

CLT-koetalon lämpö- ja kosteusteknisen toiminnan analysointiraportti Q2/2014



**CLT-koetalon lämpö- ja kosteusteknisen toiminnan
analysointiraportti Q2/2014**

Juha Autioniemi • Valteri Pirttinen • Mikko Vatanen

CLT-koetalon lämpö- ja kosteusteknisen toiminnan analysointiraportti Q2/2014

Sarja B. Raportit ja selvitykset 20/2014

© Lapin ammattikorkeakoulu ja tekijät

ISBN 978-952-316-043-9 (pdf)
ISSN 2342-2491 (verkkojulkaisu)

Lapin ammattikorkeakoulun julkaisuja
Sarja B. Raportit ja selvitykset 20/2014

Rahoittajat: Lapin Liitto, Kemin Digipolis Oy,
Ammattiopisto Lappia, Lapin AMK

Kirjoittajat: Juha Autioniemi,
Valtteri Pirttinen & Mikko Vatanen
Taitto: Lapin AMK, viestintäyksikkö

Lapin ammattikorkeakoulu
Jokiväylä 11 C
96300 Rovaniemi

Puh. 020 798 6000
www.lapinamk.fi/julkaisut

Lapin korkeakoulukonserni



Lapin korkeakoulukonserni LUC
on yliopiston ja ammattikorkeakoulun strateginen yhteenliittymä.
Konserniin kuuluvat Lapin yliopisto
ja Lapin ammattikorkeakoulu.
www.luc.fi

Tiivistelmä

Q2-analysointiraportti on toinen vuonna 2014 julkaistavista neljästä Lapin AMKin analysointiraportista. Analysointiraporteissa tutkitaan CLT-koetalon lämpö- ja kosteusteknistä toimintaa kyseisellä ajanjaksolla ottaen huomioon ajanjakson erityispiirteet ja niiden vaikutukset koetalon rakennetyyppien toimintaan. Q2-raportissa on tarkasteltu Kemin Digipolis-kampuksen alueelle rakennetun CLT-rakenteisen koetalon lämpö- ja kosteusteknistä toimintaa vuoden 2014 huhti–kesäkuun välisellä ajanjaksolla. Raportti on jatkoa ensimmäiselle (Q1) raportille, jossa esiteltiin tuloksia vuoden 2014 alusta, tammi–maaliskuun ajanjaksolla. Analysointiraporteissa esitellään CLT-koetaloprojektin kannalta keskeisiä aiheita, joita ovat CLT-runkoisten vaiparakenteiden toiminta Suomen olosuhteissa sekä toteutettujen muuttujien, kuten ulkoverhouksen värin (tumma/vaalea), ilmansuunnan (etelä/pohjoinen) ja eristämateriaalin (puukuitu/mineraalivilla) vaikutus koetalon lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan.

Vuoden 2014 toisen mittausjakson ulkolämpötilat olivat huhti- ja toukokuussa hieman korkeampia verrattaessa keskiarvoisiin lämpötiloihin, kun taas vuoden 2014 kesäkuu oli hieman keskiarvoa viileämpi. Keskiarvoiset ulkolämpötilat saatiin Ilmatieteen laitoksen julkaisemasta raportista, johon on tilastoitu Suomen ilmastoa vuodelta 1981 lähtien.

- Huhtikuun 2014 CLT-koetalolla mitattu keskiarvoinen ulkolämpötila oli 1,8 °C kun tilastoidun keskiarvon mukainen ulkolämpötila oli 0,2 °C.
- Toukokuun 2014 CLT-koetalolla mitattu keskiarvoinen ulkolämpötila oli 7,9 °C kun tilastoidun keskiarvon mukainen ulkolämpötila oli 6,6 °C.
- Kesäkuun 2014 CLT-koetalolla mitattu keskiarvoinen ulkolämpötila oli 12,0 °C kun tilastoidun keskiarvon mukainen ulkolämpötila oli 12,5 °C.

Ensimmäisellä mittausjaksolla taloon asennettuun ilmankostuttimeen ei tehty muutoksia huhti- ja toukokuussa. Ilmankostuttimella pidettiin koetalon sisäilman suhteellista kosteutta 35–39 % tasolla. Ilmankostuttimen avulla tavoiteltu kosteuslisän tuotto oli keskimäärin 2-3g/m³. Kesäkuun alussa ilmankostutin poistettiin käytöstä,

koska laitteiston huollon järjestäminen lomien aikana nähtiin ongelmalliseksi. Samalla todettiin, että kesän sääolosuhteiden asettamat haasteet kosteustekniselle toimivuudelle eivät liity juurikaan esim. diffuusion kondenssin tarkasteluun. Tämän tarkastelun osalta CLT-koetalon rakenteet toimivat kosteusteknisesti hyvin 1. vuosineljänneksen aikana, jolloin olosuhteet olivat huomattavasti haastavammat.

CLT-koetalon rakenteissa on yhteensä 48 mittauspistettä, joissa olevat anturit mittaavat lämpötilaa ja suhteellista kosteutta 1 minuutin välein. Mittauspisteistä saatua dataa esitetään paikallisesti esitystietokoneella sekä sitä myös visualisoidaan *www.kiintopuu.fi* nettisivuilla. Rakenteista saadun mittausdatan pohjalta on tuotettu raportissa oleva lämpö- ja kosteusteknisen toiminnan analysointi.

Mittausdatan avulla tehtyjen analysointien perusteella voidaan todeta, että CLT-koetalon vaipparakenteet toimivat lämpö- ja kosteusteknisesti hyvin. Analysoinnin perusteella voidaan myös todeta, että CLT-levy toimii rakenteessa tehokkaana höyrynsulkuna estäen samalla haitallisen diffuusion esiintymisen. CLT-levyä oikein käytettäessä rakenteessa ei siis tarvita erillistä höyrynsulkua. Mittausdatan laskennallisen tarkastelun perusteella voidaan todeta, että CLT-koetalon rakenteissa ei ole ollut homeen kasvun edellyttämiä olosuhteita huhti-kesäkuun aikana*.

*VTT-TTY homemallin tilanteesta tarkemmin kohdassa 3.6

Sisällys

TIIVISTELMÄ	5
KÄSITTEET JA MÄÄRITELMÄT	9
1 JOHDANTO/TAUSTA	11
2 TUTKIMUSJÄRJESTELYT	13
3 TULOKSET: Q2/2014 KOKO TARKASTELUJAKSON HUOMIOT CLT-KOETALOSSA	15
3.1 Lämpötekkinen toimivuus	15
3.2 Kosteustekkinen toimivuus	16
3.3 Hygroskooppisuus US1 – US2	18
3.4 Pohjoinen / etelä	19
3.5 Tumma ulkoverhous / vaalea ulkoverhous	20
3.6 Homeriskitarkastelu	22
3.7 Muita huomioita Q2-mittausjaksolla	23
3.7.1 Eroavaisuudet mittaussektoreiden layer 1:sten lämpötiloissa ja suhteellisissa kosteuksissa	23
3.7.2 Eroavaisuudet alapohjasektoreiden välillä lämpötilassa ja suhteellisessa kosteudessa	24
4 YHTEENVETO	25
LÄHDELUETTELO	27

Käsitteet ja määritelmät

ABSORPTIO

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

ABSOLUUTTINEN KOSTEUS

Ilman todellinen vesihöyrymäärä tilavuusyksikköä kohden (g/m^3). (RT- 05-10410 1989, 2)

DESORPTIO

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

DIFFUUSIO

Diffuusio on kaasumolekyylien liikettä, joka pyrkii tasoittamaan kaasuseoksessa olevia yksittäisen kaasun pitoisuuseroja (tai osapaine-eroja). Diffuusiossa kaasu siirtyy korkeammasta pitoisuudesta alempaan pitoisuuteen. Vesihöyryn diffuusiossa vesimolekyylit siirtyvät korkeammasta pitoisuudesta alhaisempaan. (Björkholtz 1997.)

HYGROSKOOPPISUUS

Hygroskooppisuus tarkoittaa huokoisen aineen kykyä sitoa itseensä kosteutta ilmasta ja luovuttaa sitä takaisin ilmaan. Kun aineen huokosissa olevan ilman suhteellinen kosteus on asettunut samaan arvoon sitä ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden kanssa, on saavutettu ns. hygroskooppinen tasapainokosteus. Tämän suuruus on erilainen eri materiaaleilla. (Björkholtz 1997.)

HÖYRYNSULKU

Höyrinsulku on ainekerros, jonka pääasiallisena tehtävänä on estää vesihöyryn haitallinen diffuusio rakenteeseen tai rakenteessa. Höyrinsulkuna toimivan rakennusmateriaalin vesihöyrynläpäisevyys arvo $[Z_v, Z_p]$ on pieni. (Rafnet 2004.)

KASTEPISTE

Tietyssä lämpötilassa, kastepisteessä, ilma voi sisältää enintään tietyn määrän vesihöyryä. Kyseistä vesihöyry- ja kosteusmäärää kutsutaan yleisesti kyllästyskosteudeksi. Kyllästyskosteus riippuu ilman kosteudesta, sillä mitä suurempi lämpötila on niin, sitä suurempi on myös kyllästyskosteus. (Björkholtz 1997.)

KONVEKTIO

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

SUHTEELLINEN KOSTEUS

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

1 Johdanto/tausta

Tutkimuksen lähtökohtana on Digipolis Oy:n hallinnoima, CLT-koetalon ympärille keskittyvä, koetaloprojekti. Projektin toteuttajaosapuolina ovat Lapin AMK, Kemin Digipolis Oy ja ammattiopisto Lappia. Projektin toimintoina toteutetaan:

- CLT-pientalon kokeellinen rakennushanke
- CLT-rakenteiden toimivuuden tutkimushanke
- CLT-rakentamisen tiedonkeruu- ja esittelyhanke.

Lapin AMKin päävastuulla ovat koetaloprojektissa toteutettavat rakennusfysikaaliset tutkimukset sekä uudesta rakenneratkaisusta koostettava koulutusmateriaali. Lapin AMKin toteuttamia tutkimuksia CLT-koetalolla ovat:

- lämpö- ja kosteustekninen seurantatutkimus
- rakenteiden paukemelun seurantatutkimus
- rakenteiden muodonmuutosten mittaukset
- vaipparakenteiden ilmatiivyyden pitkittäistutkimus.

CLT-levy (Cross Laminated Timber) koostuu höylätyistä ja ristiin liimatuista lautakerroksista. Tavallisimmin käytetään kolmea tai viittä päällekkäistä lautakerrosta. Valmistustavalla saadaan aikaan hyvin paloa kestävä, luja ja erittäin hyvin muotonsa säilyttävä sekä muihin ominaisuuksiinsa nähden kevyt elementti. CLT-levyjä voidaan käyttää rakentamisessa kantavina tai jäykistävinä rakenneosina. Vaipparakenteissa käytettyinä levyt eristetään normaaliin tapaan.

Projektin taustana on CLT-rakentamisen kasvava kiinnostus sekä Euroopassa että Pohjois-Amerikassa. Stora Enso on tuonut CLT-rakentamisen myös Suomeen, mutta elementtien valmistus tapahtuu nykyisellään Itävallan tehtailla. Ennen kuin Suomeen saadaan CLT-tehdasinvestointeja, tarvitaan lisää tietoa rakenteiden toimivuudesta Suomen olosuhteissa. Tähän tarpeeseen pyritään CLT-koetaloprojektin avulla vastaamaan. Projektin tarkoitus on lisätä tietoisuutta CLT-rakentamisesta sekä vauhdittaa sen huomioimista rakennusalan koulutuksessa.

CLT-koetaloprojektissa toteutettavan seurantatutkimuksen tarkoituksena on täydentää sitä kuvaa, mikä CLT-rakenteista on jo tähän mennessä tutkimuksellisin kei-

noin selvitetty. Suomalaisessa tutkimuksessa CLT-rakenteiden rakennusfysikaalista toimivuutta on aiemmin selvitetty mm. VTT:n tutkimusselostuksessa vuodelta 2011 (VTT 2011.). Selvityksessä tehtiin rakenteen tarkasteluita simuloimalla lämpö- ja kosteusteknistä toimintaa WUFI 5.1 Pro laskentaohjelmiston avulla.

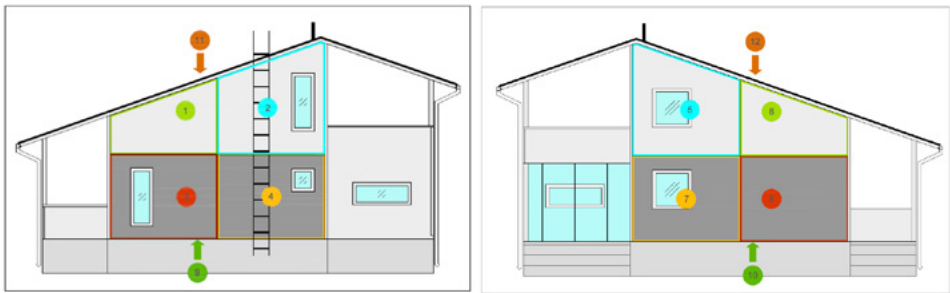
CLT-koetalossa tehtävä kenttätutkimus sopii hyvin laskennallisten tarkasteluiden rinnalle todentamaan rakenteiden toimintaa todellisissa olosuhteissa. Koetalossa toteutettavat vaipparakenteiden lämpö- ja kosteustekniset mittaukset ovat tärkeä osa koetaloprojektin tuloksia. Lämpö- ja kosteusteknisen toimivuuden lisäksi CLT-koetaloprojektin tutkimuksissa selvitetään useita muita CLT-rakentamisen kannalta mielenkiintoisia aiheita.

Tämä raportti on toinen neljästä vuonna 2014 julkaistavasta CLT-koetalon lämpö- ja kosteusteknisistä analysoinnin seurantaraportista. Raportissa analysoidaan huhti-, touko- ja kesäkuun rakennusfysikaalisia tapahtumia. Raportissa käydään läpi CLT-koetalon rakenteen lämpö- ja kosteusteknistä toimintaa mittausjaksolla, vertaillaan koetalossa käytettäviä ulkoseinärakenteita (US₁-US₂) sekä tutkitaan julkisivun ja ulkoverhouksen värin vaikutusta rakenteen toimintaan koetalossa.

Ensimmäisellä mittausjaksolla talossa ollut ilmankostutin kytkettiin pois päältä kesäkuun alussa. Laitteiston jatkuvan huollon järjestäminen lomien aikana nähtiin ongelmalliseksi ja lisäksi kesän sääolosuhteiden asettamat haasteet kosteustekniselle toimivuudelle eivät liity niinkään esim. diffuusion kondenssin tarkasteluun. Sisältä ulospäin tapahtuvan diffuusion mahdollisesti aiheuttaman kosteusriskin hallintaan kohdistuu toki suuri mielenkiinto tutkimuksessa, mutta tähän liittyen olosuhteet ovat haastavimmat kylmempinä vuodenaikoina. Tässä suhteessa CLT-koetalon rakenteet ovat toimineet kosteusteknisesti hyvin paljon haastavammissa olosuhteissa 1. vuosineljänneksen aikana. Ilmankostutin kytketään päälle uudestaan syksyllä Q3-mittausjakson aikana, kun sääolosuhteet ovat rakenteelle haastavampia ja huolto on helpommin järjestettävissä.

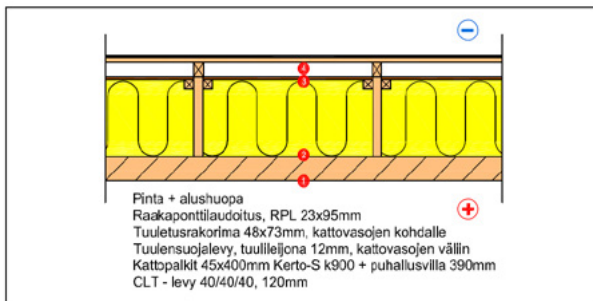
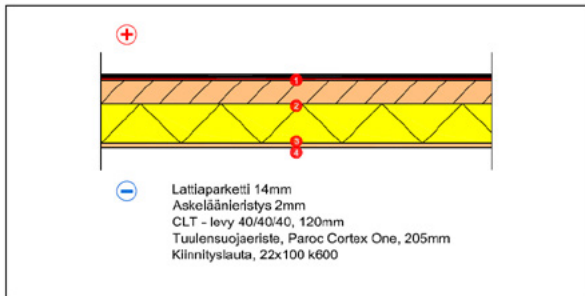
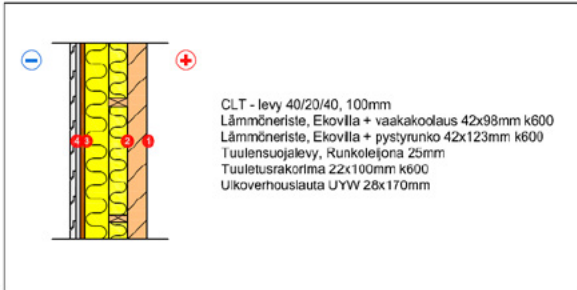
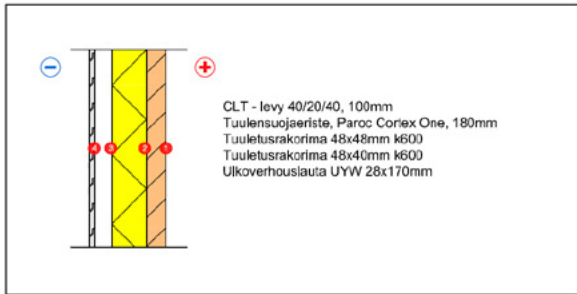
2 Tutkimusjärjestelyt

Vaipparakenteiden lämpö- ja kosteustekninen tutkimus on keskitetty talon pohjois- ja eteläpäätyihin. Yhdellä tutkittavalla seinällä on käytetty julkisivussa kahta erilaista pintaväriä (vaalea ja tumma) ja kahta erilaista eristemateriaalia (mineraalivilla ja puukuitueriste). Näin ollen tutkittavia sektoreita tulee yhdelle seinälle neljä ja kahdelle seinälle yhteensä kahdeksan kappaletta. Ala- ja yläpohjarakenteet mukaan luettuna tutkittavia rakennuksen vaipan rakennetyyppejä on kymmenen erilaista. Mittaussektoreita on kuitenkin kaikkiaan 12 kpl, sillä ylä- ja alapohjassa on molemmissa kaksi sektoria. US₁-seinärakenne on toteutettu sektoreihin 1,3,6 ja 8 ja US₂-seinärakenne puolestaan sektoreihin 2,4,5 ja 7. Alapohjaan on sijoitettu sektorit 9 ja 10 sekä yläpohjaan sektorit 11 ja 12. (Kuva 1. Mittaussektorit)



Kuva 1. Mittaussektorit pohjoinen - etelä

Vaipparakenteissa mitataan reaaliaikaisesti lämpötilaa ja suhteellista kosteutta rakenteen poikkileikkauksen suunnassa yhteensä neljässä mittauspisteessä. Raportissa käytetään mittauspisteistä nimitystä *Layer*. Tutkittavat tasot eli layerit rakenteessa ovat: CLT-levyn sisäpinta (1), CLT-levyn ulkopinta/eristetilan sisäpinta (2), eristetilan ulkopinta/tuulensuojan sisäpinta (3), ilmarako/ulkoverhouksen takapinta/ryömintätila (4). Antureiden asemointi rakenteiden poikkileikkauksissa on esitetty *Kuvissa 2 ja 3*.



Kuva 2. Rakenneleikkaukset ja mittauserit US1 ja US2

Kuva 3. Rakenneleikkaukset ja mittauserit AP ja YP

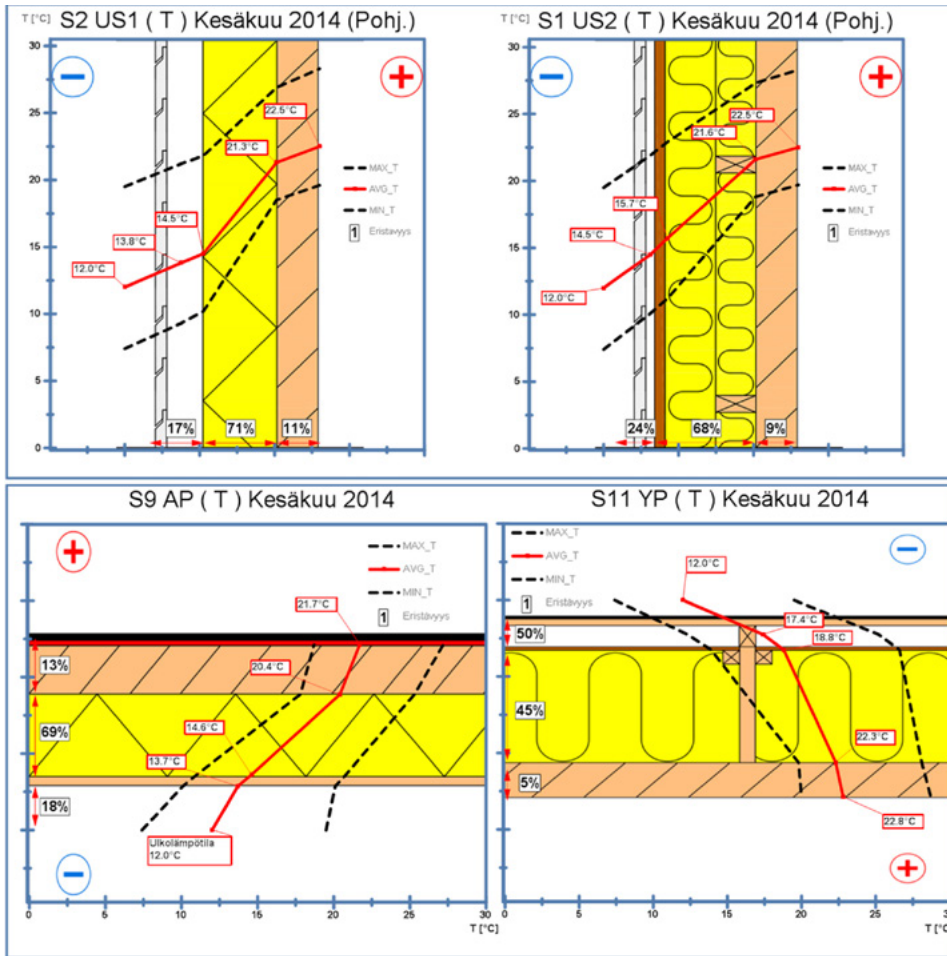
3 Tulokset: Q2/2014 koko tarkastelujakson huomiot CLT-koetalossa

3.1 LÄMPÖTEKNINEN TOIMIVUUS

Kuvassa 4 on esitetty lämpöteknisten mittausten tuloksia CLT-koetalolta (kesäkuu 2014). Kuvassa on rakenteen poikkileikkaukseen sijoitettuna kuukauden keskiarvo-*lämpötilat* (punaiset käyrät) ja *lämpötilamittausten vaihteluvälit* (mustat katkoviivat). Mittausdatasta laskettujen tulosten perusteella voidaan todeta, että rakenteet toimivat lämpöteknisesti hyvin. Rakenteiden osien vaikutus lämpötilajakaumaan ilmenee alla olevien kuvien mukaisesti kesäkuun mittausarvoilla pohjoisen puolisella julkisivulla. Eristetilan osuus lämpötilajakaumasta on ollut välillä 45–71 %, CLT-levyn välillä 5–13 % ja rakenteen ulompien osien välillä 17–50 %. Yläpohjarakenteessa (YP) huomataan auringon huomattava lämmittävä vaikutus lämpötilajakaumaan (rakenteen uloimmissa osissa 50 % lämpötilajakaumasta). Alapohjan (AP) kuvaajasta nähdään myös ryömintätilan vaikutus rakenteen eristävyyteen (18 % lämpötilajakaumasta).

Kesäkuun kuvaajista havaitaan, että US₂-rakenteen layerissä 3 lämpötila on 1,2 °C suurempi verrattaessa US₁-rakenteen vastaavaan. Lämpötilaero johtuu US₂-rakenteen 25 mm paksuisesta tuulensuojalevystä ja lämpötilaero havaitaan tuloksissa koko tutkimuksen ajan. Rakenne- ja lämpötilaero on huomioitava myös vertailtaessa suhteellisen kosteuden arvoja vastaavissa tilanteissa.

Lämpötilojen vaihteluvälit (minimi- ja maksimikäyrästen erot) ovat olleet lähes yhtä suuret rakenteen eri osissa tällä tarkastelujaksolla, kun ne edellisen jakson aikana olivat rakenteen sisemmissä osissa (erityisesti CLT-elementin alueella) hyvin stabiilit. Tämä perustuu auringon lämmittävän vaikutuksen johdosta aiheutuviin suurempiin vaihteluihin sisälämpötilassa.



Kuva 4. Lämpötilajakaumat rakenteissa kesäkuussa 2014 mittaussektoreissa 2 (US1), 1 (US2), 9 (AP) ja 11 (YP)

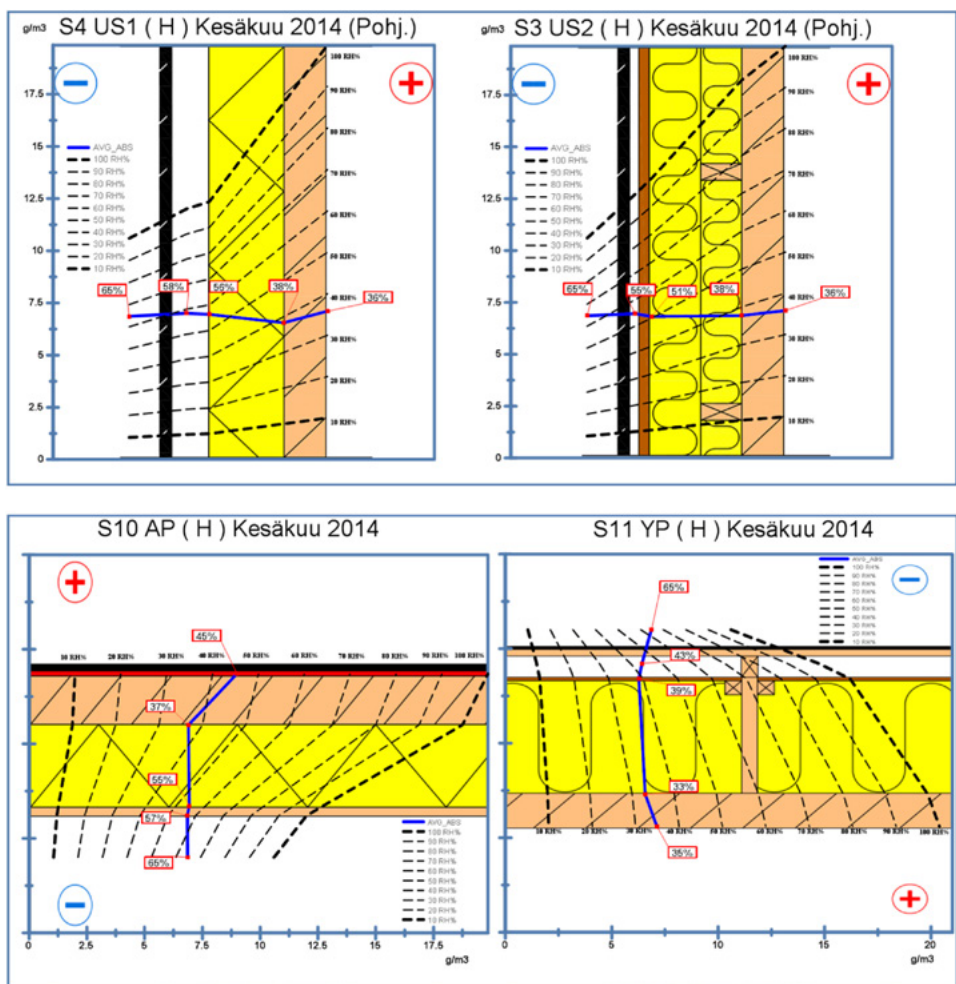
3.2 KOSTEUSTEKNINEN TOIMIVUUS

Kuvassa 5 on esitetty kosteusteknisten mittausten tuloksia CLT-koetalolta. Kuvassa on rakenteen poikkileikkaukseen sijoitettuna kuukauden keskiarvokosteuden lukemat (siniset käyrät). Lukemat on esitetty absoluuttisen kosteuden (g/m^3) arvoina. Lisäksi kuvaan on sovitettu suhteellisen kosteuden käyrästä, jotka ovat lämpötilariippuvaisia. Näin kuvasta voidaan lukea mittaustulokselle kaksi arvoa, absoluuttinen ja suhteellinen kosteus.

Kuten jo huomattavasti haastavammassa olosuhteissa Q1-mittausjakson aikana huomattiin, toimii CLT-levy rakenteen sisäpinnassa rakenteellisena höyrynsulkuna ja estää diffuusion vaikutuksesta siirtyvän kosteusvirran sisäilmasta rakenteen ulompiin osiin. CLT-koetalon rakenteiden kosteustekninen toimivuus oli myös Q2-mit-

tausjaksolla erinomaisella tasolla. Mittaustuloksista huomataan myös, ettei koetalon rakenteissa ollut *kesäkondenssin* vaaraa. Kesäkondenssilla tarkoitetaan diffuusion vaikutuksesta siirtyvän kosteusvirran siirtymistä ulkoa sisäänpäin, sekä mahdollista kondensoitumista (tiivistymistä) tiiviin rakenneosan ulkopintaan.

Kesäkuun kuvaajista nähdään, että absoluuttiset kosteudet ovat seinärakenteiden molemmin puolin melkein samalla tasolla, jonka vuoksi diffuusion määrä on olematonta. Kuvaajista nähdään myös, että suhteelliset kosteudet rakenteen eri osissa ovat turvallisella tasolla. Lähellä *kyllästyskosteutta* (eli kastepistettä) olevia tai muutoin haitallisia suhteellisen kosteuden arvoja ei ole mittaussjakson aikana esiintynyt koetalon rakenteissa. Tarkastelujakson muut kuvaajat löytyvät raportin lopusta liitteinä.

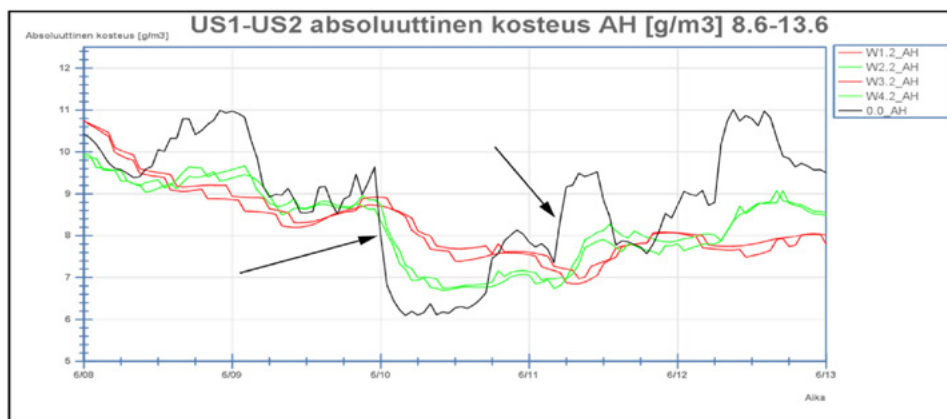


Kuva 5. Kosteusjakaumat rakenteissa kesäkuussa 2014 mittaussektoreissa 4 (US1), 3 (US2), 10 (AP) ja 11 (YP)

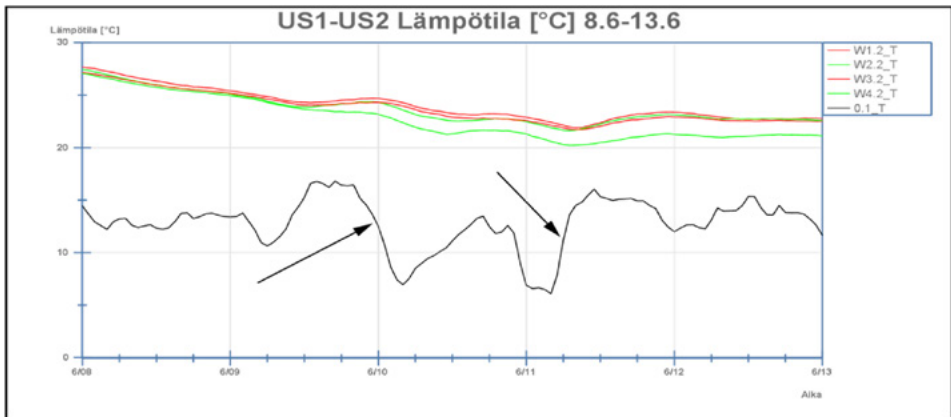
3.3 HYGROSKOOPPISUUS US1 – US2

Mineraalivillan (US1) hygroskooppisuus on pientä ja tämä on havaittavissa, kun ulkolämpötila laskee nopeasti ja ilman absoluuttinen kosteus pienenee. Tällöin koko eristekerroksen absoluuttinen kosteus laskee nopeasti ulkoilman tasolle (ns. *desorptio*). Puukuitueristeen (US2) hygroskooppisuus on huomattavasti suurempaa ja tämä havaitaan ulkoilman muuttuessa kuivemmaksi, jolloin puukuitueriste pitää *absorboituneen* kosteuden itsessään huomattavasti mineraalivillaa pidempään. Sama ilmiö on havaittavissa nopeissa muutoksissa myös toiseen suuntaan. Tällöin puukuitueriste puolestaan absorboi itseensä kosteutta ympäristön kosteusolosuhteiden noustessa ja absoluuttinen kosteus nousee hitaammin kuin mineraalivillan huokosilmassa. Kokonaisuuteen vaikuttaa myös CLT-levyn toiminta, joka sekin tasoittaa ympäristön kosteusvaihteluita niin sisäilmassa kuin eristetilassa.

Kuvassa 6 esitetään mineraalivillaeristeisen (US1) ja puukuitueristeisen (US2) seinärakenteen absoluuttiset kosteudet layerissä 2 sekä ulkoilman absoluuttista kosteutta aikavälillä 8.6.–13.6. Kuvassa esitetään US1-seinärakenteita vihreällä värillä ja US2-seinärakenteita punaisella. Musta käyrä kuvaa ulkoilman absoluuttista kosteutta. Kuvasta huomataan kuinka mineraalivillaeristeinen seinä reagoi puukuitueristeistä seinää nopeammin ulkoilman absoluuttisen kosteuden muutoksiin. Kuvassa 7 on esitetty samojen mittauspisteiden lämpötilat samalla ajanjaksolla. Kyseisellä, materiaalien ominaisuuksiin liittyvällä ilmiöllä, ei ole tarkasteltavalla ajanjaksolla ollut vaikutusta eristeiden lämpö- tai kosteustekniseen toimivuuteen.



Kuva 6. Layer 2 (sektorit 1,2,3 ja 4) sekä ulkoilma; absoluuttinen kosteus

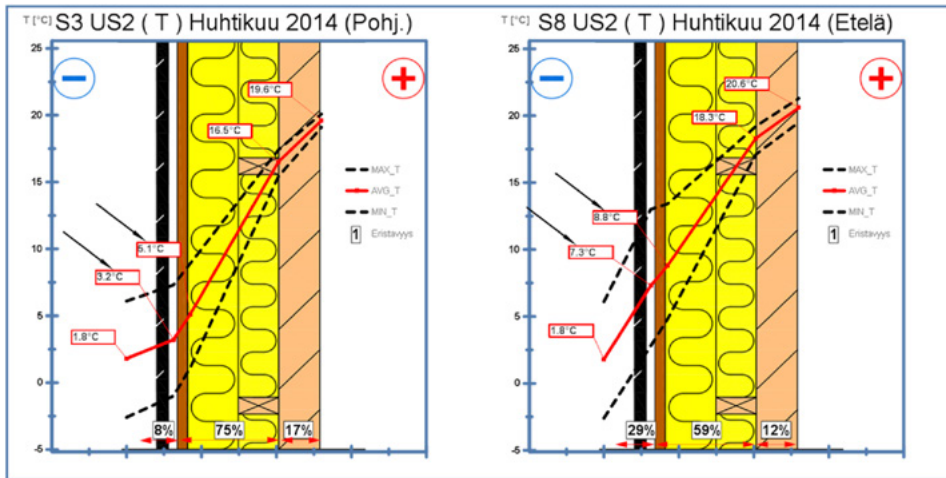


Kuva 7. Layer 2 (sektorit 1,2,3 ja 4) sekä ulkoilma; lämpötila

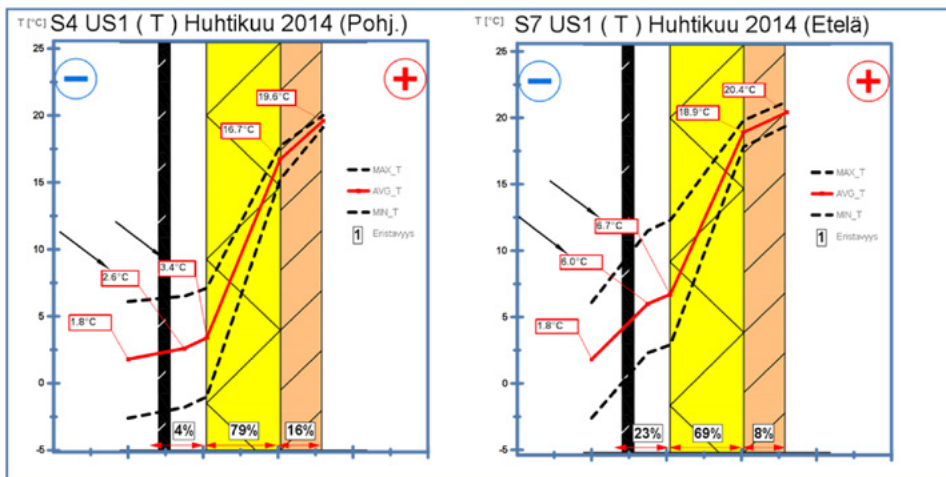
3.4 POHJOINEN / ETELÄ

Kuten jo edellisessä (Q1-) analysointiraportissa todettiin, julkisivun ilmansuunnalla on merkittävä vaikutus seinärakenteessa esiintyviin lämpötilalukemiin. Q2-mittausjakson mittaustuloksissa julkisivun ilmansuunnan vaikutus näkyi jokaisen kuukauden lämpötilakeskiarvoissa. Tähän ilmansuunnan vertailuun valittiin huhtikuun kuvaajat, sillä mittausdatan perusteella huhtikuussa lämpötilaerot kuukausikeskiarvoissa pohjoisen ja etelän julkisivun välillä olivat suurimmat.

Kuvissa 8 ja 9 esitetyistä kuvaajista havaitaan yli 3 °C ero molemmissa seinärakenteissa layereissa 3 ja 4. Kuvaajista huomataan myös, että rakenteen sisemmissä layereissa 1 ja 2 on noin 1 °C eroavaisuus eri ilmansuunnan julkisivuilla. Muiden mittausjakson kuukausien keskiarvolämpötilojen eroavaisuuksia voi tarkastella näiden sektoreiden osalta liitteessä esitettyjen mittaustulosten perusteella. Rakenteiden kosteusteknistä toimivuutta pohjois- ja eteläseinien välillä esiintyvät lämpötilaerot eivät ole mittausjaksolla heikentäneet.



Kuva 8. Ilmansunnan vaikutus US2 rakenteeseen



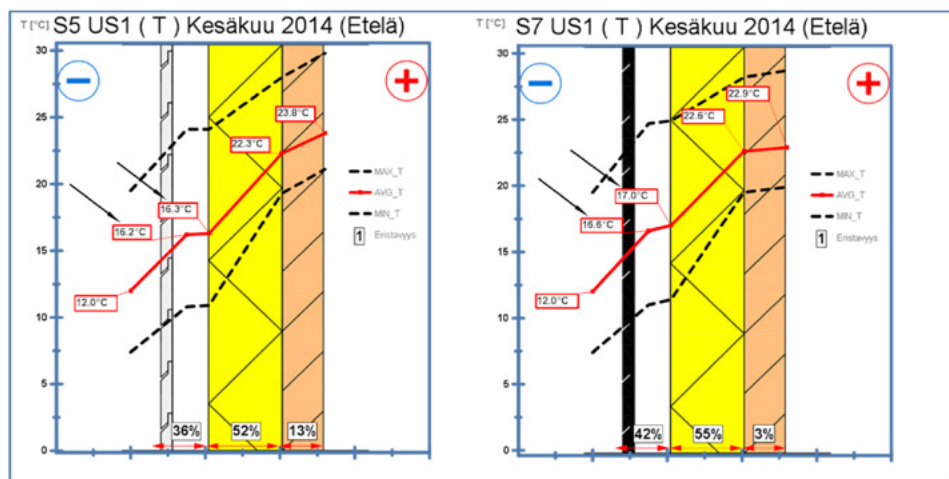
Kuva 9. Ilmansunnan vaikutus US1 rakenteeseen

3.5 TUMMA ULKOVERHOUS / VAALEA ULKOVERHOUS

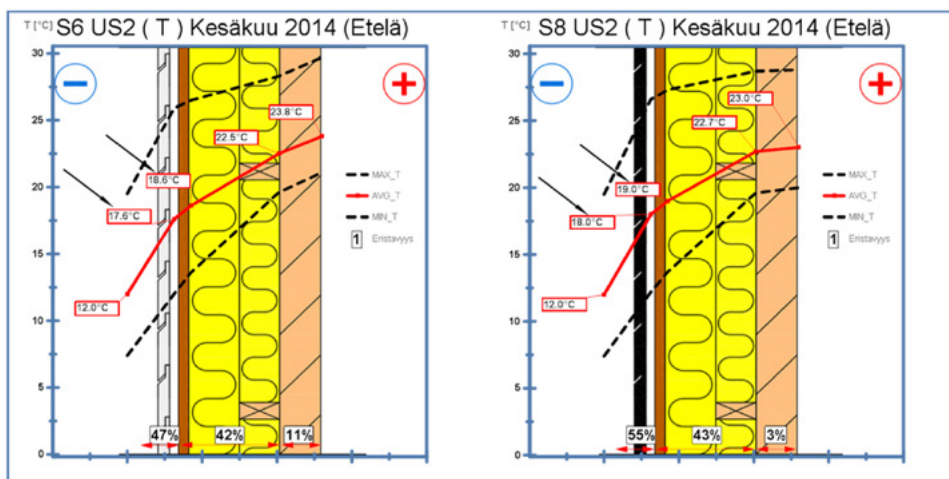
Kuvissa 10 ja 11 on vertailtu etelän puoleisen tumman ja vaalean julkisivun vaikutusta seinärakenteen toimintaan. Kuvista huomataan, että molemmilla tummalla julkisivun värillä toteutetuilla seinärakenteilla lämpötilat ovat mittauspisteissä hieman korkeampia. Suurimmat keskiarvoiset lämpötilaerot ovat etelänpuoleisen rakenteen ulommissa osissa, layereissa 3 ja 4. Tämän lämpötilaeron yhtenä syynä voi olla juuri ulkoverhouksen väri. Huomioitavaa on myös, että tummalla julkisivuverhouksella toteutetut mittaussektorit ovat koetalon seinän alimmat sektorit (kts. Kuva 1), joten

lämpötilaero ei ole lämmön ylöspäin nousun vaikutusta (luonnollinen konvektio). Lämpimän ilman virtaus tuuletusvälissä (tummalta alueelta vaalealle) päinvastoin tasoittaa lämpötilaeroa sektoreiden välillä.

Verrattaessa edellisen (Q1-) analysointiraportin lämpötilakeskiarvoihin voidaan todeta julkisivuverhouksen värin aiempaa merkittävämpi vaikutus. Tämä selittyy luonnollisesti auringon vaikutuksella ja näkyy tuloksissa siten, että Q2-mittausjakson aikana sekä etelän että pohjoisen puoleisen seinän lämpötilat ovat korkeampia tummalla julkisivuverhouksella varustetuilla mittaussektoreilla. Q1-mittausjakson aikana huomattiin ainoastaan maaliskuun lopussa julkisivuverhouksen lämmittävä vaikutus eteläpuoleisella seinällä.



Kuva 10. Tumman ja vaalean julkisivun vertailukuvat US1-rakenteella kesäkuussa 2014



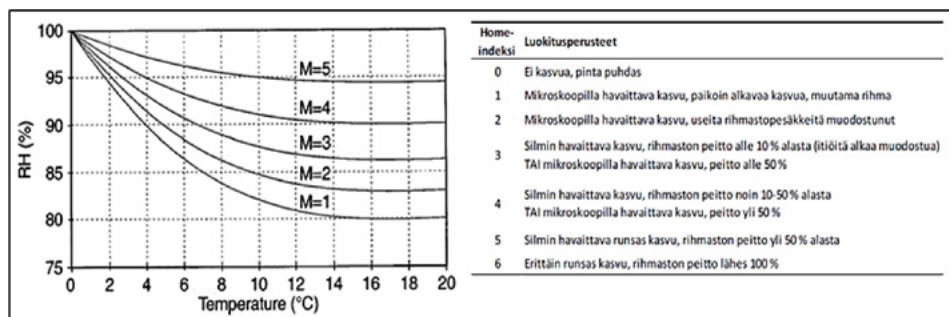
Kuva 11. Tumman ja vaalean julkisivun vertailukuvat US2-rakenteella kesäkuussa 2014

3.6 HOMERISKITARKASTELU

CLT-koetaloprojektissa tutkitaan myös mahdollista homeen kasvua rakenteissa alun perin Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) kehittämällä homeen kasvun laskentamallilla, jonka kehitystyö aloitettiin 1980-luvulla. Homemallin kehitystyötä on jatkettu Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) ja VTT:n toimesta yhteisprojektissa vuosina 2005–2008 sekä VTT:n ja TTY:n yhteisessä jatkokehityshankkeessa (ENERSIS v.2010–2013), joissa mallin tarkkuutta on pyritty parantamaan entisestään. Kehitystyön tuloksena on saatu aikaan VTT-TTY homeriskimalli. (VTT 2011.)

VTT-TTY homeriskimallia käyttämällä voidaan arvioida homeen kasvun riskiä eri rakennusmateriaalien pinnalla muuttuvissa lämpötila- ja kosteusolosuhteissa. Mallin avulla voidaan selvittää kuinka kauan ja paljon rakenteet ja materiaalit kestävät kosteutta ennen kuin hometta alkaa kasvaa. Mallia voidaan käyttää myös apuna rakennusten home- ja kosteusongelmien ehkäisyyn sekä arvioimaan home- ja kosteusvaurioiden laatua ja niiden korjaustarpeen laatua. (VTT 2011.)

Homeen kasvulle suosiolliset olosuhteet riippuvat ympäristössä vallitsevista lämpö- ja kosteusolosuhteista. Matalampi lämpötila vaatii suuremman suhteellisen kosteuden, jotta homeen kasvu on mahdollista alkaa. Kuvassa 12 esitetään olosuhteet, jolloin homeenkasvu on mahdollista sekä homeindeksin luokitusperusteet.



Kuva 12 Homeen kasvulle suotuisat olosuhteet ja homeindeksin luokitusperusteet (VTT 2011.)

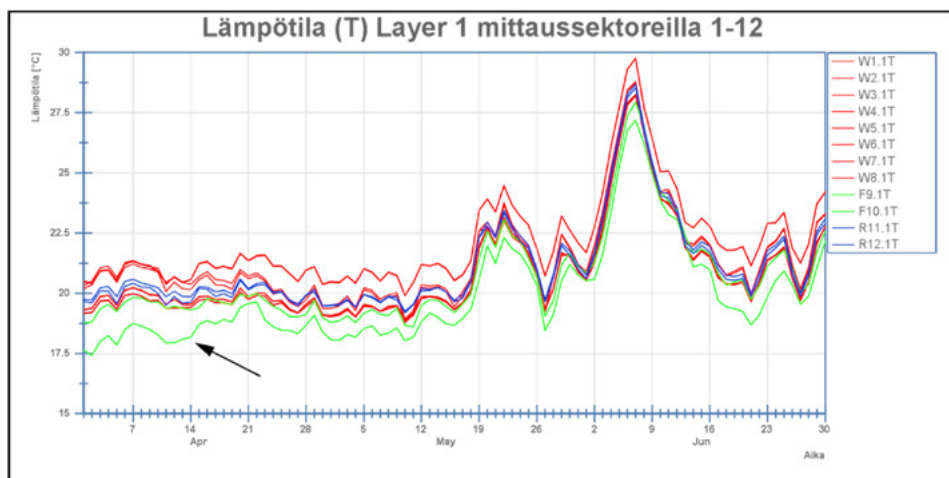
* Homemallin yleisesti käytettävän laskentamallin julkistaminen on vielä VTT:llä ja TTY:llä kesken eikä malli ole ollut käytettävissä tämän raportin tekemisen aikana. Homemalliin perustuvat tulokset julkaistaan yksityiskohtaisemmin tulevissa CLT-koetalon analysointiraporteissa. Alustavien tarkasteluiden perusteella voidaan kuitenkin todeta, että CLT-koetalon rakenteissa ei ole esiintynyt riskiä homeen kasvun suhteen tämän raportointikauden aikana.

3.7 MUITA HUOMIOITA Q2-MITTAUSJAKSOLLA

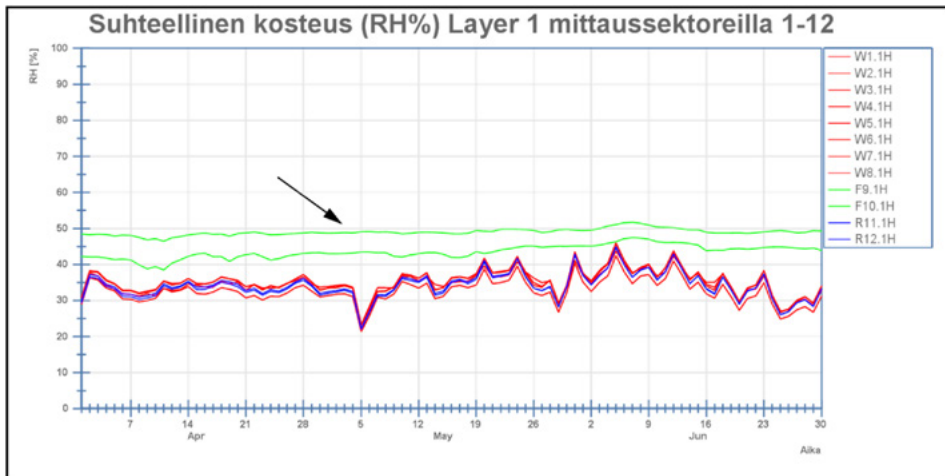
3.7.1 Eroavaisuudet mittaussektoreiden layer 1:sten lämpötiloissa ja suhteellisissa kosteuksissa

Q2-mittausjakson tuloksia tutkittaessa huomattiin eroavaisuus mittaussektoreiden 9 ja 10 layer 1-tason mittaus tulosten suhteellisissa kosteuksissa ja lämpötiloissa. Alapohjarakenteen mittaussektoreilla 9 ja 10 ilman suhteellinen kosteus oli hieman suurempi verrattaessa muiden rakenteiden (US1, US2 ja YP) vastaaviin. Myös absoluuttisen kosteuden määrä oli suurimman osan ajasta $0,1-2,0 \text{ g/m}^3$ suurempi alapohjarakenteiden mittaussektoreissa verrattuna talon muihin mittaussektoreihin. *Kuvissa 13 ja 14* seinärakenteiden (sektorit 1–8) kuvaajat on merkitty punaisella värillä, alapohjarakenteiden (sektorit 9–10) vihreällä ja yläpohjarakenteiden (sektorit 11–12) sinisellä.

Suhteellisen kosteuden eroavaisuudet alapohjarakenteen ja muiden rakenteiden välillä voivat selittyä antureiden asettelulla, koska alapohjarakenteen layer 1:n päällä on lattiaparketti 14 mm ja askeläänieristys 2 mm, kun taas muissa mittauspisteissä mittausanturi on suorassa yhteydessä sisäilman kanssa (kts. Kuva 3).



Kuva 13. CLT-koetalon mittaussektoreiden (1-12) layer 1 lämpötila (T) Q2-mittausjaksolla



Kuva 14. CLT-koetalon mittaussektoreiden (1-12) layer 1 suhteellinen kosteus (RH%) Q2-mittausjaksolla

3.7.2 Eroavaisuudet alapohjasektoreiden välillä lämpötilassa ja suhteellisessa kosteudessa

Alapohjan mittaussektoreiden 9–10 välillä havaittiin mittaustuloksista eroavaisuuksia sekä lämpötilassa että suhteellisessa kosteudessa, vaikka sektoreiden rakenteiden tulisi olla identtiset. Sektorin 10 keskiarvoiset lämpötilat ovat olleet suuremmat verrattaessa sektorin 9 vastaaviin. Suurimmat eroavaisuudet löytyivät layereiden 1 ja 2 tuloksista. Mittaustulokset löytyvät Liitteestä 1, kohdasta AP.

Selkeää syytä todettuihin eroavaisuuksiin ei ole vielä varmuudella havaittu, mutta Q3- ja Q4-mittausjaksojen aikana kyseisen ilmiön syytä selvitetään tarkemmin. Eroavaisuuksien syytä tutkittaessa tarkistetaan mm. laskentatietokanta, eroavaisuudet anturoinnissa, mahdolliset kylmäsillat tai epäjatkuvuuskohtat rakenteessa, alapohjarakenteen olosuhteet sekä rakenteen lämpöjakauma lämpökameralla. Tarkempi tulkinta eroavaisuuksista esitetään tulevissa analysointiraporteissa.

4 Yhteenvedo

Q2-analysointiraportissa esitettiin tuloksia Kemiin Digipolis-kampuksen alueelle rakennetun CLT-koetalon vaipparakenteiden lämpö- ja kosteusteknisestä toiminnasta. Raportissa selvitettiin rakenteissa esiintyviä lämpö- ja kosteusolosuhteita huhti-, touko- ja kesäkuun ajalta. Koetalon rakenteissa mitattavia suureita olivat lämpötila ja suhteellinen kosteus. Mittaukset tehtiin koetalon rakenteisiin sijoitetuilla mittausantureilla.

Tutkimuksen tarkoituksena on varmistaa CLT-rakenteiden rakennusfysikaalista toimivuutta Suomen olosuhteissa. Raportissa selvitettiin myös ilmansuunnan (etelä/pohjoinen), julkisivun värin (tumma/vaalea) ja eristemateriaalin (puukuitu/mineraalivilla) vaikutusta rakennuksen lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan.

Mittausten perusteella voitiin todeta, että CLT-koetalon vaipparakenteet toimivat lämpö- ja kosteusteknisesti hyvin. Kosteuden seurannan mittaustuloksista todettiin myös, että CLT-levy toimii rakenteessa höyrynsulkuna, joten erillistä ilman- ja höyrynsulkua ei tarvita tämänkaltaisissa CLT-rakenteissa lainkaan.

Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan myös huomata, että CLT-koetalossa käytettävillä eristemateriaaleilla on erilaiset hygroskooppiset ominaisuudet. Ulkoseinä-rakennetyypissä (US1) käytetyn mineraalivillaeristeen (Paroc Cortex One) hygroskooppisuus on hyvin pientä ja tästä johtuen kosteusolosuhteet eristetilän sisällä reagoivat nopeasti ympäröiviin muuttuviin olosuhteisiin. Sen sijaan ulkoseinä-rakennetyypissä (US2) käytetyn puukuitueristeen (Ekovilla) hygroskooppisuus on suurta, jonka vuoksi äkilliset ulkoilman olosuhteiden muutokset eivät vaikuta sen huokosilman kosteuspitoisuuteen yhtä nopeasti.

Mittausten perusteella voitiin todeta, että julkisivun ilmansuunnalla Q2-mittausjakson aikana oli huomattava vaikutus seinärakenteessa esiintyviin lämpötiloihin. Etelään päin olevilla mittaussektoreilla oli rakenteen uloimmissa osissa (layereissä 3 ja 4), yli 2 °C suuremmat kuukausi lämpötilakeskiarvot verrattuna pohjoisen puolen sektoreihin. Kosteusteknisesti julkisivun ilmansuunnalla ei ole ollut vaikutusta rakenteen toimintaan ja absoluuttiset kosteudet ovatkin olleet samalla tasolla sekä etelä- että pohjoisseinällä.

Julkisivun värin merkitystä tutkittaessa toisen mittausjakson aikana huomattiin, että tummalla julkisivun värillä toteutetuilla mittaussektoreilla on layereissä 3 ja 4 on noin 0,5 °C suuremmat kuukauden keskiarvoiset lämpötilat verrattuna vaalean julki-

sivuverhouksen vastaaviin sektoreihin. Kosteusteknisen toiminnan kannalta todettiin, ettei julkisivun värillä ole ollut vaikutusta rakenteen toimintaan. Toisaalta kyseiset mittaussektorit sijaitsevat koetalossa päällekkäin ja näillä on sama tuuletusväli, joka tasaa kosteuden samalle tasolle tuuletusvälissä.

Mittausjakson tuloksista huomattiin myös merkittävä eroavaisuus alapohjarakenteiden mittaussektoreissa layer 1:n lämpötiloissa ja suhteellisissa kosteuksissa verrattuna muihin mittaussektoreihin. Eroavaisuudet voivat selittyä antureiden asettelulla, sillä alapohjarakenteen layer 1 päällä on lattiaparketti 14 mm ja askeläänieristys 2 mm, kun taas muissa mittauspisteissä mittausanturi on suorassa yhteydessä sisäilman kanssa.

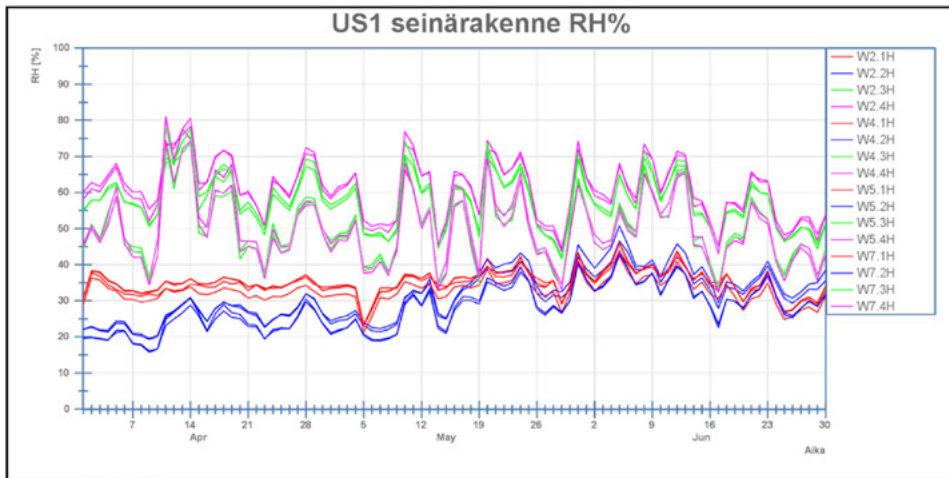
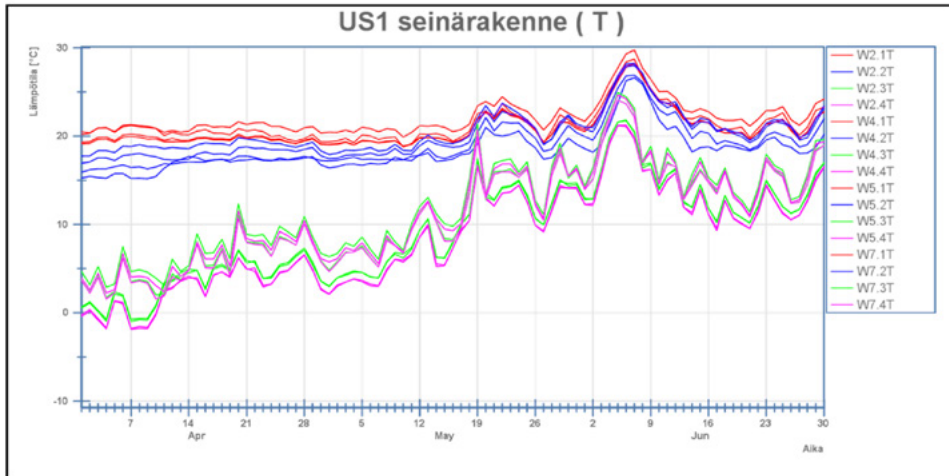
Tutkimuksessa tutkitaan myös CLT-koetalon rakenteiden laskennallista homeutumisherkkyttä VTT:n ja TTY:n kehittämän homemallin avulla. Varsinaiset tulokset julkaistaan myöhemmin, kun homemallin yleisesti käytettävä versio on virallisesti julkaistu. Alustavien tarkasteluiden perusteella voidaan kuitenkin todeta, että CLT-koetalon rakenteissa ei ole esiintynyt riskiä homeen kasvun suhteen.

Lähdeluettelo

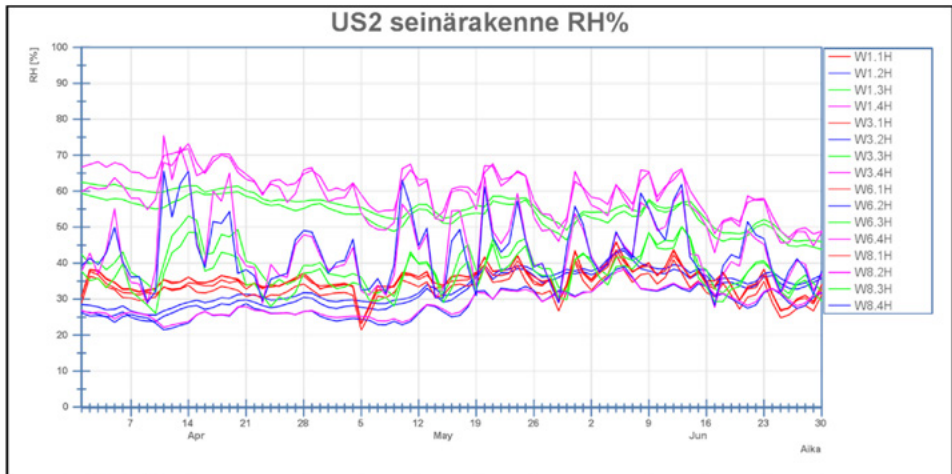
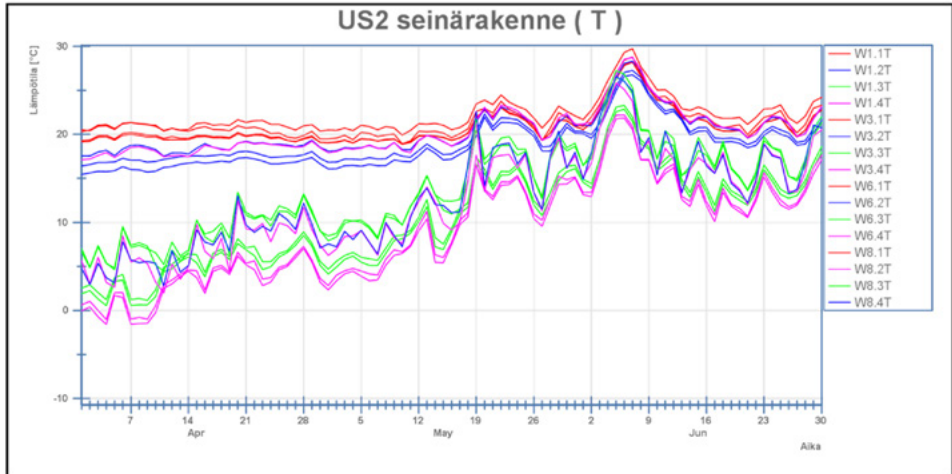
- Björkholtz D. 1997. Lämpö ja kosteus rakennusfysiikka. Helsinki: Rakennustieto Oy
Rafnet-ryhmä 2004. Rakennusfysiikkaa rakennusinsinööreille. Kosteus. Osoitteessa
http://www.tekniikka.oamk.fi/~kimmoi/talrakjatko/kosteus_27092004.pdf.
22.4.2014
- RT 1989= Ilmasto, kosteus, sade ja lumi 05-10410. Rakennustietosäätiö.
- VTT 2011. Homeen kasvun mallin kehitystyö. Osoitteessa <http://www.rakennusteolisuus.fi/frame>. 25.4.2014

Liite 1: Koko mittausjakson lämpötilan, suhteellisen kosteuden ja homeindeksin kuvaajat rakennetyypeittäin

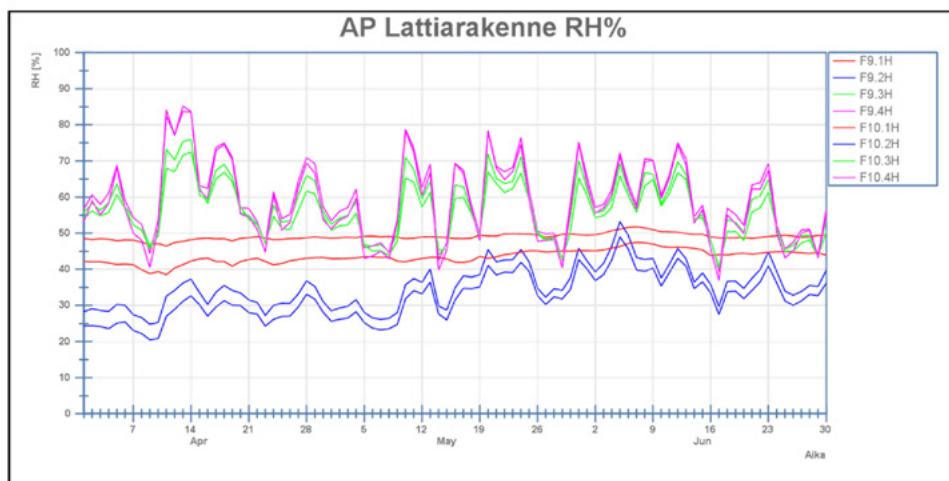
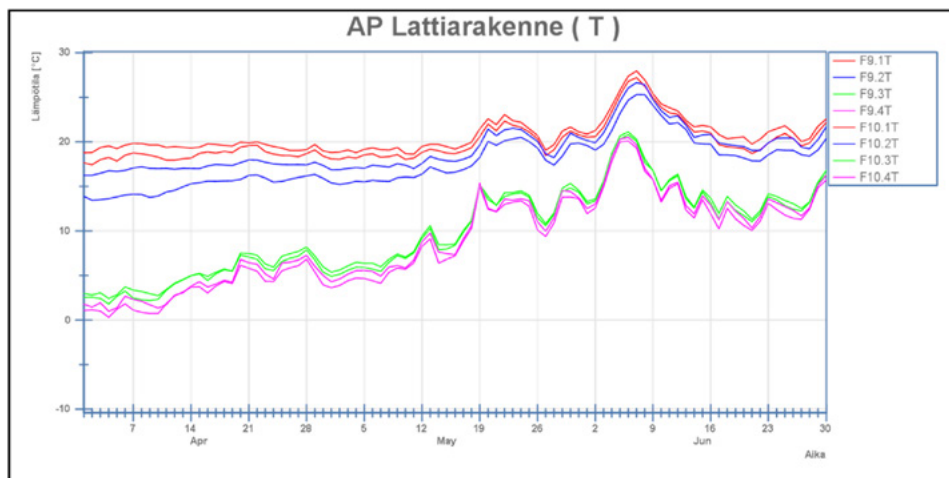
US1



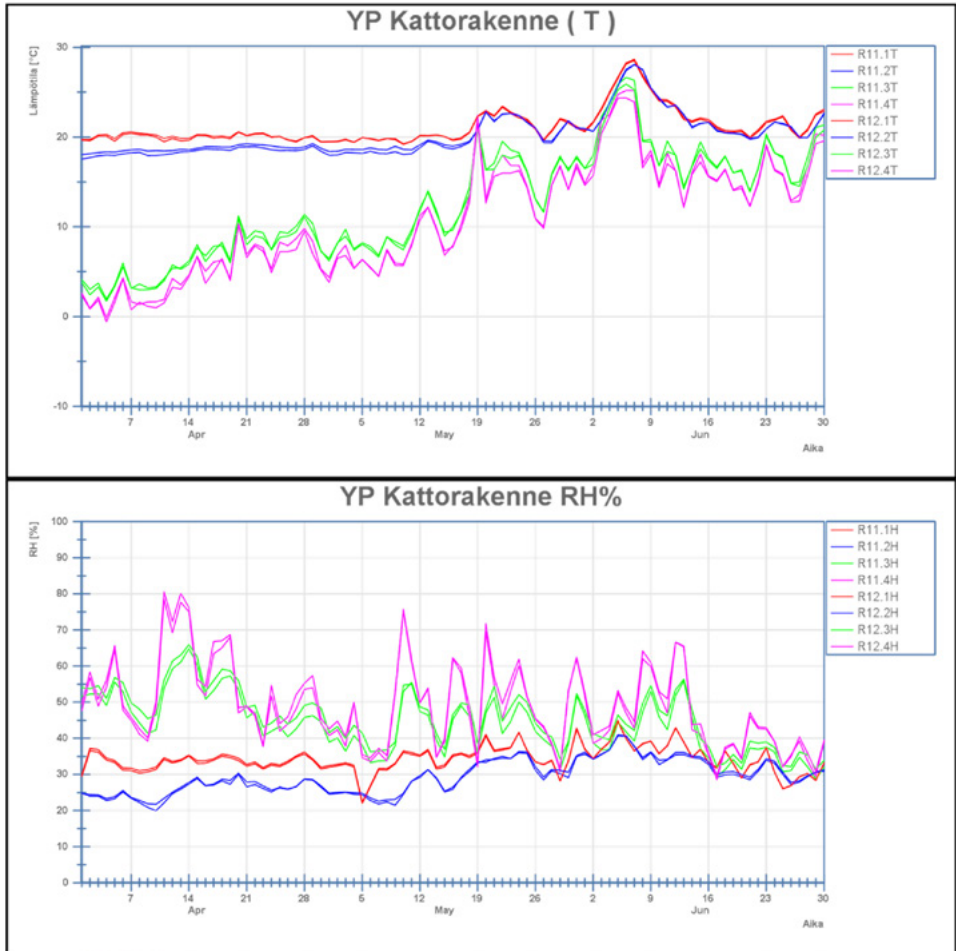
US2



AP

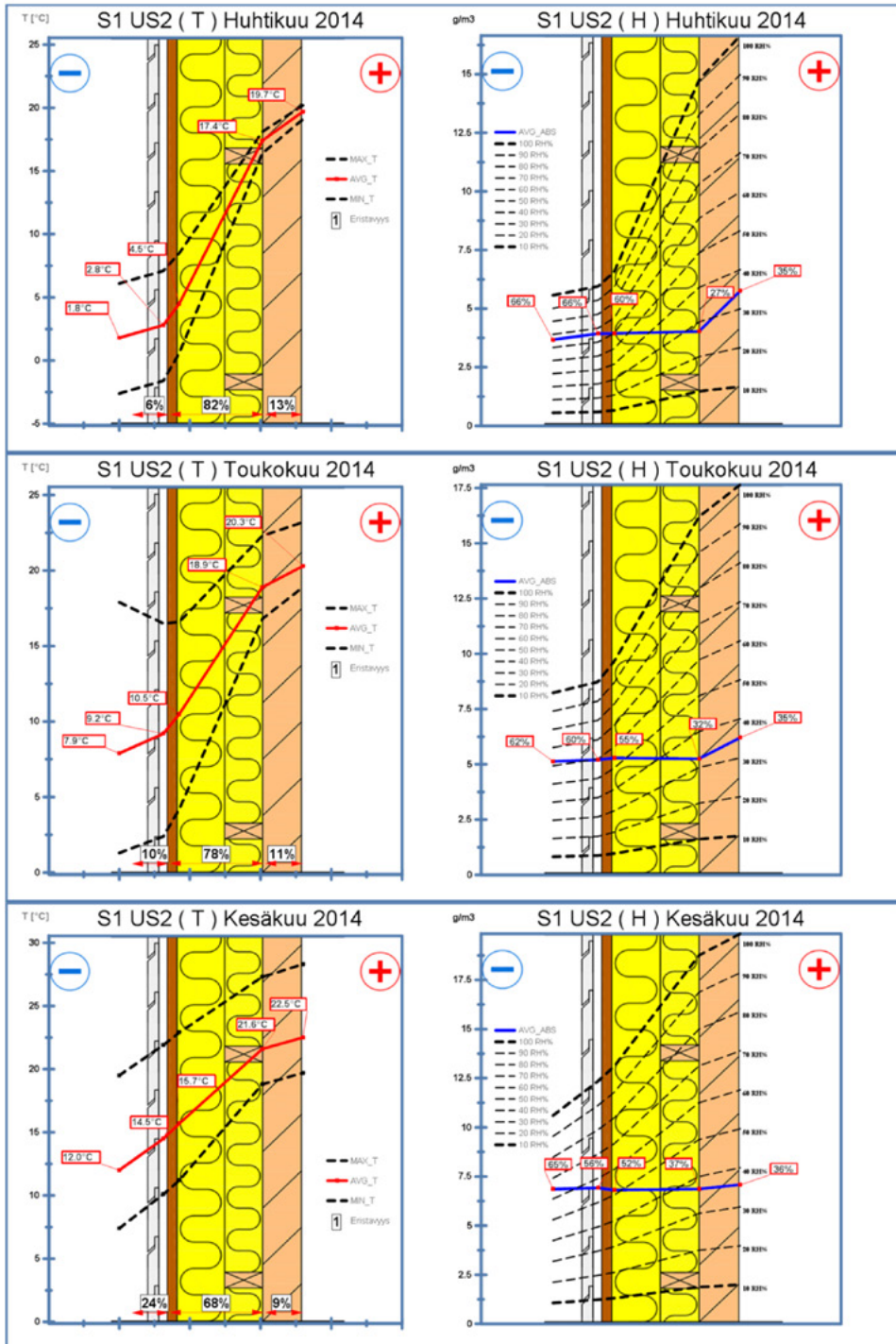


YP

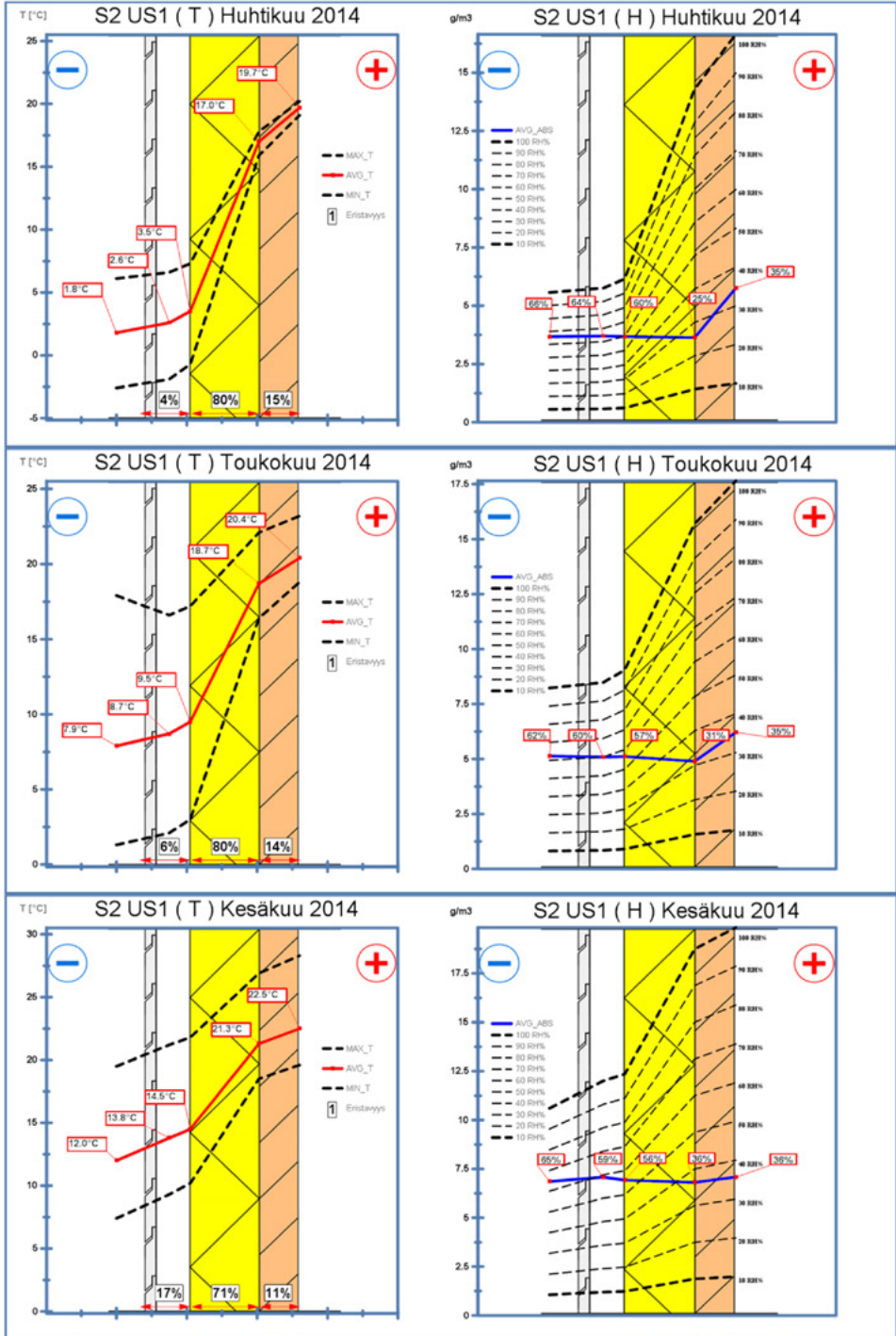


Liite 2 Kuukauden keskiarvot, lämpötilajakaumat ja vaihteluvälit rakenteissa

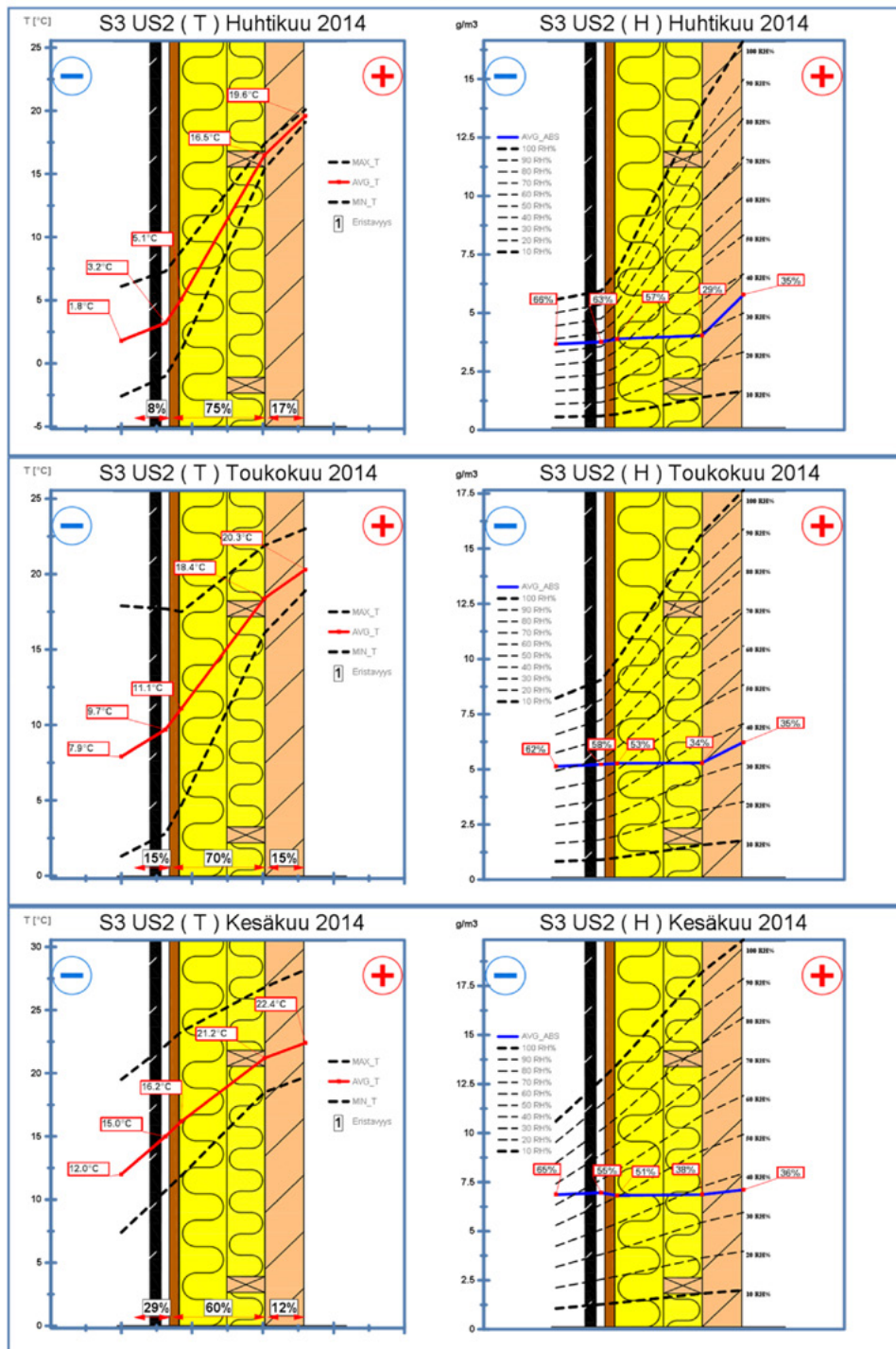
SEKTORI 1 / US 2 / VAALEA ULKOVERHOUS / POHJOINEN



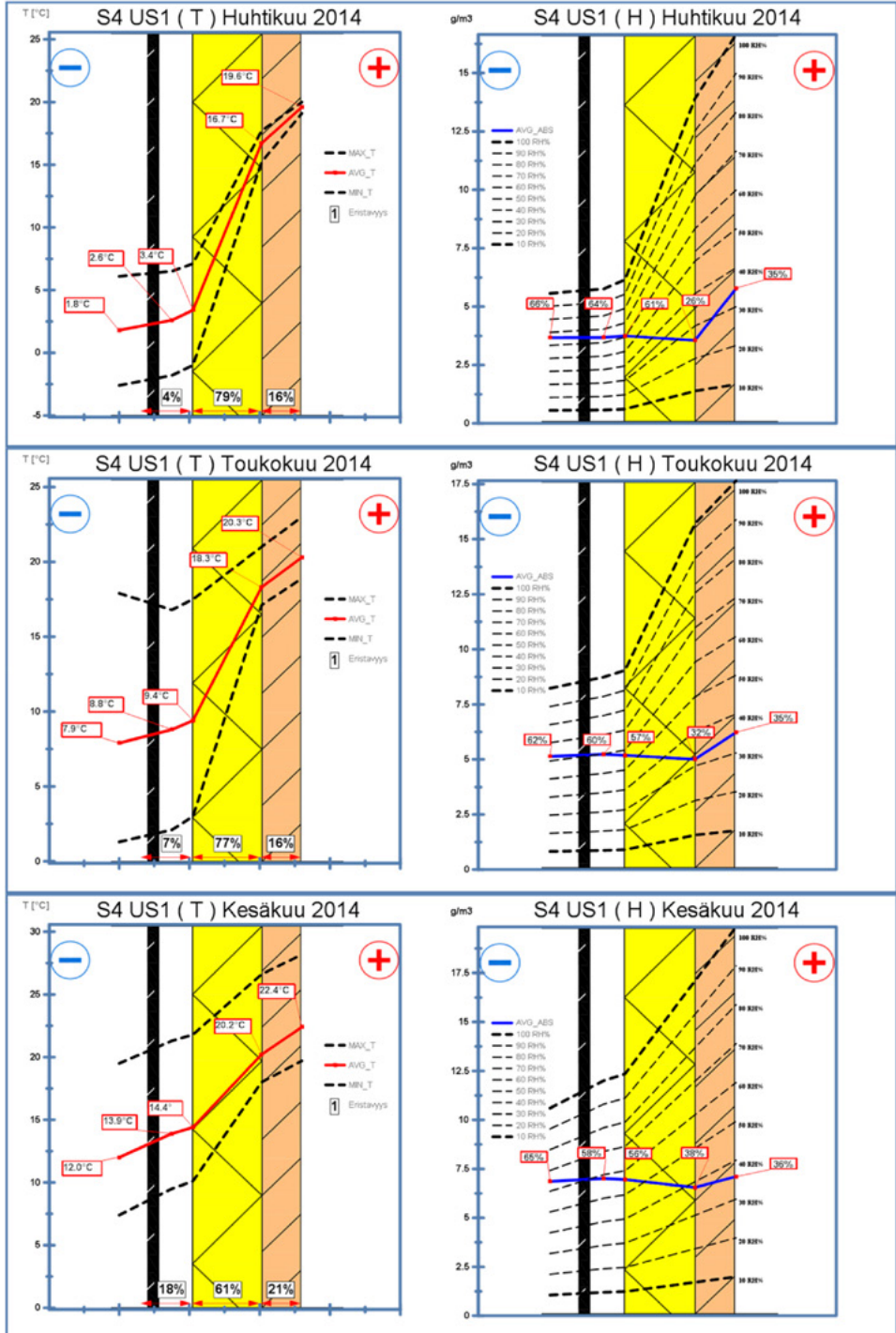
SEKTORI 2 / US1 / VAALEA ULKOVERHOUS / POHJOINEN



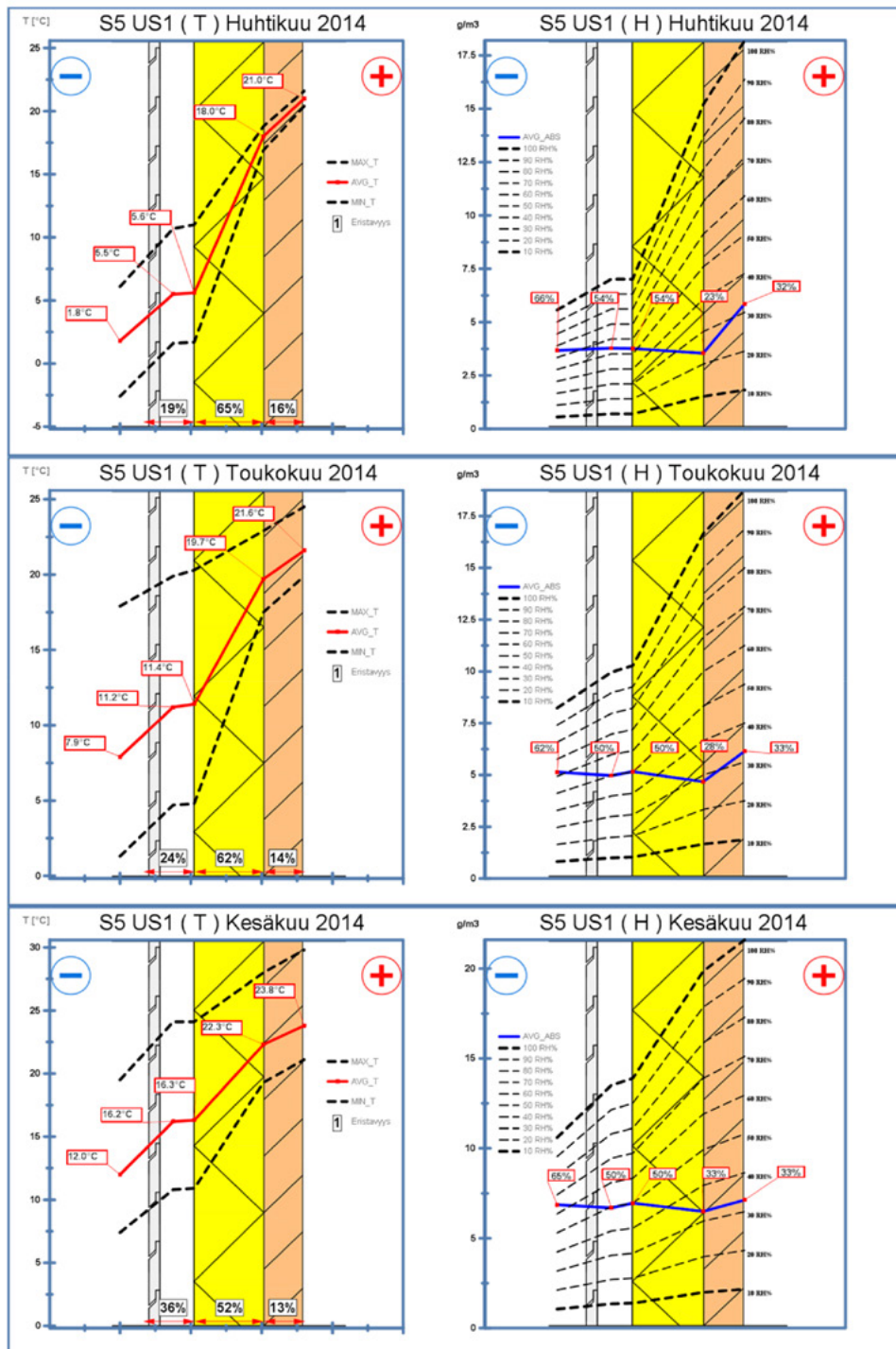
SEKTORI 3 / US2 / TUMMA ULKOVERHOUS / POHJOINEN



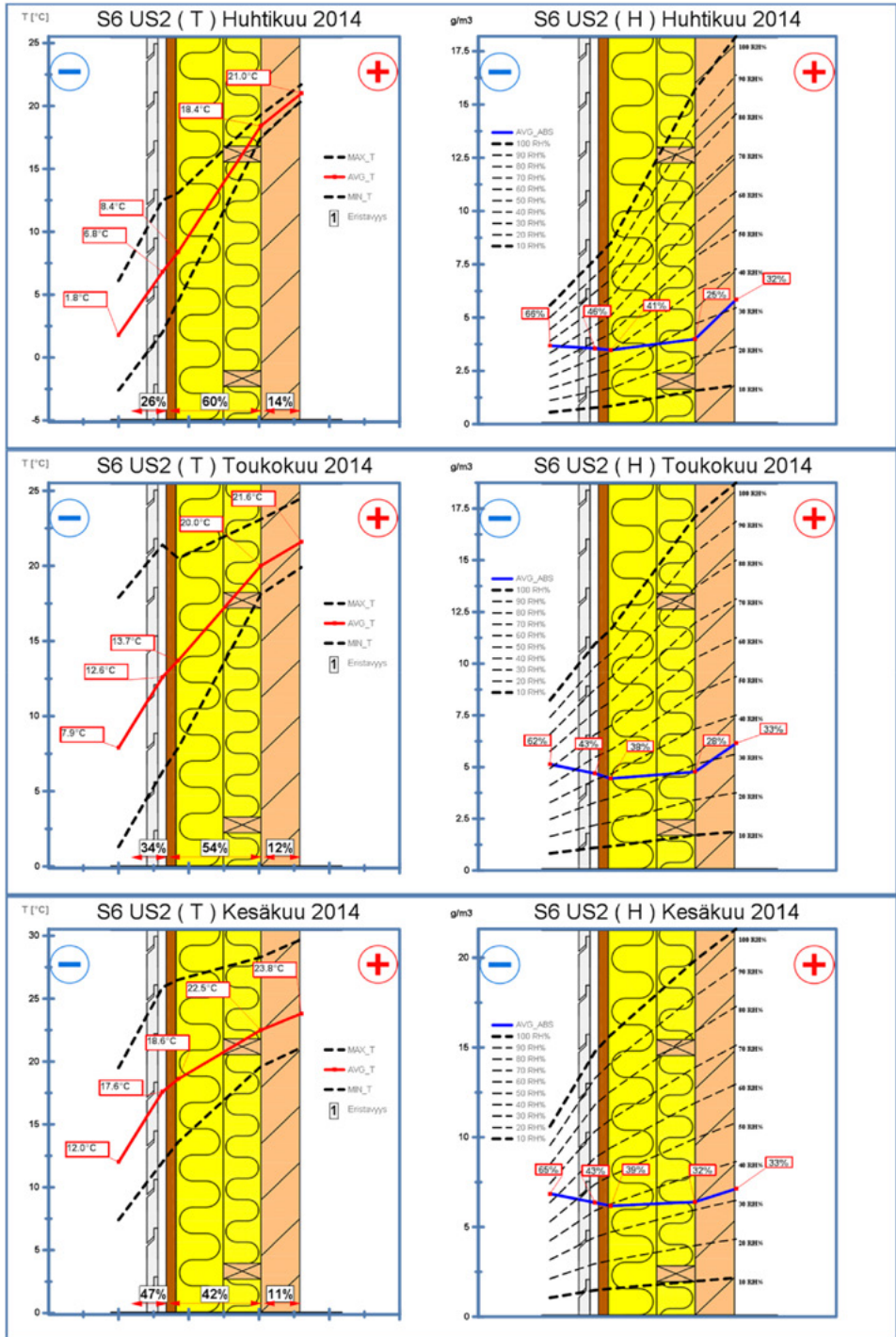
SEKTORI 4 / US1 / TUMMA ULKOVERHOUS / POHJOINEN



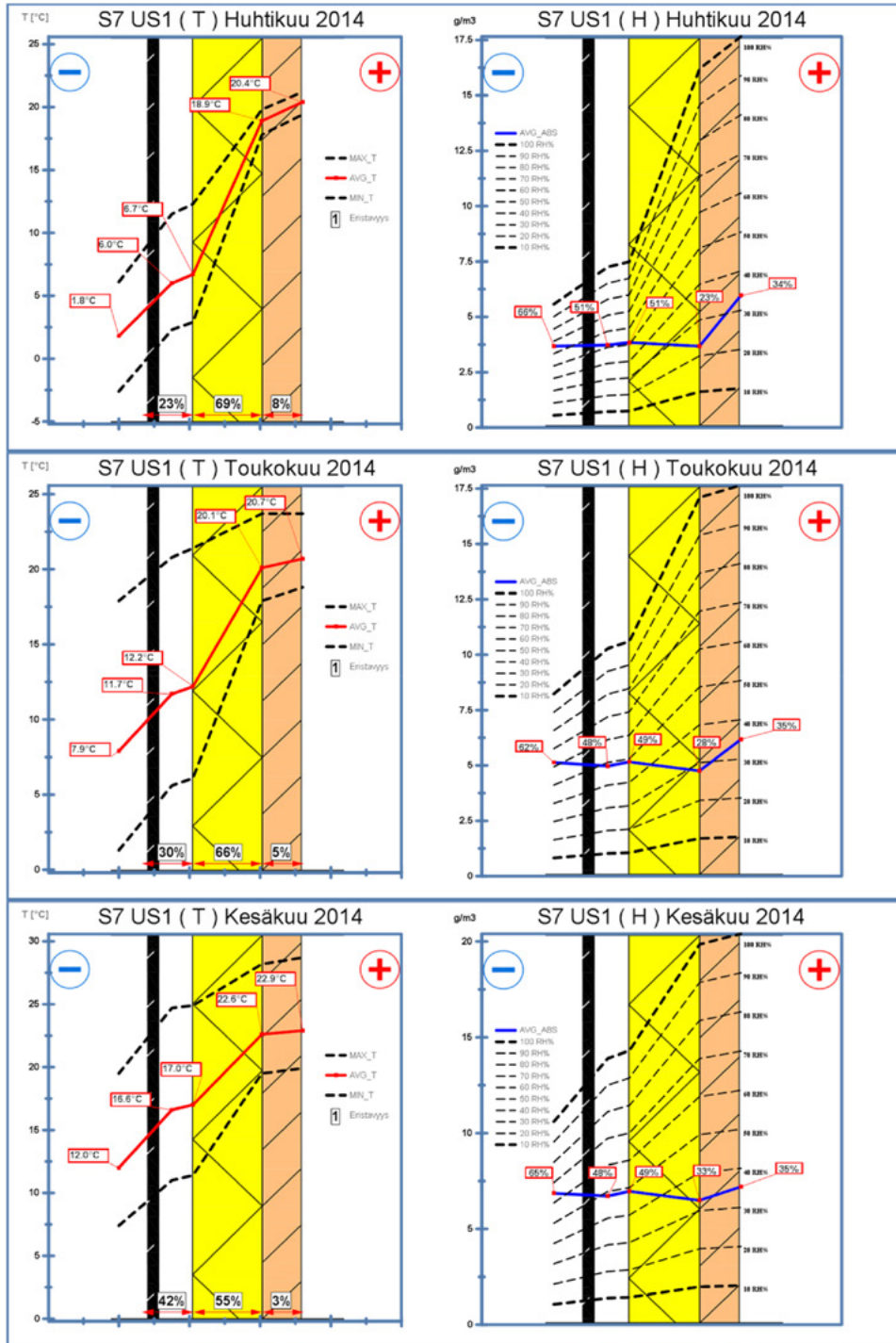
SEKTORI 5 / US1 / VAALEA ULKOVERHOUS / ETELÄ



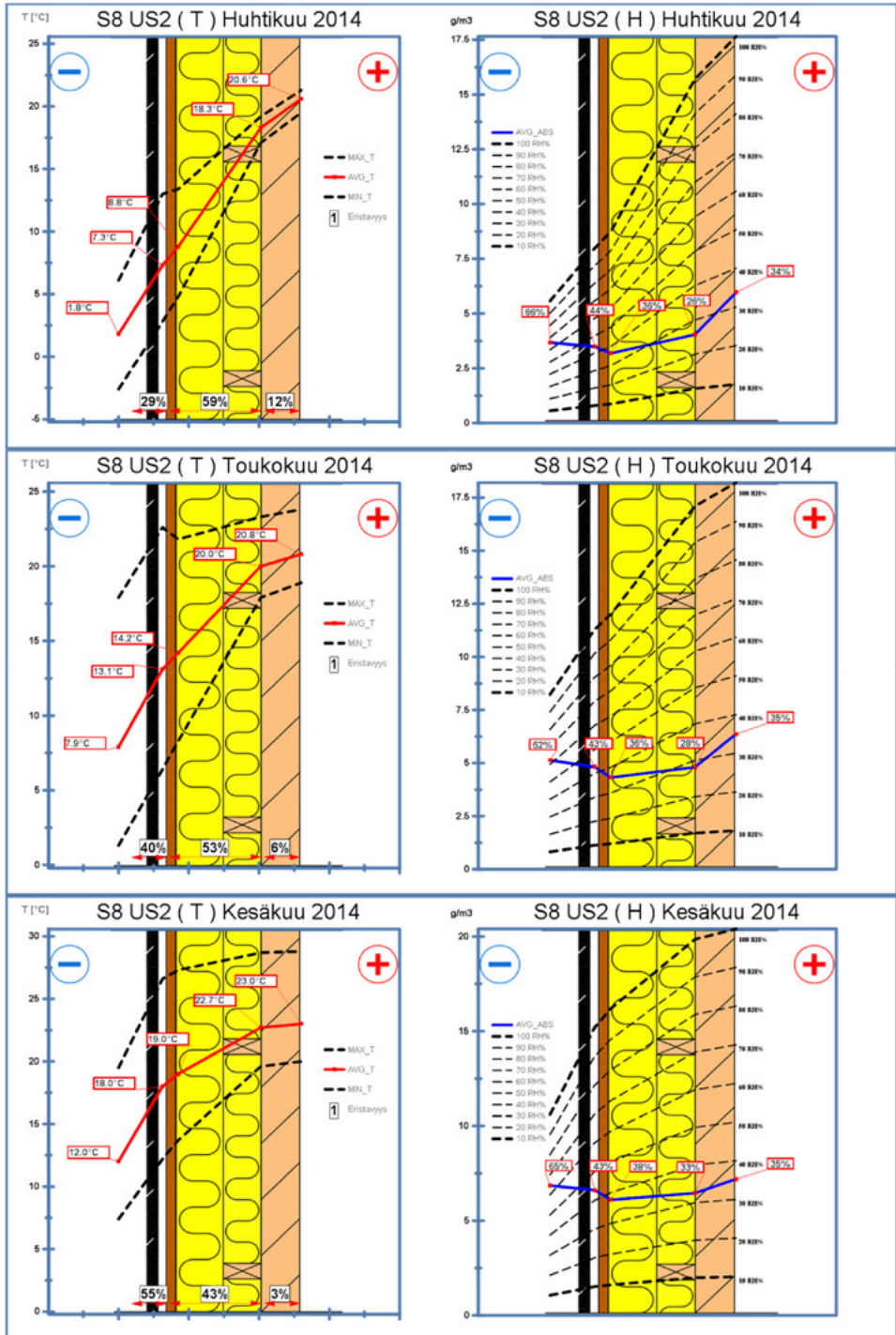
SEKTORI 6 / US2 / VAALEA ULKOVERHOUS / ETELÄ



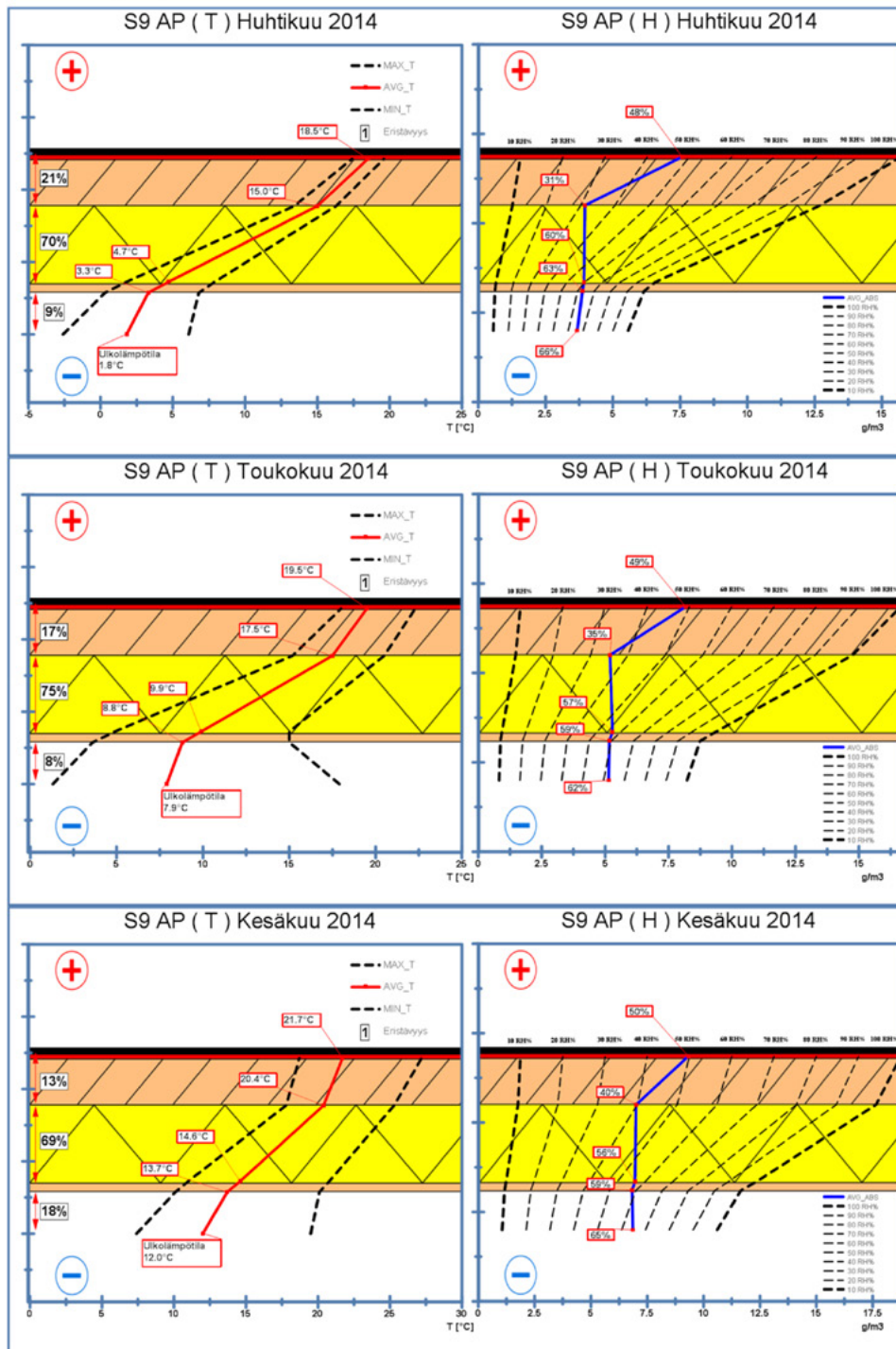
SEKTORI 7 / US1 / TUMMA ULKOVERHOUS / ETELÄ



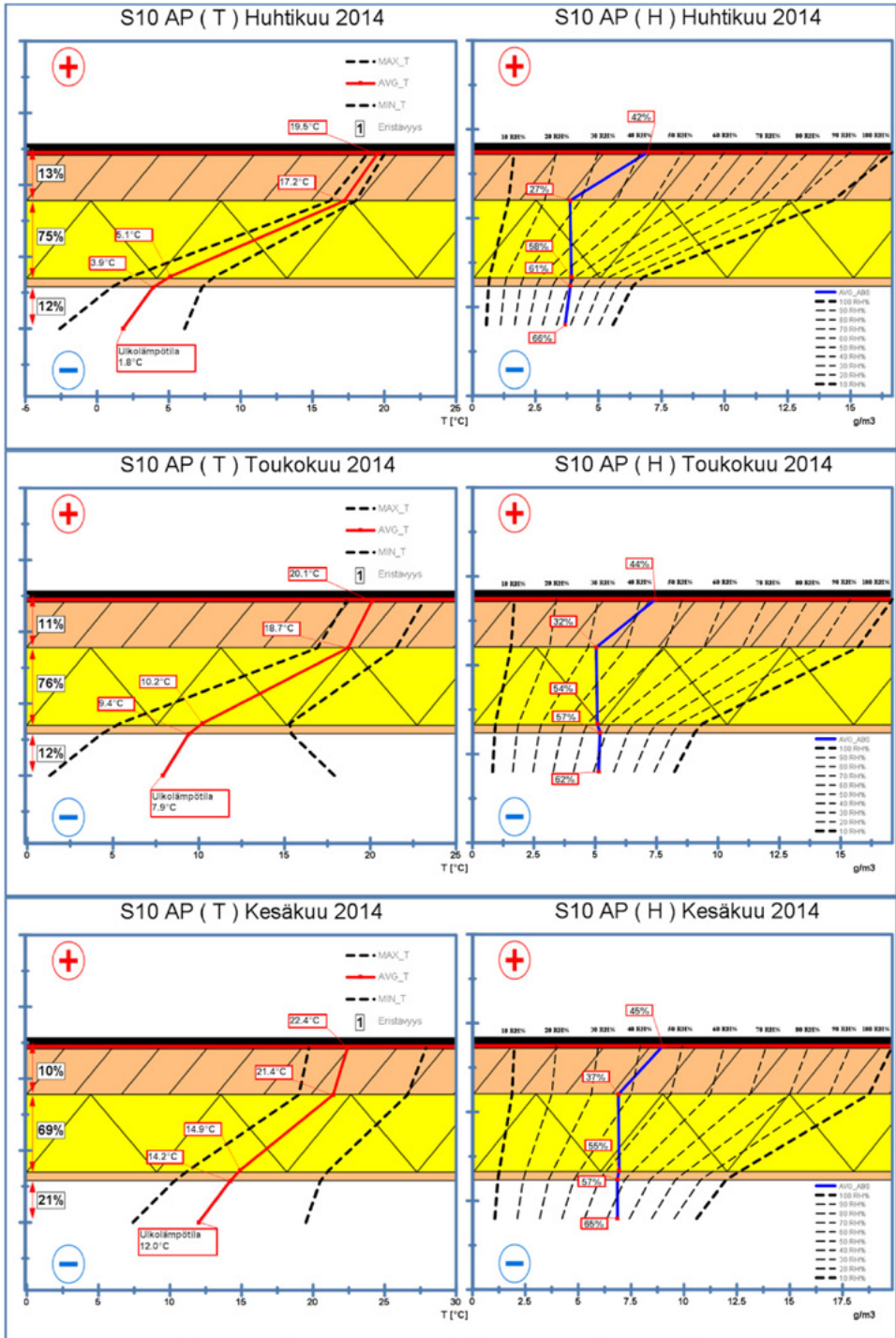
SEKTORI 8 / US2 / TUMMA ULKOVERHOUS / ETELÄ



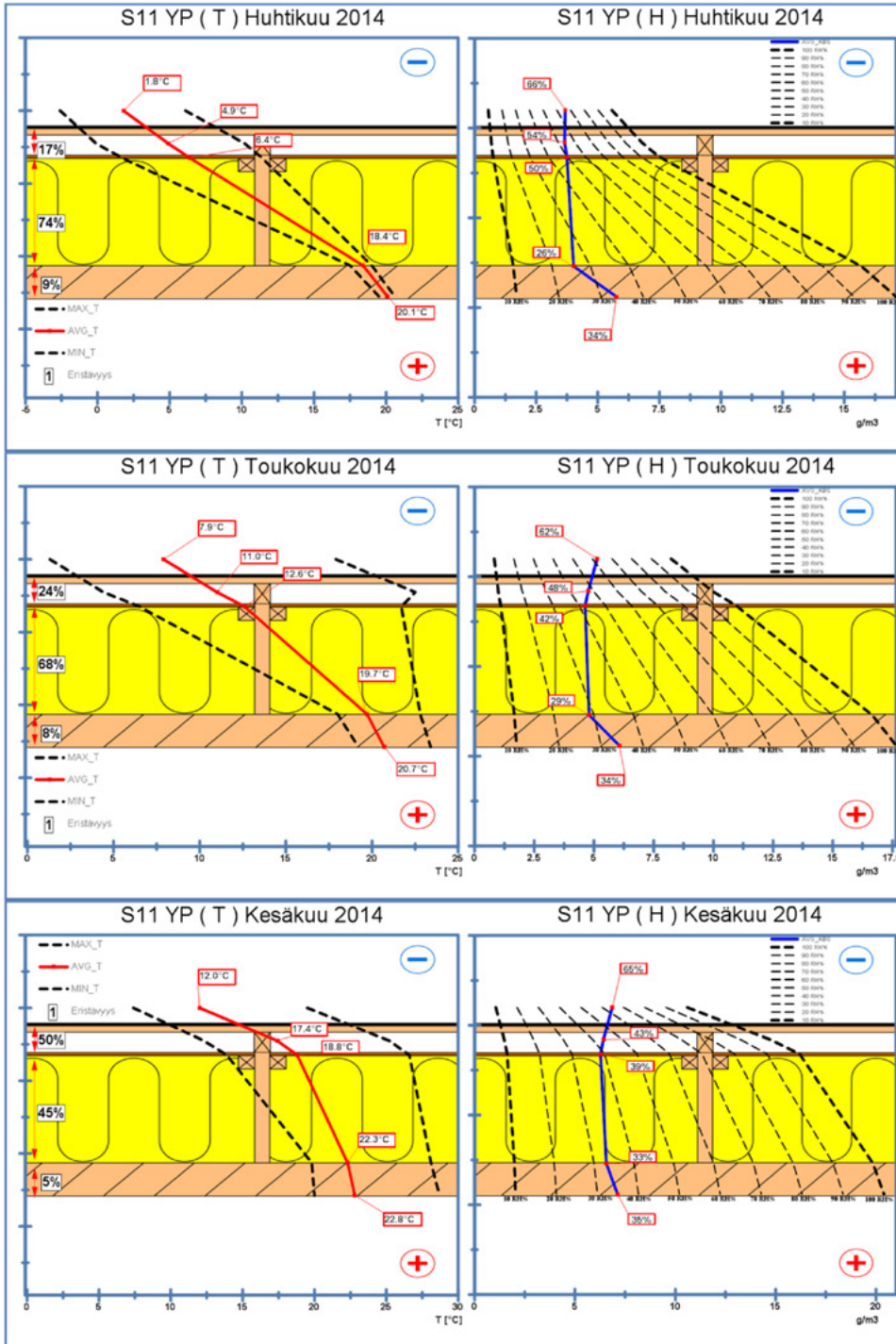
SEKTORI 9 / AP / POHJOINEN



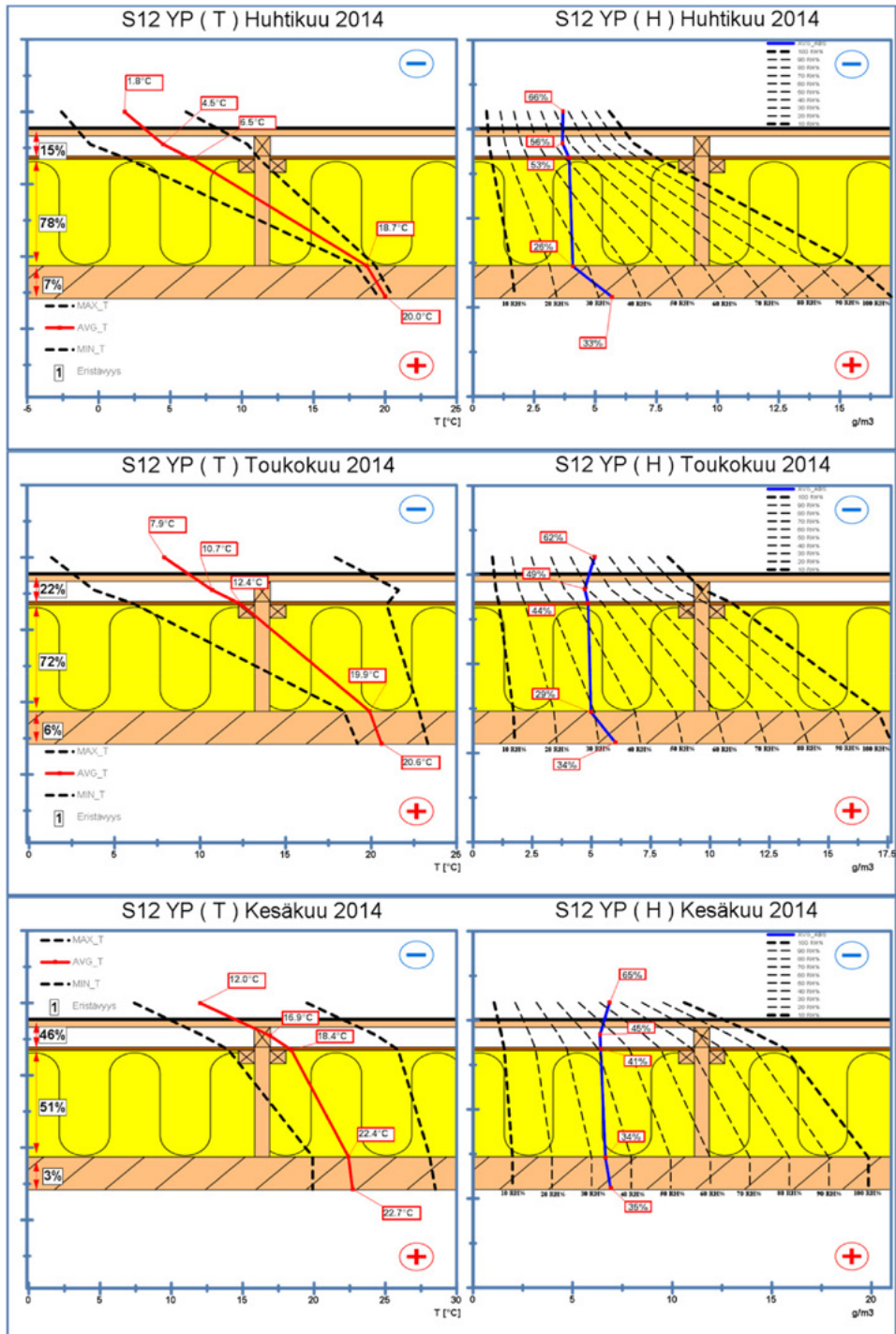
SEKTORI 10 / AP / ETELÄ



SEKTORI 11 / YP / POHJOINEN



SEKTORI 12 / YP / ETELÄ



CLT-koetalo-projektin yhtenä päätavoitteena on tutkia CLT-materiaalin rakennusfysikaalista toimintaa Suomen haastavissa olosuhteissa. Tämä Q2-raportti on toinen CLT-koetalon lämpö- ja kosteusteknisen toiminnan analysointiraportista, joita julkaistaan vuoden 2014 aikana yhteensä neljä. Q2/2014 -raportissa analysoidaan Kemissä sijaitsevasta CLT-koetalon rakenteista saatua mittausdataa. Koetalon rakenteissa sijaitsee yhteensä 48 mittausanturia, jotka mittaavat lämpötilaa ja suhteellista kosteutta.

DIGIPOLIS

AMMATTIOPISTO
LAPPIA

LAPIN LIITTO

Vipuvoimaa
EU:lta


Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

LAPIN AMK⁷
Lapland University of Applied Sciences

www.lapinamk.fi

ISBN 978-952-316-043-9