipohjapalkkien juotosvaluissa käytettävä betonilaatu ja valujen hidas kuivuminen.
- ovi ja ikkunarakenteiden asennus ulkoseiniin.
- ulkoseinäelementtien kastumisen estäminen kuljetuksen, varastoinnin ja asennuksen aikana.
- räystäspellityksen ja ikkunapellitykset
- yläpohjan höyrynsulkurakenteet
- yläpohjan tuuletusjärjestelyt ottaen huomioon palotekniset vaatimukset
- vesikaton rakenteet läpivienteineen ja ylös nostoineen
- betonilattioiden pinnoittaminen ja päällystäminen. (Knift Pekka 2017a.)

### **3.3 Materiaalien suojaus ja varastointi**

Työmaalle laaditussa kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetään materiaalien suojaus ja varastoinnin periaatteet. Aluesuunnitelmassa on esitetty, minne materiaalit varastoidaan ja suojataan. Materiaalien suojauksen tarkoituksena on estää materiaalin kastuminen, ulkonäöllisten tai laatuvirheiden aiheutuminen sekä terveystahaittoja aiheuttavan mikrobikasvuston syntyminen.

#### **3.3.1 Hukanhaudanpäiväkodin materiaalien suojaus ja varastointi**

Urakoitsijoiden on ajoitettava materiaalihankintansa siten, että materiaalien välivarastointiaika jää mahdollisimman lyhyeksi. Materiaalitoimitus on onnistunut kun kuormasta purettu materiaali, voidaan kuljettaa suoraan asennus kohteeseen ja asentaa paikoilleen, mutta enintään asennusviikon sisällä kuljetuksen saapumisesta.

Materiaalit on kuljetukseen suojattava siten, että ne eivät kuljetuksen aikana pääse kastumaan tai likaantumaan. Mikäli työmaalle tullut materiaali on kastunutta tai likaantunutta, sitä ei oteta vastaan vaan se palautetaan välittömästi tavarantoimittajalle. (Knift Pekka 2017a.)

### **3.4 Varastointi ulkona**

Kuljetuksen, varastoinnin ja asennuksen aikana materiaalit on suojattava siten, etteivät ne pääse kastumaan. Tarvittaessa järjestetään työmaa-alueelle sääsuojia varastotiloiksi.

Varastointia varten järjestetään tarvittava määrä kontteja, joihin herkästi vaurioituvat materiaalit voidaan välivarastoida. Herkästi kosteudesta vaurioituvat materiaalit, kuten esim. eristeet, puutavara, pintamateriaalit, ilmanvaihtokanavat ja –laitteet toimitetaan työmaalle vasta lähellä asennusajankohtaa. Herkästi kosteudesta vaurioituvat materiaalit pyritään välivarastoimaan sisätiloihin.

Materiaalit jotka varastoidaan ulos, varastoidaan kuormalavojen päälle tai muulle korokkeelle riittävästi irti maasta. Materiaalipakkausten täytyy olla ehjiä ja ne peitellään vähintään kevytpeittein. Kevytpeitteet on kiinnitettävä, jotta tuuli ei pääse repimään peitettä materiaalien päältä (kuva 2).

Varastoinnissa vaurioituneita, kastuneita tai likaantuneita materiaaleja ei saa käyttää rakentamisessa. (Knift Pekka 2017a.)



Kuva 2. Hukanhaudan päiväkodilla materiaalien varastointia ulkotiloissa.

### 3.5 Varastointi sisällä

Ennen kuin materiaalit kuljetetaan sisälle, puhdistetaan niistä lumi, vesi ja mahdollinen lika, jotta sisätilat pysyvät mahdollisimman kuivina ja siisteinä. Varastoitaessa materiaalien alle on laitettava kuormalavat tai vastaava korokkeet, jotta tavaroiden siirtely työmaalla on helppoa, sekä mahdollinen lattiasta nouseva kosteus pääsee helpommin kuivamaan (kuva 3).

Kaikki materiaalit pidetään omissa ehjissä tehdaspakkauksissaan asennukseen asti. Jos pakkaus avataan, eikä kaikkia pakkauksessa olevia materiaaleja käytetä kerralla, materiaalit täytyy suojata puhtaalla peitteellä seuraavaan asennuskertaan asti. Ilmanvaihto-osat siirretään avaamisen jälkeen puhtaaseen ilmanvaihto-osille merkittyyn suljettaviin kuljetus astioihin esim. isoihin jäteastioihin. (Knift Pekka 2017a.)





Kuva 3. Hukanhaudan päiväkodilla materiaalien varastointia sisätiloissa.

### 3.6 Elementti- ja rakennusosien suojaukset

#### 3.6.1 Elementtien suojaukset

CLT-elementit suojataan tehtaalta lähtiessä, niille tehtyihin suojahuppuihin (kuva 4). Elementtien toimitus työmaalle pyritään järjestämään siten, että mahdollinen välivarastointiaika jää mahdollisimman lyhyeksi. Jos elementtejä täytyy välivarastoida, täytyy ne varastoida korokkeiden päälle, ettei maasta pääse nousemaan elementin alalaitaan kosteutta.

CLT-elementtien asennus aloitetaan siten, että avataan elementtien suojahuput tarvittavilta sivuilta juuri ennen elementin asennusta. Pinta johon elementin alapää lasketaan on oltava kuiva ja ettei kosteus pääse sitä kautta nousemaan elementtiin. Kun elementti on saatu paikoilleen, pitää elementin suojahuppu liittää umpeen (kuva 5) tarvittavilta osin,

jotta kosteus ei pääse elementtiin. Jos asennuksessa tulee jokin ongelma ja elementti joudutaan laskemaan maahan, täytyy suojaukset teipata takaisin kiinni, ettei elementti pääse kastumaan.



Kuva 4. CLT elementtien tehtaalla valmiiksi asennetut suojaushuput.



Kuva 5. Onnistunut CLT elementtien suojaus ja liitoksien suojaus.

### 3.7 Sääsuojaustelulta

Sääsuojat ovat tilapäiseen käyttöön tehtyjä suojausrakenteita. Sääsuojat suojaavat työntekijät, rakennusmateriaalit ja työkohteen mm. sateelta, tuulelta, jäältä, lumelta, pakkaselta tai vaikka liialta auringonvalolta kesäisin. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2018b.)

Sääsuojien etuja ovat

- rakennuskohteen lyhyempi läpimenoaika
- vähemmän vaurioituneita rakennusmateriaalia
- pienempi lämmitys- ja kuivatustarve
- lumitöiden väheneminen talvisin
- pölynhallinta helpompaa esim. kaupunkikohteissa
- parantaa työskentelyolosuhteita ja tehokkuutta
- lisää työturvallisuutta. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2018b.)

Sääsuojien haittoja ovat

- nostojen hankaloituminen
- sääsuojien rakenteiden jäykistäminen tietyissä olosuhteissa esim. kovalla tuulella
- tiiveys saumakohdissa vaatii erityistä tarkkuutta sääsuojaa kasattaessa
- talviaikaan jään ja lumen poisto sääsuojan kattorakenteista
- sääsuoja sisällä kesäisin lämpötila voi kohota korkealle, jolloin on huolehdittava tarpeellisesta ilman vaihdosta
- pölyävissä töissä pitää varmistaa pölynpoisto sääsuojan sisältä ulos. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2018b.)

Hukanhaudan päiväkodissa käytetään ns. sääsuojausteltoja ennen varsinaisen vesikaton valmistautumista (kuva 6). Sääsuojausteltat toteutetaan rakennustelineeseen kiinnitetyistä rakennelmasta, joista tehdään pystyosat sekä katto. Sääsuojan päältä valuvien vesien poisto järjestetään hallitusti, siten että sääsuojiin tulevat vedet ohjautuvat riittävän kauas pois rakennuksen seinustoilta, ettei vesi pääse kastelemaan sokkeliä. Vedenpoistossa on huomioitava, ettei vesi ohjaudu varastoitavien materiaalien alle tai päälle.

Valmiin ja rakenteilla olevan vesikattoalueen rajalle rakennetaan vedeneristetty koroke, jonka tehtävänä on estää vedenpääsy valmiilta kattopinnalta sääsuojan sisään. Sääsuojauksen sisäpuolelle päässyt lumi tai vesi on poistettava välittömästi. Sääsuojan alla, tehdään vesikaton puurakenteelliset työt ja katon bitumikermityöt valmiiseen pintahuopaan saakka, jonka jälkeen sääsuoja voidaan poistaa/siirtää uuteen paikkaan.



Kuva 6. Hukanhaudan päiväkodin sääsuojausteltoa.

### 3.8 Kuivamisaika arviot

Rakennuksen tai rakenteen kuivamisaikaan vaikuttavat mm. materiaalit, rakenteen koostumus, lämpötila, kosteus, ja paksuus. Rakenteen kuivamiseen vaikuttaa myös se, kuinka moneen suuntaan rakenne pääsee kuivamaan (kuva 7) sekä rakenteen kuivumisolosuhteet. Kuivumisaika-arvio tehdään, jotta työmaan rakenteiden kuivumisaikoja voidaan huomioida työmaa-aikatauluissa, sekä rakenteiden pinnoittamisten ajankohtia voidaan arvioida.

Puu ja betoni ovat ns. hygroσκοoppisia materiaaleja. Materiaaleissa olevat ilmahuokosten suhteellinen kosteus pyrkii tasapainoon ilman suhteellisen kosteuden kanssa. Esikuivattu puutavara asettuu tasapainokosteuteensa noin parissa viikossa tuoreella tai kastuneella puutavaralla menee saavuttaa tasapainokosteus huomattavasti pidempään. Betoniraken-

teiden kuivuminen tasapainokosteuteen ympäristön kanssa kestää jopa vuosia, mutta betonirakenteiden ei tarvitse saavuttaa tasapainokosteuttaan rakennusaikana. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2018c.)

Kosteusherkillä materiaaleilla päällystettävien tai pinnoitettavien betonirakenteiden täytyy kuivua päällystemateriaalille annetun kriittisen kosteusrajan alapuolelle. Suurimmalle osalle lattiamateriaalista on annettu valmistajan oma kosteus raja, jonka jälkeen asentamisen voi aloittaa. Kosteusraja-arvoja on määritelty materiaalivalmistajien ohjeissa sekä esitetty julkaisuissa (SisäRYL 2000, by 45/BLY 7) ja ne ovat usein välillä 80–90 %, joissain muovimatoissa voi olla jopa 75 %. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2018c.)

Rakenteen kuivumiseen vaikuttavia tekijöitä

- koostumus
- paksuus
- materiaalit
- olosuhteet
- moneen suuntaan kuivuminen tapahtuu. (Rakenteiden kosteudenhallinta 2018c)



Kuva 7. Maanvastaisen laatan kuivuminen. (Kuva: Rakenteiden kosteudenhallinta 2018c)

## **4 Terveen rakenteen toteuttamisen kriteerit**

Terveen rakennuksen rakentaminen edellyttää ns. hyvää rakentamistapaa kaikissa rakennuksen rakentamisvaiheissa, alkaen suunnittelusta ja päättyen valmiin rakennuksen vastaanottoon.

### **4.1 Ammattitaidon merkitys**

Ammattitaidolla hyvässä rakennustavassa on suuri merkitys. Ammattitaito ja kokemus työmaalla niin rakennusmiehillä kuin työnjohdolla edistää työmaan läpivientiä sekä onnistumista. Terveen rakennuksen rakentaminen lähtee suunnittelupöydältä, jossa tarkastellaan rakennuksen rakenteet ja kuinka ne voidaan toteuttaa, siten että kosteusriskeiltä vältyttäisiin. Suunnitteluvaiheessa pitkälle mietityn aikataulun sekä kosteudenhallintasuunnitelman avulla voidaan rakennusaikana välttää virheiden syntymistä. Suunnittelussa on tärkeä käyttää suunnittelijaa tai suunnittelutoimistoa, jolla on hyvin hallussa rakennusfysiikka, jotta käyttöönoton jälkeen yllätyksiltä vältyttäisiin. Hyvällä työmaanjohdolla ja valvonnalla voidaan varmistaa rakennusprosessin mahdollisimman sujuva ja virheetön läpivienti. Laiminlyönnit suunnittelussa tai työmaalla, saattavat vasta paljastua vuosien kuluttua kosteus- ja homevaurioina. (Seppälä 2013.)

### **4.2 Rakentamisen ongelmia**

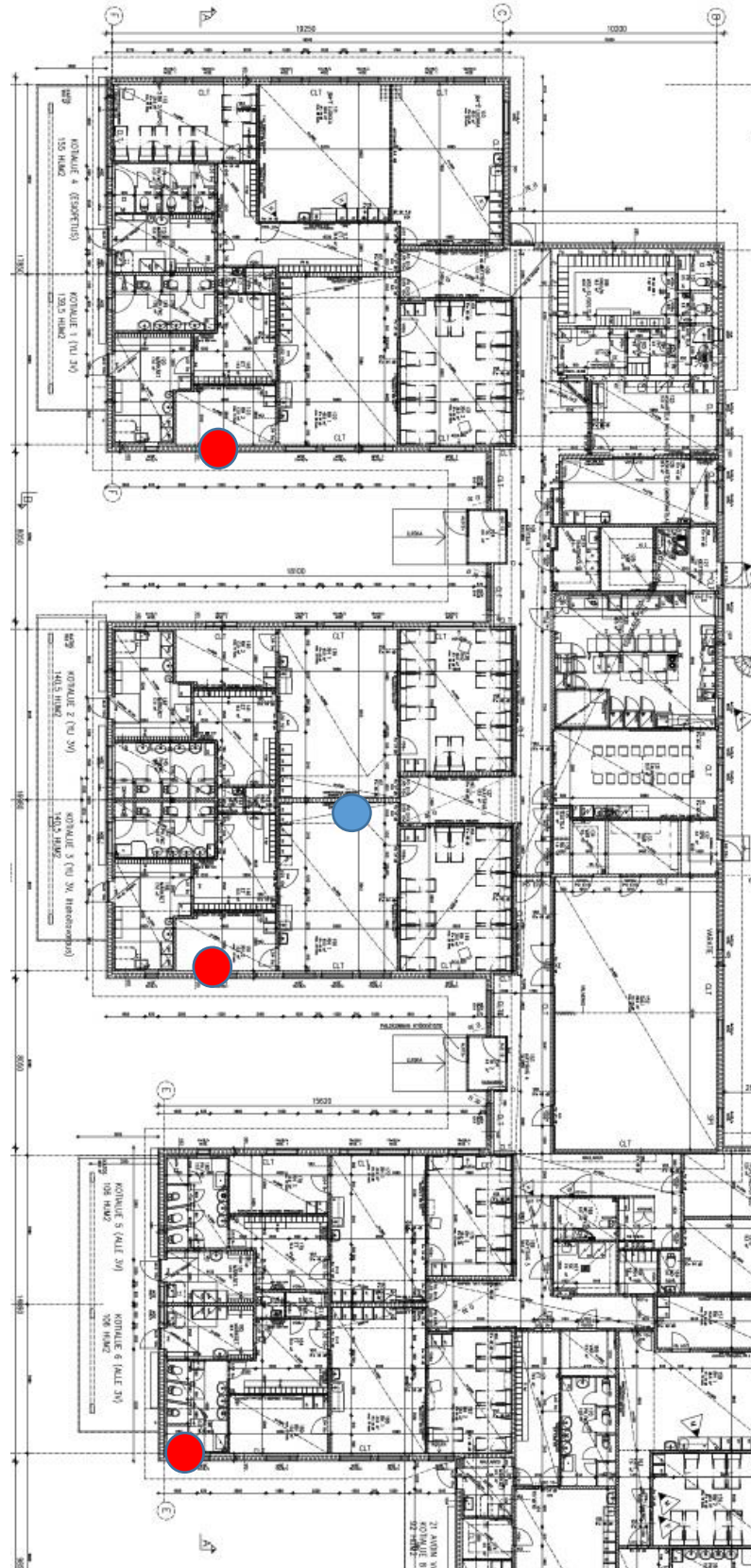
Nykypäivän rakentaminen on nopeutunut ja aikataulut siinä samassa kiristyneet, joka voi aiheuttaa rakentamisessa haasteita kuivamisaikojen kanssa. Kuivamisaikojen laiminlyöminen on nykyään houkuttelevaa, esimerkiksi jos rakennuksen valmistuminen näyttää myöhästyvän, silloin urakoitsijalle saattaisi tulla isojakin viivästyssakkoja maksettavaksi, joka toisi huomattavia lisäkustannuksia. Tästä ongelmasta päästäisiin, jos urakka neuvotteluissa tehtäisiin tilaajan kanssa yleisaikataulu, johon otetaan huomioon jo kuivamisajat sekä muut kosteudenhallintaan liittyvät viivästyksiset esim. sääsuojien käytöstä johtuvat. Rakentamisen täytyisi olla yhteistyötä tilaajan, suunnittelijoiden, pääurakoitsijan sekä aliorakoitsijoiden kesken. Toinen nykypäivän rakentamisen ongelma on myös urakoiden pilkkominen todella pieniin osiin, joka aiheuttaa työmaalla ongelmia työn valvonnassa.

## **5 Tulokset Hukanhaudan päiväkotii**

### **5.1 Mittapäiden asennukset ja mittaustulokset**

Ulkoseinien eri rakennekerroksiin asennettiin lämpötilaa ja kosteuksia mittaavia antureita (kuva 9). Antureita asennettiin rakennuksen kolmeen eri paikkaan. Kuvassa 8 olevassa pohjapiirroksessa on havainnollistettu sinisellä lähetin keskuksen paikka ja punaisella antureiden paikat rakennuksessa. Lähetin keskuksen paikka saattaa vaihdella työmaan toiminnan mukaan semmoiseen paikkaan, jossa se on suojassa.





Kuva 8. Hukanhaudan päiväkodin antureiden paikat merkattu punasilla pisteillä sekä ohjauksyksikön paikka sinisellä pisteellä (Kuva: Pauli Nuutinen 2017).

Hukanhaudan päiväkodissa käytetään eri rakennekerrosten kosteuden seurantaan etäluettavia antureita. Mittauslaitteet ovat Si-Tecno Oy:n SiMAP järjestelmä, joka koostuu kiinteistöön asennettavasta mittaus- ja ohjausjärjestelmästä (kuva 9).



Kuva 9. SiMAP-järjestelmä sisältää lähettimen sekä mitta-anturit (Kuva: SiMAP Oy 2017).

Järjestelmään kuuluu SiMAP salkku (kuva 10) joka sisältää virtalähteen paikat 16 anturille, GSM-antennin tiedon välittämistä varten sekä kontrollerin, joka vastaanottaa langattomien anturien radioteitse lähettämät mittaustiedot. Se myös välittää mittatiedot edelleen GPRS-modeemiyhteyden kautta palvelimelle tulosten tallennusta ja analysointia varten. Salkun kontrolleri voi vastaanottaa ja edelleen välittää mittaustiedot enintään 64 anturilta. (SiMAP Oy 2017

.)



Kuva 10. SiMAP salkku Hukanhaudan päiväkodilla liitettynä virtalähteeseen.

Useimmat SiMAP anturit toimivat paristoilla. Anturipariston laskennallinen käyttöikä on 5 vuotta. Hukanhaudan päiväkodilla käytettiin HUM kosteusantureita, jotka mittaavat sisätilan lämpötilaa sekä suhteellista kosteutta. Eri rakennekerrosten mittaamiseen käytettiin ExtHUM rakennekosteusanturia (kuva 11) joka mittaa lämpötilaa sekä suhteellista kosteutta. (SiMAP Oy 2012.)

HUM – kosteusanturissa on aukko josta se mittaa rakennuksen sisätilan lämpöä ja suhteellista kosteutta. Anturin asennuksessa huomioitava, ettei anturin aukkoa peitetä millään sitä kiinnittäessä. (SiMAP Oy 2012.)

ExtHUM – rakennekosteusantureissa on sensoripää, joka asennetaan rakenteen sisälle. Mitattavaan rakenteeseen täytyy porata reikä, josta sensoripää asennetaan sisälle, porauksen jälkeen reikä tiivistetään esim. sinitarralla tai elastisella massalla. (SiMAP Oy 2012.)



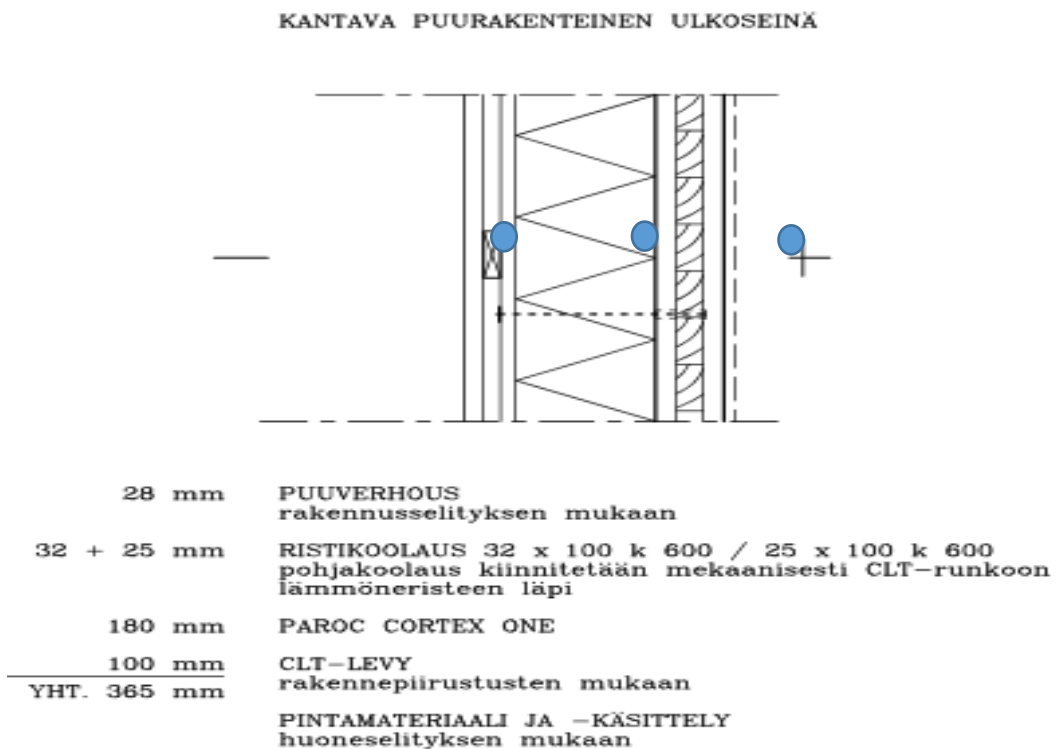
Kuva 10. hukanhaudan päiväkodin kolmannessa lohossa olevat SiMAP anturit.

Anturit tuottavat tietoja kaikille, jotka ovat kiinnostuneet kiinteistön kunnosta ja toiminnasta. Tavoite on automatisoida toiminnot mahdollisimman tehokkaasti ja tuottaa vain poikkeamista tiedot ylläpidolle tai huollolle, jotta poikkeuksellisiin tilanteisiin keretään reagoimaan nopeasti. Kattava tieto auttaa ylläpitämään ja kehittämään kiinteistöä toivottulla tavalla. (SiMAP Oy 2012.)

Hukanhaudan päiväkodin mittapäiden asennus tasot eli ns. layerit normaalissa ulkoseinä rakenteissa ovat (kuva 10): huoneilma, CLT-levyn ulkopinta / eritilan sisäpinta, ilmaraako/ulkoverhouksen takapinta.

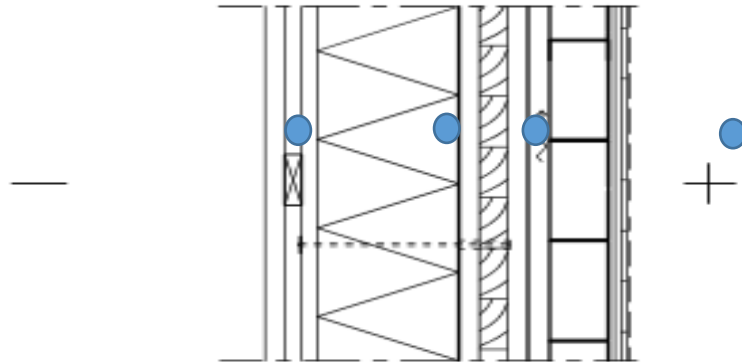
Layerit kosteantilan ulkoseinä rakenteissa ovat (kuva 11): huoneilma, CLT-levyn sisäpinta / tiilimuurauksen ulkopinta, CLT-levyn ulkopinta / eritilan sisäpinta, ilmarako/ulkoverhouksen takapinta.

Hukanhaudan päiväkodin ulkoseinä rakenteet joissa käytetty CLT-elementtejä



Kuva 10. Kantava puurakenteinen ulkoseinä normaalitilanne Hukanhaudan päiväkoti, sisällä merkattu antureiden paikat rakenteessa. (Kuva: Pauli Nuutinen 2017.)

KANTAVA PUURAKENTEINEN ULKOSEINÄ  
MÄRKIEN TILOJEN KOHDALLA



28 mm	PUUVERHOUS rakennusselityksen mukaan
32 + 25 mm	RISTIKOOLAUS 32 x 100 k 600 / 25 x 100 k 600 pohjakoolaus kiinnitetään mekaanisesti CLT-runkoon lämmöneristeen läpi
180 mm	PAROC CORTEX ONE
100 mm	CLT-LEVY rakennepiirustusten mukaan
20 mm	TYÖVARA / TUULETUSVÄLI
85 mm	KH-VÄLISEINÄHARKKO 300 x 85 x 198 liimaamalla valmistajan ohjeiden mukaan
n. 5 mm	TASOITE  VEDENERISTYS noudatetaan Suomen Rakentamismääräyskokoelman C2 "Kosteus" määräyksiä ja ohjeita  KIINNITYSLAASTI laattavalmistajan ohjeiden mukaan  SEINÄLAATAT huoneselityksen mukaan

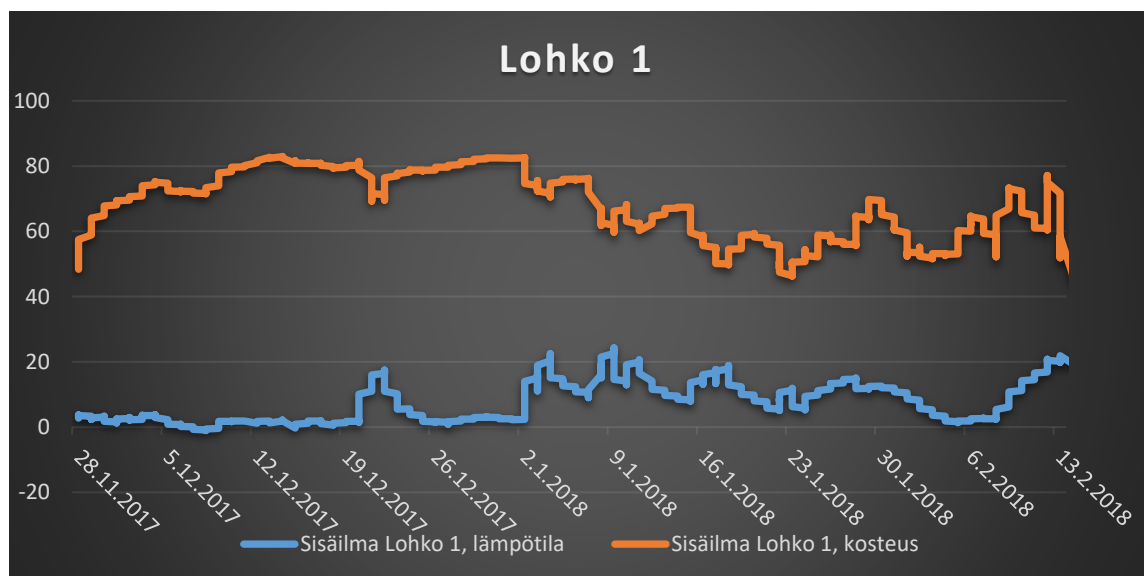
Kuva 11. Kantava puurakenteinen ulkoseinä märkätilankohdalta Hukanhaudan päiväkotii, vihreillä merkattu antureiden paikat rakenteessa. (Kuva: Pauli Nuutinen 2017.)

## 5.2 Mittapäiden tuloksien analysointi

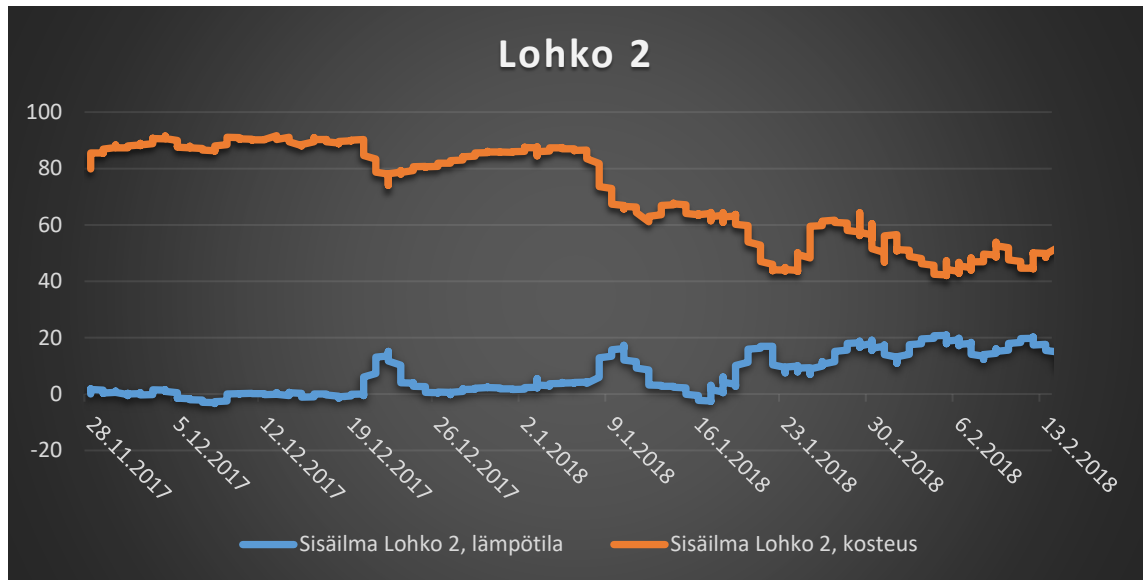
Lohkojen lämpötila kuvaajista voidaan huomata, että rakennusta lämmitettiin jaksoittain. Lämmittimet mitä käytettiin Hukanhaudan päiväkodissa, olivat vesikiertoisia kaukolämpöverkkoon kytkettäviä ns. kiertovesilämmittimiä. Jokainen lohko oli varustettu yhdellä kiertovesilämmittimellä, joka lämmitti omaa lohkoaan. Lämmittimet olivat mitoitettu liian suuriksi, joten niiden käyttöä oli pakko jaksottaa, ettei CLT-elementit kuivaisi liian nopeasti, jolloin syntyisi turhaa halkeilua.

Suurimmat lämpötilanousut ja ongelmat tulivat kolmatta lohkoa lämmittäessä, jonka tilavuus oli pienempi kuin ensimmäisen (kuvio 1) sekä toisen (kuvio 2). Kolmannen lohkon lämpötila ja kosteus kuvaajista voidaan huomata (kuvio 3), että lämmityksen aloittaessa kosteus tippui nopeasti ja aiheutti kolmannen lohkon CLT-elementteihin hieman halkeamia. Työmaalle olisi riittänyt pienemmät lämmittimet, joilla olisi voinut lämmittää lohkoja tasaisemmin, jolloin kosteuden käyttäytyminen olisi ollut tasaisempaa. CLT-elementit olisivat kuivaneet tasaisemmin ja halkeilulta olisi todennäköisesti vältytty.

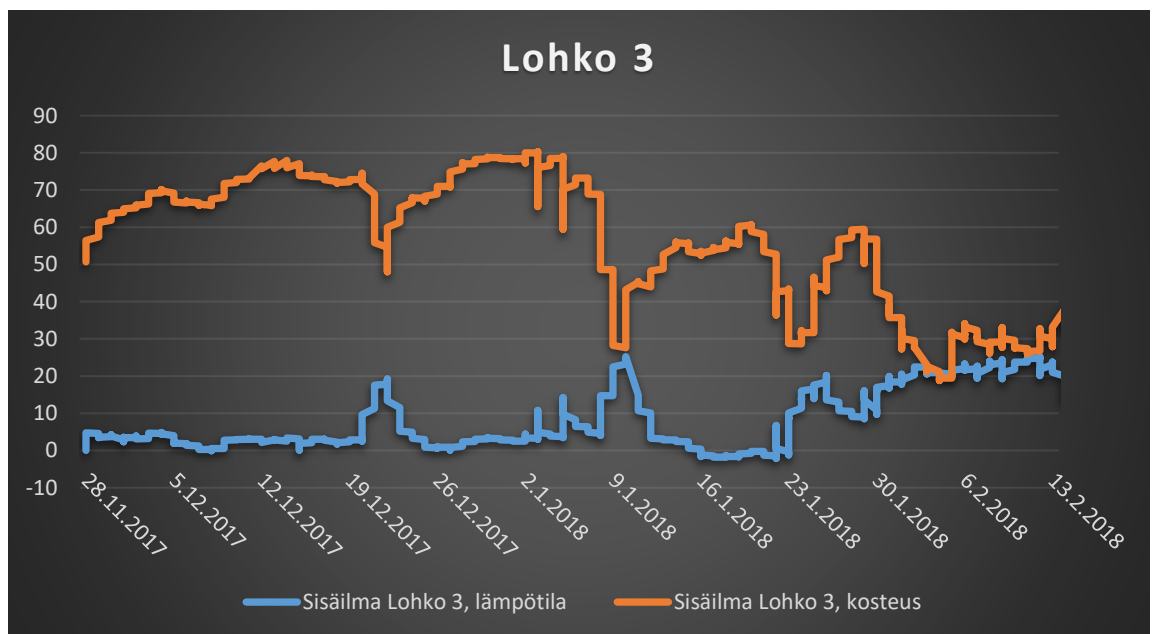
Mittapäiden mittaustuloksia, rakennuksen sisälämpötila ja kosteus eri lohkoissa:



Kuvio 1. Hukanhaudan päiväkodin lohko 1 lämpötilat ja kosteudet ajalta 28.11.17-13.02.18.



Kuvio 2. Hukanhaudan päiväkodin lohko 2 lämpötilat ja kosteudet ajalta 28.11.17-13.02.18.



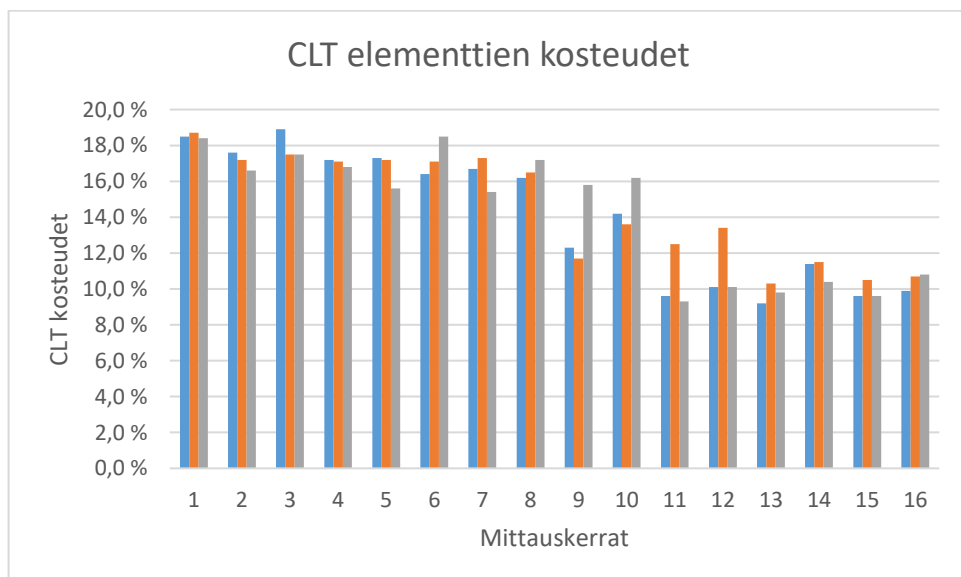
Kuvio 3. Hukanhaudan päiväkodin lohko 3 lämpötilat ja kosteudet ajalta 28.11.17-13.02.18.



### 5.3 Rakenteiden kosteuksien mittaus ja tarkkailu

Puun rakennekosteusmittaukset tehdään yleensä pinta- tai piikkimittarilla. Mittaustyöhön pitää käyttää kalibroituja mittalaitteita sekä mittaustyössä tulee olla huolellinen. Mittaajalla täytyy olla riittävät tiedot mittalaitteen toiminnasta, mittaustuloksiin vaikuttavista tekijöistä ja mitattavan rakenteen tai materiaalin toimivuudesta ja ominaisuuksien vaikutuksesta sen mittaukseen. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2018e.)

Hukanhaudan päiväkodilla CLT-elementtien kosteuksia seurattiin pintakosteusmittarilla (kuvio 4) pintamittaamalla eri lohkoissa työmaan rakennusaikana. Tässä työssä tarkasteltiin CLT-elementtien kosteuksia niiden asennuksesta rakennuksen lämmitykseen saakka. Alla olevassa taulukossa on esitetty mittaustuloksia, joita on otettu pintakosteusmittareilla lohkojen CLT-elementti pinnoilta.



Kuvaaja 4. Hukanhaudan päiväkodin CLT-elementtien mitattuja kosteuksia pintakosteusmittarilla. Sininen väri = 1. lohko, oranssi väri = 2. lohko ja harmaa väri = 3. lohko

Taulukosta voidaan nähdä CLT-elementtien kuivamista eri lohkoissa. Ensimmäisen ker-  
ran lohkoja aloitettiin lämmittämään joulukuun 2017 lopussa. Ensimmäisenä lohkoja  
lämmitettiin vain työpäivän aikana miedolla lämmöllä, jotta mahdolliset rakenteeseen  
syntyvät tai päässeet kosteudet voidaan havaita ajoissa. Myös nopea CLT-elementin kui-  
vaminen aiheutti rakenteeseen halkeamia sekä pihkavalumia, jotka ovat kosmeettinen  
haitta niissä seinissä joihin puupinnat jäävät näkyville (kuva 13).

Tammikuussa lohkon kolme lämmitystä nostettiin liian nopeasti, mikä aiheutti rankara-  
kenteiseen ulkoseinään kastepisteen eristeen ja tuulensuojalevyn väliin (kuva 12). Rakene-  
teesta jouduttiin purkamaan eristyksen ja kuivattamaan rakenne.

Kolmannessa lohkossa havaittiin myös enemmän halkeamia sekä pihkavalumia liiallisen  
lämmityksen noston takia (kuva 13). Muuten rakennuksessa olevat CLT-elementit ovat  
säilyneet todella hyväkuntoisina ja halkeilua sekä pihkavalumia oli syntynyt vähän.



Kuva 12. Hukanhaudan päiväkodin kastunut rankarakenteinen seinä, villat purettu seinästä ja kuivatus käynnissä.



Kuva 13. CLT-elementin pihkavaluma.

Rakenteiden kosteuksien mittaamenetelmiä:

**Pintakosteusmittari** (kuva 15)

Pintakosteusmittarilla mitata materiaalin arvioitua kosteutta pintaa rikkomatta. Mittarin toiminta perustuu materiaalin sähkönjohtavuuteen. Mittauksia tehtäessä pintakosteusmittarilla tulokset ovat suuntaa-antavia. Mittarin tulokset voivat osoittaa kuivempia tai kosteampia arvoja, mitä materiaalit todellisuudessa ovat. Pintakosteusmittarilla suoritettavat mittaukset täytyy vielä varmistamaan mittaustavoilla, mitkä eivät ole yhtä häiriöherkkiä. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2018e.)

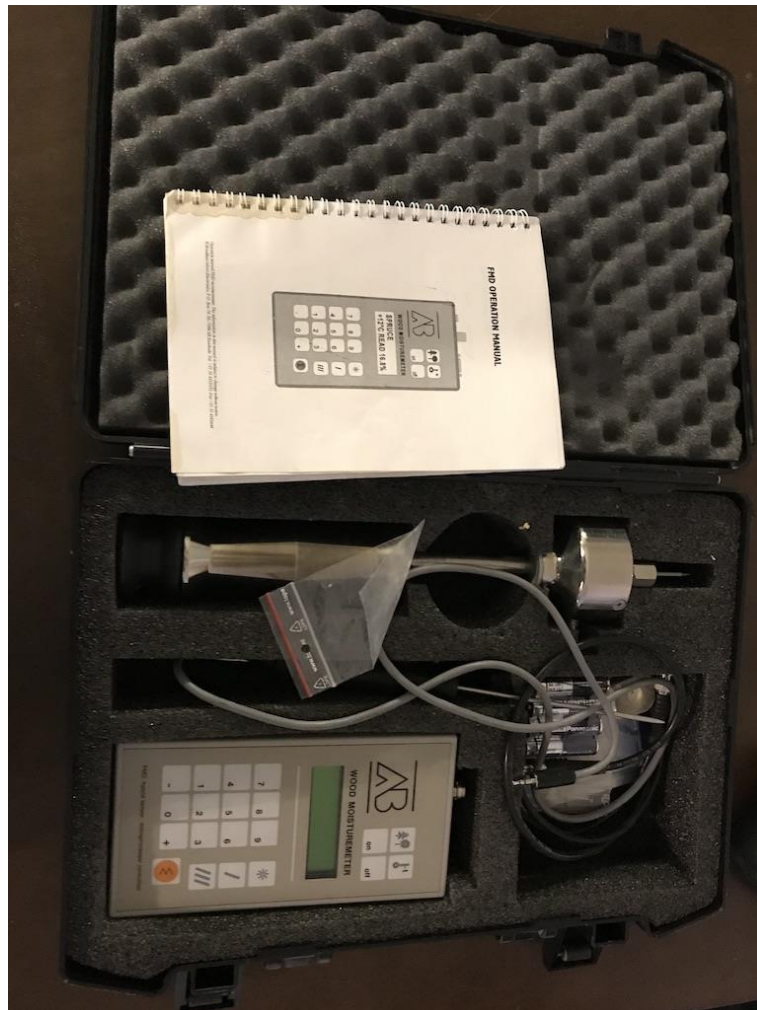


Kuva 14. Pintakosteusmittari jolla mitattiin CLT elementtien kosteuksia hukanhaudan päiväkodilla.

### Piikkimittari (kuva 15)

Piikkimittari menetelmä missä kosteusmittaus perustuu kahden puuhun lyötävän metalli-piikin välisen konduktanssin mittaamiseen. Piikkimittari antaa tuloksen yleensä painoprosentteina.

Piikkimittaus menetelmää voidaan pitää suhteellisen luotettavana mitattaessa. Puu on homogeenisempi materiaali esimerkiksi betoni, jolloin sen sähkövastuksen ja kosteuden välinen yhteys on helpompi määrittää. Mittaus on tehtävä niin, että piikit ovat mitattavan puun syyn suunnassa. Kaikki sähkönjohtavuuteen vaikuttavat tekijät, kuten esimerkiksi suolat, kemikaalit ja metallit, vääristää tulosta. (Rakennustieto 2016.)



Kuva 15. Piikkimittari jota voidaan käyttää puun kosteuksien mittaamiseen.

### **Kuivatus-punnitusmenetelmä**

Kohteesta otettu häiriintymätön materiaalinäyte punnitaan. Punnituksen jälkeen materiaalinäyte kuivataan, jonka jälkeen punnitaan uudelleen. Materiaalin absoluuttinen kosteuspitoisuus saadaan punnitustulosten erotuksena. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2018e.)

## **5.4 Kosteusmittaussuunnitelma**

Oleellinen osa kosteusmittauksia on kosteusmittausten suunnittelu osana kosteudenhallintasuunnitelmaa. Kosteusmittaussuunnitelmassa määritellään mm. seuraavat asiat

- kohteessa tehtävät mittaukset
- mittausmenetelmä ja käytetty kalusto
- mittauslaitteiden kalibrointi
- henkilösertifioitu kosteusmittaaja, jolla riittävästi kokemusta kosteuksien mittaamisesta
- mittausten aikataulu, laajuus ja missä tarvittavat mittauspisteet sijaitsevat. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2018e.)

Kosteusmittaussuunnitelman tekee kosteudenhallinnasta vastaava henkilö, vastaava työnjohtaja tai erillinen asiantuntija esim. sama henkilösertifioitu kosteusmittaaja, joka suorittaa kosteusmittauksetkin. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2018e.)

### **5.4.1 Kosteusmittaussuunnitelma Hukanhaudan päiväkot**

Hukanhaudan päiväkodissa kosteusmittaaja laatii yhdessä vastaavan työnjohtajan kanssa kosteusmittaussuunnitelman, joka hyväksytetään tilaajalla ja valvojalla. Kosteuden mitaajalla täytyy olla voimassa oleva sertifikaatti kosteusmittausten tekemiseen. Mittaussuunnitelmassa esitetään mittauspisteiden alustava sijainti pohjapiirustuksiin merkittynä, mittaussyvytydet sekä mittausajankohdat. (Knift Pekka 2017a.)

#### **5.4.2 Mittaustavat ja mittauskohdat**

Kosteudenhallintaan ja kosteusmittauksien mittaustapoja ovat sisäilman lämpötilamittaukset, kosteusmittaukset sekä rakennekosteusmittaukset. Työmaan sisäilman lämpötila- ja kosteusmittaustuloksien perusteella voidaan arvioida mahdollista sisälämpötilan nostamista tai laskemisesta. Mittaukset tukevat myös päätöksiä siitä, että tulisiko ilmanvaihtoa tehostaa tai vähentää sekä mahdollisesti ottaa ilmankuivaajia tai ilmankostuttimia käyttöön. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2018e.)

Kosteusmittaukset tehdään kohdista, joihin oletetaan että kosteutta on kertynyt eniten. Kun on tieto siitä mihin kosteutta on oletettavasti kertynyt eniten ja kosteus ko. kohdasta on kuivanut, voidaan varmistua siitä että myös rakenteen muut kohdat ovat kuivat. Oikeiden mittauskohtien valinta tuo lisävarmuutta kosteusmittausten tuloksiin sekä parantaa rakentamisen laatua. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2018e.)

Hukanhaudan päiväkodissa mitattavia kohteita ovat maanvarainen teräsbetonilaatta sekä CLT-elementit ja kosteiden tilojen seinät. CLT-elementtien kosteuksia seurataan viikoittain pintamittareilla, ennen kuin ne pinnoitetaan. Maanvaraisesta laatasta mittauksia otetaan yhteensä, kuivista tiloista vähintään 5 kappaletta ja märkätiloista vähintään 3 kappaletta. Kosteusmittauksista tehdään pöytäkirjat ja tallennetaan buildercom projektipankkiin.

#### **5.5 Kosteudenhallinnan dokumentointi**

Kosteudenhallinnan yksi tärkeimpiä dokumentteja on mittauksista saatavat mittausraportit. Mittausraportit täytyy säilyttää esim. kosteudenhallintasuunnitelman yhteydessä. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2018f.)

Mittaustulokset on esitettävä siten, että raportin lukija ymmärtää, millä menetelmällä, mistä rakenteesta, miltä syvyydeltä ja milloin mittaus tai mittaukset ovat suoritettu. Raportissa täytyy myös ilmetä mittauksen aikana vallinneet olosuhteet. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2018f.)



Mittausraportin tulee sisältää vähintään seuraavat tiedot

- mittauskohdetiedot
- mittaajan yhteystiedot
- kohteen kuvauksen, sisä- ja ulkoilman lämpötila ja suhteellinen kosteus
- piirroksen tai valokuvia mittauskohdista, joilla mittausten suorituskohta on jäljitettävissä myöhemminkin.
- käytetyt mittalaitteet
- menetelmäkuvaus mittauksesta, mittaussyvyudet
- mittaustulokset
- mittaustarkastelu
- tulosten tulkinta johtopäätökset. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2018f.)

Hukanhaudan työmaalla havaitut rakenteiden mahdolliset kastumiset dokumentoidaan aina kirjallisesti sekä valokuvin. Kastuneet alueet merkataan pohjapiirustuksiin laajuuksineen ja havaintopäivämäärineen.

Raporttiin kirjataan tilatunnus/moduuli tai muu tunnistus, jotta alue on todennettavissa jälkikäteen, vahingon laajuus neliömetrein, arvio veden määrästä, tapahtuman syyn kuvaus ja korjaus toimenpiteet.

Mikäli kastunut alue on laaja tai rakenne kastuu sellaisessa työvaiheessa, että kastuneella alueella on kosteudelle alttiita rakenteita, teetetään alueella kosteuskartoitus. Raportit tallennetaan buildercom projektipankkiin ja toimitetaan välittömästi kohteen valvojalle sekä tilaajalle.

Tällaisessa tapauksessa korjaus toimenpiteet suunnitellaan yhteistyössä valvojan ja kosteusmittaajan kanssa. Korjaustoimenpiteet dokumentoidaan valokuvin sekä muistiolla, jossa liitteenä kuivumisen osoittavat kosteusmittaustulokset. (Knift Pekka 2017a)

## **6 Johtopäätökset**

### **6.1 Hukanhaudanpäiväkodin kosteudenhallinnan onnistuminen**

Seuraavissa hankkeissa, joissa käytetään CLT-elementtejä täytyy uudelleen miettiä lämmityslaitteiden tarve ja suuruudet, tästä kohteesta saadaan alustavaa tietoa lämmittimien jaksottamisesta, sekä lämmittäminen täytyy aloittaa lämpötilaa hiljalleen nostaen. Nyt lämmitys laitteet olivat liian tehokkaita lämmitettävään tilavuuteen nähden, joka aiheutti liian nopeaa kuivamista eikä kuivamista ei voitu hallita kuin jaksottamalla lämmittimien käyttöä.

Lämmityslaitteet voisi olla mietittynä jo kosteudenhallintasuunnitelmassa ja kirjattuna siihen erillinen kohta työmaanlämmitys. Työmaan lämmityksen suunnittelussa ja kartoituksessa, voisi toimia vastaavan mestarin kaverina jonkin lämmityspalveluja ja suunnitelmia tekevän yrityksen asiantuntia, jolla olisi kokemusta vastaavanlaisen hankkeen rakennusaikaisesta lämmittämisestä.

Kokonaisuudessaan Hukanhaudan päiväkodilla onnistui kosteudenhallinta mielestäni hyvin rakennusvaiheen aloittamisesta sen lämmitykseen saakka. Materiaalit olivat hyvin suojattuina ja sääsuojat takasivat, ettei sisätilat päässeet kastumaan missään rakentamisen vaiheessa.

### **6.2 SiMAP anturit**

Jatkoa ajatelle Hukanhaudan päiväkotiin jätettiin SiMAP anturit. Ne jätettiin mittaamaan käytön aikaisia lämpötiloja ja kosteuksia. Antureilla voidaan analysoida rakenteiden käyttäytymistä eri vuodenaikojen perusteella esimerkiksi yhden vuoden käytön aikana. Voidaan myös tutkia sitä, kun päiväkoti otetaan jokapäiväiseen käyttöön, kuinka se lisää kosteuden tuottoa rakennuksen sisällä sekä myös rakennekerroksissa.

Rakennuksen aikana anturit keräsivät tärkeää tietoa pääurakoitsijalle, tilaajalle sekä Karelial-ammattikorkeakoululle. Pääurakoitsija pystyi heti reagoimaan lämmityksien pienentämisiin, kun antureista saadun tiedon perusteella havaittiin, että kosteus lohkossa alkaa laskemaan liian nopeasti. Tämä oli yksi syy, minkä takia CLT-elementtien halkeilu Hukanhaudan päiväkodissa jäi vähäiseksi.

## 7 Pohdinta

Puu on joka vuosi kasvattanut asemaansa rakentamismateriaalina kerrostalo- sekä julkisissa kohteissa. Puun hyödyt suurissakin rakennushankkeissa ovat tulleet esille vasta kun sitä on uskallettu ruveta käyttämään rakentamisessa.

Hukanhaudan päiväkodin kosteudenhallintaan, oli selvästi haluttu panostaa ja se sujui rakentamisen aloittamisesta sen lämmitykseen saakka hyvin. Rakentaessa sattui muutama pieni virhearvio lämmityksen osalta, mutta isoilta vaurioilta säästyttiin, saimme myös siitä hyvää oppia seuraavia kohteita silmällä pitäen. Työstä saatiin myös tärkeää tietoa CLT-elementtien kosteuskäyttäytymisestä sekä kuinka sisätilan lämmitys on aloitettava.

Seuraaviin CLT-elementti rakennuksiin saadaan alustavaa tietoa siitä, kuinka suurilla lämmittimillä lohkot saadaan lämpimiksi ja rakenteiden kuivaminen alkamaan, ettei ylimääräitä halkeilua tapahtuisi. CLT-elementtien suojaukset onnistuivat hyvin aina kuljetuksista, elementtien asennuksiin saakka jolloin elementtien turhilta kastumisilta vältyttiin. Toimivat sääsuojat ennen lopullista vesikattoa varmistivat, ettei sisätiloihin tai ulkoseinärakenteisiin päässyt kosteutta ennen lopullista päällysrakennekerrosta.

## Lähteet

- Björkholtz, D. 1997. Lämpö ja kosteus. Rakennusfysiikka. Rakennustieto Oy. Helsinki.
- Pesonen, R & Karnaattu, R. 2012. Piilevien kosteusvaurioiden aiheuttamat haitat. Itä-Suomen yliopisto. <http://www.hometalkoot.fi/file/15824.pdf>. 15.4.2018.
- Knift Pekka. 2017a. Hukanhaudan päiväkodin kosteudenhallintasuunnitelma. Joensuun kaupunki Tilakeskus buildercom projektipankki.
- Knift Pekka. 2017b. sääsuojaus ja talvirakentamisen suunnitelma. Joensuun kaupunki Tilakeskus buildercom projektipankki.
- Puunfo Oy. 2018. Kosteusteknisiä ominaisuuksia. Puunfo Oy.  
<https://www.puunfo.fi/puutieto/puu-materiaalina/kosteusteknisiä-ominaisuuksia>. 15.04.2018
- Merikallio, T. 2016. Kosteusmittaus. Rakennustieto Oy. Helsinki.  
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK00s740.pdf>. 29.04.2018
- Raketamisen kosteudenhallinta. 2018a. Kosteudenhallintasuunnitelma. Rakentamisen kosteudenhallinta <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/kosteudenhallintasuunnitelma>. 13.1.2018.
- Raketamisen kosteudenhallinta. 2018b. Sääsuojat. Rakentamisen kosteudenhallinta.  
<http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/suojaus/161-saeaesuojauskalusto/saeesuojat>. 13.1.2018.
- Raketamisen kosteudenhallinta. 2018c. Rakenteiden kuivamisaika-arvioiden laatiminen. Rakentamisen kosteudenhallinta. <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/kuivatus/rakenteiden-kuivumisaika-arvion-laatiminen>. 14.1.2018.
- Raketamisen kosteudenhallinta. 2018d. Riskien kartoitus. Rakentamisen kosteudenhallinta. <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/riskit/riskien-kartoitus>. 16.2.2018.
- Raketamisen kosteudenhallinta. 2018e. kosteusmittaukset. Rakentamisen kosteudenhallinta <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisvaihe/kosteusmittaukset>. 14.1.2018.
- Raketamisen kosteudenhallinta. 2018f. Kosteudenhallinnan dokumentointi. Rakentamisen kosteudenhallinta. <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisvaihe/kosteudenhallinnan-dokumentointi>. 16.2.2018.
- SiMAP Oy. 2018. SiMAP järjestelmät. SiMAP Oy  
<http://simap.fi/simap-jarjestelmat/>. 07.03.2018.

SiMAP Oy. 2012. SiMAP mittaus. SiMAP Oy.

<http://simap.fi/wp-content/uploads/2016/08/Lyhyt-SiMAP-mittauksen-ohje-.pdf>. 07.03.2018.

Sisäilmayhdistys ry. 2008. Mikrobin terveyshaitat. Sisäilmayhdistys ry.

<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Terveysvaikutukset/Mikrobin-terveyshaitat>. 15.4.2018.

Seppälä, P. 2013. Rakentamisprosessin kosteudenhallinta. Oulun yhdyskunta- ja ympäristöpalvelut rakennusvalvonta. <http://www.rescaoulu.fi/wp-content/uploads/Rakentamisprosessin-kosteudenhallinta-Pekka-Sepp%C3%A4l%C3%A4-11.11.2013.pdf>. 15.01.2018

Stora Enso Oyj. 2013. CLT:n edut. Stora Enso Oyj.

<http://www.clt.info/fi/tuote/clt-massiivipuorakentaminen/cltn-edut/>. 05.02.2018

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. 2016. Miten kosteusvaurio syntyy?. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. <https://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/sisailma/hometalo-ja-kosteusvaurio/miten-kosteusvaurio-syntyy-miten-kosteusvaurio-syntyy>. 11.01.2018

Ympäristöministeriö. 2016. Puurakentamisen toimenpideohjelma. Ympäristöministeriö

<http://www.ymparisto.fi/puurakentaminen>. 06.03.2018