

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Riku Behm

Hirsirakenteisen ulkoseinän rakennusfysikaalinen tarkastelu ja korjaustyösuunnitelman laatiminen

Opinnäytetyö 2016

Tiivistelmä

Riku Behm

Hirsirakenteisen ulkoseinän rakennusfysikaalinen tarkastelu ja korjaustyösuunnitelman laatiminen, 29 sivua, 75 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2016

Ohjaajat: lehtori Timo Sihvo, Saimaan ammattikorkeakoulu; rakennusinsinööri Karri Behm, Lappeenrannan Rakennus-Pakki Oy

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää 160 vuotta vanhan hirsirakenteisen omakotitalon julkisivussa ilmenneiden kosteusvaurioiden syyt ja laatia näiden pohjalta korjaustyösuunnitelma. Työ perustuu asiakkaalta saatuun toimeksiantoon, kun kosteusvaurio todettiin rakennuksen julkisivun maalaustöiden yhteydessä.

Opinnäytetyössä hyödynnettiin rakennusfysikaalisten analyysien tekemisessä WUFI 5.1 Pro-ohjelmistoa sekä DOF-lämpö-ohjelmistoa. Ohjelmistoilla tutkittiin kohteen nykyisen seinärakenteen ongelmakohtia sekä vertailtiin eri korjausvaihtoehtoja niiden toimivuuden kannalta. Rakennusfysikaalisissa analyyseissä käytetyt ilmiöt käsitellään työn alussa.

Työssä tutustutaan aikakaudelle tyypillisiin hirsirakenteisiin asuinrakennuksiin ja niiden tyypillisiin ongelmakohtiin. Työ eteni ulkoseinän kosteusvaurioiden tutkimiseen analysointiohjelmien tuloksien pohjalta ja samassa yhteydessä analysoitiin mahdollisia syitä, jotka voisivat selittää kosteusvaurioiden syntymisen. Näistä saatujen raporttien pohjalta valittiin parhaimmaksi todettu korjaustapa, jonka pohjalta luodaan tarkemmat detaljit seinärakenteesta ja liitoskohdista.

Asiasanat: rakennusfysiikka, kosteusvauriot, korjaustyösuunnitelma, hirsirakentaminen

Abstract

Riku Behm

Building physical examination and production of a repair plan of the exterior walls of a timber structured building, 29 Pages, 75 Appendices

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Degree Programme in Civil and Construction Engineering

Specialisation in structural engineering

Bachelor's Thesis 2016

Instructors: Senior Lecturer Timo Sihvo, Saimaa University of Applied Sciences; Construction engineer Karri Behm, Lappeenranta Rakennus-Pakki Oy

The objective of the study was to examine the damage on the exterior walls of a 160-year-old log house and to find out the cause for the damage, and to produce a repair plan on the basis of the study. The study is based on the assignment order from the client when the moisture damage was diagnosed during the facade painting project.

The analysis for the study was produced with two different structural physics programs: WUFI Pro 5.1- program and DOF-heat- program. The programs were used to investigate the problems on the current structure and to compare them to the results of two different repair methods. The basic physical phenomena used in the analyses are explained in the beginning of the study

The study introduces the typical timber structures and their challenges from the era. The study then proceeded to investigations on the moisture damage on the exterior walls using the analysis programs. The possible reasons that could explain the emergence of moisture damage were also analysed. All the data that was collected and analysed then led to the best repair plan, upon which the detail drawings of the wall and its joints were produced.

Keywords: buildings physics, moisture damage, repair plan, timber construction

Sisältö

Käsitteet.....	6
1 Johdanto	9
1.1 Työn tausta.....	9
1.2 Työn tavoite ja tuotokset.....	10
1.3 Työn rajaus.....	11
2 Hirsirakentaminen	11
2.1 Hirsirakentamisen historiaa	11
2.2 1800-luvun tyypillisiä hirsirakenteita ja niiden tyyppejä ja ongelmat	12
3 Rakennusfysikaaliset analysointiohjelmat	14
3.1 WUFI	14
3.2 DOF-lämpö.....	15
4 Tulosten analysointi	15
4.1 Tutkimusten lähtötiedot.	15
4.2 Vanhan rakenteen analysointi.	16
4.3 Korjausvaihtoehto 1 analyysi.....	19
4.4 Korjausvaihtoehto 2 analyysi.....	22
5 Yhteenveto ja korjausmenetelmän valinta.	25
5.1 Tulevaisuuden riskit ja haasteet.	25
5.2 Korjausvaihtoehtojen vertailu ja valinta.	27
5.3 Yhteenveto	27
Kuvat.....	29
Lähteet.....	30

Liitteet

- Liite 1 Korjaustyöselostus
- Liite 2 Pohjapiirustus
- Liite 3 Leikkaus A-A
- Liite 4 Julkisivupiirustus 1
- Liite 5 Julkisivupiirustus 2
- Liite 6 Vanha ulkoseinä detalji
- Liite 7 Korjausvaihtoehto 1 detalji
- Liite 8 Korjausvaihtoehto 2 detalji
- Liite 9 Ulkoseinän ja sokkelin liitosdetalji
- Liite 10 Rästäsdetalji
- Liite 11 DOF-raportti Vanha rakenne
- Liite 12 DOF-raportti Korjausvaihtoehto 1
- Liite 13 DOF-raportti Korjausvaihtoehto 2
- Liite 14 WUFI-raportti Vanha rakenne
- Liite 15 WUFI-raportti Korjausvaihtoehto 1
- Liite 16 WUFI-raportti Korjausvaihtoehto 2

Käsitteet

Tämän osion tarkoituksena on kertoa yleisiä asioita lämmön ja kosteuden vaikutuksista rakenteisiin sekä rakennuksien toimintaan ja kuntoon. Osiossa käsitellään myös tämän kohteen tutkimuksissa tarkasteltavia rakennusfysikaalisia ilmiöitä.

Kosteus

Kostea ilma on kuivan ilman ja vesihöyryn seos. Kosteus on vettä, joka voi olla ilmassa höyrynä ja pinnoilla sekä rakenteissa nesteinä. Vesihöyryn määrää ilmassa ilmaistaan kahdella tavalla: vesihöyryn osapaineella (Pa) tai vesihöyryn pitoisuutena (g/ m³). Jokaisella aineella on oma kyllästymiskosteutensa, jonka jälkeen ne eivät pysty enää sitomaan kosteutta itseensä. Ilman kyllästymiskosteus riippuu lämpötilasta ja paineesta. Ilmassa olevan kosteuden saavuttaessa tietyn raja-arvon alkaa kosteus tiivistymään. (13; 14, s. 181-210.)

Absoluuttinen kosteus

Absoluuttinen kosteus ilmoittaa veden tai vesihöyryn määrän tiettyä tilavuus- tai massayksikköä kohden toisessa aineessa. Ilman absoluuttinen kosteus kuvaa nimensä mukaisesti ilman absoluuttista vesisisältöä. Absoluuttisella kosteudella tarkoitetaan vesihöyryn massan suhdetta tämän vesihöyrymäärän sisältämän ilman tilavuuteen. Tilavuutena tai massana voi olla joko kuivan tai kostean aineen tilavuus tai massa. Yksikkönä käytetään esimerkiksi kg/m³, g/m³, kg/kg tai g/kg. (13; 14, s. 181-210.)

Suhteellinen kosteus

Ilman suhteellinen kosteus RH (Relative Humidity) kertoo, miten lähellä ilman absoluuttinen kosteus on maksimikosteutta. Se on ilman absoluuttisen kosteuden suhde vallitsevan lämpötilan kylläisen höyryn kosteuteen. Suhteellinen kosteus ilmoittaa %-lukuna, paljonko kyseisen ilman sisältämä kosteus on sen kyllästyskosteudesta. (13; 14, s. 181-210.)

Kosteuden tiivistyminen

Kosteuden tiivistymisen eli kondensoitumisen on fysikaalinen ilmiö, jossa vesihöyry tiivistyy vedeksi. Kondenssin syntymisen ehtona on, että tiivistymiskohdan lämpötila on alhaisempi kuin ohi virtaavan ilman kastepistelämpötila, joka on tiivistymiseen vaadittavan lämpötilan rajapiste. Joissakin yhteyksissä kastepisteellä tarkoitetaan rakenteen sisällä olevaa kohtaa, jossa vesihöyry tiivistyy vedeksi. Kun lämmin ilma jäähtyy, alkaa ilmassa olevan suhteellisen kosteuden määrä kasvamaan, ja kun saavutetaan kastepistelämpötila, vesihöyry alkaa tiivistyä. (13; 14, s. 181-210.)

Kosteuden siirtyminen

Diffuusiossa kosteus siirtyy vesihöyryn osapaine-erojen vaikutuksesta alemman pitoisuuden suuntaan (kylmempään tilaan). Kukin materiaalikerrok vastustaa vesihöyryn siirtymistä lävitseen eli materiaaleilla on niille ominainen vesihöyryn vastus.

Konvektiossa kosteus siirtyy ilmavirran mukana. Virtaus voi olla pakotettu tai luonnollinen. Pakotetun virtauksen saavat aikaan mm. ilmanvaihto, ihmisen liikkeet ja tuuli. Luonnollista konvektiota esiintyy harvoin. (13; 14, s. 181-210.)

Lämpö

Lämpötila on SI-järjestelmän perussuure ja SI-järjestelmässä sen yksikkö on K (kelvin). Kelvin-asteikko alkaa alhaisimmasta teoreettisesta lämpötilasta, jota kutsutaan absoluuttiseksi nollapisteeksi. Kelvin-asteikolla absoluuttinen nollapiste on 0 K ja celsiusasteikolla noin $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$. Myös termodynaaminen lämpötila-asteikko tarkoittaa kelvinasteikkoa. Suomessa lämpötilaa mitataan tavallisesti celsiusasteikon mukaan. Termodynaamisissa laskelmissa käytetään kelvinasteikkoa.

Lämpö on lämpötilaerosta aiheutuvaa energian siirtymistä korkeammassa lämpötilassa olevasta kappaleesta tai aineesta alemmassa lämpötilassa olevaan kappaleeseen tai aineeseen. Lämpö siirtyy aina lämpötilaeroja tasoittavasti kuumemmasta kappaleesta kylmempään lämpöopin sääntöjä noudattaen. Siirtyminen voi tapahtua kolmella eri tavalla (14, s. 137-180; 15):

- lämpösäteilysssä, jossa energia siirtyy materiaalin luovuttamana sähkömagneettisena säteilynä
- johtumalla, jolloin energia siirtyy suoraan kahden tai useamman aineen kosketuspinnan kautta
- konvektiossa eli kuljetuksessa, jossa energiaa siirtyy virtaavan kaasun tai nesteen mukana.

Ominaislämpökapasiteetti

Ominaislämpökapasiteetti kuvaa sitä, kuinka paljon lämpöenergiaa materiaaliin sitoutuu lämpötilaeroa ja massaa kohti. SI-järjestelmän mukainen ominaislämpökapasiteetin yksikkö on joulea kelviniä ja kilogrammaa kohti eli J/(kgK). (14, s. 137-180; 15.)

Lämmönjohtavuus

Lämmönjohtavuus (λ) kuvaa sitä, miten hyvin materiaali läpäisee lämpöä. Lämmönjohtavuus kertoo sen, kuinka monta wattia lämpöä virtaa neliömetrin kokoisessa, metrin paksuisessa homogeenisessa materiaalissa, kun pintojen välillä on asteen lämpötilaero. Tämän lämpövirran yksikkönä käytetään W/mK. Pieni λ - arvo tarkoittaa pientä lämmönjohtavuutta, suurta lämmönvastusta ja hyvää lämmön eristävyttä. (14, s. 137-180; 15.)

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

160 vuotta vanhan hirsitalon (Kuva 1.) omistajat tilasivat lappeenrantalaiselta rakennusliikkeeltä koko rakennuksen ulkoseinien maalaustyöt keväällä 2015. Maalaustyöiden alkaessa havaittiin, että julkisivun paneelit olivat paikoittain irronneet, mikä herätti epäilyn mahdollisesti seinärakenteen sisällä olevasta kosteudesta.



Kuva 1. Kuvia kohteesta

Maalaustyöt aloitettiin alkukevästä, jolloin rakennuksen katolta tuleva sulamisvesi oletettiin syyksi seinärakenteen ongelmiin. Rakennuksen sadevesikourut olivat jäätyneet umpeen syöksytorvien tukkeutumisen takia, jonka seurauksena kourut olivat syksyllä täynnä vettä. Jäätyvä vesi aiheutti vaurioita seinän ja katon rajassa.

Kun katto puhdistettiin lumesta, voitiin huomata, että jää oli aiheuttanut pieniä vaurioita peltikaton saumoihin ja bitumikerrokseen, jolloin sulamisvedet olivat paikoittain päässeet valumaan katon kautta seinärakenteen yläosiin. Kohteessa aloitettiin korjaustyöt, joissa seinää purettiin vaurioituneelta osalta. Purkutöiden edetessä huomattiin kuitenkin, että vesikaton vuoto ei ollut ainoa kosteusongelmien aiheuttaja vaan kyseessä oli monen tekijän summa. Tukkeutuneet syöksytorvet aiheuttivat sadevesien sekä puista irronneiden lehtien ja oksien pakkautumisen jalkaränneihin sekä syöksysuppiloihin. Tästä seurasi sadeveden hallitsematon kulkeutuminen ulkoseinärakenteisiin sekä ulkoseinälaudoituksen taakse. Ulkoseinärakenteen tarkastelujen yhteydessä havaittiin puutteita ulkoseinän tuulettumisessa. Ulkoseinä ei vastannut rakenteellisesti saatavilla olleita detajli-piirustuksia, joiden mukaisesti ulkoseinä oli suunniteltu tuulettuvaksi. Näiden havaintojen perusteella voitiin todeta, että seinärakenteen toimivuus on tarkastettava ja seinärakenne on muutettava tuulettuvaksi, jotta ongelmat saataisiin korjattua.

Korjaustöiden yhteydessä vaurioituneet kohdat avattiin, seinät kuivatettiin ja hirsien kunto tarkistettiin. Seinää ei tässä yhteydessä aloitettu perusteellisesti korjaamaan, vaan selvästi näkyvät vauriot korjattiin ja koko julkisivu maalattiin uudestaan. Tämä on vain väliaikainen ratkaisu, eikä korjaa ulkoseinän ongelmia.

1.2 Työn tavoite ja tuotokset

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää 160 vuotta vanhan hirsirakenteisen omakotitalon ulkoseinissä ilmenneiden vaurioiden syyt ja laatia korjaustyösuunnitelma vaurioiden korjaustöitä varten. Työssä perehdytään hirsirakentamisen historiaan, tutkitaan hirsirakentamisen hyötyjä ja haittoja sekä tutustutaan kyseisessä kohteessa käytettyyn 1850-luvun jälkeiseen hirsirakentamisen tyyliin.

Nykyisen ulkoseinän analysointi tehdään rakennusfysikaalisten ohjelmien avulla ja saatuja tuloksia verrataan kahteen eri korjausvaihtoehtoon. Vaihtoehtoista tuotetaan analyysit ohjelmista saatujen tulosten pohjalta.

Analysoinnin pohjana käytetään kahta eri ohjelmaa, joiden tuloksia vertaillaan keskenään. Analysointiohjelmien toimintaperiaatteita käsitellään opinnäytetyön luvussa 3.

Opinnäytetyön aikana tehtyjen tutkimusten pohjalta laaditaan kohteeseen soveltuvien korjaustoimenpiteiden osalta korjaustyösuunnitelma sekä piirustussarja korjaustöistä kohteen urakkalaskentaa varten.

1.3 Työn rajaus

Työssä keskitytään rakennuksen ulkoseinässä ilmeneviin ongelmiin ja näiden tutkimiseen, koska suurimmat rakenteelliset ongelmakohdat löytyivät juuri seinärakenteista.

Tutkimuksessa vertaillaan kahta eri korjausvaihtoehtoa, jotka eroavat toisistaan sekä kustannuksilta että toimivuudelta. Saatuja tuloksia vertaillaan myös nykyisiin hirsirakenteiselle ulkoseinälle asetettuihin vaatimuksiin. Vertailu antaa käsityksen siitä, minkälainen todellinen hyöty saadaan korjaustoimenpiteillä ja miten suunnitellut korjausvaihtoehdot pärjäävät nykyisten vaatimusten valossa.

2 Hirsirakentaminen

2.1 Hirsirakentamisen historiaa

Hirsirakentaminen kuuluu oleellisena osana suomalaiseen rakennusperinteeseen. Hirsi oli tärkeä talojen runkorakennusmateriaali Suomessa aina 1950-luvulle asti. Hirttä on käytetty kaikenlaisten rakennusten rakentamiseen sen helpon saatavuuden ansiosta. Aluksi hirsirakentamisessa käytettiin puun runkoa sellaisenaan, poikkileikkaukseltaan ympyränä, mutta vähitellen hirsi veistettiin seinärakenteeseen sopivampaan muotoon. Hirren käyttö väheni sotavuosien jälkeen, kun tarvittiin nopeampia menetelmiä talojen rakentamiseen. Tämän seurauksena sahalaitokset alkoivat yleistyä ja puusta saatiin enemmän rakennusmateriaalia ja samalla rakentaminen oli aiempaa edullisempaa. Rankarakentaminen yleistyessään syrjäytti vähitellen massiivipuisen hirren käytön runkomateriaalina. (7, s. 5)

Hirsi rakennusmateriaalina nähdään yleensä ympäristöystävällisenä vaihtoehtona. Hirsi on uusiutuva luonnonvara, se on lämpöteknisesti hyvin toimiva vaihtoehto ja hengittävyytensä ansiosta hirsirakennuksien sisäilman laatu on hyvä. (8.) Hirren haittapuolia ovat mm. hirren painumat, halkeilut ja lahoamiset, jotka kaikki aiheutuvat hirren käyttäytymisestä ympäröiviin ilmasto-olosuhteisiin. Suomen ilmasto on kostea, joten on tärkeää perehtyä hirsirakenteiden kosteuskäyttäytymiseen korjaustöitä suunniteltaessa.

2.2 1800-luvun tyypillisiä hirsirakenteita ja niiden tyypiviat ja ongelmat

Teollisuuden käynnistyttyä Suomessa 1800-luvun puolivälissä alkoivat uudet kaupunkirakennukset olemaan enemmän porvariston tarpeisiin sopivia. Perusratkaisuna ei ollut enää maalaismainen tupa, vaan pohjaratkaisut noudattivat ylellisempää mallia, jossa asuntoihin rakennettiin erilliset seurustelutilat, makuutilat ja keittiö. Vuosisadan loppua kohden rakennustekniikka jatkoi mutkistumista ja vaikutteita otettiin naapurimaiden rakentamisen tyyleistä. (1.)

Maapohja ja alapohja

1800-luvun rakennukset olivat pääasiassa hirsirunkoisia rakennuksia, joissa oli rossipohja eli tuulettuva alapohja. Kosteusongelmien välttämiseksi rakennukset sijoitettiin yleensä pienen mäen tai kukkulan päälle, jolloin pohjavedestä ei aiheudu ongelmia rakennuksen perustuksiin. Tämän aikakauden rakennusten sokkelit tehtiin lähes poikkeuksetta luonnonkiviladeldelminä, jossa sokkelit tehtiin latomalla erikokoisia ja -muotoisia luonnosta kerättyjä kiviä päällekkäin ja kiilaamalla sokkeli tukevaksi pienemmillä kiilakivillä. Lopuksi sokkelin aukot täytettiin kalkkilaastilla. Rossipohjainen rakennus edellyttää korkeampaa kivijalkaa, mutta itse kivijalalla ei ole enää eristävää merkitystä. Tuuletusaukkojen ansiosta maasta nouseva kosteus pääsee tuulettumaan pois talon alta. Kivijalkojen suurimmat vauriot johtuvat siitä, että talo jää kylmilleen ja routiva maa aiheuttaa liikettä ja vaurioita kivijaloissa. (2; 3.)

Ulkoseinä

Hirsirunkoisissa rakennuksissa lautaverhouksen käyttö päärakennuksen julkisivuissa yleistyi 1800-luvun kuluessa. Hirsitalon laudoituksella on kolme tehtävää. Laudoitus toimii ns. uhrikerroksena hirsirungolle, jonka tehtävänä on suojata sen takana olevia rakennekerroksia sadevedeltä ja muilta ulkoilman kosteuslähteiltä. Kastuneet ulkoseinän uloimmat rakenteet on laudoitetussa ulkoseinässä helpompi uusida, kuin lähteä uusimaan kantavia hirsirakenteita niiden kostuessa. Toinen tehtävä on vähentää hirsitalossa usein esiintyvää vetoisuutta. Julkisivun laudoitusta onkin usein suositeltu parantamaan seinän lämmöneristävyyttä ja tiiveyttä. Kolmas syy käyttää julkisivulaudoitusta on esteettinen: talon haluttiin talon näyttävän kalliimmalta kivitalolta. (4.)

Julkisivulaudoituksen vauriot johtuvat sen jatkuvasta altistumisesta erilaisille sääolosuhteille. Myös vääränlaiset maalit ja muut pintakäsittelyaineet voivat johtaa laudoituksen vaurioihin. Lahovauriot ovat myös yleisiä tämän aikakauden rakennuksissa, koska ulkoseinä ei pääse tuulettumaan. Lahovaurioita esiintyy tällöin etenkin seinän liitoskohdissa (alin hirsikerros, yläpohjan ja ikkunoiden liitokset). Lahovauriot aiheuttavat myös painumia seinissä ja seinien kallistumisia. (4.)

Yläpohja

1800-luvun rakennusten kattokaltevuudet olivat jyrkkiä ja kattotuolit liittyivät suoraan hirsirunkoon. Yläpohjan kantavat rakenteet ja kattotuolit tehtiin aikakaudelle tyypillisesti veistohirrestä. Vesikatteena käytettiin pärekattoa, joka tervattiin vesitiiveyden saavuttamiseksi. Yläpohja toimi usein varastotilana, ja se eristettiin pääasiassa purulla tai turpeella. Yläpohjan eristeenä käytetty purueriste tai turve voivat toimia kosteutta sitovana riskikohtana, jos niihin pääsee vettä. Eloperäisinä eristemateriaaleina sahanpuru ja turve luovat otolliset kasvualustat home- ja mikrobikasvustoille. (5.)

Yläpohjassa esiintyviä tyypillisiä ongelmakohtia ovat mm. vesikate ja sen kunto sekä ongelmat sadevesien hallinnassa. Jos sadevedet eivät ohjaudu pois katolta tai rakennuksen ulkoseinistä, ne aiheuttavat ajan myötä kosteusvaurioita. Vuotavan katon lisäksi syy yläpohjan kosteusongelmiin voi olla alakerran hu-

neista ylöspäin vuotava lämmin ilma. Alhaalta ylös nouseva kostea ja lämmin ilma kondensoituu vedeksi, kun se kohtaa vintillä olevan kylmän ilman. Ilmavuo- toja ilmenee, jos alemman huoneen välikatto on pääosin tiivis, mutta ilma pää- see vuotamaan ylöspäin esimerkiksi huoneen nurkista, joista ilmansulkuna toi- minut pinkopahvi on päässyt löystymään tai vaurioitumaan. Vaikka useissa ta- pauksissa virtaus on hyvin pieni, voi se aiheuttaa vuosikymmenten varrella mahdollisia lahovaurioita. (5.)

3 Rakennusfysikaaliset analysointiohjelmat

Tässä luvussa käsitellään opinnäytetyön aikana käytettyjen laskentaohjelmien perustietoja sekä laskentaominaisuuksia ja niiden toimintaperiaatteita.

3.1 WUFI

WUFI on rakenteiden kosteuden- ja lämmönsiirron simulointiohjelma, jonka on kehittänyt saksalainen Fraunhofer institut für bauphysik. WUFI on lyhenne sak- sankielisistä sanoista Wärme- und Feuchtetransport instatiönär, joka tarkoittaa lämmön ja kosteuden kulkeutumista. Ohjelman laskentamenetelmät on hyväk- sytty maailmanlaajuisesti, ja ne tuottavat realistisen simuloinnin rakenteiden ja rakennusten kosteuskäyttäytymisestä todenmukaisissa ilmasto-olosuhteissa. Kosteussimuloinnilla voidaan arvioida rakenteiden kosteuskäyttäytymistä ja voi- daan tutkia esimerkiksi kuivumisaikoja, kosteuden kertymistä ja homehtumisris- kiä. Simuloinnissa käytettäviä kosteudensiirtomuotoja, joita tutkitaan, ovat mm. vesihöyryn diffuusio, liuoksen diffuusio, kapillaarinen siirtyminen sekä pintadif- fuusio. (11.)

WUFI perustuu viimeisimpään tietämykseen vesihöyryn läpäisevyydestä ja kosteuden kulkeutumisesta rakennusmateriaaleissa. WUFI perustuu dynaami- seen kosteus- ja lämpösimulointiin, joka havainnollistaa rakenteen rakennusfy- sikaalista toimivuutta määrätyn ajanjakson aikana, jolloin olosuhteet rakenteen molemmiin puolin muuttuvat jatkuvasti. Eri materiaalien ominaisuudet tulevat eri maiden standardeista, jotka ovat saatavilla ohjelmaan erillisinä materiaalikirjas- toina. (11.)

3.2 DOF-lämpö

DOF-lämpö-ohjelmalla voidaan arvioida rakenteen lämpö- ja kosteuskäyriä, kondensaatiomäärää, U-arvoa sekä energiankulutusta. U-arvon laskenta suoritetaan euronormien mukaan, millä on erityisesti merkitystä, mikäli rakenne sisältää kylmäsiltoja. Ohjelmalla voi määrittellä mielivaltaisia kerroksellisia rakenteita, kuten esimerkiksi seiniä, kattoja ja lattioita. (12.)

Ohjelman mukana tulevista materiaalitietokannoista löytyvät tavallisimmin käytettyjen rakennusmateriaalien laskenta-arvot. Ohjelman tietokantoja voi myös täydentää uusilla materiaaleilla. Ohjelma sisältää useiden materiaalivalmistajien materiaalikirjastot sekä tyyppihyväksytyjen laskenta-arvojen lisäksi tuotteiden muut tiedot. (12.)

DOF-lämpö-ohjelmaa voi käyttää esimerkiksi seuraavissa tilanteissa:

- halutaan ratkaista seinä- ja yläpohjarakenteen lämmönläpäisykerroin (k / U -arvo)
- tarkastellaan uuden tai korjattavan rakenteen kosteuskäyttäytymistä
- halutaan tietää rakenteen lämmitys-energiantarve tietyinä ajanjaksona.

4 Tulosten analysointi

Tässä luvussa analysoidaan DOF-lämpö- sekä WUFI-ohjelmista saatuja tuloksia nykyisestä ulkoseinärakenteesta sekä uusista korjausvaihtoehdoista.

4.1 Tutkimusten lähtötiedot

DOF-lämpö-ohjelma luo vuoden ajalta paikkakuntakohtaisten säätietojen mukaan analyysit rakenteista ja niiden kosteus- ja lämpökäyttäytymisestä. Analyysiin valitut tutkittavat kuukaudet ovat: tammikuu, huhtikuu, heinäkuu ja marraskuu. Oleellista on tutkia vuoden kylmintä ja lämpimintä kuukautta, jotka ovat tässä tapauksessa tammikuu ja heinäkuu.

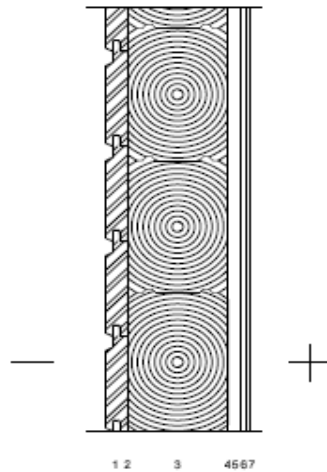
WUFI-ohjelma ottaa paikkakuntakohtaisten säätietojen lisäksi huomioon mm. rakenteen ilmansuunnan, rakennuksen korkeuden ja erilaisten sääilmiöiden vaikutuksen. Tutkittavan ajanjakson pituudeksi valittiin 5 vuotta, jotta saatiin selville

rakenteiden kosteustekninen käyttäytyminen pidemmällä aikavälillä. Rakenteiden alkukosteudeksi valittiin ohjeiden mukaan RH 80%. Rakennusmateriaalien alkukosteus saatiin materiaalikirjastosta.

Ohjelmissa käytetyt materiaalit valittiin saatavilla olleista materiaalikirjastoista. Tarvittaessa materiaalien parametreja muutettiin, jolloin rakenteet vastaisivat todellista rakennetta ja ohjelmien tulokset olisivat keskenään vertailtavissa.

4.2 Vanhan rakenteen analysointi

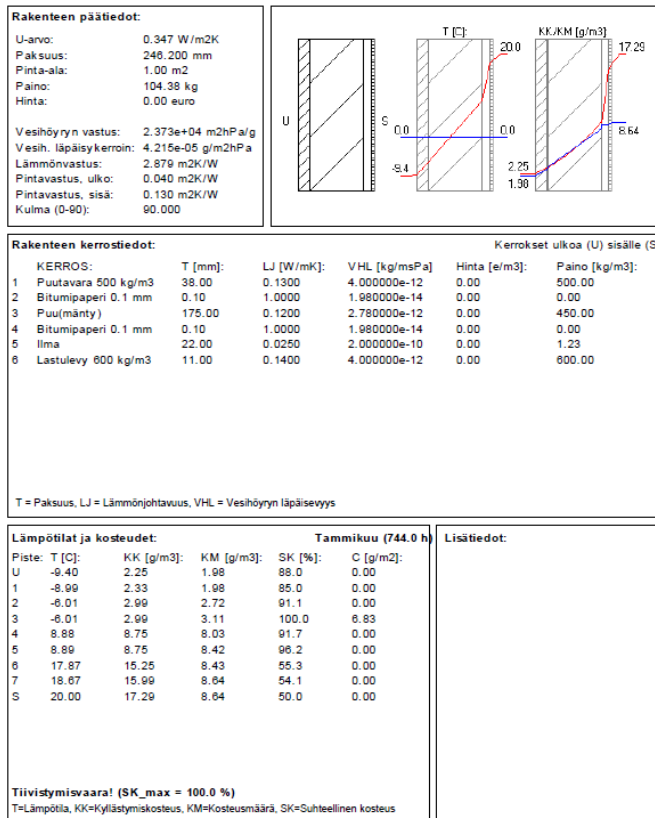
Vanha seinärakenne on aikakaudelleen hyvin tyypillinen lautaverhoiltu hirsirakenteinen ulkoseinä (Kuva 2.). Suurin syy ulkoseinän mahdollisiin kosteusvaurioihin on tuuletusraon puute ulkoverhouksen ja kantavan hirsirungon välissä. Tämän puutteen vuoksi kosteus jää rakenteen sisälle eikä pääse kuivumaan ajan myötä pois. Kohteessa havaittiin myös ulkoverhouksen paikallista irtoamista ja ”pullistumista”. Tämä johtuu osin ulkoverhouslaudan pitkäaikaisista kosteusvaihteluista. Ulkoverhouslaudan kastumisesta ja kuivumisesta aiheutuu ulkoverhouslautaun muodonmuutoksia ja niistä seuranneita jännityksiä. Ulkoverhouslaudan kiinnittämiseen käytetyt takonaulat eivät enää kyenneet ottamaan muodonmuutoksia vastaan pitkien kiinnitysvälien (2000 – 2500 mm) takia, vaan naulat irtosivat paikoitellen kantavasta rungosta. Myös rakennuksen vierustan kasvuston tunkeutuminen julkisivulaudoituksen taakse edesauttoi laudoituksen irtoamista.



Rakenne			
38 mm	1	Ulkoverhouslauta	
	2	Bitumi-/Tervapaperi	
~175 mm	3	Hirsirunko	
	4	Höyrynsulkupaperi	
22 mm	5	Pystykoolaus 22x50 mm k600	
11 mm	6	Lastulevy	
	7	Pintakäsittely	

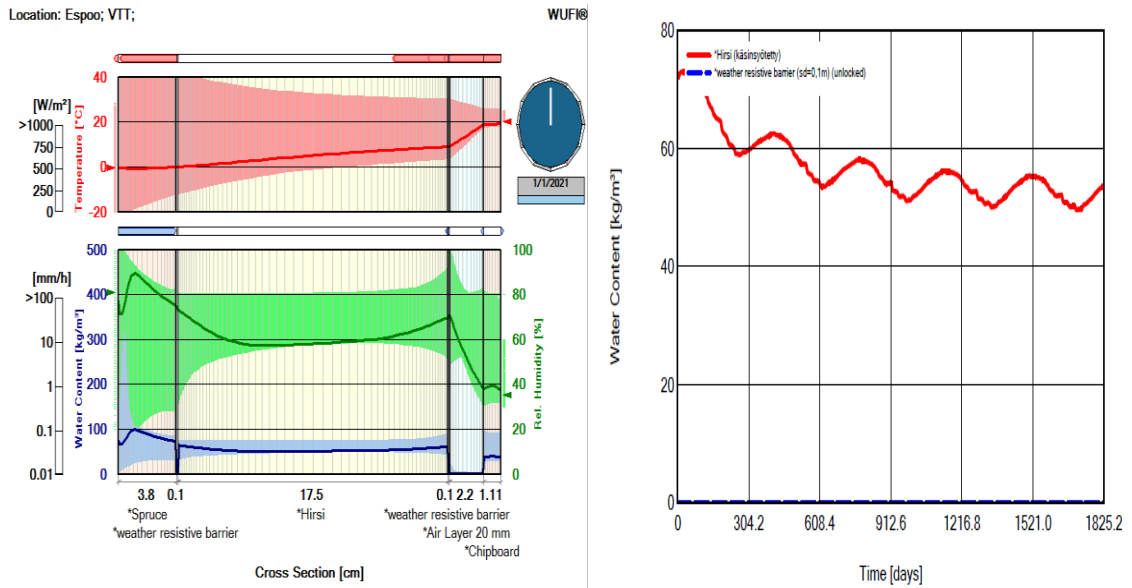
Kuva 2. Vanha seinärakenne

DOF-lämpö-ohjelman tuloksista voidaan todeta, että seinärakenteen suhteellinen kosteus on varsinkin talvikausina hyvin korkea (n. 90–100 %). Tammikuussa kosteusmäärää kuvaava käyrä ohittaa kyllästymiskosteutta kuvaavan käyrän, jonka ansiosta hirsirungon keskelle muodostuu kastepiste ja kosteus kondensoituu hirsirungon keskelle (Kuva 3.). Hirrellä, kuten muillakin raakapuumateriaaleilla, on kyky vastaanottaa sekä luovuttaa kosteutta. Tällaista materiaalia kutsutaan hygroskooppiseksi aineeksi (7, s. 7–8.). Hygroskooppisuuden ansiosta hirsiseinään kohdistuvat normaalit ja vähäiset kosteuskuormat eivät pääsääntöisesti aiheuta merkittäviä ongelmia rakenteessa. Lämpiminä kuukausina rakenteen suhteellinen kosteus laskee (n. 50–60 %), jonka ansiosta seinärakenne pääsee kuivumaan. Hirsiseinän mahdolliset laho- ja mikrobivauriot aiheutuvat yleensä silloin, kun rakenteeseen kohdistuva kosteuskuorma on merkittävä ja luonteeltaan jatkuvaa sekä lämpötila on otollinen kasvustojen syntymisen kannalta.



Kuva 3. DOF-raportti vanhasta rakenteesta (tammikuu)

WUFI-ohjelman tuloksista voidaan todeta, että seinärakenteessa tapahtuu viiden vuoden aikana hidasta kuivumista alkuperäisestä tilanteesta (Kuva 4.). Kantavan hirsirungon kosteus määrän aaltoileva kuvaaja mallintaa hyvin hirsirungon kosteuskäyttäytymistä eri vuodenaikoina. Käyrästä voidaan myös huomata, että rakenne hakeutuu ns. tasapainotilaan kosteuden osalta pitkällä aikavälillä. Lämpötilaa kuvaavasta käyrästä näkee, että hirsirungon ulkopuolisen reunan lämpötila vaihtelee 0 asteen ylä- ja alapuolella vuodenaikasta riippuen.



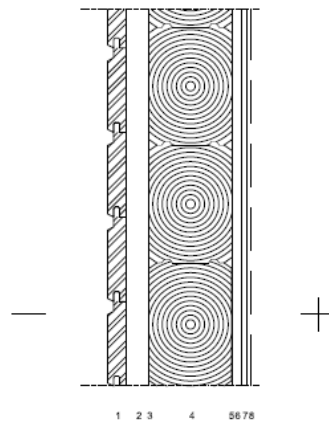
Kuva 4. Havainnollistava kuva kosteuskäyttäytymisestä (Vanha rakenne)

Tulosten perusteella voidaan todeta, että seinärakenteen sisällä oleva kosteus kuivuu ajan myötä lämpimien kuukausien aikana, mikä selittää sen että seinä on kestänyt tähän asti ilman suurempia vaurioita. Ongelma ilmenee, kun seinärakennetta rasittavat ylimääräiset kosteuslähteet aiheuttavat rakenteisiin lisää kosteuskuormaa ja pahimmassa tapauksessa seinärakenne pysyy kosteana koko vuoden ympäri. Tällaista tilannetta ei pystynyt ohjelmien avulla simuloimaan, joten oletetaan, että vauriot johtuvat pääosin seinän sisälle päässeestä kosteudesta.

4.3 Korjausvaihtoehto 1 analyysi

Korjausvaihtoehtoista edullisempi ratkaisu on ulkoseinän korjaus lisäämällä nykyiseen rakenteeseen tuuletusrako, jolloin hirsirungon kosteustekninen toimivuus eli kosteuden läpäisykyky saadaan toimimaan (Kuva 5.). Sisäpuoleisen lämmöneristyksen lisäämistä ei tässä korjausvaihtoehdossa käytetä, koska se saattaa joissakin tapauksissa jopa heikentää rakenteen lämpö- ja kosteusteknistä toimivuutta, lisätä työmäärää sekä lisätä kustannuksia. Sisäpuolisessa eristyksessä seinärakenteen kosteuskäyttäytymisessä alkaa mahdollisia ongelmia tulla silloin, jos sisäpuolisen eristeen paksuus kasvaa 100 mm:n paksuiseksi tai sitä suuremmaksi. Silloin on mahdollista, että sisältä tulevan vesihöyryn tiivistymiskohta jää kovalla pakkasella syvälle hirren sisään tai hirren ja

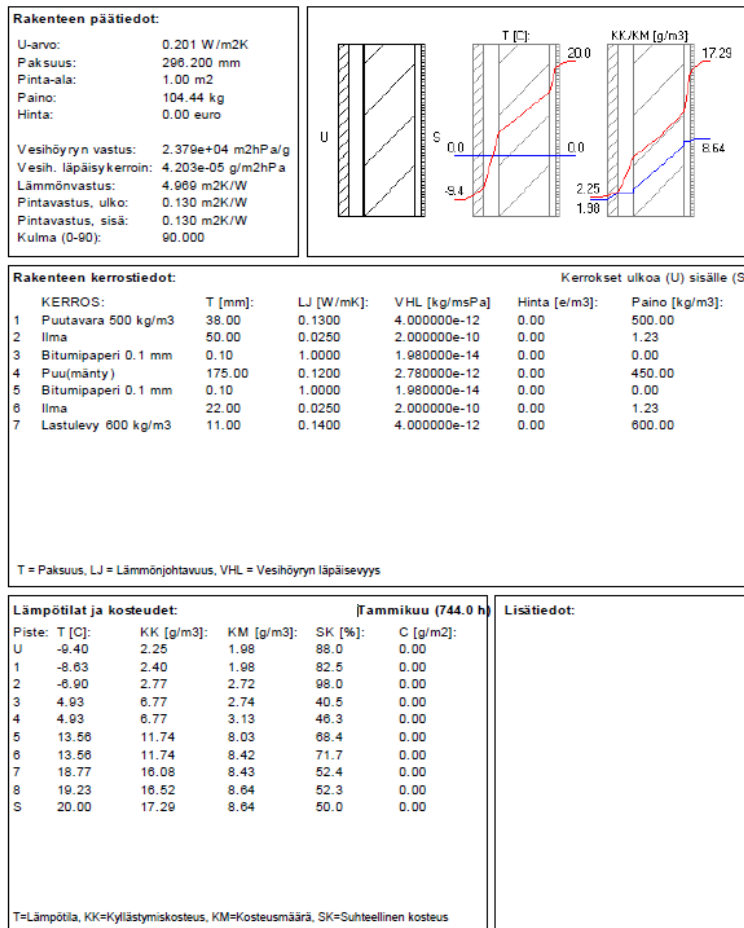
eristeen väliseen saumaan. Siinä tapauksessa tulee harkittavaksi erillisen höyrynsulun asentaminen eristeen huonetilan puolelle (10.). Vanhan julkisivupaneloinnin purkamisen lisäksi on syytä purkaa vanha bitumipaperikerros. Näin mahdollistuu hirsirungon kunnon tarkastaminen ja mahdollisten vaurioituneiden osien korjaus ennen uusien rakenteiden asennusta. Myös uuden bitumipaperikerroksen asennustyö voidaan toteuttaa ohjeiden mukaisesti, jolloin varmistetaan liitoksien sekä limityksien suunnitelmien mukaisuudesta.



Rakenne			
38 mm	1	Ulkoverhouslauta	
50 mm	2	Koolaus 50x50 k600, tuuletusrako	
	3	Bitumi-/ Tervapaperi	
~175 mm	4	Hirsirunko	
	5	Höyrynsulkupaperi	
22 mm	6	Pystykoolaus 22x50 mm k600	
11 mm	7	Lastulevy	
	8	Pintakäsittely	

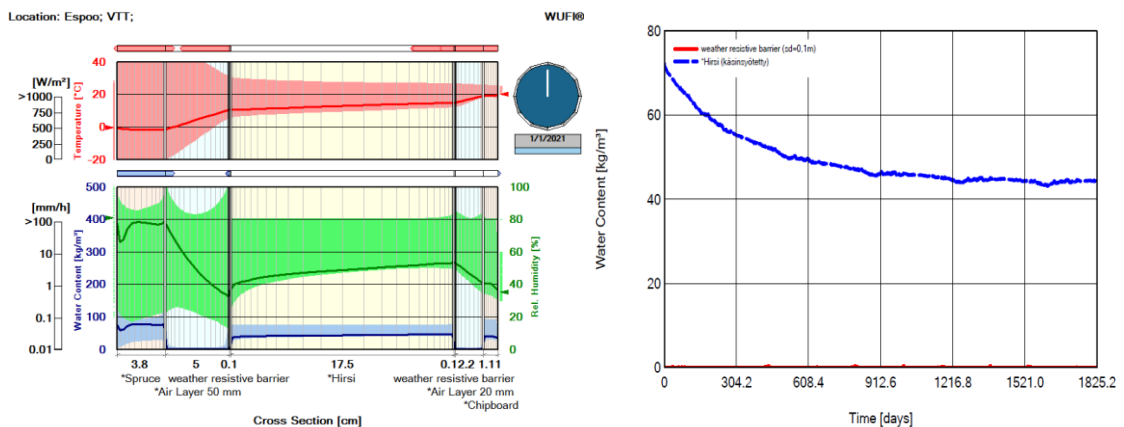
Kuva 5. Korjausvaihtoehto 1

DOF-lämpö-ohjelman tuloksista voidaan todeta, että tuuletusraon lisäys seinärakenteeseen vähentää kantavan hirsirungon suhteellista kosteutta merkittävästi (n. 46 %). Kosteuskäyttäytymistä kuvaavien käyrien perusteella risteyskohta sijoittuu uuden tuuletusraon kohdalle, jolloin mahdollinen kondensoituminen tapahtuu bitumipaperin pinnalle ja pääsee kuivumaan pois, vahingoittamatta bitumipaperin takana olevaa hirsirunkoa (Kuva 6.).



Kuva 6. Korjausvaihtoehto 1 DOF-raportti (tammikuu)

WUFI-ohjelman tuloksista huomataan, että kantava hirsirungon kosteusmäärää kuvaava käyrä laskee tasaisesti ja vuodenaikojen vaihtelusta aiheutuva aaltoileva liike häviää. Hirsirungon lämpötila ei pudonnut kertaakaan tutkimuksen aikana alle 0 asteen (Kuva 7.).



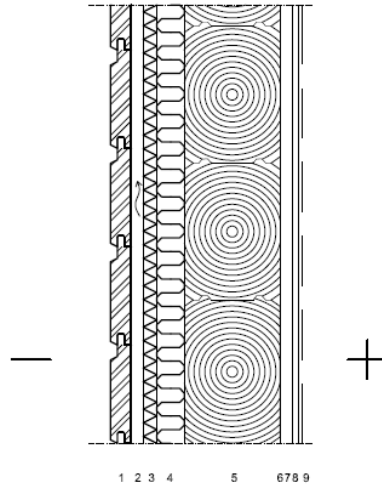
Kuva 7. Havainnollistava kuva kosteuskäyttäytymisestä (Korjausvaihtoehto 1)

Tulosten perusteella voidaan todeta, että tuuletusraon lisäys edesauttaa hirren kykyä luovuttaa hirsirunkoon sitoutunutta kosteutta ja näin nopeuttaa rakenteiden kuivumista. Seinärakenteen sisälle päässyt ylimääräinen vesi myös kuivaa nopeammin pois rakenteen sisällä virtaavan ilman ansiosta. Tuuletusraon lisäys myös parantaa rakenteen U-arvoa merkittävästi ja rakennuksen energiatehokkuus paranee.

4.4 Korjausvaihtoehto 2 analyysi

Toinen korjausvaihtoehto on ulkoseinien ulkopuoleinen lisäeristäminen ja ulkoseinän tuuletuksen järjestäminen (Kuva 8.). Tuuletusrako mahdollistaa seinärakenteen sisällä olevan kosteuden kuivumisen ja estää kantavien rakenteiden vauriot. Ulkopuoleisella lisäeristyksellä voidaan parantaa seinän U-arvoa, jonka ansiosta rakennuksen energiatehokkuus paranee lämmitystarpeen vähentyessä. Ulkopuoleinen lisäeristäminen valitaan silloin, kun ulkoverhous on heikkokuntoinen tai sisäpuolinen korjaus ei ole mahdollinen.

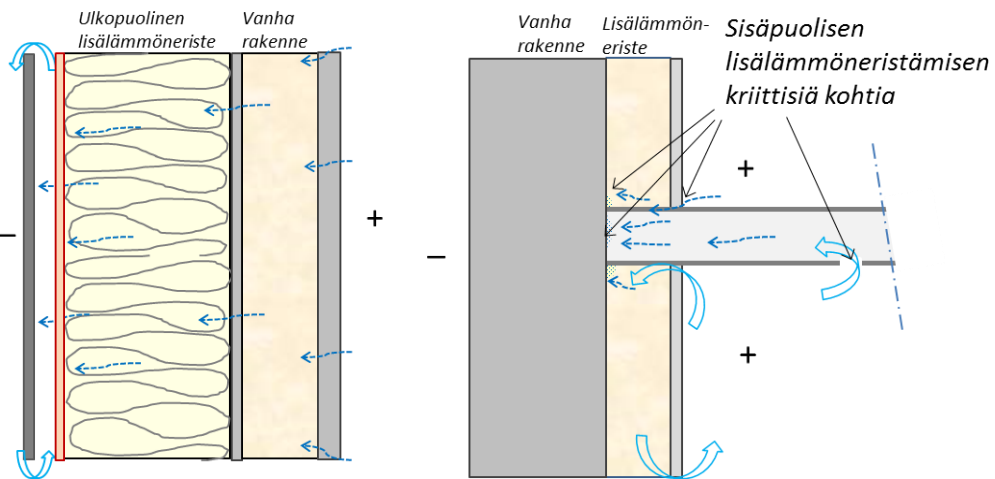
Ulkopuoleisessa lisäeristämisessä ulkoseinä puretaan ulkoapäin hirsirunkoon asti auki ja julkisivuun lisätään lisäeristeet parantamaan ulkoseinän rakenteellista toimintaa. Ulkopuolisessa lisäeristyksessä käytettävä eristemateriaali tulee olla hyvin vesihöyryä läpäisevää, jottei hirsirungon kosteuden haihtuminen esty. Eristemateriaalina voidaan käyttää joko pehmeää tai kovaa mineraalivillaa. Eristepaksuudet voivat olla 50 – 100 mm. Suurempien eristepaksuuksien käyttö ei ole kannattavaa, koska se ei enää oleellisesti paranna seinän U-arvoa ja myös ulkonäkö heikkenee eristepaksuuden kasvaessa. Kun eristepaksuus kasvaa, myös rakennuksen räystäät jäävät lyhyeksi, ja niitä joudutaan jatkamaan. Vuorilaudoituksen alle tehdään rimoituksella ilmarako. Lisäeristeet kiinnitetään erillisillä villakiinnikkeillä, jolloin vältytään merkittävien kylmäsiltojen esiintymiseltä. Myös tuulensuojalevyn käyttö on välttämätöntä eristeen lämmöneristyskyvyn turvaamiseksi. (9; 10.)



Rakenne		
38 mm	1	Ulkoverhouslauta
22 mm	2	Koolaus 22x100 k600, tuuletusrako
25 mm	3	Tuulensuojalevy, eslm ISOVER RKL 25
50 mm	4	Lämmöneriste, eslm ISOVER KL-37, pystykoolaus 50x50
~175 mm	5	Hirsirunko
	6	Höyrynsulkupaperi
22 mm	7	Pystykoolaus 22x50 mm k600
11 mm	8	Lastulevy
	9	Pintakäsittely

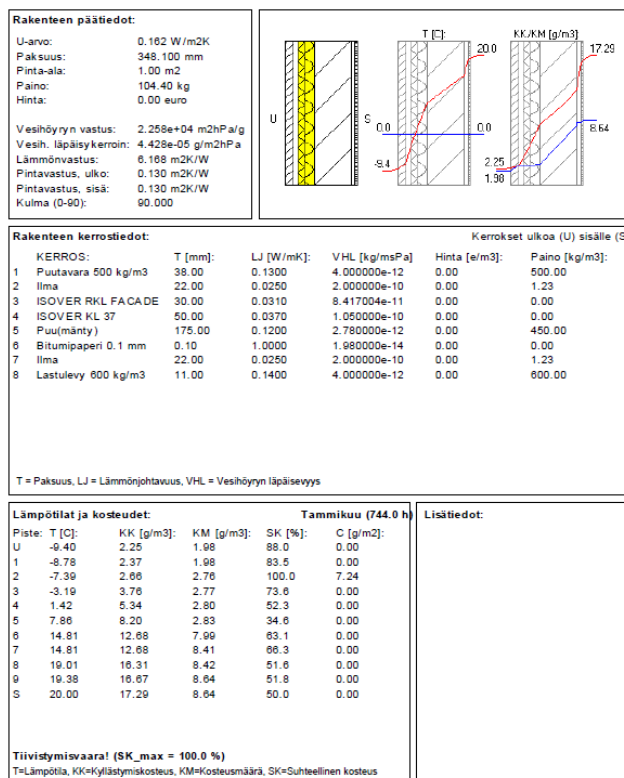
Kuva 8. Korjausvaihtoehto 2

Ulkopuolinen lisäeristys toimii lämpötaloudellisesti paremmin kuin sisäpuoleinen lisäeristäminen, koska sisäpuolelle jäävä hirsiseinä toimii edelleen lämpöä vaaravana massana. Ulkopuolinen lisälämmöneristys mahdollistaa myös yhtenäisen eristekerroksen ja vanhan rakenteen toimivuuteen sopivan uuden julkisivurakenteen toteutuksen. Sisäpuolisen lisäeristämisen riskit liittyvät uuden lämmöneristeen läpäisevien detaljien tiivistyksen suunnitteluun ja toteutukseen (Kuva 9.).



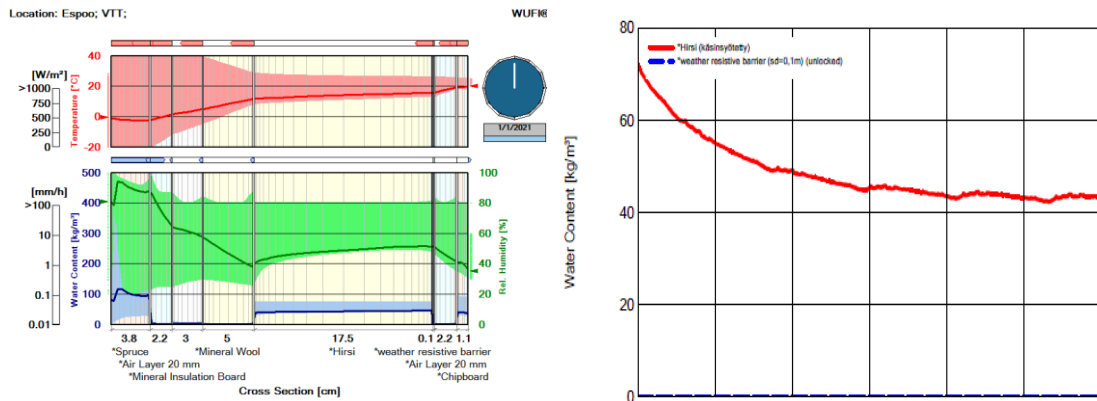
Kuva 9. Periaatekuvat ulko- ja sisäpuolisesta lisäeristyksestä, (16.)

DOF-lämpö- ohjelman tulosten perusteella lisälämmöneristys parantaa entisestään seinärakenteen kosteuskäyttäytymistä vertailtaessa tuloksia aikaisempaan korjausvaihtoehtoon. Kantavan hirsirungon suhteellinen kosteus putoaa (n. 34 %) ja kastepiste sijoittuu julkisivulaudoituksen takapintaan, josta kondensoitunut vesi pääsee poistumaan rakenteesta tuulettumalla tai valumalla pois sokkeliliistan kautta (Kuva 10.)



Kuva 10. Korjausvaihtoehto 2 DOF-raportti (tammikuu)

WUFI-raportin pohjalta voidaan todeta, että kuivumisen nopeudessa ei ole merkittävää muutosta korjausvaihtoehtojen välillä. Lämpötilan vaihtelu eristekerroksen takana on hyvin pientä, ja hirsirungon keskimääräinen lämpötila on n. 20 astetta (Kuva 11.).



Kuva 11. Havainnollistava kuva kosteuskäyttäytymisestä (Korjausvaihtoehto 2)

Valitut korjausvaihtoehdot eivät juurikaan eroa toisistaan kosteustekniseltä toimivuudeltaan. Lisälämmöneristyksen parantaa seinän U-arvoa niin, että seinä täyttää jopa normaalin ulkoseinän U-arvon vaatimuksen; 0,17 W/m²K kun hirsiseinälle vaadittu arvo on 0,40 W/m²K. U-arvon pienenemisen ansiosta myös rakennuksen energiatehokkuus paranee.

5 Yhteenveto ja korjausmenetelmän valinta

5.1 Tulevaisuuden riskit ja haasteet

Uudet rakenteet riskialttiissa kokonaisuudessa eivät ole kestävä ratkaisu. Pelkkä ulkoseinärakenteen korjaus ei välttämättä riitä takaamaan, että rakenne toimisi moitteettomasti, ja ettei uusia ongelmia ilmaantuisi. Ulkoseinärakenteen merkittäviä kosteusriskejä tulevaisuudessakin ovat sadeveden tai lumen sulamisvesien pääsy rakenteisiin esimerkiksi vesikaton kautta. Sadevesien pitkäaikainen ajoittainenkin pääsy lämmöneristyskerrokseen johtaa väistämättä kosteus-, home- tai laho-ongelmiin. Myös ulkoseinän vanhan rakenteen korkea alkukosteus tai rakentamisen yhteydessä kastuneet uudet materiaalikerrokset voivat tulevaisuudessa muodostaa merkittäviä riskitekijöitä. (17. s. 21-31.)

Hyvin toimiva ulkoseinärakenne ei voi toimia turvallisesti, jos esimerkiksi rakennuksen painesuhteet eivät ole hallinnassa. Sisätilojen riittämätön ilmanvaihto tehostaa mikrobeille ja itiöille herkistymistä, jonka vuoksi ulkovaipan korjaustoimenpiteiden yhteydessä on syytä kiinnittää erityistä huomiota ulkovaipan ilmanpitävyyden parantamiseen ja ilmanvaihdon toimivuuden varmistamiseen. Painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaperiaatteet muuttuvat rakenteita korjattaessa, joten ilmanvaihdon suunnittelu uutta tilannetta vastaavaksi on syytä tehdä. Ilmanvaihdon toimivuus on korjaustoimenpiteiden jälkeen aina varmistettava. (17. s. 21-31.)

Poistoilmanvaihdon osalta on varmistettava korvausilman riittävyys esimerkiksi asentamalla raitisilmaventtiileitä ja tulo-poistoilmajärjestelmässä on järjestelmä tasapainotettava siten, että painesuhteet ovat toimivat, eli rakennuksen sisällä tulisi olla lievästi alipaineinen sisäilma (17. s. 21-31).

Tulevaisuuden riskejä arvioitaessa tulee ottaa huomioon ilmastonmuutoksen vaikutukset rakennuksiin ja rakenteiden toimivuuteen. Ilmastonmuutoksen aiheuttamia rasituksia rakennuksille ovat mm. sateiden lisääntyminen, ilman kosteuden kasvu, tuulen nopeuden kasvu sekä lämpötilan kasvu.

Sateiden lisääntyminen vaikuttaa rakennusten ulkopintojen kosteuskuormiin, ja rakennuksen ulkoverhousrasitukset kasvavat pelkästään lisääntyneestä sadannasta johtuen 20 - 50 %. Viistosateet tulevat lisääntymään sekä tuulen nopeuden kasvun myötä että talvisateiden lisääntyessä. Viistosade lisää seinärakenteille ja ikkunoille tulevaa rasitusta. Sademäärän lisääntyminen vaikuttaa esimerkiksi ulkomaalausten ja puuverhouskäyttöön ja huoltovälin lyhenemiseen sekä mikrobien ja sienten (home ja laho) kasvuedellytyksen paranemiseen rakennuksen ulkopinnoilla. (18. s. 40.)

Ulkoseinärakenteiden kosteustekninen toiminta muuttuu lämpötilan kohotessa. Pakkasajanjakson lyhetessä seinärakenteiden olosuhteet paranevat lukuun ottamatta ulkoverhouksia. Ulkoseinärakenteiden kosteus lisääntyy pakkaskausina ja kuivuminen tehostuu merkittävästi, kun lämpötila kohoaa 0 °C yläpuolelle, joten ilmaston muuttuessa rakenteet pysyvät nykyolosuhteita kuivempina ja rakenteiden homehtumispotentiaali pienenee. (18. s. 50.)

5.2 Korjausvaihtoehtojen vertailu ja valinta

Tulosten perusteella voidaan todeta, että molemmat korjausvaihtoehdot parantavat ulkoseinän rakennusfysikaalista toimivuutta. Korjaamalla rakennuksesta ilmenneet ongelmakohdat ja rakennuksen vuosittaisia huoltotoimenpiteitä noudattamalla saadaan parannettua uuden rakenteen toimivuutta ja vältetään ongelmilta tulevaisuudessakin.

Korjausvaihtoehdon valinnassa tulee huomioida toimivuuden lisäksi myös rakennustöiden kustannukset ja korjaustavan vaikutukset energiatehokkuuteen. Lämmitykseen käytettävän energian tarve putoaa ensimmäisessä korjausvaihtoehdossa n. 7 % ja lisälämmöneristetyssä vaihtoehdossa n. 10 % vuodessa. Energiantarpeen vertailemiseen käytettiin DOF-lämpö-ohjelman tuloksia.

Molempien vaihtoehtojen purkutyön osuus on yhtä suuri, koska molemmissa tapauksissa seinä puretaan kantavaan hirsirunkoon asti. Lisälämmöneristetty vaihtoehto on rakennustöiden ja materiaalikustannusten osalta kalliimpi vaihtoehto, mutta pidemmällä aikavälillä vaihtoehtojen väliset kustannuserot pienenevät rakennuksen lämmitykseen käytettävän energiakulutuksen vähentyessä. Rakennuksen lämmöneristävyuden parantaminen on myös suositeltua, koska seinärakenne joudutaan purkamaan hirsipinnalle molemmissa tapauksissa.

Korjausmenetelmäksi valittiin tässä tapauksessa lisäeristetty rakenne, koska rakenne on toimivuudeltaan parempi ja lämmityskulujen pieneminen parantaa rakennuksen energiatehokkuutta.

5.3 Yhteenveto

Ei pelkästään työn tekijälle vaan myös tilaajalle tarjoutui ainutlaatuinen tilaisuus tutustua vanhaan hirsirakentamisen perinteeseen opinnäytetyön taustatietojen hankintavaiheessa. Hirsirakentamista arvostetaan vielä nykypäivänäkin sen pitkän historian sekä ekologisuuden takia. Hirsirakennusten sisäilman laatu, hirren hyvät lämpöominaisuudet ja hirsirakennusten ulkonäkö ovat myös käyttäjän kannalta tärkeitä tyytyväisyyteen vaikuttavia tekijöitä.

Tästä opinnäytetyössä esitellyt korjaustoimenpiteet toteuttamalla voidaan korjata todettu rakenteellinen kosteusvaurio sekä estää sen uusiutuminen. Korjaustoimilla parannetaan myös rakennuksen energiatehokkuutta ja mahdollistetaan vanhalle arvorakennukselle lisää elinvuosia. Työssä tehdyt analyysit ja suositeltavat korjaustoimenpiteet ovat perusteellisesti pohditut ja tarjoavat siten käyttäjälle luotettavan ja pitkällä aikavälillä kustannustehokkaan ratkaisun rakennuksen korjaustöiden toteuttamiseksi.

On mahdollista ja jopa todennäköistä, että tulevaisuudessa vastaavanlaisia korjausrakentamisen kohteita tullaan löytämään 1940-luvun jälkeen rakennettujen puurunkoisten rintamamiestalojen rakenteissa. Ongelmia ilmenee erityisesti silloin, kun vanhoja rintamamiestaloja on uudistettu asentamalla koneellinen ilmanvaihto, joka ei vanhoihin rakenteisiin sovellu.

Kuvat

Kuva 1. Kuvia kohteesta, s. 8

Kuva 2. Vanha seinärakenne, s. 16

Kuva 3. DOF-raportti vanhasta rakenteesta (tammikuu), s. 17

Kuva 4. Havainnollistava kuva kosteuskäyttäytymisestä (Vanha rakenne), s. 18

Kuva 5. Korjausvaihtoehto 1, s. 19

Kuva 6. Korjausvaihtoehto 1 DOF-raportti (tammikuu), s. 20

Kuva 7. Havainnollistava kuva kosteuskäyttäytymisestä (Korjausvaihtoehto 1), s. 20

Kuva 8. Korjausvaihtoehto 2, s. 22

Kuva 9. Periaatekuvat ulko- ja sisäpuolisesta lisälämmöneristyksestä, s. 23

Kuva 10. Korjausvaihtoehto 2 DOF-raportti (tammikuu), s. 23

Kuva 11. Havainnollistava kuva kosteuskäyttäytymisestä (Korjausvaihtoehto 2), s. 24

Lähteet

1. Perinnemestari.

<http://www.perinnemestari.fi/index.php?id=64&id2=71> Luettu 15.1.2016

2. Perinnemestari.

<http://www.perinnemestari.fi/index.php?id=65&id2=73> Luettu 15.1.2016

3. Perinnemestari.

<http://www.perinnemestari.fi/index.php?id=65&id2=75> Luettu 15.1.2016

4. Perinnemestari.

<http://www.perinnemestari.fi/index.php?id=65&id2=76> Luettu 15.1.2016

5. Perinnemestari.

<http://www.perinnemestari.fi/index.php?id=65&id2=77> Luettu 15.1.2016

6. Perinnemestari.

<http://www.perinnemestari.fi/index.php?id=65&id2=177> Luettu 15.1.2016

7. Hirsirakentamisen perusteet.

www.hirsikoti.fi/assets/images/Koulutusmateriaali/Hirsirakentamisen_perusteet.pdf Luettu 22.1.2016

8. Hirsi rakennusmateriaalina.

www.ohr.fi/sivut/rakentajalle/hirsi-rakennusmateriaalina Luettu 22.1.2016

9. Hekkanen, Martti. 1993. Hirsirunkoisen, ennen vuotta 1940 rakennetun pientalon energiataloudellinen perusparantaminen. Valtion teknillinen tutkimuslaitos, VTT. Espoo.

10. Vuolle-Apiala, Risto. 2008. Hirsitalon kunnostaminen. Multikustannus: Rakennusalan kustantajat, 2006 Gummerus kirjapaino. Helsinki.

11. WUFI-ohjelman kotisivut www.wufi.com.au/about/ Luettu 11.2.2016
12. Doftech. Suomenkieliset sivut www.doftech.fi Luettu 11.2.2016
13. Rakennusfysiikkaa lämpökuvaajalle
<http://www.kuntoarviot.net/files/8047.pdf> Luettu 13.3.2016
14. Insinöörin (AMK) Fysiikka OSA 1. 2000. Lahden Teho-Opetus Oy. Lahti.
15. Schöck- suomenkieliset kotisivut <http://www.schoeck.fi/> Luettu 22.3.2016
16. Lisälämmöneristämisen hyvät periaatteet
www.finnisol.fi/Download/21790/Lisälämmöneristäminen.docx
Luettu 22.3.2016
17. VTT Kosteusteknisesti toimivia korjausrakentamisen periaateratkaisuja
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T144.pdf> Luettu 22.3.2016
18. VTT Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2227.pdf> Luettu 22.3.2016

**Talo Roslund, Julinintie 11
53200 Lappeenranta**



**Korjaustyöselostus, ulkoseinien korjaustyöt
6.4.2016**

RAKENNUSHANKKEEN YLEISTIEDOT

Kohde	Talo Roslund Julinintie 11, 53200 Lappeenranta
Laajuustiedot	Pinta-ala 238 m ²
Rakennuttaja	Kata ja Mika Roslund Julinintie 11, 53200 Lappeenranta
Suunnittelija	Riku Behm, insinööriopiskelija 0405801803 riku_behm@hotmail.com Lappeenrannan Rakennus-Pakki Oy Ilkankatu 1, 53600 Lappeenranta

Kohteen esittely

Kohde on 160 vuotta vanha hirsirunkoinen omakotitalo, joka sijaitsee Pappilanniemen kaupunginosassa Lappeenrannassa. Rakennus oli alkuperäiseltä käyttötarkoitukseltaan Kaukaan tehtaan virkistysmaja, joka peruskorjauksen yhteydessä muutettiin asuinrakennukseksi. Kohteessa havaittiin ongelmia ulkoseinien toimivuudessa. Rakennustyöt sisältävät ulkoseinän purkutyöt ja rakennuksen ulkoseinien lisäeristyksen ja tuuletuksen järjestämisen laadittujen suunnitelmien mukaisesti.

1 RAKENNUSOSAT

11 Alueosat

111 MAAOSAT

1111 Raivaus- ja purkutyöt

Kasvillisuuksien ja istutusten poistot ja siirrot suoritetaan *MaaRYL 2010: 2211 Poistettava kasvillisuus, 2213 Suojattava kasvillisuus ja luontoalueet* mukaan. Rakennusalueella olevat istutukset raivataan ennen töiden aloitusta. Säilytettävät istutukset suojataan ennen purku- ja rakennustöiden aloitusta.

Purkutyöt suoritetaan *RunkoRYL 2010: 11 Rakennusten ja rakennusosien purkaminen* mukaan.

Olemassa olevat julkisivupaneelit ja vanha bitumipaperikerros puretaan. Ulkoseiniin liittyvät rakenteet, kuten sisäänkäynnin ja takaterassin rakenteet puretaan tarvittavalta laajuudelta. Lahonneet tai vaurioituneet hirsirungon osat puretaan ja tuetaan tarpeen mukaan.

1112 Telineetyöt

Urakoitsija hankkii tarvittavat teline- ja nostokalustot töiden toteuttamiseksi. Purku- ja asennustöiden toteuttamiseksi vaaditut telineet tulee sijoittaa siten, ettei kulku rakennukseen esty töiden aikana eikä ulkopuolisille aiheudu haittaa tai vaaratilanteita. Telineiden viikoittainen tarkastus tulee toteuttaa työmaasta vastaavan urakoitsijan (pää toteuttajan) toimesta.

1113 Jätteiden käsittely

Pää toteuttaja vastaa kaikkien purkujätteiden kuljettamisesta pois työmaalta. Jätteiden käsittely ja kierrätysmaksut kuuluvat urakkaan.

113 PÄÄLLYSTEET

1134 Kasvillisuus

Kasvillisuuksien istutukset toteutetaan *MaaRYL 2010: 354 istutusten tekeminen* mukaan.

Raivatut istutukset toteutetaan uudestaan. Uudet istutukset, pihajasmike ja sireenipensaat istutetaan raivattujen tilalle.

12 Talo-osat

123 RUNKO

1232 Kantavat seinät

Kantava hirsiseinä säilytetään pääosin entisellään. Hirsiseinän kunto tarkastetaan ja mahdolliset lahovaurioituneet hirsiosat ”kengitetään” vastaamaan alkuperäistä rakennetta. Kengityksessä käytetään esim. pelkkahirsi parrua 185x270 mm. Hirsiseinän väliaikainen tuenta erikseen toimitettavien rakennesuunnitelmien mukaisesti (laaditaan mahdollisten vaurioiden laajuuden mukaisesti).

1236 Yläpohjat

Yläpohjan pääkannattimien kunto tarkastetaan ja tarvittaessa pääkannattimet uusitaan vaurioituneilta osin. Väliaikaiset yläpohjan tuennat toteutetaan erikseen toimitettavien rakennesuunnitelmien mukaisesti (laaditaan mahdollisten vaurioiden laajuuden mukaisesti).

124 JULKISIVUT

1241 Ulkoseinät

Ulkoseinän kantava rakenne on entinen hirsirunko. Ulkoseinä lisälämmöneristetään ulkoapäin kauttaaltaan. Ulkoseinään asennetaan tuulensuojavilla. Ulkoseinän lisälämmöneristys toteutetaan käyttäen lämmöneristeenä esim. ISOVER KL-37 mineraalivillaa, 50x50 pystykoolauksella. Tuulensuojalevy esim. ISOVER RKL FACADE, tuulensuojalevyn saumakohtien tiivistykset valmistajan ohjeiden mukaan. Tuuletusväli esim. ISOVER RKL Termofix- villakiinnike + lauta 22x100 mm, k600. Julkisivuverhoilumateriaali entisen mukaan höyläämötoimituksena. Julkisivupaneeleiden kiinnitys ulkotilaan soveltuvilla lankanauhoilla esim. 75x3,4 mm.

1242 Ikkunat

Vanhat ikkunoiden smyggilaudoitukset ja ikkunapellit puretaan, ja tilalle asennetaan uusiin ikkuna-aukkoihin sopivat leveämmät smyggilaudat ja pellit.

1243 Ulko-ovet

Vanhat ulko-ovien smyggilaudoitukset puretaan, ja tilalle asennetaan uusiin oviaukkoihin sopivat leveämmät smyggilaudat.

1244 Julkisivuvarusteet

Vanhat ulkotikkaat ja seinävalaisimet irroitetaan julkisivun korjaustöiden ajaksi, ja kiinnitetään takaisin töiden valmistuttua (SU).

125 ULKOTASOT

1252 Katokset

Sisäänkäyntikatoksen ja takapihan katetun terassin puretut osat entisöidään. Entiselleen palautetut osat maalataan esim. Uula petrooliöljymaalilla, värisävy entisen mukaan. Katoksien kantavien pilarien ja palkkien kunto tarkastetaan korjaustöiden yhteydessä ja uusitaan tarvittaessa. Pilarien korjaus 100x100 mm sahatavara, kiinnitys vanhaan puuhun naulauslevy 50x100 mm, pilarit verhoillaan entiseen malliin. Maalaus käsittely entisen mukaan. Katoksien kattokannattimien kunto tarkastetaan, vaurioituneet osat uusitaan entiseen malliin. Molempien katosten vesikatteet uusittu, tarvittaessa uusitaan puretuilta osin konesaumakatteella vanhan mukaan.

126 VESIKATOT

1261 Vesikattorakenteet

Vesikattorakenteiden kunto tarkastetaan. Vesikattorakenteissa ilmenneet ongelmat korjataan erillisen suunnitelman mukaan.

1262 Räystäärakenteet

Räystäiden jatkaminen rakennuksen ulkoseinän paksuuden lisääntymisen mukaan. Räystäiden jatkamiseen liittyvät työt erillisen suunnitelman mukaan, otsalauta 22x145 mm väri valkoinen. Räystään aluslaudoitus 22x100 mm, rako 25 mm väri valkoinen.

1263 Vesikatteet

Vesikatteelle tehtävät työt erillisen suunnitelman mukaan. Räystäiden uudet kattopellit sinkitty konesaumattu palapelti, uusi pelti saatetaan jalkarännin yläpuoleiseen saumaan. Uusitun pellin bitumimaalikäsittely vanhan mukaisesti vuoden kuluessa asennuksesta.

1264 Vesikattovarusteet

Vanhat jalkarännit puretaan pellityksineen. Räystäille asennetaan uudet sadevesikourut, väri perusvalkoinen. Sadevesisyöksyt, sekä syöksysuppilot uusittu, asennetaan takaisin. Kattoturvatuotteet säilytetään.

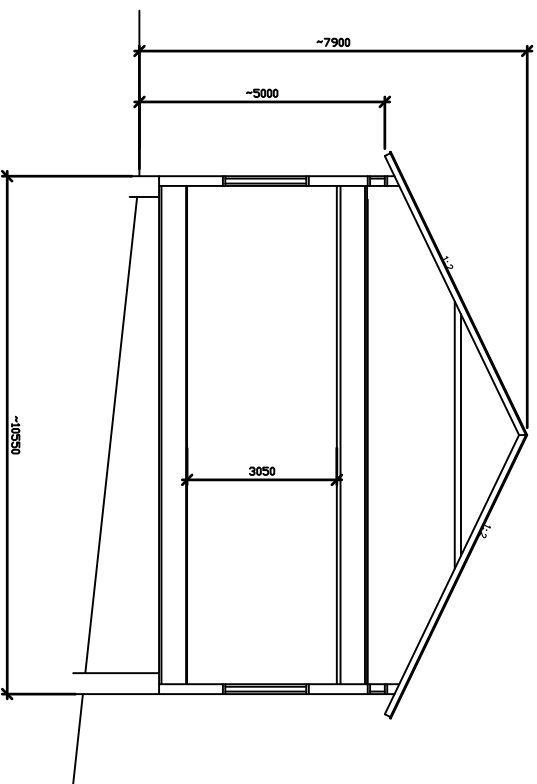
2 TEKNIikkaOSAT**23 Sähköosat**

Julkisivun purettavilla alueilla sijaitsevat laitteet ja kytkennät irrotetaan ja tulpataan väliaikaisesti. Sähkölaitteiden takaisinkytkentä sisältyy sähköurakkaan.

Paikka ja päiväys

Lappeenranta 6.4.2016

LEIKKAUS A-A



K.O.S.A.	KORTTELI/ALUE	TONTTI/PIEN	RAKENNUSTYYPPI	TUNNUS
RAKENNUSTYYPPI KORJAUSRAKENTAMINEN			PERUSTEALUE	
RAKENNUKOHTEEN NIMI JA OSOITE TALO ROSLUND			RAKENNEPERUSTUS	JOSSEK 1
			LEIKKAUSKUVA A-A	MITTAKAAVA 1:100
			SIUNTAJA	TYO No
			ARK	PIE.No
			PIIVINS 24.02.2016	MAUTOS
			YHTIENK RBe	

Rakennuskohde

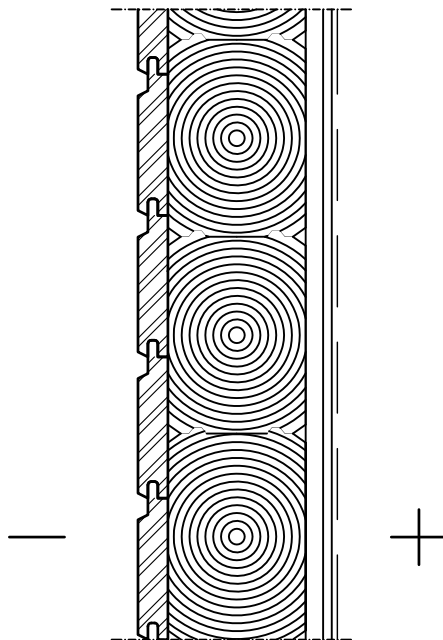
TALO ROSLUND

Vanha ulkoseinä

Suunnittelija
RBe

US 1

Mittakaava 1:10



1 2 3 4 5 6 7

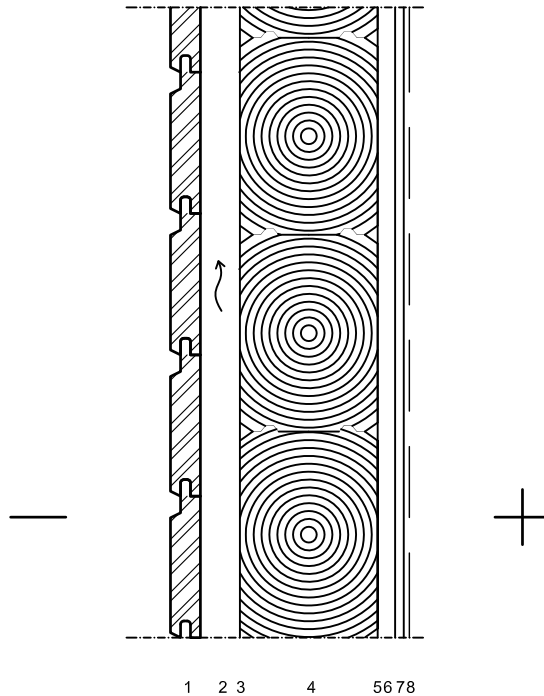
Rakenne

38 mm	1	Ulkoverhouslauta
	2	Bitumi-/ Tervapaperi
~175 mm	3	Hirsirunko
	4	Ilmansulkupaperi (pinkopahvi)
22 mm	5	Pystykoolaus 22x50 mm k600
11 mm	6	Lastulevy
	7	Pintakäsittely

Lämmönläpäisykerroin:

$U=0,347 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mittakaava 1:10



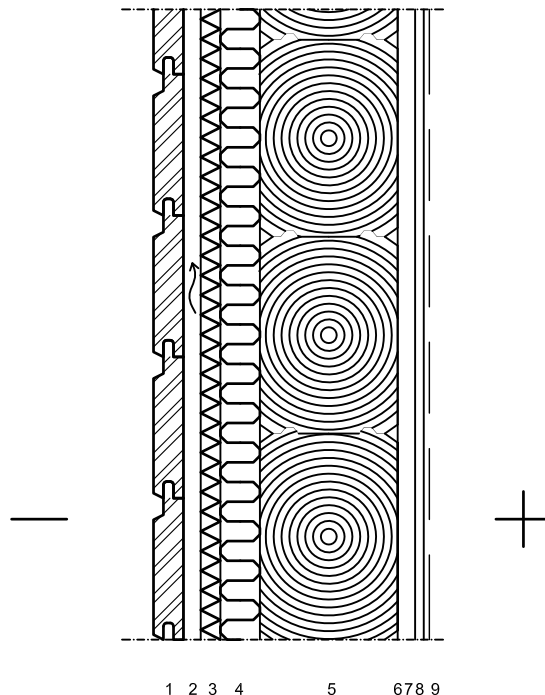
Rakenne

38 mm	1	Ulkoerhouslauta
50 mm	2	Koolaus 50x50 k600, tuuletusrako
	3	Bitumi-/ Tervapaperi
~175 mm	4	Hirsirunko
	5	Ilmansulkupaperi (pinkopahvi)
22 mm	6	Pystykoolaus 22x50 mm k600
11 mm	7	Lastulevy
	8	Pintakäsittely

Lämmönläpäisykerroin:

U=0,201 W/m²K

Mittakaava 1:10



Rakenne

38 mm	1	Ulkooverhouslauta
22 mm	2	Koolaus 22x100 k600, tuuletusrako
25 mm	3	Tuulensuojalevy, esim ISOVER RKL 25
50 mm	4	Lämmöneriste, esim ISOVER KL-37, villakiinnikkeet esim. ISOVER RKL Termofix 75 mm
~175 mm	5	Hirsirunko
	6	Ilmansulkupaperi (pinkopahvi)
22 mm	7	Pystykoolaus 22x50 mm k600
11 mm	8	Lastulevy
	9	Pintakäsittely

Lämmönläpäisykerroin:

U=0,162 W/m²K

Rakennuskohde

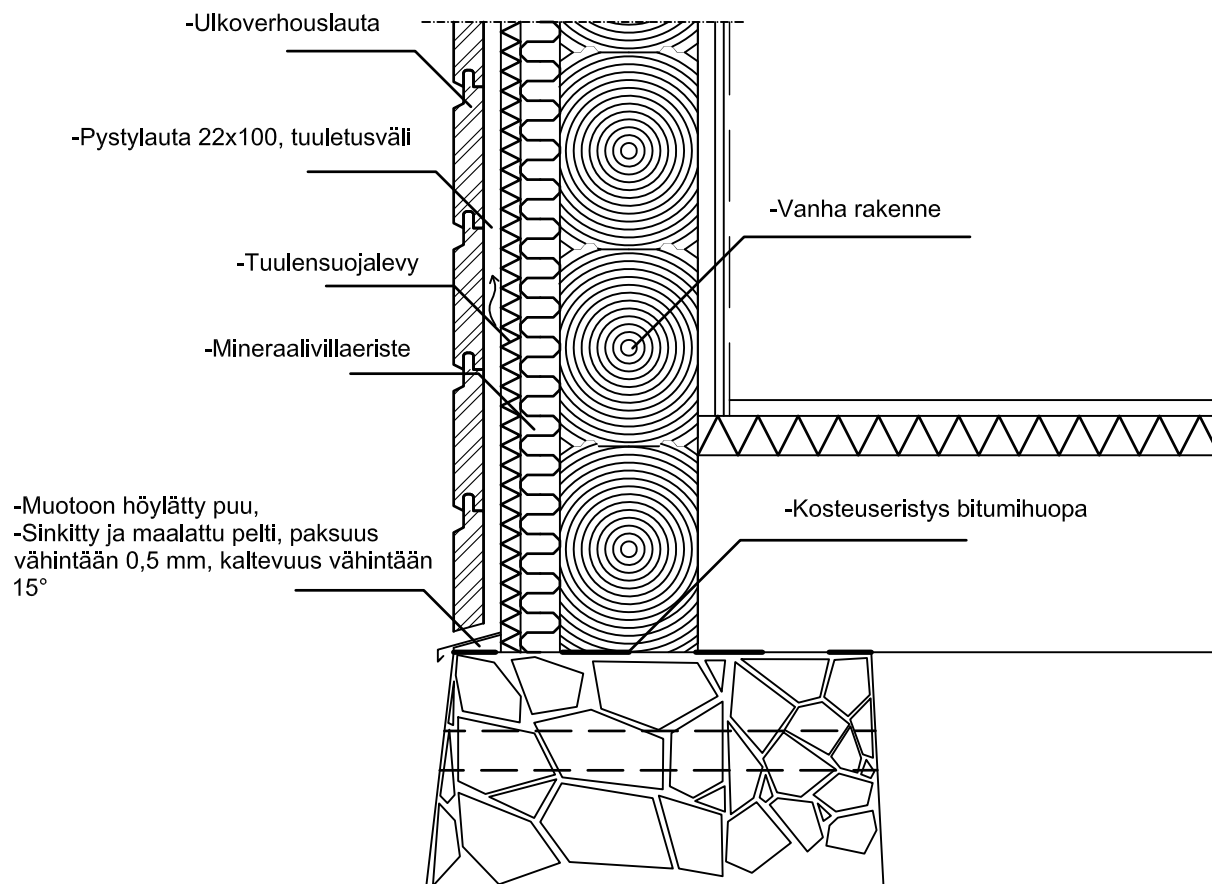
TALO ROSLUND

Ulkoseinän ja sokkelin liitosdetalji

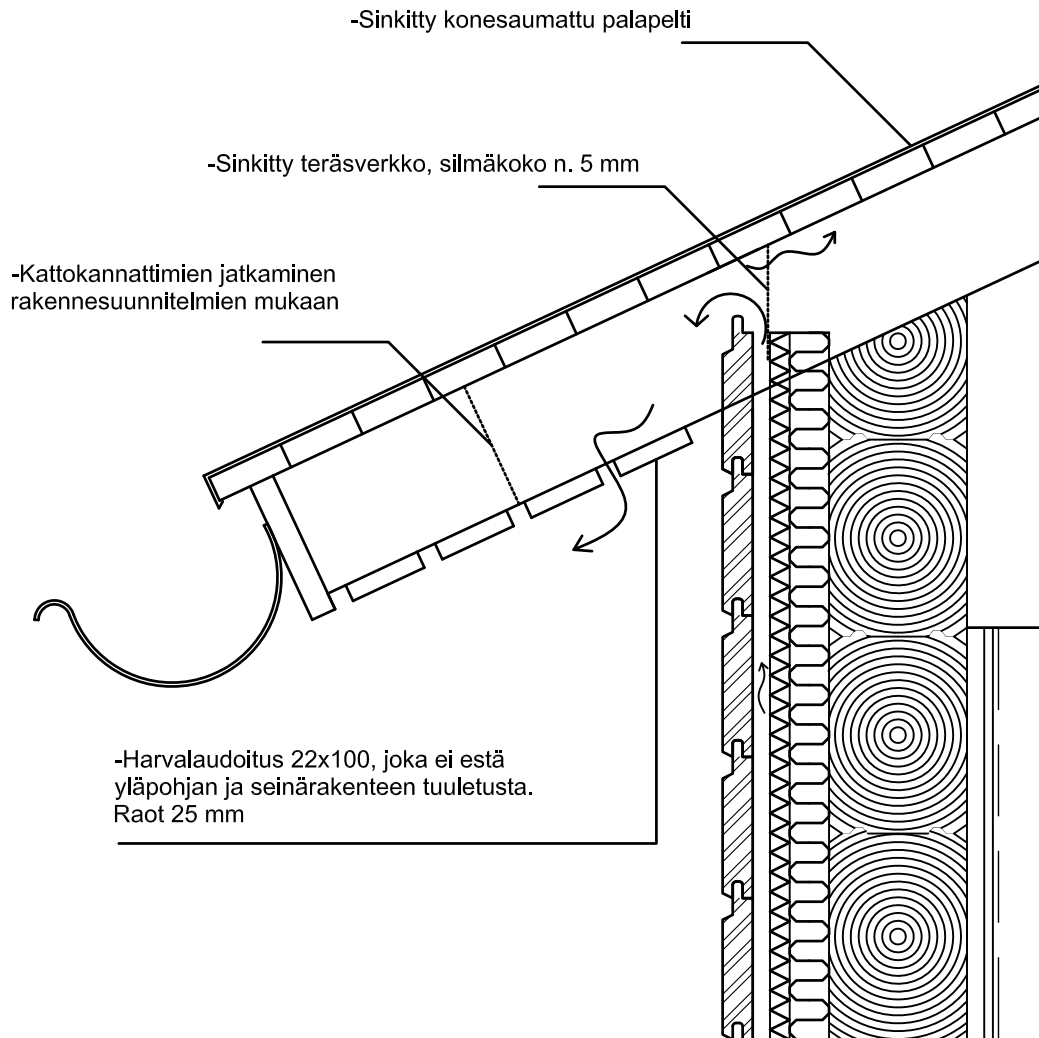
Suunnittelija
RBe

DET 1

Mittakaava 1:10



Mittakaava 1:10

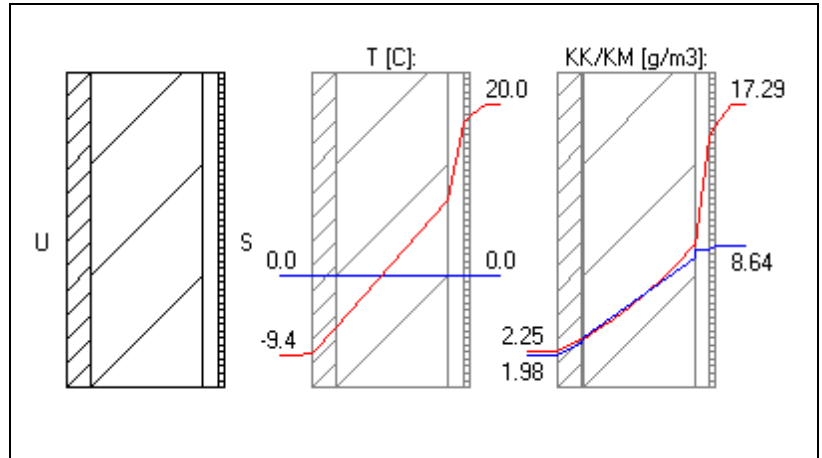


- Yliin ulkoverhouslauta lovetaan kattotuolien mukaan ja urapontin takaosa poistetaan asennuksen helpottamiseksi
- Räystäitä jatketaan niin, että ne ulottuu julkisivuverhouksen pinnasta n. 600 mm ulospäin
- Jalkarännit vaihdetaan ulkopuoliseen sadevesijärjestelmään
- Uusi pelti saatetaan jalkarännin yläpuoliseen saumaan

Rakennuskohde: Roslund	Sisältö: Vanha rakenne	
Suunnittelija: Riku Behm	Päiväys: 3/31/2016	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.347 W/m ² K
Paksuus:	246.200 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	104.38 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	2.373e+04 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	4.215e-05 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	2.879 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puutavara 500 kg/m ³	38.00	0.1300	4.000000e-12	0.00	500.00
2 Bitumipaperi 0.1 mm	0.10	1.0000	1.980000e-14	0.00	0.00
3 Puu(mänty)	175.00	0.1200	2.780000e-12	0.00	450.00
4 Bitumipaperi 0.1 mm	0.10	1.0000	1.980000e-14	0.00	0.00
5 Ilma	22.00	0.0250	2.000000e-10	0.00	1.23
6 Lastulevy 600 kg/m ³	11.00	0.1400	4.000000e-12	0.00	600.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Tammikuu (744.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-9.40	2.25	1.98	88.0	0.00
1	-8.99	2.33	1.98	85.0	0.00
2	-6.01	2.99	2.72	91.1	0.00
3	-6.01	2.99	3.11	100.0	6.83
4	8.88	8.75	8.03	91.7	0.00
5	8.89	8.75	8.42	96.2	0.00
6	17.87	15.25	8.43	55.3	0.00
7	18.67	15.99	8.64	54.1	0.00
S	20.00	17.29	8.64	50.0	0.00

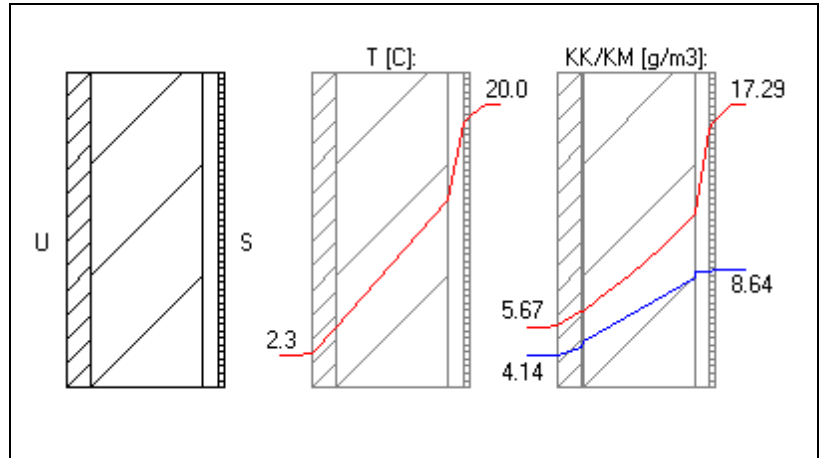
Tiivistymisvaara! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Roslund	Sisältö: Vanha rakenne	
Suunnittelija: Riku Behm	Päiväys: 3/31/2016	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.347 W/m ² K
Paksuus:	246.200 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	104.38 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	2.373e+04 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	4.215e-05 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	2.879 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puutavara 500 kg/m ³	38.00	0.1300	4.000000e-12	0.00	500.00
2 Bitumipaperi 0.1 mm	0.10	1.0000	1.980000e-14	0.00	0.00
3 Puu(mänty)	175.00	0.1200	2.780000e-12	0.00	450.00
4 Bitumipaperi 0.1 mm	0.10	1.0000	1.980000e-14	0.00	0.00
5 Ilma	22.00	0.0250	2.000000e-10	0.00	1.23
6 Lastulevy 600 kg/m ³	11.00	0.1400	4.000000e-12	0.00	600.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Huhtikuu (720.0 h)

Lisätiedot:

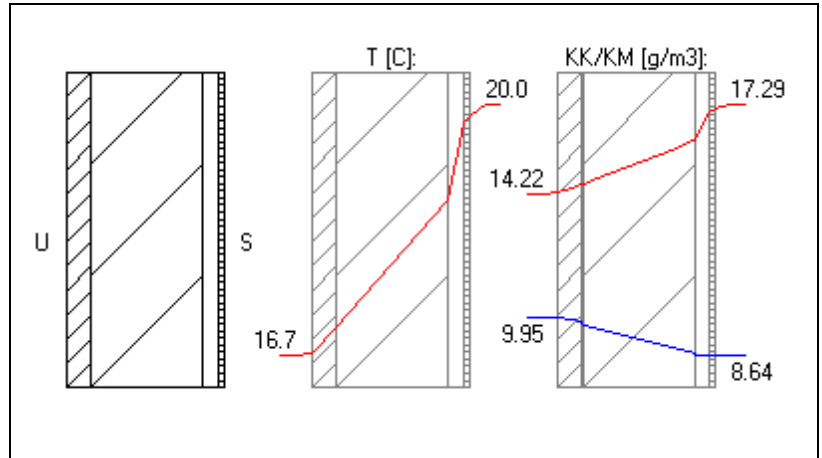
Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	2.30	5.67	4.14	73.0	0.00
1	2.55	5.77	4.14	71.8	0.00
2	4.34	6.51	4.64	71.3	0.00
3	4.34	6.51	4.91	75.4	0.00
4	13.31	11.56	8.23	71.1	0.00
5	13.31	11.56	8.49	73.4	0.00
6	18.72	16.03	8.50	53.0	0.00
7	19.20	16.49	8.64	52.4	0.00
S	20.00	17.29	8.64	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Roslund	Sisältö: Vanha rakenne	
Suunnittelija: Riku Behm	Päiväys: 3/31/2016	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.347 W/m ² K
Paksuus:	246.200 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	104.38 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	2.373e+04 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	4.215e-05 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	2.879 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puutavara 500 kg/m ³	38.00	0.1300	4.000000e-12	0.00	500.00
2 Bitumipaperi 0.1 mm	0.10	1.0000	1.980000e-14	0.00	0.00
3 Puu(mänty)	175.00	0.1200	2.780000e-12	0.00	450.00
4 Bitumipaperi 0.1 mm	0.10	1.0000	1.980000e-14	0.00	0.00
5 Ilma	22.00	0.0250	2.000000e-10	0.00	1.23
6 Lastulevy 600 kg/m ³	11.00	0.1400	4.000000e-12	0.00	600.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Heinäkuu (744.0 h)

Lisätiedot:

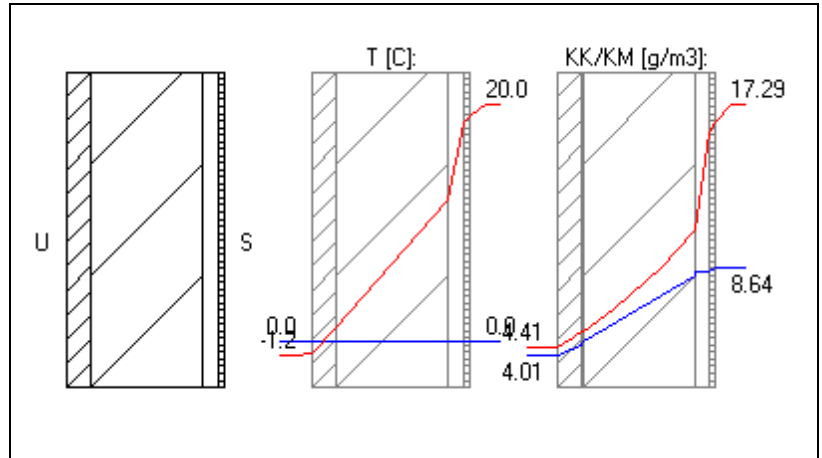
Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	16.70	14.22	9.95	70.0	0.00
1	16.75	14.25	9.95	69.8	0.00
2	17.08	14.54	9.81	67.4	0.00
3	17.08	14.54	9.73	66.9	0.00
4	18.75	16.06	8.76	54.6	0.00
5	18.75	16.06	8.69	54.1	0.00
6	19.76	17.05	8.69	51.0	0.00
7	19.85	17.14	8.64	50.4	0.00
S	20.00	17.29	8.64	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Roslund	Sisältö: Vanha rakenne	
Suunnittelija: Riku Behm	Päiväys: 3/31/2016	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.347 W/m ² K
Paksuus:	246.200 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	104.38 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	2.373e+04 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	4.215e-05 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	2.879 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puutavara 500 kg/m ³	38.00	0.1300	4.000000e-12	0.00	500.00
2 Bitumipaperi 0.1 mm	0.10	1.0000	1.980000e-14	0.00	0.00
3 Puu(mänty)	175.00	0.1200	2.780000e-12	0.00	450.00
4 Bitumipaperi 0.1 mm	0.10	1.0000	1.980000e-14	0.00	0.00
5 Ilma	22.00	0.0250	2.000000e-10	0.00	1.23
6 Lastulevy 600 kg/m ³	11.00	0.1400	4.000000e-12	0.00	600.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Marraskuu (720.0 h)

Lisätiedot:

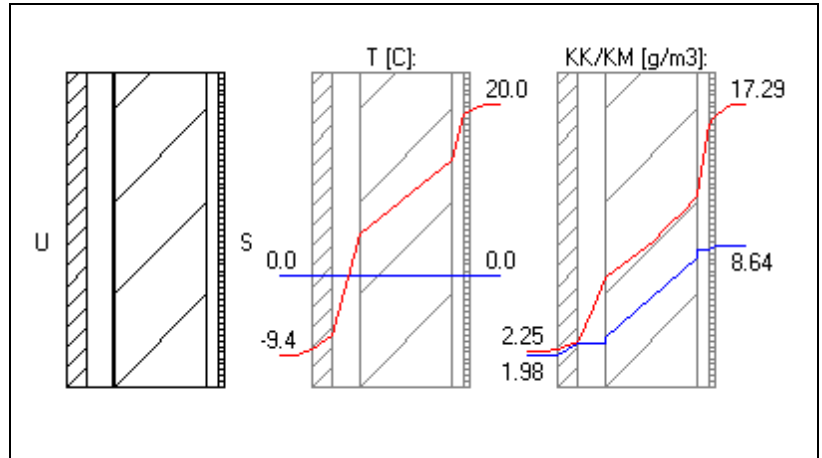
Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-1.20	4.41	4.01	91.0	0.00
1	-0.91	4.51	4.01	88.9	0.00
2	1.25	5.28	4.53	85.7	0.00
3	1.25	5.28	4.80	90.9	0.00
4	11.98	10.65	8.21	77.1	0.00
5	11.99	10.65	8.49	79.7	0.00
6	18.46	15.79	8.49	53.8	0.00
7	19.04	16.34	8.64	52.9	0.00
S	20.00	17.29	8.64	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Roslund	Sisältö: Korjausvaihtoehto 1	
Suunnittelija: Riku Behm	Päiväys: 3/31/2016	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.201 W/m ² K
Paksuus:	296.200 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	104.44 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	2.379e+04 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	4.203e-05 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	4.969 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.130 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puutavara 500 kg/m ³	38.00	0.1300	4.000000e-12	0.00	500.00
2 Ilma	50.00	0.0250	2.000000e-10	0.00	1.23
3 Bitumipaperi 0.1 mm	0.10	1.0000	1.980000e-14	0.00	0.00
4 Puu(mänty)	175.00	0.1200	2.780000e-12	0.00	450.00
5 Bitumipaperi 0.1 mm	0.10	1.0000	1.980000e-14	0.00	0.00
6 Ilma	22.00	0.0250	2.000000e-10	0.00	1.23
7 Lastulevy 600 kg/m ³	11.00	0.1400	4.000000e-12	0.00	600.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Tammikuu (744.0 h)

Lisätiedot:

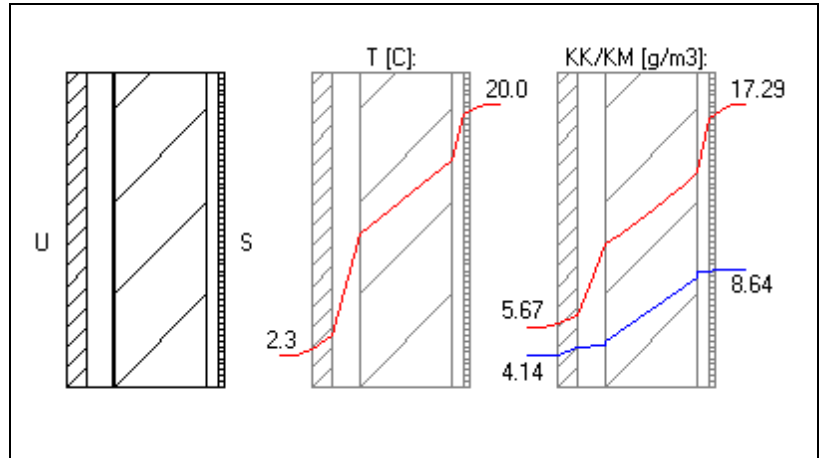
Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-9.40	2.25	1.98	88.0	0.00
1	-8.63	2.40	1.98	82.5	0.00
2	-6.90	2.77	2.72	98.0	0.00
3	4.93	6.77	2.74	40.5	0.00
4	4.93	6.77	3.13	46.3	0.00
5	13.56	11.74	8.03	68.4	0.00
6	13.56	11.74	8.42	71.7	0.00
7	18.77	16.08	8.43	52.4	0.00
8	19.23	16.52	8.64	52.3	0.00
S	20.00	17.29	8.64	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Roslund	Sisältö: Korjausvaihtoehto 1	
Suunnittelija: Riku Behm	Päiväys: 3/31/2016	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.201 W/m ² K
Paksuus:	296.200 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	104.44 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	2.379e+04 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	4.203e-05 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	4.969 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.130 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puutavara 500 kg/m ³	38.00	0.1300	4.000000e-12	0.00	500.00
2 Ilma	50.00	0.0250	2.000000e-10	0.00	1.23
3 Bitumipaperi 0.1 mm	0.10	1.0000	1.980000e-14	0.00	0.00
4 Puu(mänty)	175.00	0.1200	2.780000e-12	0.00	450.00
5 Bitumipaperi 0.1 mm	0.10	1.0000	1.980000e-14	0.00	0.00
6 Ilma	22.00	0.0250	2.000000e-10	0.00	1.23
7 Lastulevy 600 kg/m ³	11.00	0.1400	4.000000e-12	0.00	600.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Huhtikuu (720.0 h)

Lisätiedot:

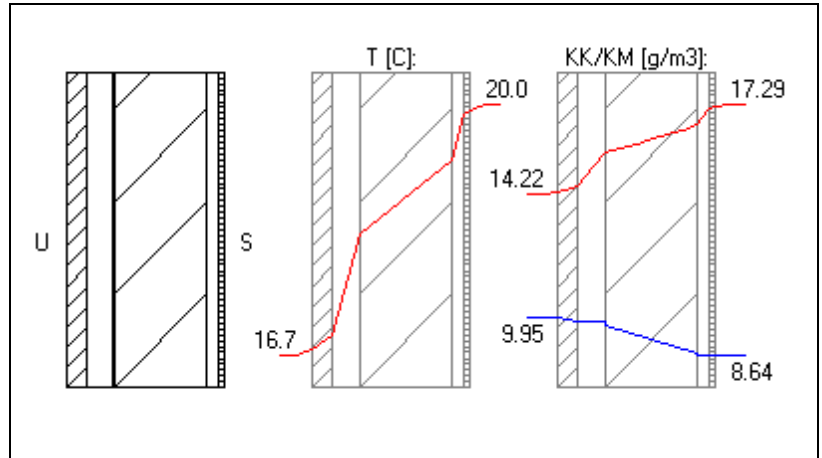
Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	2.30	5.67	4.14	73.0	0.00
1	2.76	5.85	4.14	70.7	0.00
2	3.80	6.28	4.64	73.9	0.00
3	10.93	9.97	4.65	46.7	0.00
4	10.93	9.97	4.92	49.4	0.00
5	16.12	13.73	8.23	59.9	0.00
6	16.12	13.73	8.49	61.9	0.00
7	19.26	16.55	8.50	51.4	0.00
8	19.54	16.82	8.64	51.4	0.00
S	20.00	17.29	8.64	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Roslund	Sisältö: Korjausvaihtoehto 1	
Suunnittelija: Riku Behm	Päiväys: 3/31/2016	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.201 W/m ² K
Paksuus:	296.200 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	104.44 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	2.379e+04 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	4.203e-05 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	4.969 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.130 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puutavara 500 kg/m ³	38.00	0.1300	4.000000e-12	0.00	500.00
2 Ilma	50.00	0.0250	2.000000e-10	0.00	1.23
3 Bitumipaperi 0.1 mm	0.10	1.0000	1.980000e-14	0.00	0.00
4 Puu(mänty)	175.00	0.1200	2.780000e-12	0.00	450.00
5 Bitumipaperi 0.1 mm	0.10	1.0000	1.980000e-14	0.00	0.00
6 Ilma	22.00	0.0250	2.000000e-10	0.00	1.23
7 Lastulevy 600 kg/m ³	11.00	0.1400	4.000000e-12	0.00	600.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Heinäkuu (744.0 h)

Lisätiedot:

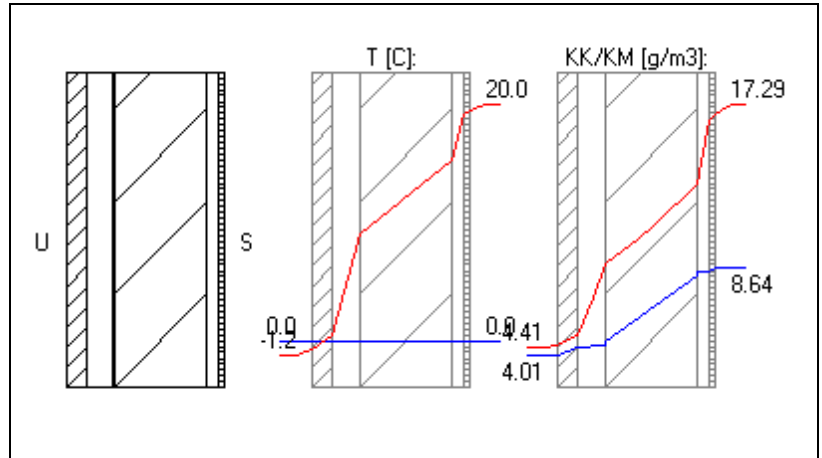
Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	16.70	14.22	9.95	70.0	0.00
1	16.79	14.29	9.95	69.6	0.00
2	16.98	14.46	9.81	67.8	0.00
3	18.31	15.65	9.80	62.6	0.00
4	18.31	15.65	9.72	62.1	0.00
5	19.28	16.57	8.76	52.9	0.00
6	19.28	16.57	8.69	52.4	0.00
7	19.86	17.15	8.69	50.7	0.00
8	19.91	17.20	8.64	50.3	0.00
S	20.00	17.29	8.64	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Roslund	Sisältö: Korjausvaihtoehto 1	
Suunnittelija: Riku Behm	Päiväys: 3/31/2016	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.201 W/m ² K
Paksuus:	296.200 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	104.44 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	2.379e+04 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	4.203e-05 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	4.969 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.130 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puutavara 500 kg/m ³	38.00	0.1300	4.000000e-12	0.00	500.00
2 Ilma	50.00	0.0250	2.000000e-10	0.00	1.23
3 Bitumipaperi 0.1 mm	0.10	1.0000	1.980000e-14	0.00	0.00
4 Puu(mänty)	175.00	0.1200	2.780000e-12	0.00	450.00
5 Bitumipaperi 0.1 mm	0.10	1.0000	1.980000e-14	0.00	0.00
6 Ilma	22.00	0.0250	2.000000e-10	0.00	1.23
7 Lastulevy 600 kg/m ³	11.00	0.1400	4.000000e-12	0.00	600.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Marraskuu (720.0 h)

Lisätiedot:

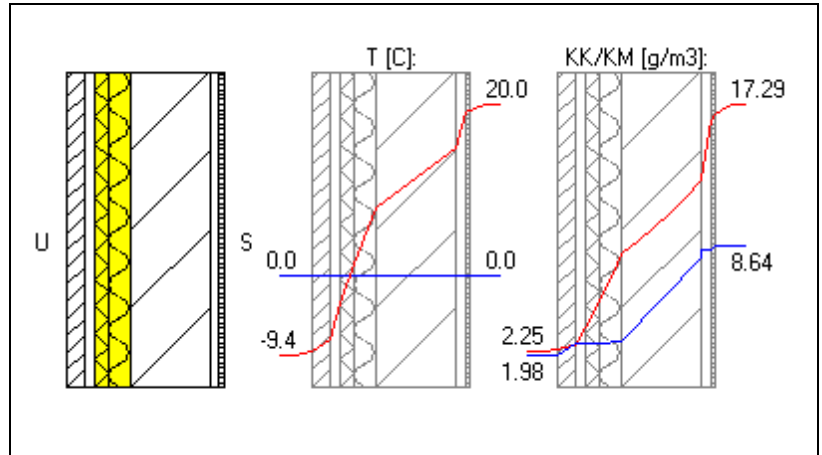
Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-1.20	4.41	4.01	91.0	0.00
1	-0.65	4.61	4.01	87.1	0.00
2	0.60	5.05	4.52	89.6	0.00
3	9.13	8.89	4.54	51.0	0.00
4	9.13	8.89	4.81	54.1	0.00
5	15.36	13.11	8.22	62.7	0.00
6	15.36	13.11	8.49	64.8	0.00
7	19.11	16.41	8.49	51.8	0.00
8	19.45	16.73	8.64	51.7	0.00
S	20.00	17.29	8.64	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Roslund	Sisältö: Korjausvaihtoehto 2	
Suunnittelija: Riku Behm	Päiväys: 3/31/2016	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.162 W/m ² K
Paksuus:	348.100 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	104.40 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	2.258e+04 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	4.428e-05 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	6.168 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.130 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puutavara 500 kg/m ³	38.00	0.1300	4.000000e-12	0.00	500.00
2 Ilma	22.00	0.0250	2.000000e-10	0.00	1.23
3 ISOVER RKL FACADE	30.00	0.0310	8.417004e-11	0.00	0.00
4 ISOVER KL 37	50.00	0.0370	1.050000e-10	0.00	0.00
5 Puu(mänty)	175.00	0.1200	2.780000e-12	0.00	450.00
6 Bitumipaperi 0.1 mm	0.10	1.0000	1.980000e-14	0.00	0.00
7 Ilma	22.00	0.0250	2.000000e-10	0.00	1.23
8 Lastulevy 600 kg/m ³	11.00	0.1400	4.000000e-12	0.00	600.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Tammikuu (744.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-9.40	2.25	1.98	88.0	0.00
1	-8.78	2.37	1.98	83.5	0.00
2	-7.39	2.66	2.76	100.0	7.24
3	-3.19	3.76	2.77	73.6	0.00
4	1.42	5.34	2.80	52.3	0.00
5	7.86	8.20	2.83	34.6	0.00
6	14.81	12.68	7.99	63.1	0.00
7	14.81	12.68	8.41	66.3	0.00
8	19.01	16.31	8.42	51.6	0.00
9	19.38	16.67	8.64	51.8	0.00
S	20.00	17.29	8.64	50.0	0.00

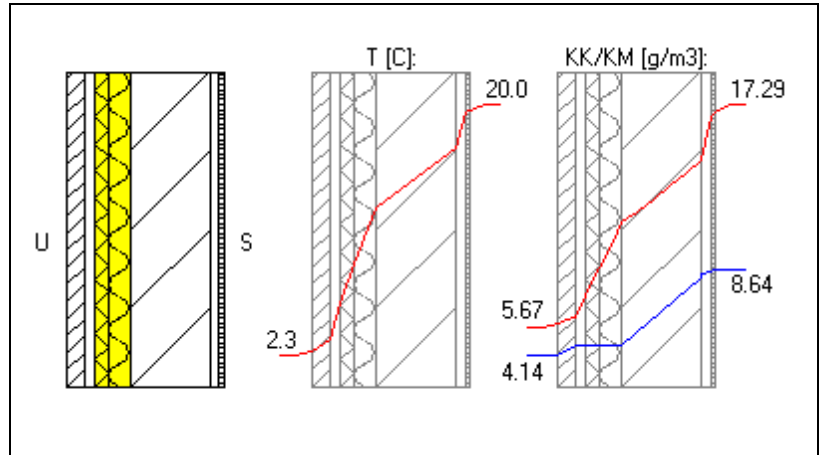
Tiivistymisvaara! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Roslund	Sisältö: Korjausvaihtoehto 2	
Suunnittelija: Riku Behm	Päiväys: 3/31/2016	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.162 W/m ² K
Paksuus:	348.100 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	104.40 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	2.258e+04 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	4.428e-05 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	6.168 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.130 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puutavara 500 kg/m ³	38.00	0.1300	4.000000e-12	0.00	500.00
2 Ilma	22.00	0.0250	2.000000e-10	0.00	1.23
3 ISOVER RKL FACADE	30.00	0.0310	8.417004e-11	0.00	0.00
4 ISOVER KL 37	50.00	0.0370	1.050000e-10	0.00	0.00
5 Puu(mänty)	175.00	0.1200	2.780000e-12	0.00	450.00
6 Bitumipaperi 0.1 mm	0.10	1.0000	1.980000e-14	0.00	0.00
7 Ilma	22.00	0.0250	2.000000e-10	0.00	1.23
8 Lastulevy 600 kg/m ³	11.00	0.1400	4.000000e-12	0.00	600.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Huhtikuu (720.0 h)

Lisätiedot:

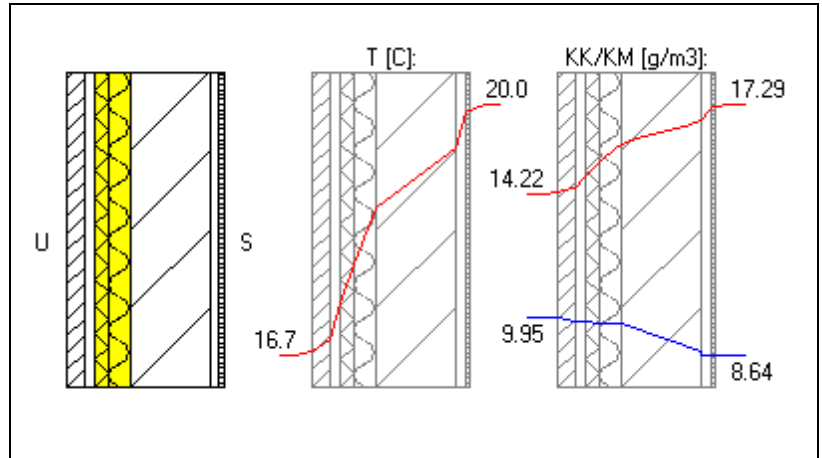
Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	2.30	5.67	4.14	73.0	0.00
1	2.67	5.82	4.14	71.2	0.00
2	3.51	6.16	4.67	75.8	0.00
3	6.04	7.28	4.67	64.2	0.00
4	8.81	8.71	4.69	53.9	0.00
5	12.69	11.13	4.72	42.4	0.00
6	16.88	14.37	8.21	57.1	0.00
7	16.88	14.37	8.48	59.1	0.00
8	19.40	16.69	8.49	50.9	0.00
9	19.63	16.91	8.64	51.1	0.00
S	20.00	17.29	8.64	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Roslund	Sisältö: Korjausvaihtoehto 2	
Suunnittelija: Riku Behm	Päiväys: 3/31/2016	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.162 W/m ² K
Paksuus:	348.100 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	104.40 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	2.258e+04 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	4.428e-05 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	6.168 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.130 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puutavara 500 kg/m ³	38.00	0.1300	4.000000e-12	0.00	500.00
2 Ilma	22.00	0.0250	2.000000e-10	0.00	1.23
3 ISOVER RKL FACADE	30.00	0.0310	8.417004e-11	0.00	0.00
4 ISOVER KL 37	50.00	0.0370	1.050000e-10	0.00	0.00
5 Puu(mänty)	175.00	0.1200	2.780000e-12	0.00	450.00
6 Bitumipaperi 0.1 mm	0.10	1.0000	1.980000e-14	0.00	0.00
7 Ilma	22.00	0.0250	2.000000e-10	0.00	1.23
8 Lastulevy 600 kg/m ³	11.00	0.1400	4.000000e-12	0.00	600.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Heinäkuu (744.0 h)

Lisätiedot:

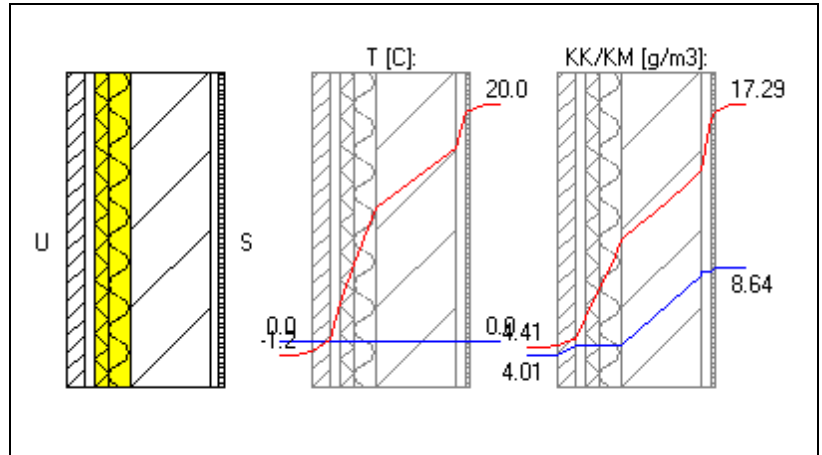
Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	16.70	14.22	9.95	70.0	0.00
1	16.77	14.27	9.95	69.7	0.00
2	16.93	14.41	9.80	68.0	0.00
3	17.40	14.82	9.80	66.1	0.00
4	17.91	15.29	9.79	64.1	0.00
5	18.64	15.96	9.78	61.3	0.00
6	19.42	16.71	8.77	52.5	0.00
7	19.42	16.71	8.69	52.0	0.00
8	19.89	17.17	8.69	50.6	0.00
9	19.93	17.22	8.64	50.2	0.00
S	20.00	17.29	8.64	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Roslund	Sisältö: Korjausvaihtoehto 2	
Suunnittelija: Riku Behm	Päiväys: 3/31/2016	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.162 W/m ² K
Paksuus:	348.100 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	104.40 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	2.258e+04 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	4.428e-05 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	6.168 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.130 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puutavara 500 kg/m ³	38.00	0.1300	4.000000e-12	0.00	500.00
2 Ilma	22.00	0.0250	2.000000e-10	0.00	1.23
3 ISOVER RKL FACADE	30.00	0.0310	8.417004e-11	0.00	0.00
4 ISOVER KL 37	50.00	0.0370	1.050000e-10	0.00	0.00
5 Puu(mänty)	175.00	0.1200	2.780000e-12	0.00	450.00
6 Bitumipaperi 0.1 mm	0.10	1.0000	1.980000e-14	0.00	0.00
7 Ilma	22.00	0.0250	2.000000e-10	0.00	1.23
8 Lastulevy 600 kg/m ³	11.00	0.1400	4.000000e-12	0.00	600.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Marraskuu (720.0 h)

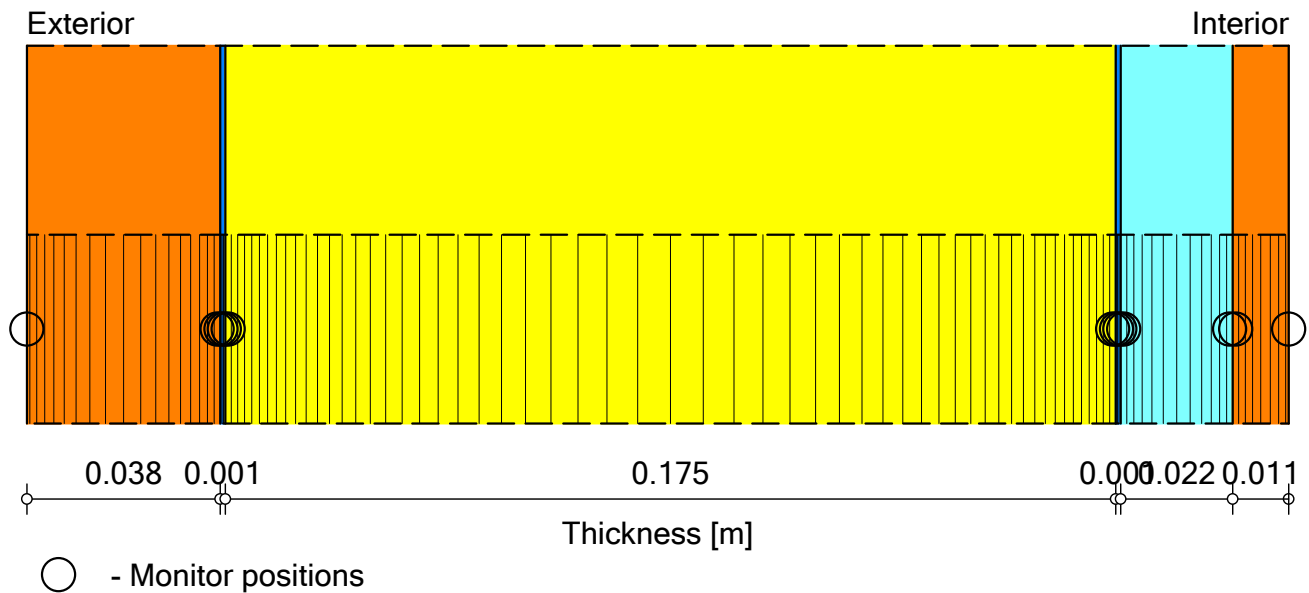
Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-1.20	4.41	4.01	91.0	0.00
1	-0.75	4.57	4.01	87.8	0.00
2	0.25	4.93	4.55	92.3	0.00
3	3.28	6.06	4.56	75.2	0.00
4	6.60	7.55	4.58	60.6	0.00
5	11.25	10.17	4.61	45.3	0.00
6	16.26	13.84	8.19	59.2	0.00
7	16.26	13.84	8.48	61.3	0.00
8	19.28	16.57	8.49	51.2	0.00
9	19.55	16.84	8.64	51.3	0.00
S	20.00	17.29	8.64	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Component Assembly

Case: Vanha rakenne



Materials:

	- *Spruce, longitudinal (unlocked)	0.038 m
	- *weather resistive barrier (sd=0,1m) (unlocked)	0.001 m
	- *Hirsi (käsinsyötetty)	0.175 m
	- *weather resistive barrier (sd=0,1m) (unlocked)	0.001 m
	- *Air Layer 20 mm	0.022 m
	- *Chipboard	0.011 m

Total Thickness: 0.25 m

R-Value: 2.67 m²K/WU-Value: 0.35 W/m²K

Results from Last Calculation

Status of Calculation

Calculation: Time and Date	3/31/2016 2:20:51 PM
Computing Time	1 min, 19 sec.
Begin / End of calculation	1/1/2016 / 1/1/2021
No. of Convergence Failures	13

Check for numerical quality

Integral of fluxes, left side (kl,dl)	[kg/m ²]	72.24 -74.66
Integral of fluxes, right side (kr,dr)	[kg/m ²]	0.0 1.21
Balance 1	[kg/m ²]	-3.65
Balance 2	[kg/m ²]	-3.63

Water Content [kg/m²]

	Start	End	Min.	Max.
Total Water Content	16.69	13.0	10.64	17.98

Water Content [kg/m³]

Layer/Material	Start	End	Min.	Max.
*Spruce, longitudinal (unlocked)	80.00	83.53	30.69	129.12
*weather resistive barrier (sd=0,1m) (	0.00	0.00	0.00	0.00
*Hirsi (käsinsyötetty)	72.09	53.65	49.54	72.94
*weather resistive barrier (sd=0,1m) (	0.00	0.00	0.00	0.01
*Air Layer 20 mm	1.88	0.58	0.50	3.03
*Chipboard	90.00	38.77	32.35	90.00

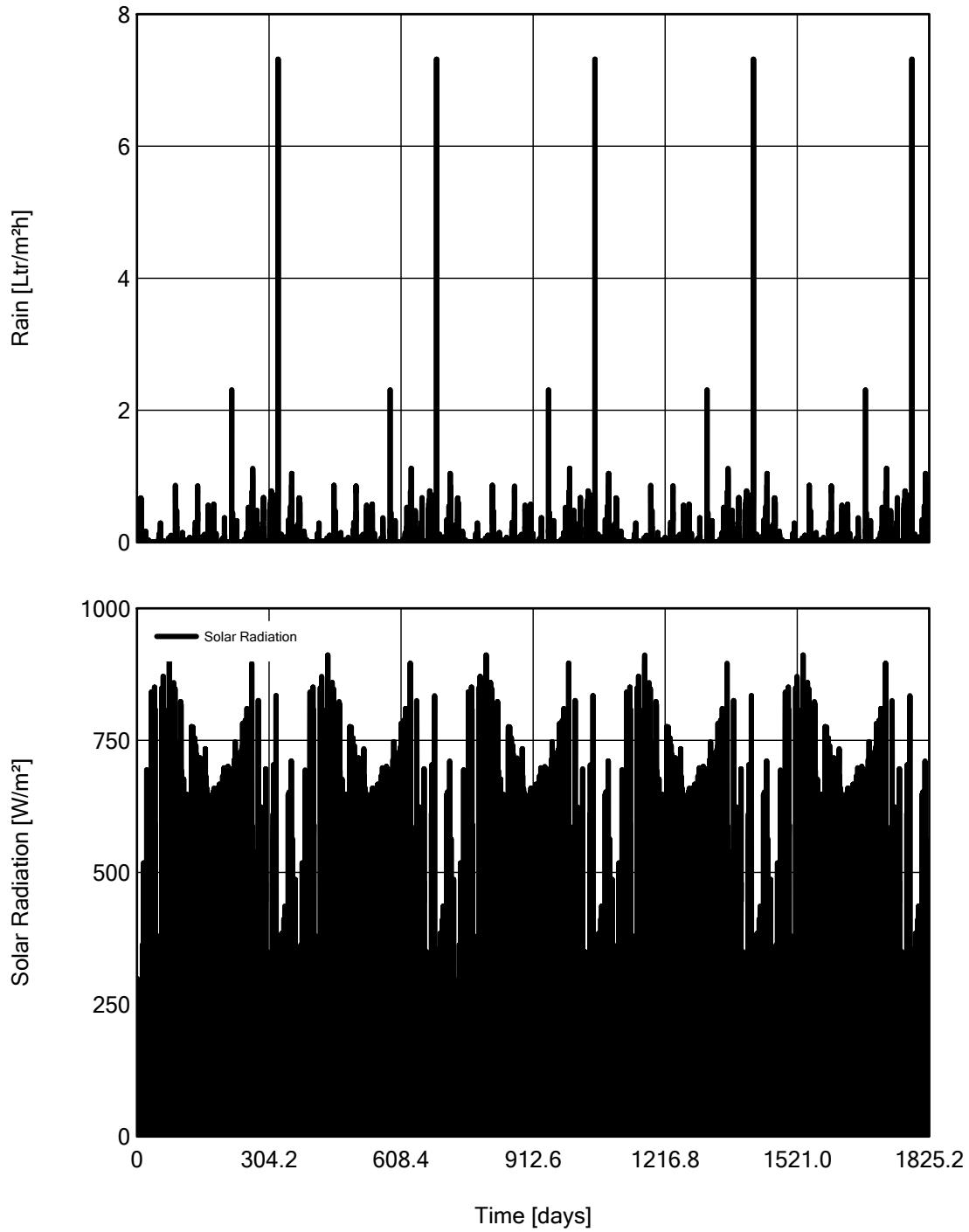
Time Integral of fluxes

Heat Flux, left side	[MJ/m ²]	-537.25
Heat Flux, right side	[MJ/m ²]	-540.54
Moisture Fluxes, left side	[kg/m ²]	-2.45
Moisture Fluxes, right side	[kg/m ²]	1.25

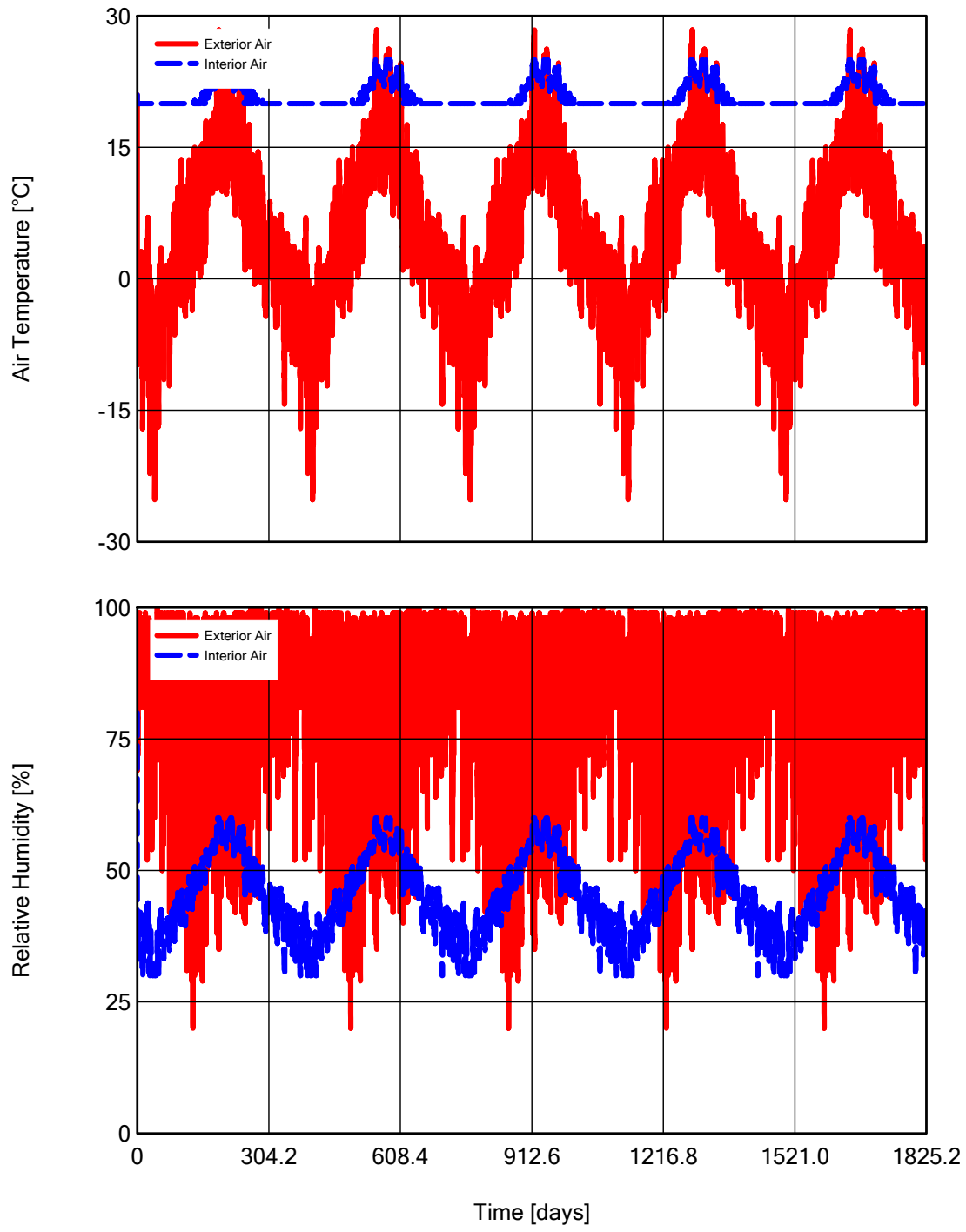
Hygrothermal Sources

Heat Sources	[MJ/m ²]	0.0
Moisture Sources	[kg/m ²]	0.0
Unreleased Moisture Sources (due to cut-off)	[kg/m ²]	0.0

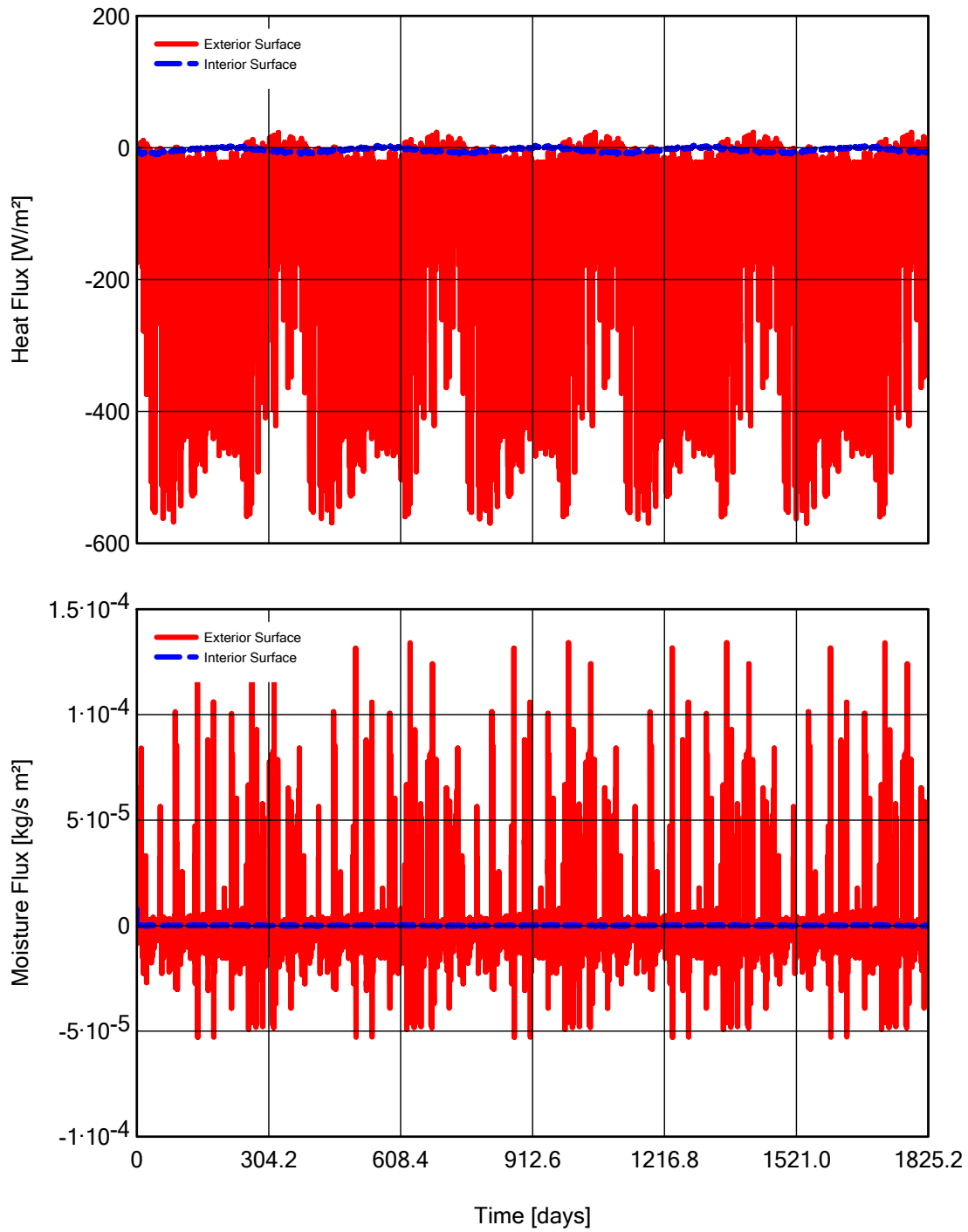
Rain, Radiation (Exterior Climate)



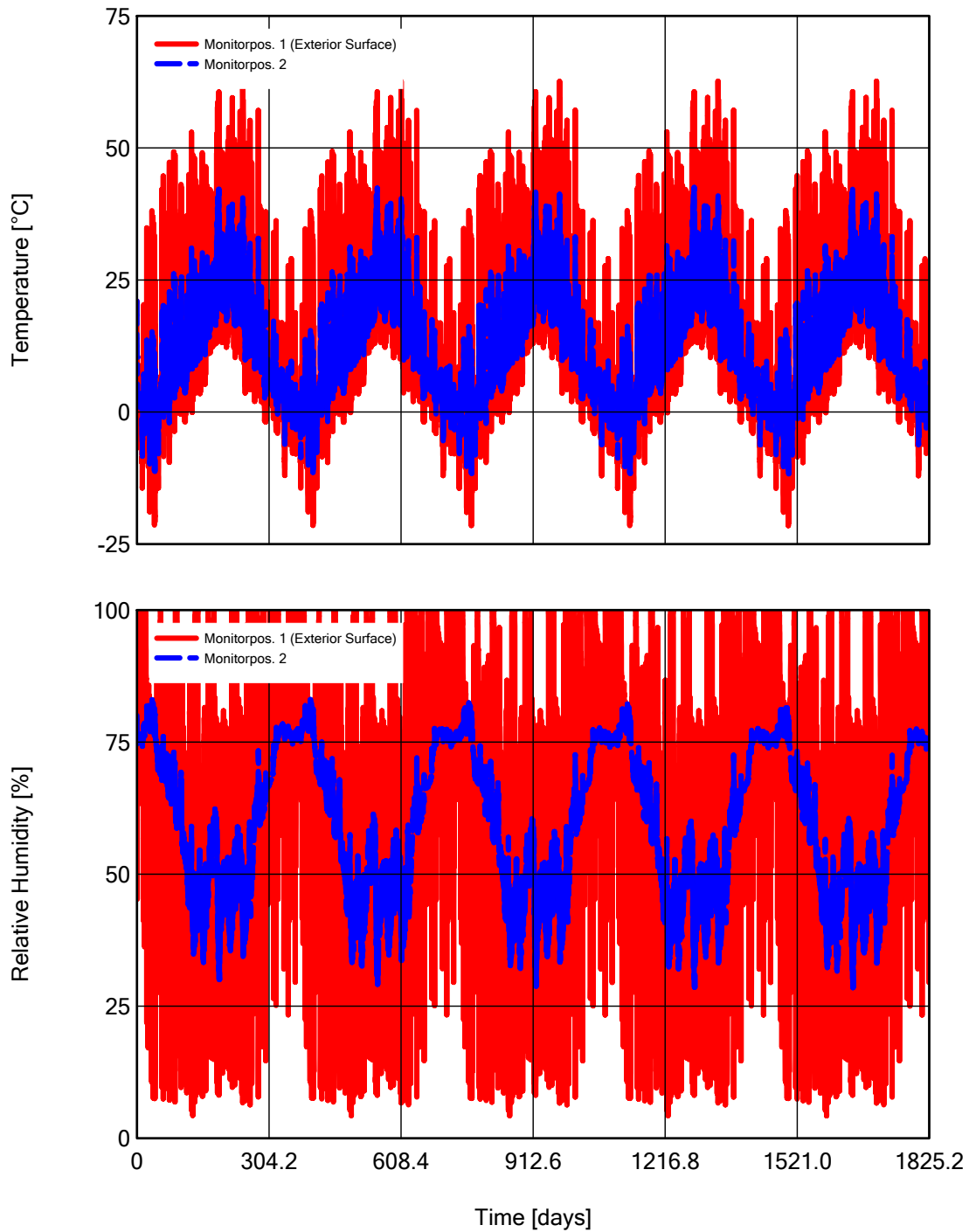
Air Temperature, RH (Exterior, Interior)



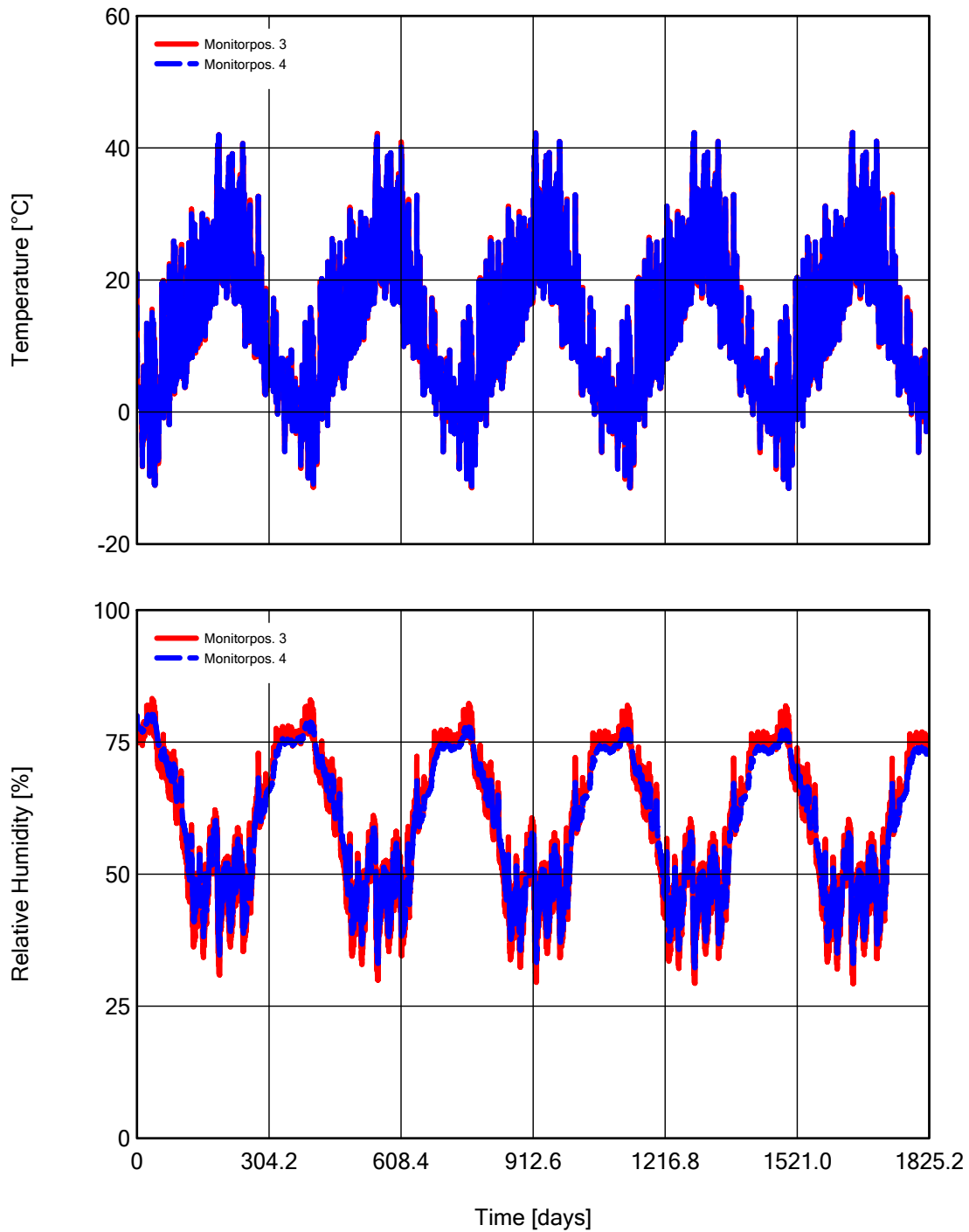
Heat, Moisture Fluxes



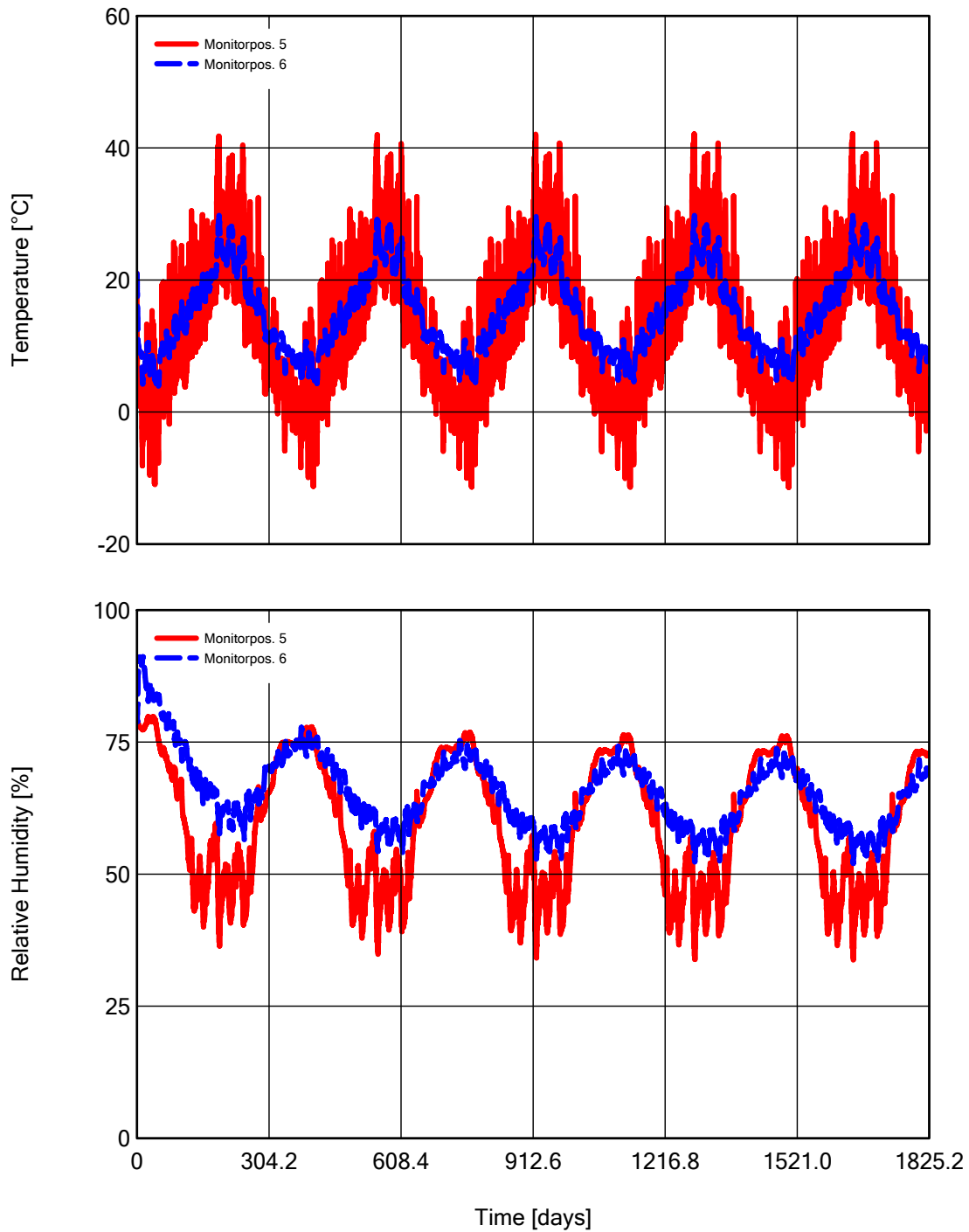
Temperature, RH (Monitor Position1, 2)



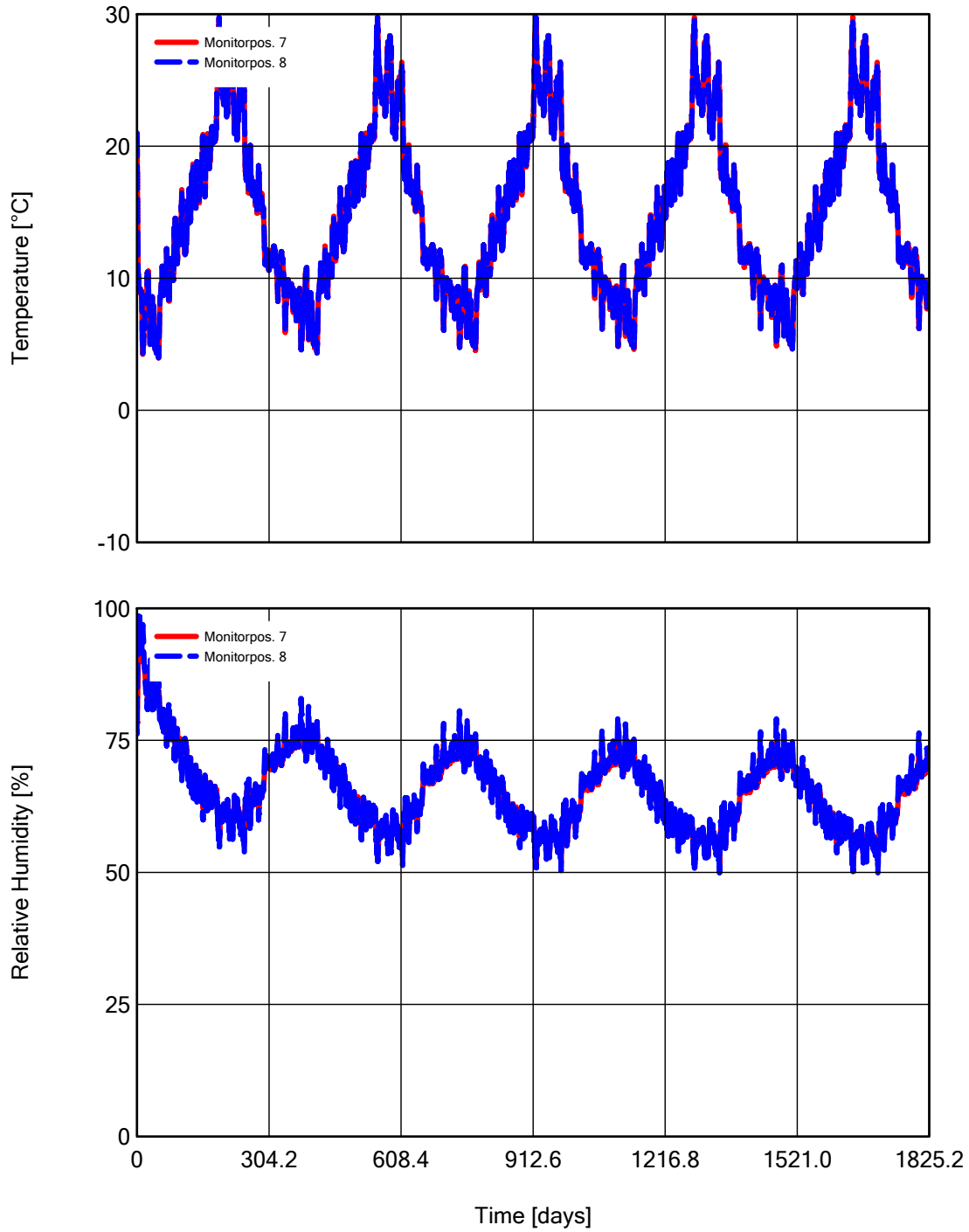
Temperature, RH (Monitor Position3, 4)



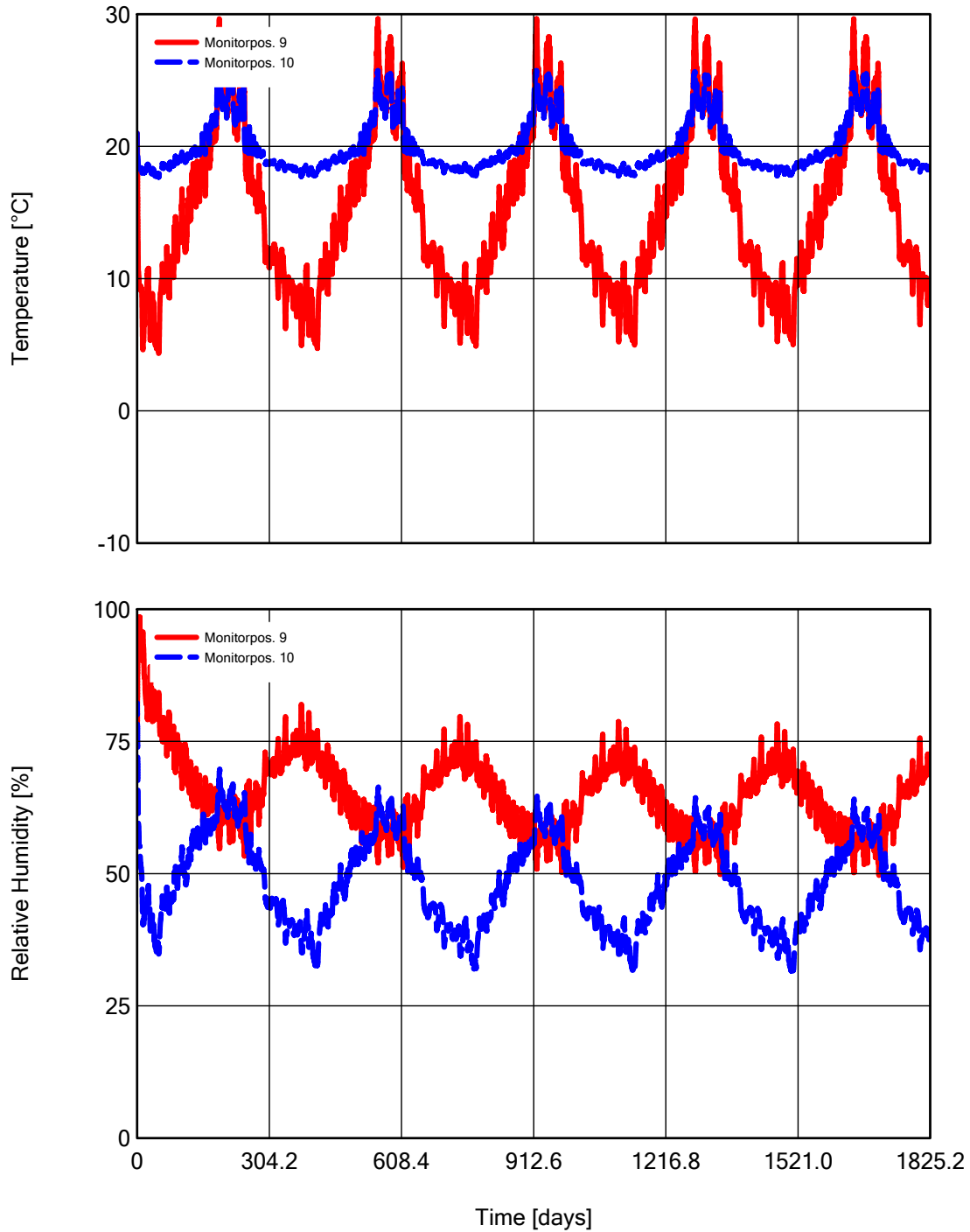
Temperature, RH (Monitor Position 5, 6)



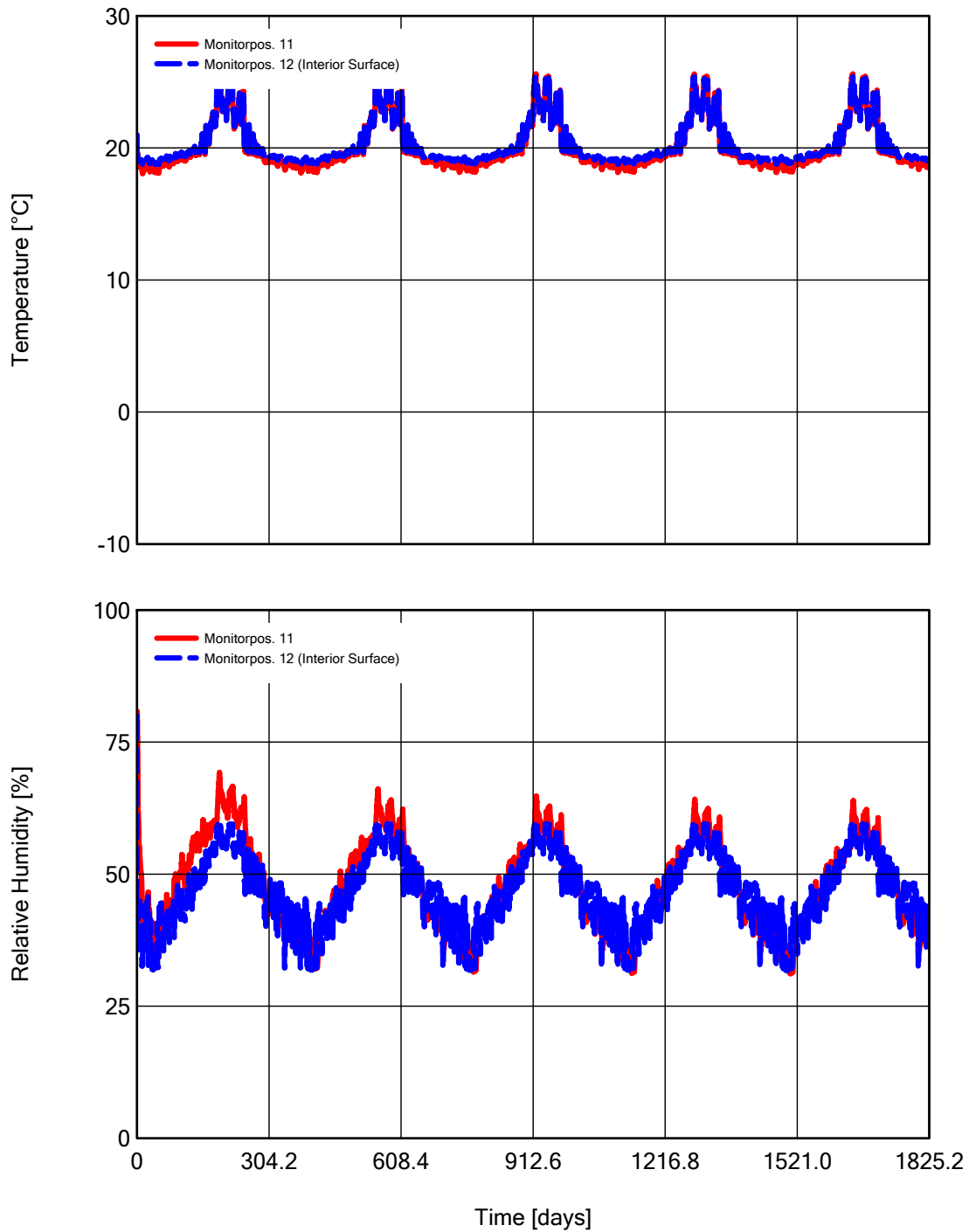
Temperature, RH (Monitor Position 7, 8)



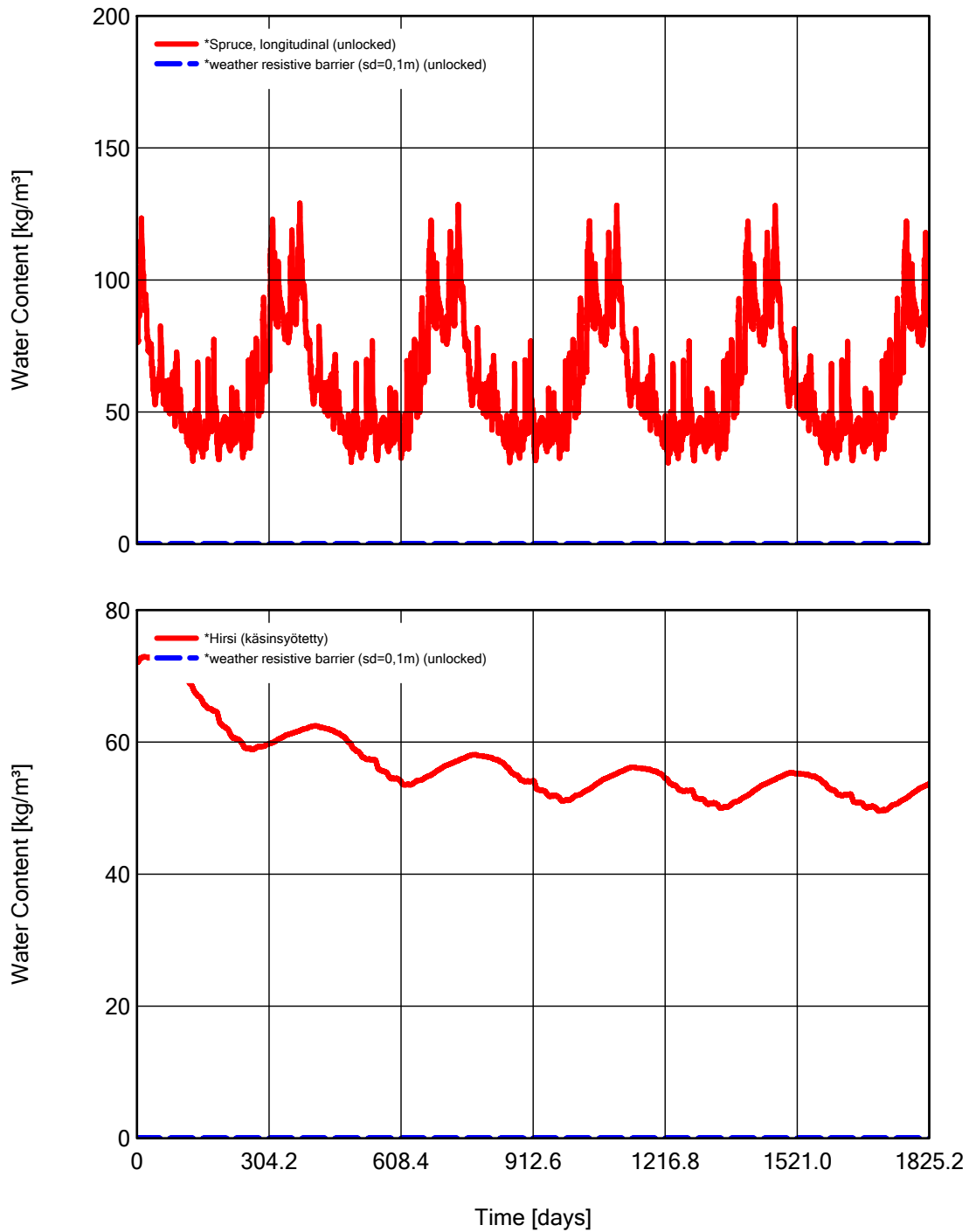
Temperature, RH (Monitor Position9, 10)



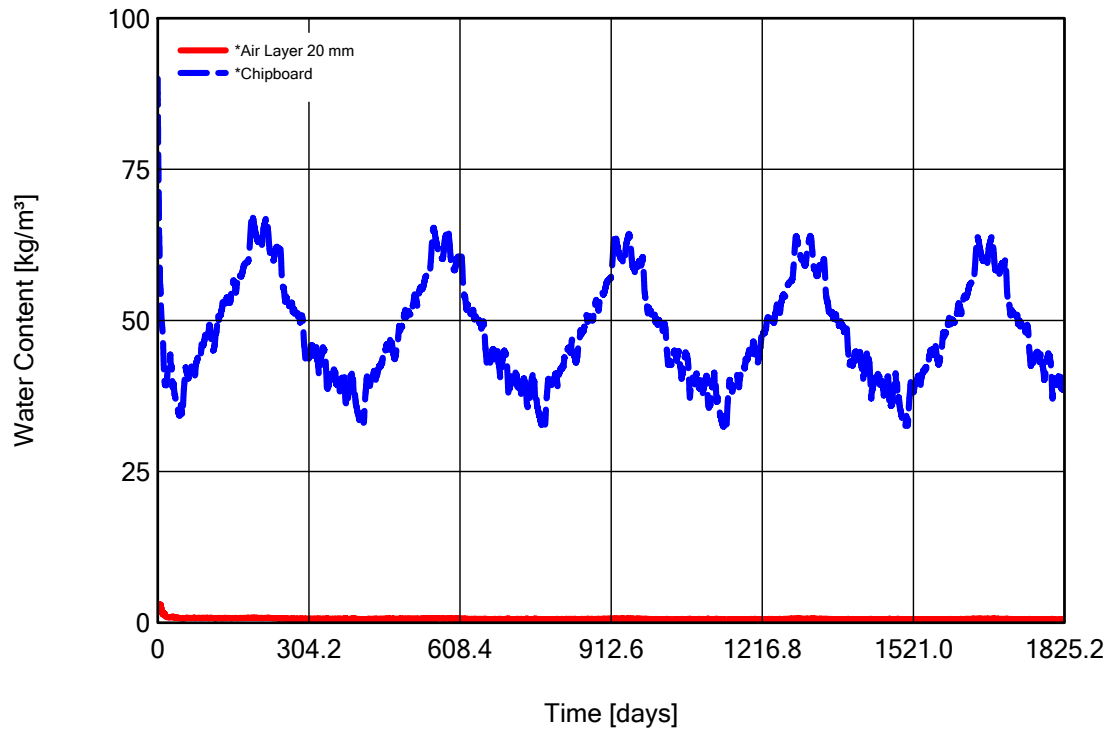
Temperature, RH (Monitor Position 11, 12)



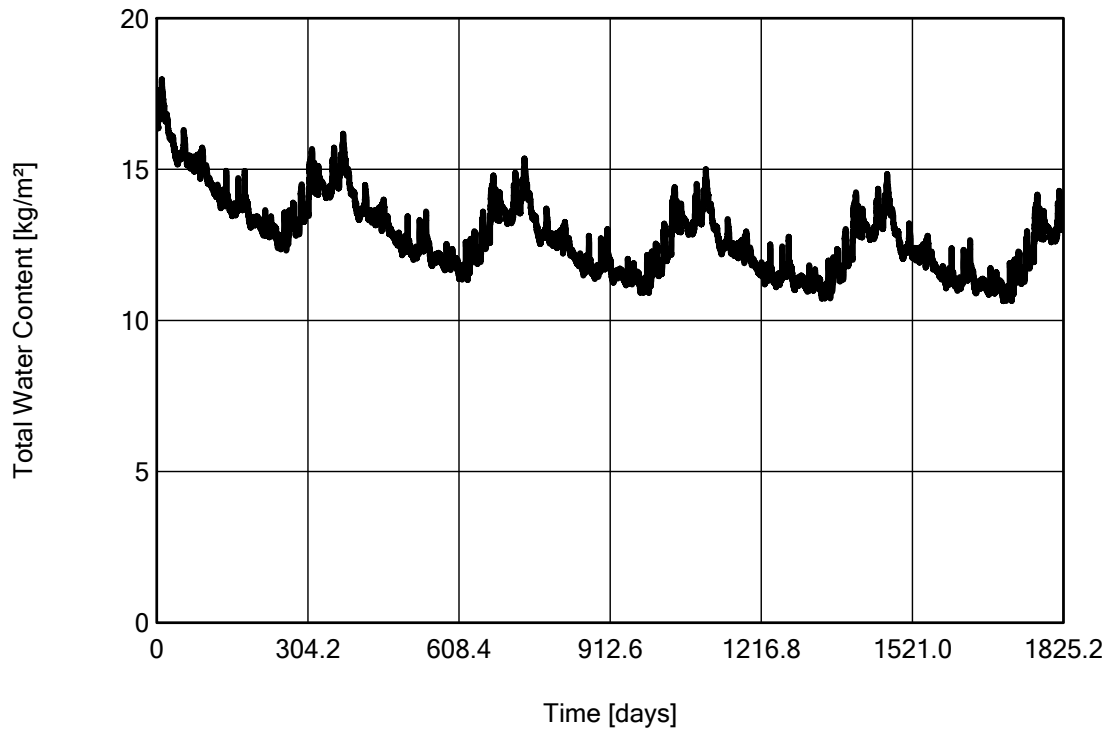
Water Content of Individual Materials



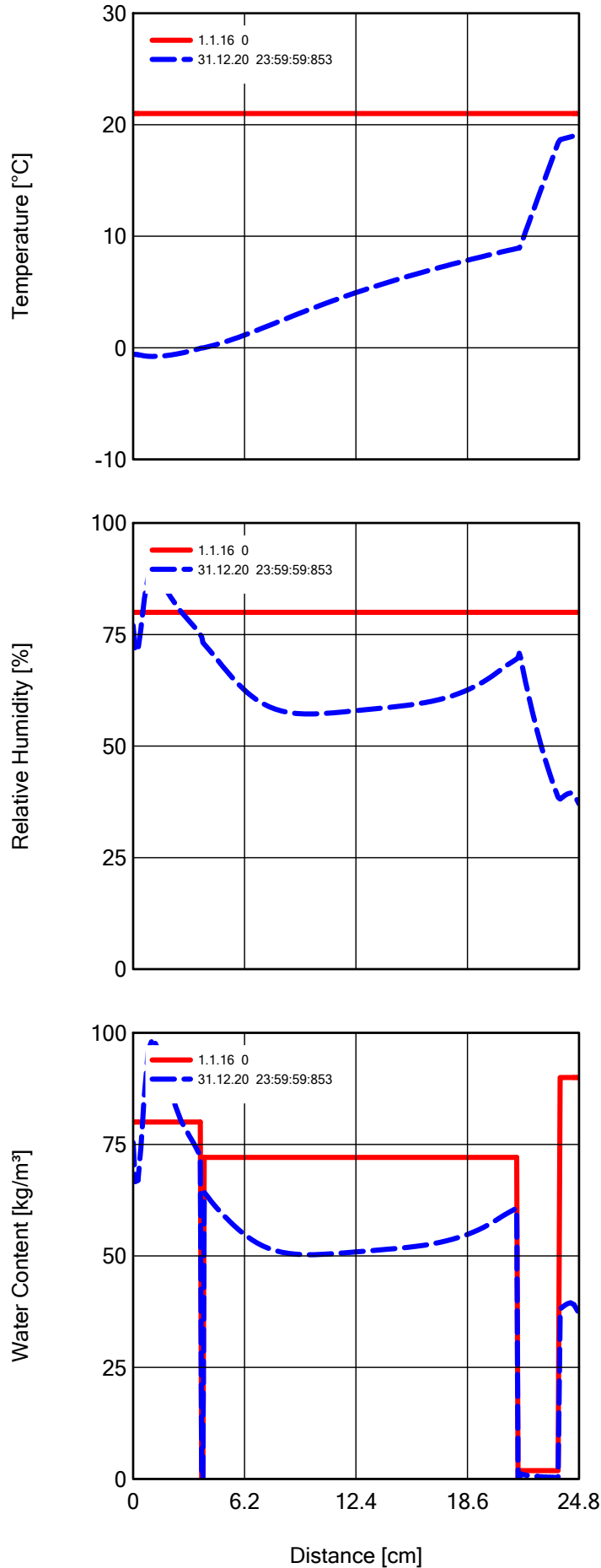
Water Content of Individual Materials



Total Water Content in Construction

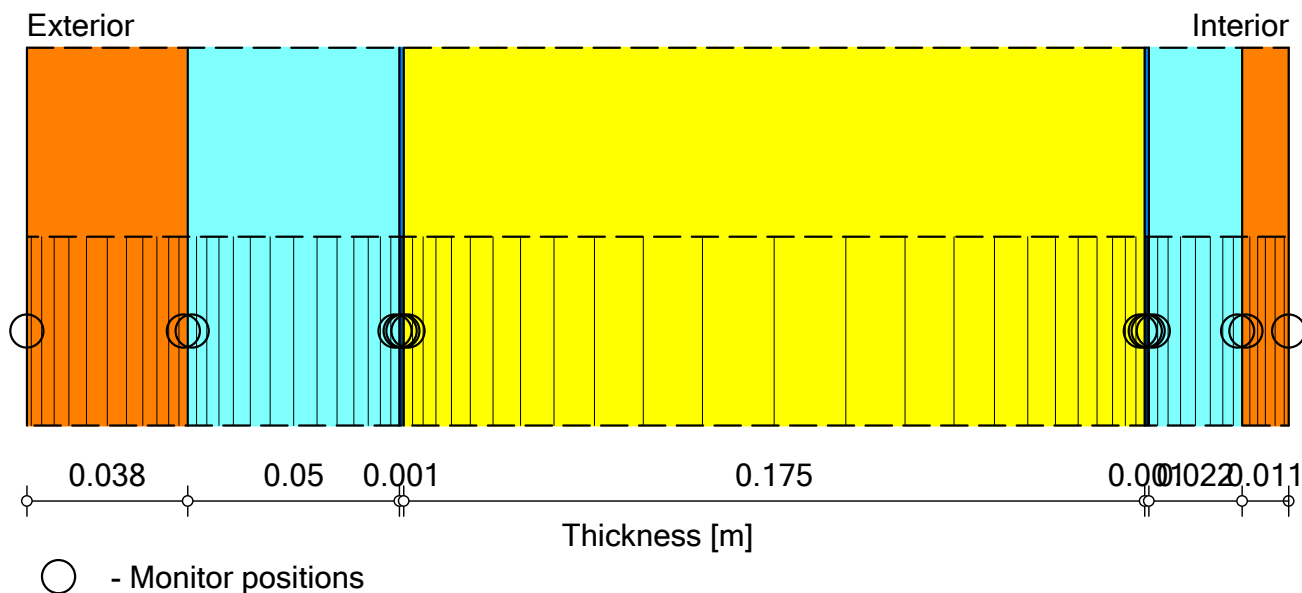


Profiles




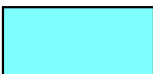


Component Assembly

Case: Talo Roslund Korjausvaihtoehto 1



Materials:

	- *Spruce, longitudinal (unlocked)	0.038 m
	- *Air Layer 50 mm	0.05 m
	- weather resistive barrier (sd=0,1m)	0.001 m
	- *Hirsi (käsinsyötetty)	0.175 m
	- weather resistive barrier (sd=0,1m)	0.001 m
	- *Air Layer 20 mm	0.022 m
	- *Chipboard	0.011 m

Total Thickness: 0.3 m

R-Value: 4.73 m²K/WU-Value: 0.203 W/m²K

Results from Last Calculation

Status of Calculation

Calculation: Time and Date	3/31/2016 2:32:02 PM
Computing Time	1 min,49 sec.
Begin / End of calculation	1/1/2016 / 1/1/2021
No. of Convergence Failures	34

Check for numerical quality

Integral of fluxes, left side (kl,dl)	[kg/m ²]	59.95 -62.87
Integral of fluxes, right side (kr,dr)	[kg/m ²]	0.0 1.9
Balance 1	[kg/m ²]	-4.78
Balance 2	[kg/m ²]	-4.82

Water Content [kg/m²]

	Start	End	Min.	Max.
Total Water Content	16.78	11.94	9.23	18.21

Water Content [kg/m³]

Layer/Material	Start	End	Min.	Max.
*Spruce, longitudinal (unlocked)	80.00	97.53	27.08	146.51
*Air Layer 50 mm	1.88	0.81	0.15	3.98
weather resistive barrier (sd=0,1m)	0.00	0.00	0.00	0.34
*Hirsi (käsinsyötetty)	72.09	44.28	43.12	72.09
weather resistive barrier (sd=0,1m)	0.00	0.00	0.00	0.00
*Air Layer 20 mm	1.88	0.43	0.36	1.91
*Chipboard	90.00	39.78	33.80	90.00

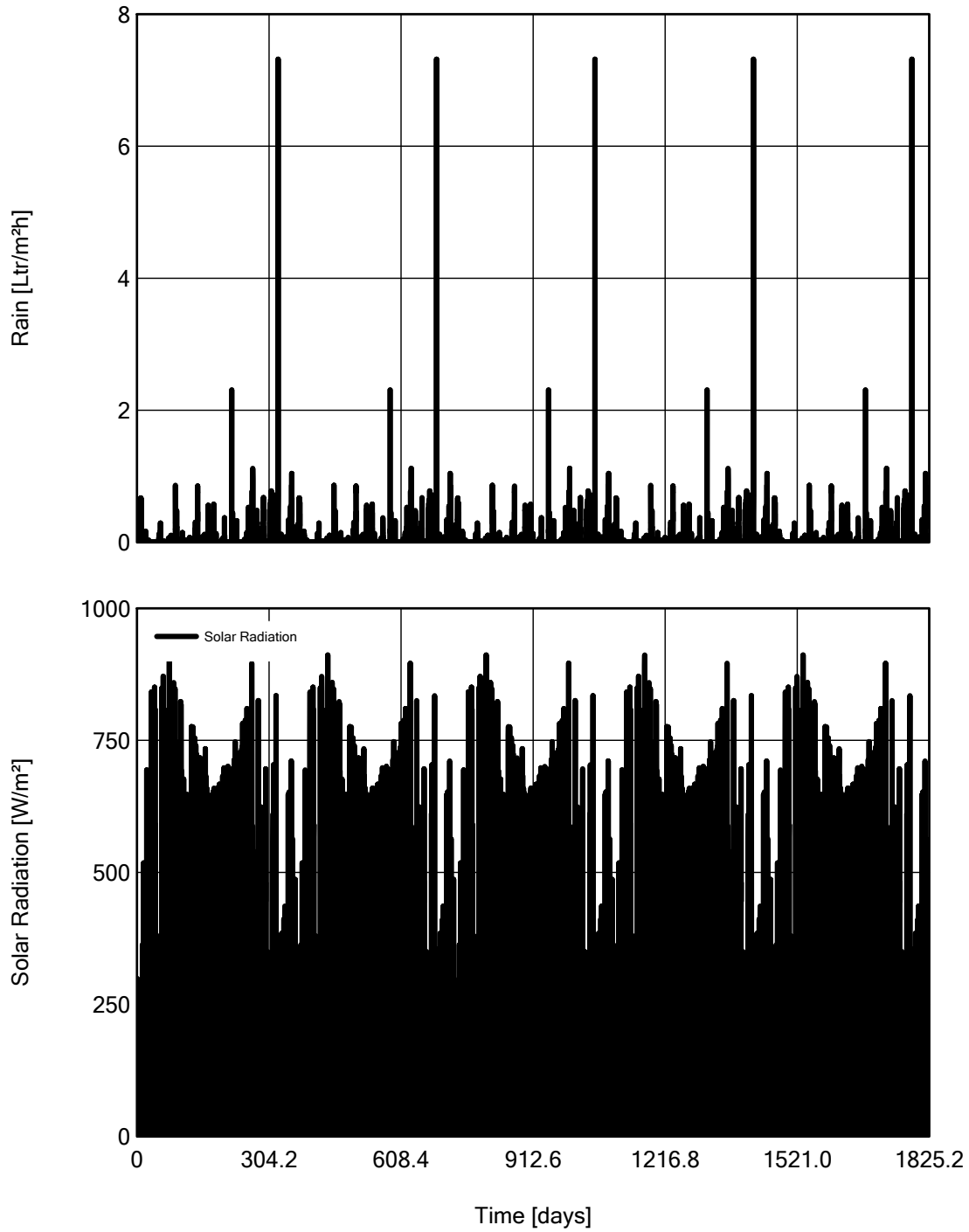
Time Integral of fluxes

Heat Flux, left side	[MJ/m ²]	-315.25
Heat Flux, right side	[MJ/m ²]	-323.87
Moisture Fluxes, left side	[kg/m ²]	-2.93
Moisture Fluxes, right side	[kg/m ²]	1.95

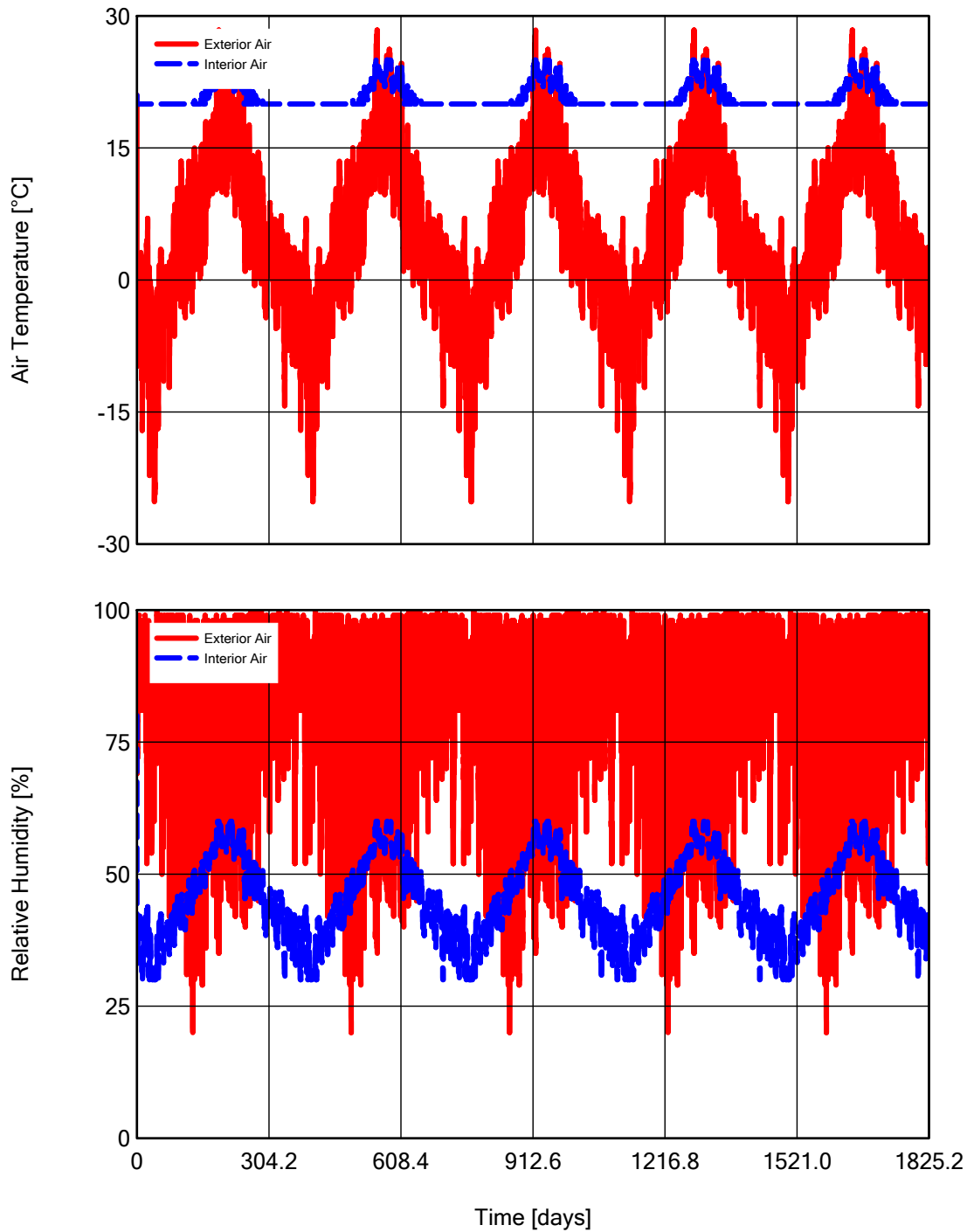
Hygrothermal Sources

Heat Sources	[MJ/m ²]	0.0
Moisture Sources	[kg/m ²]	0.0
Unreleased Moisture Sources (due to cut-off)	[kg/m ²]	0.0

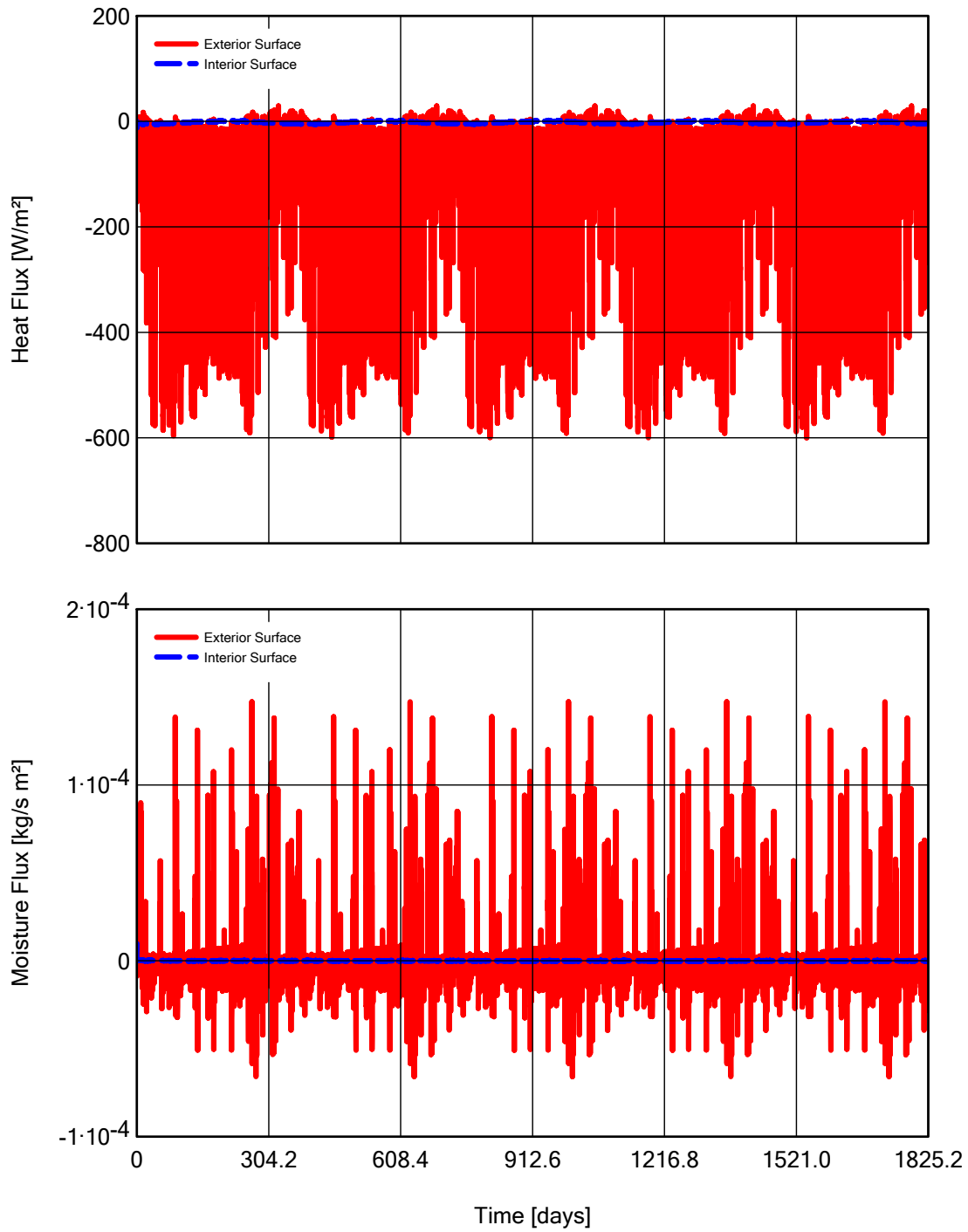
Rain, Radiation (Exterior Climate)



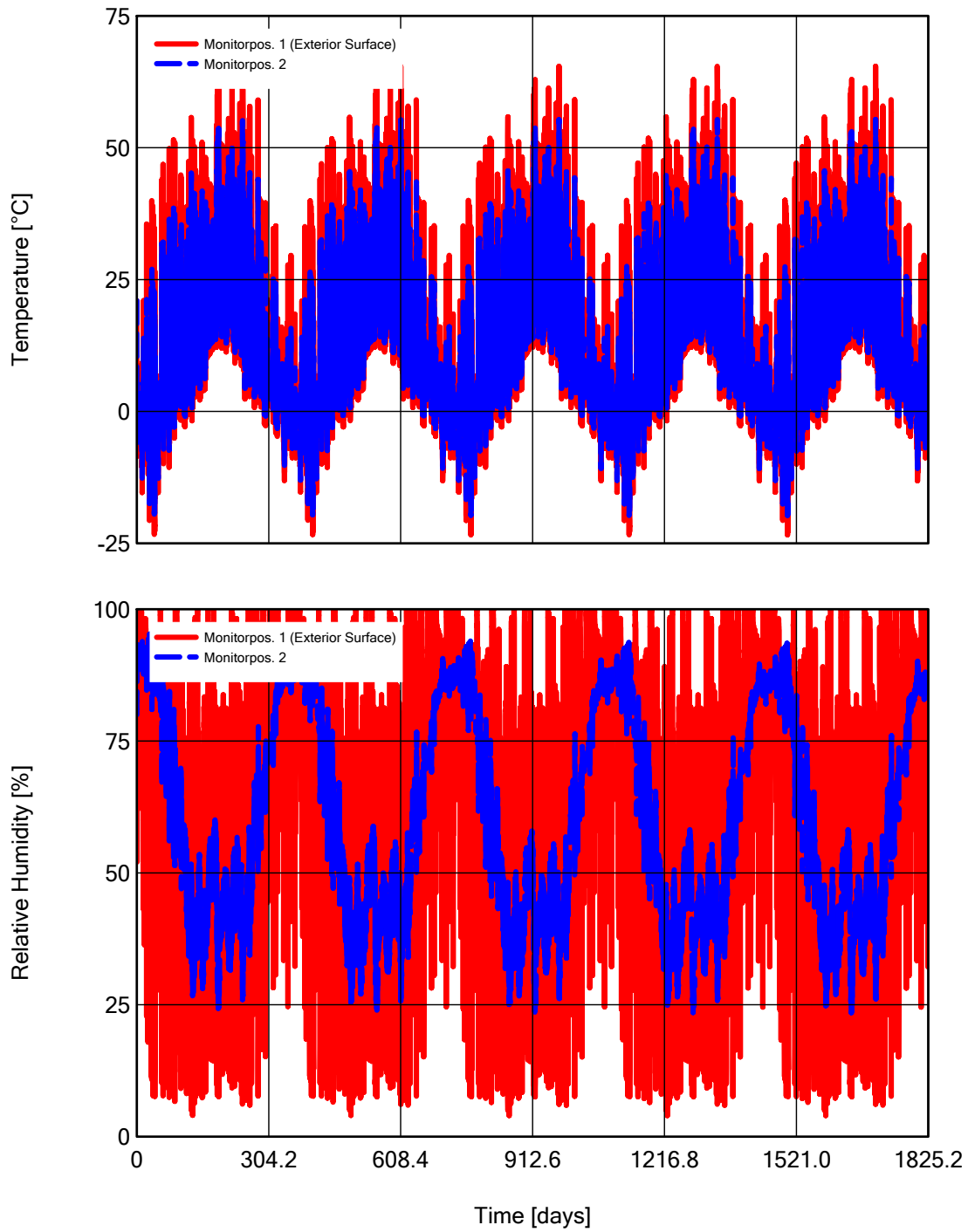
Air Temperature, RH (Exterior, Interior)



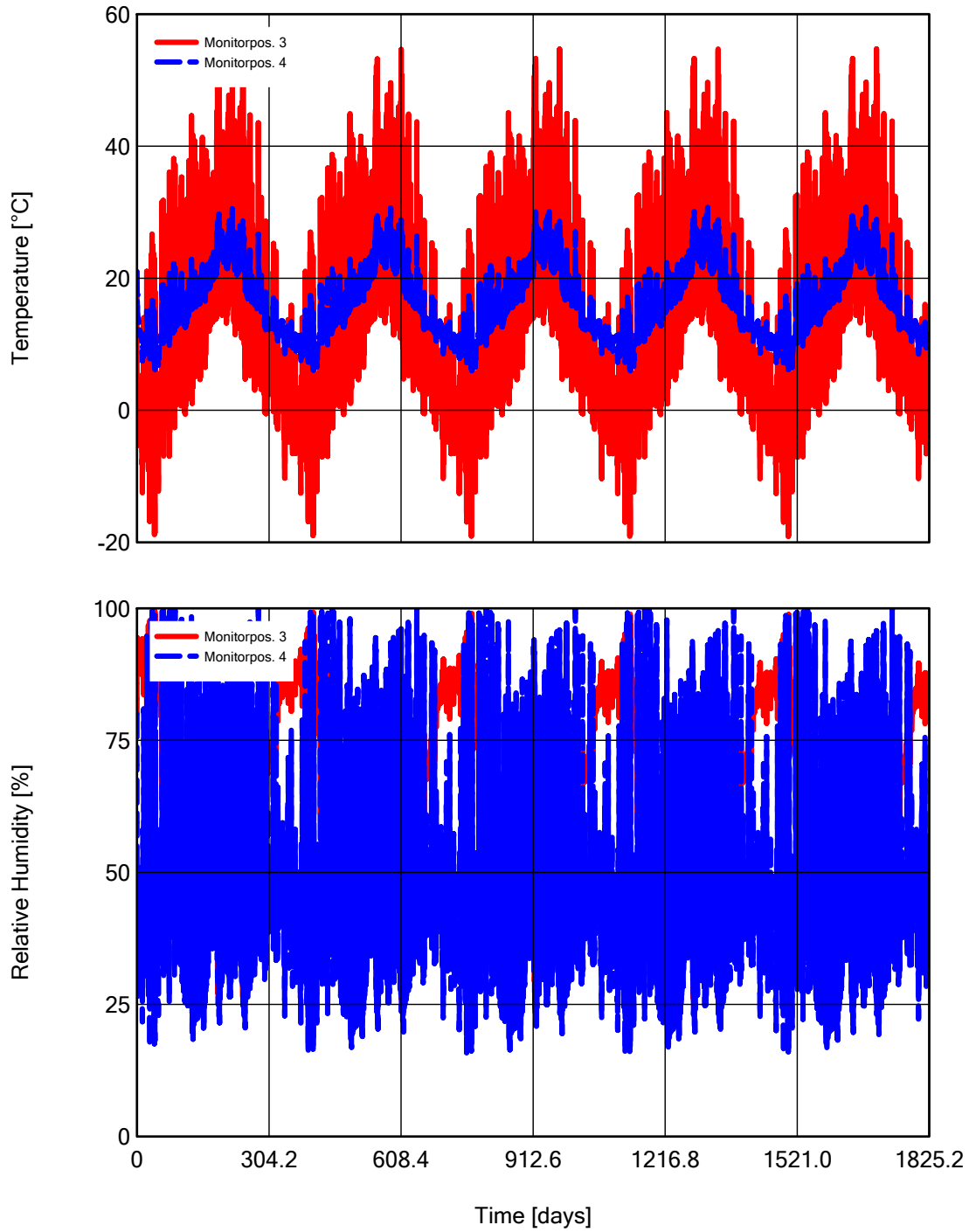
Heat, Moisture Fluxes



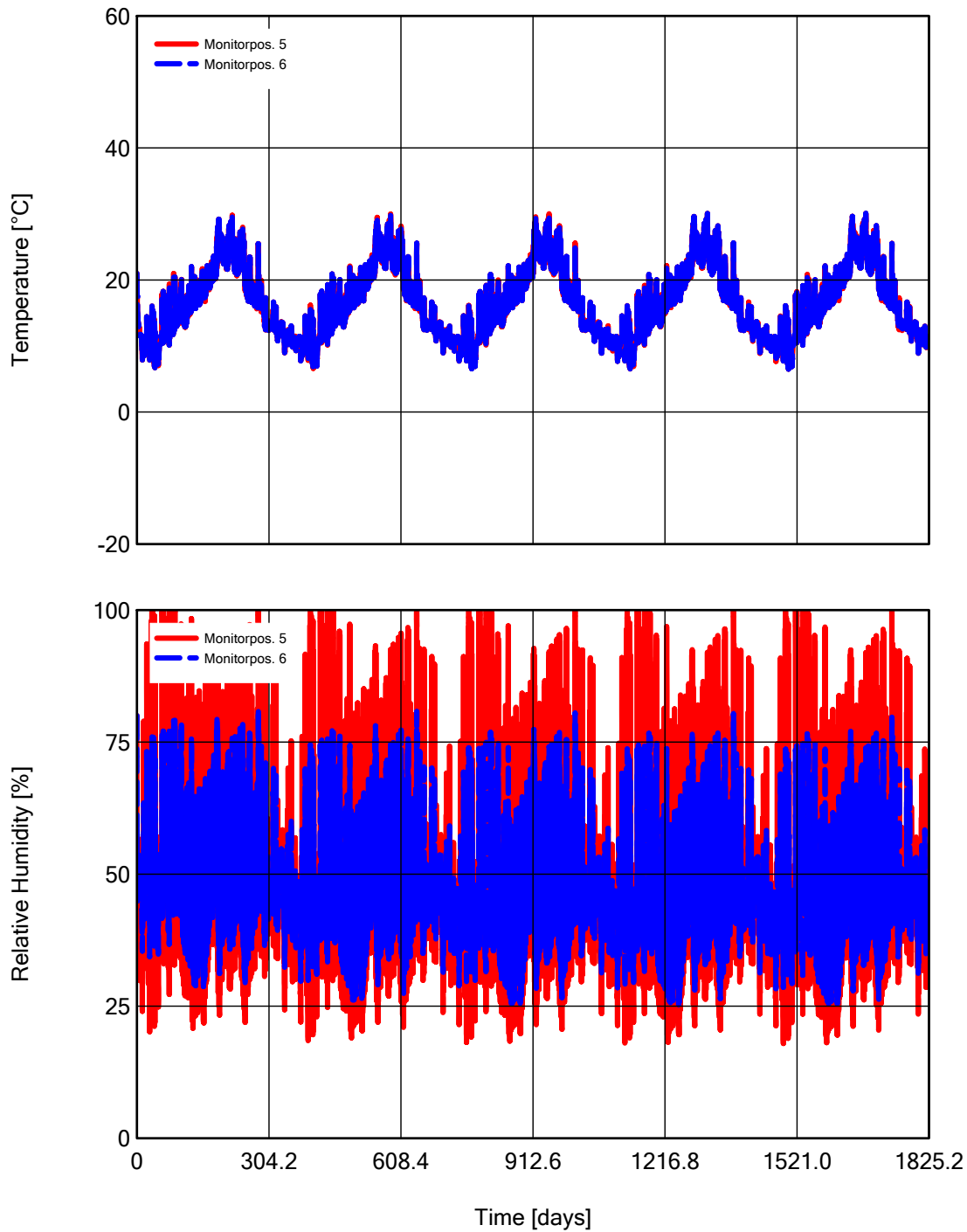
Temperature, RH (Monitor Position1, 2)



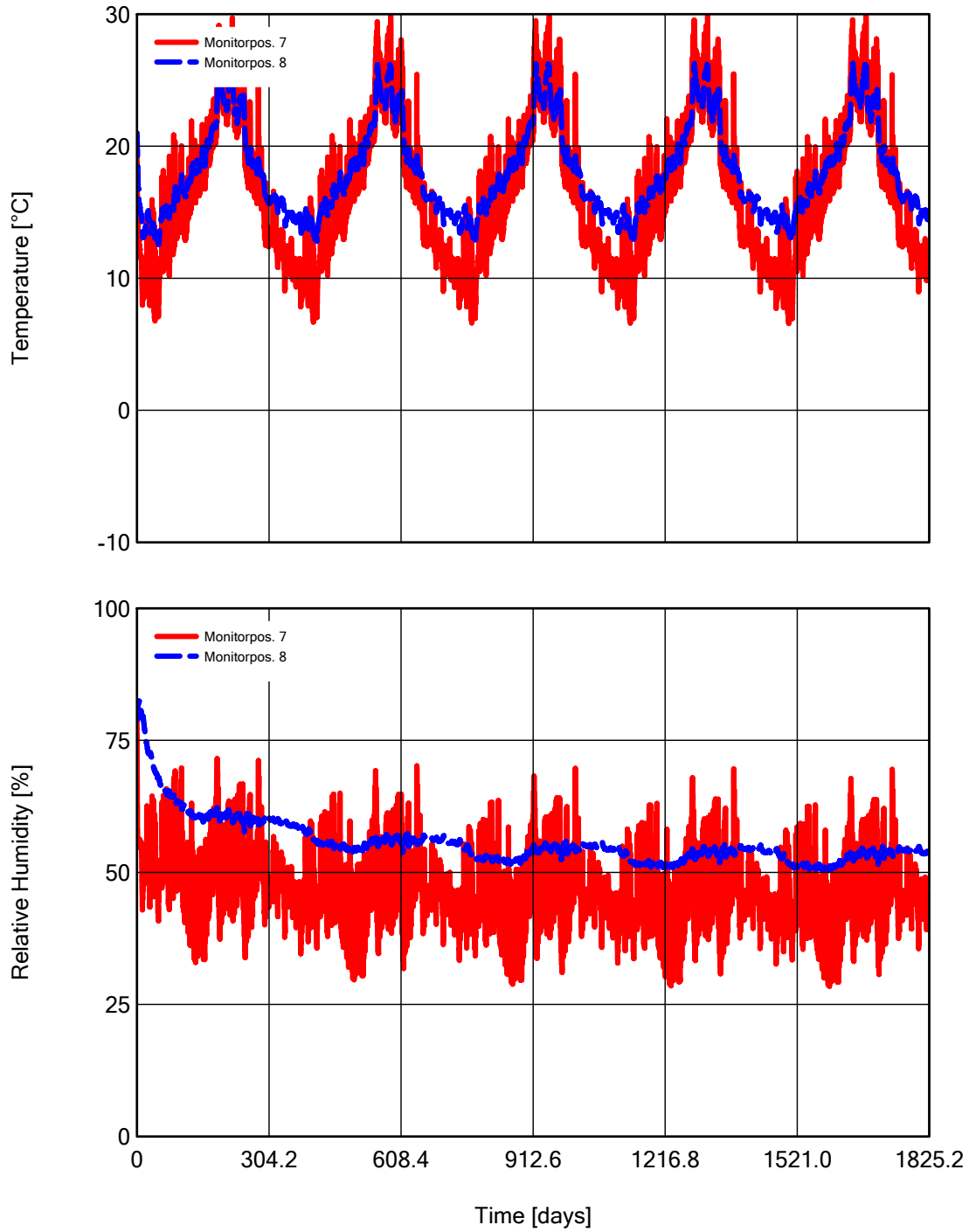
Temperature, RH (Monitor Position3, 4)



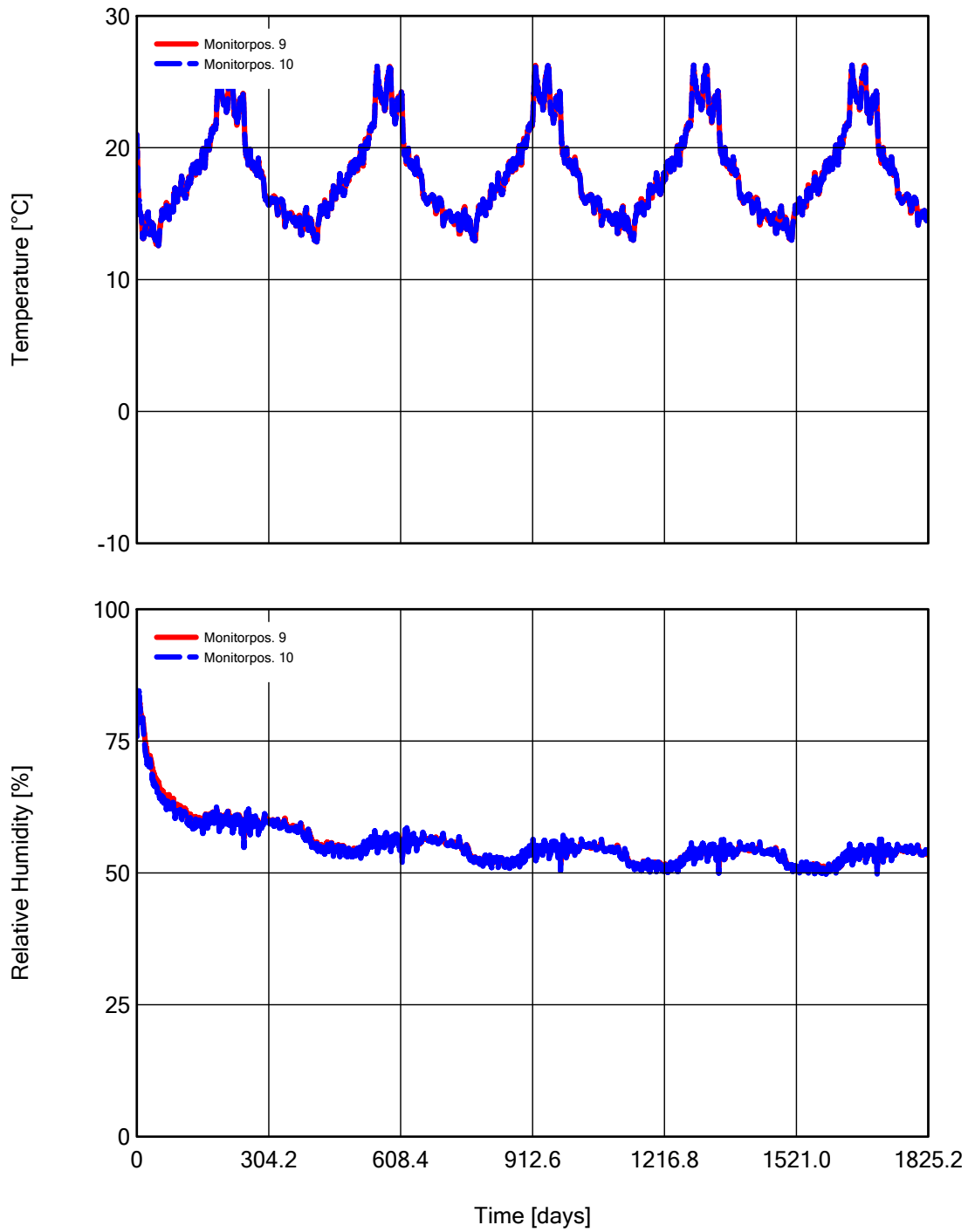
Temperature, RH (Monitor Position5, 6)



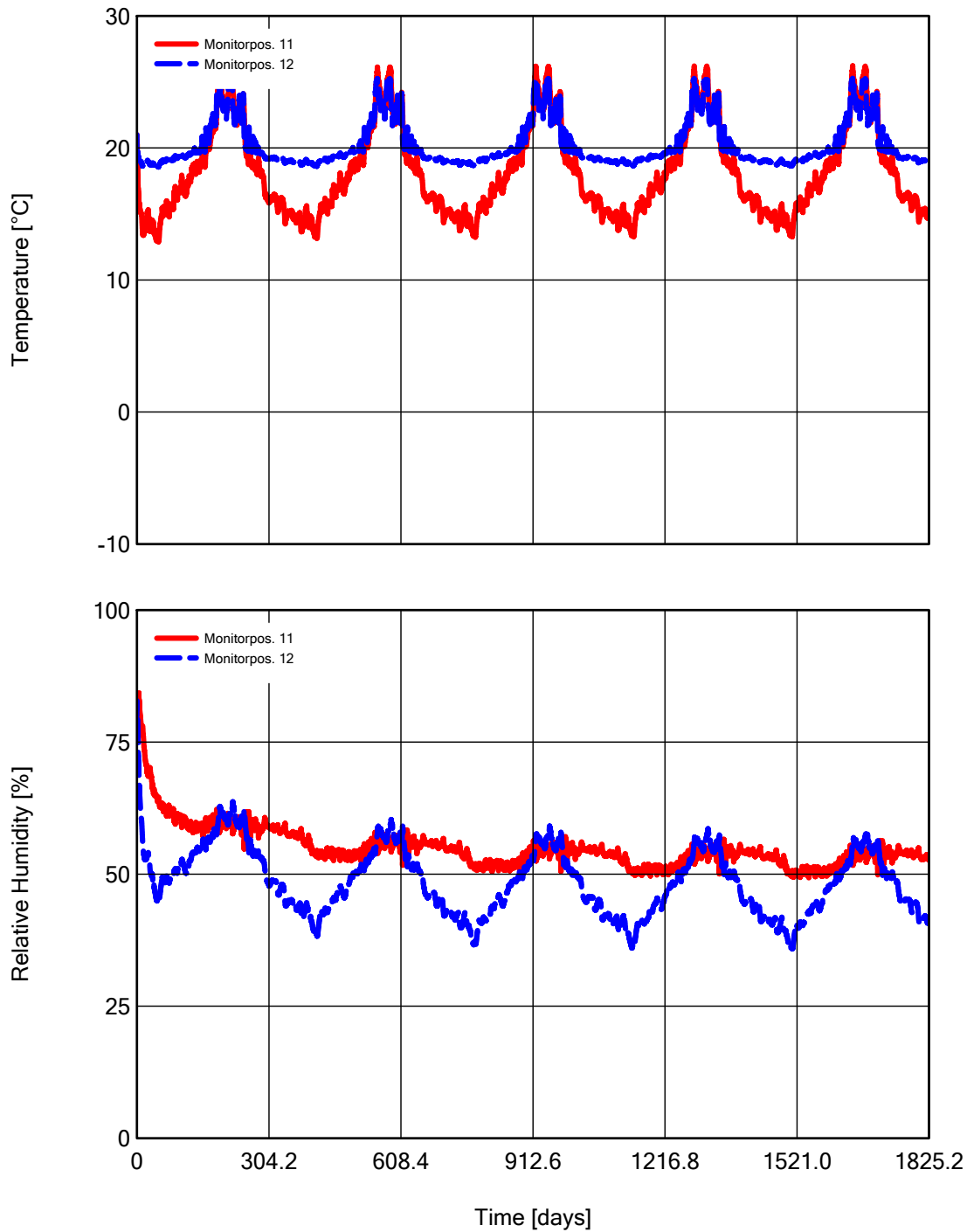
Temperature, RH (Monitor Position 7, 8)



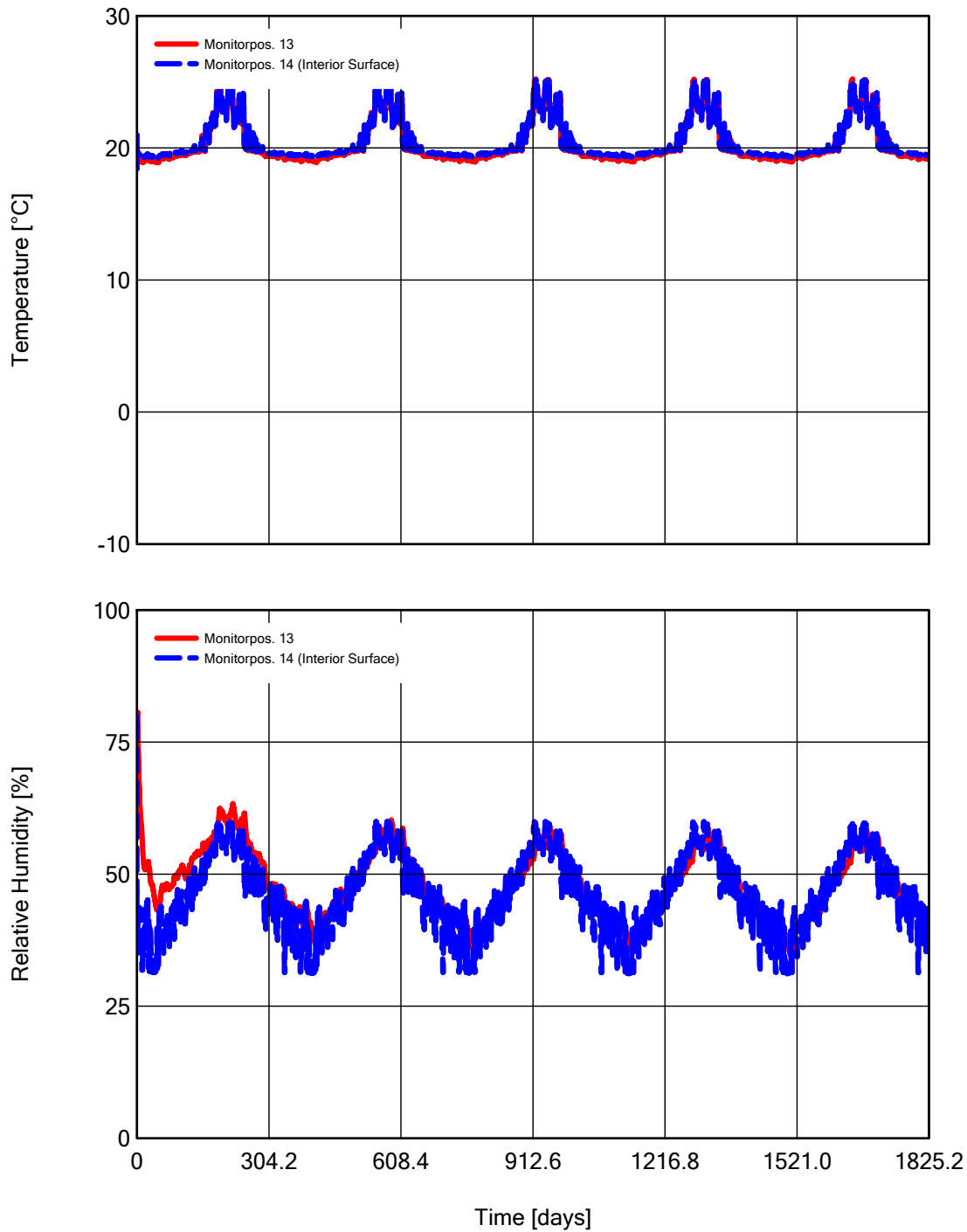
Temperature, RH (Monitor Position9, 10)



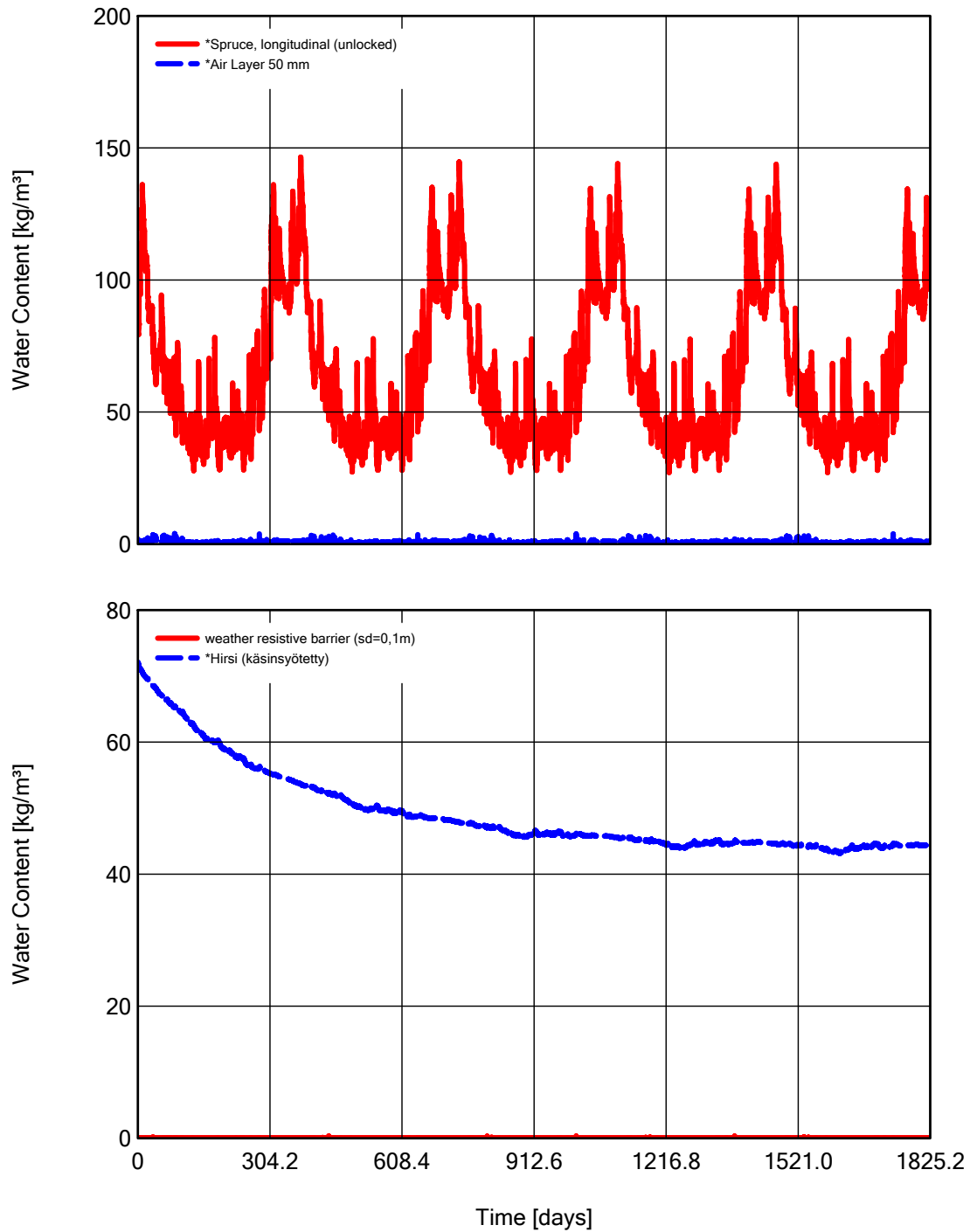
Temperature, RH (Monitor Position 11, 12)



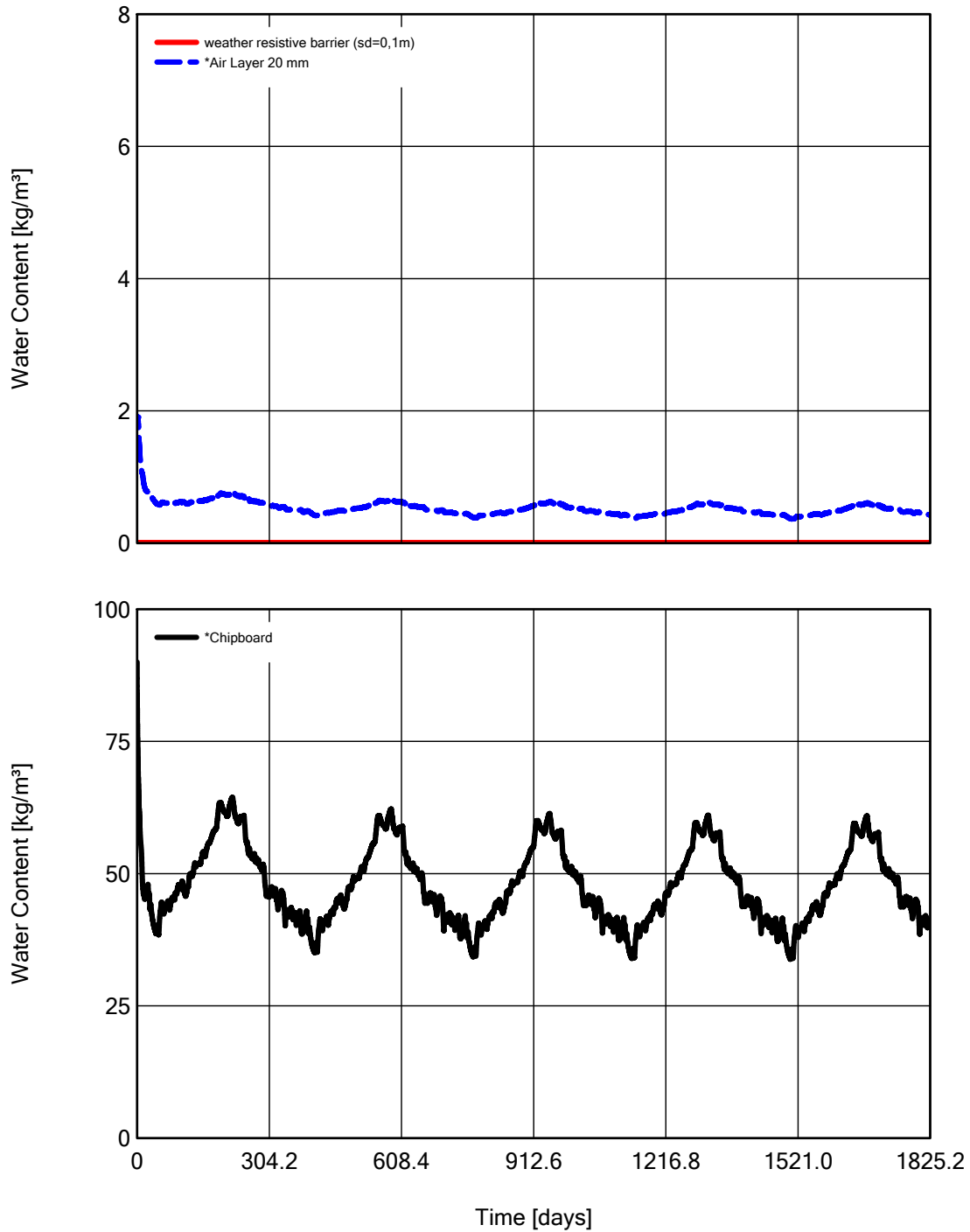
Temperature, RH (Monitor Position 13, 14)



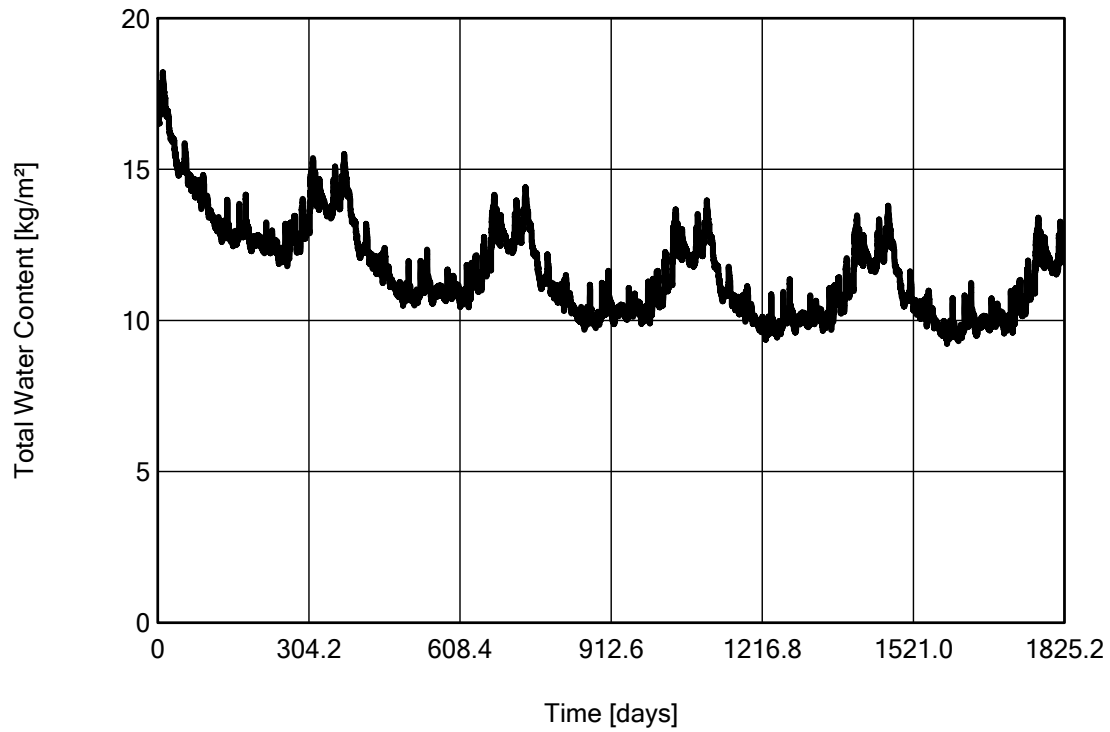
Water Content of Individual Materials



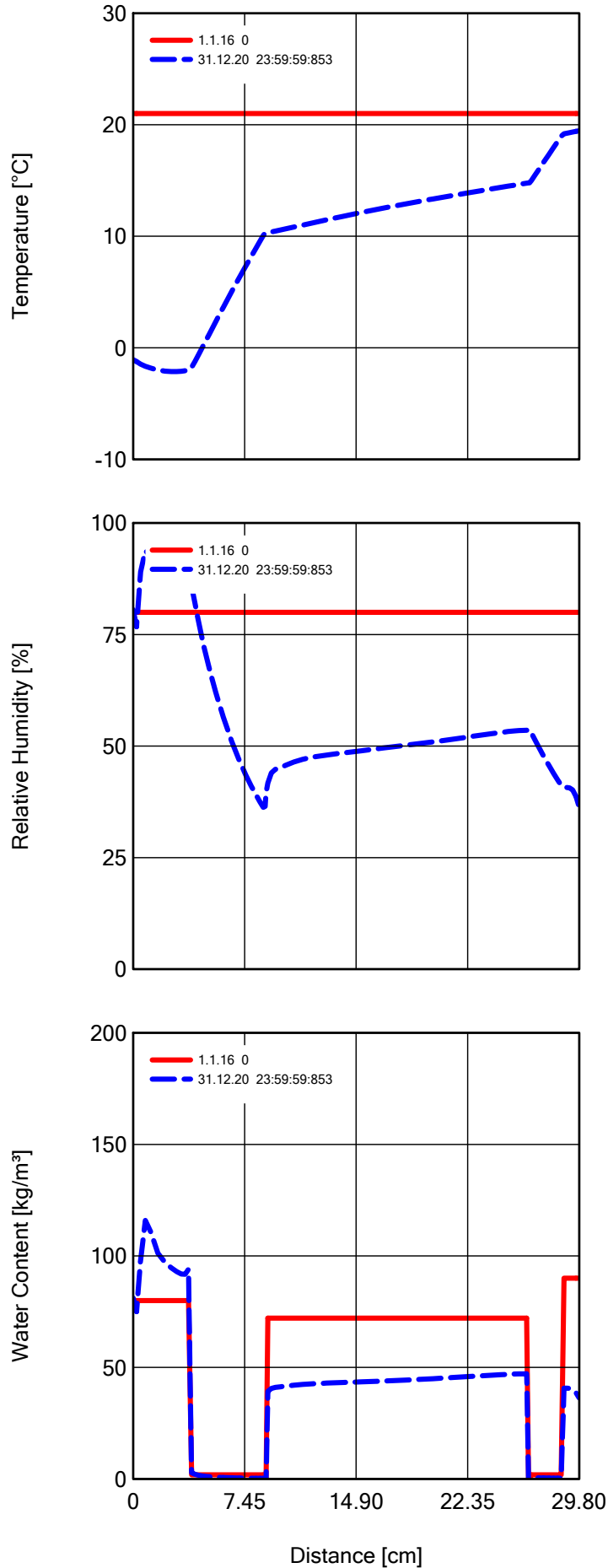
Water Content of Individual Materials



Total Water Content in Construction

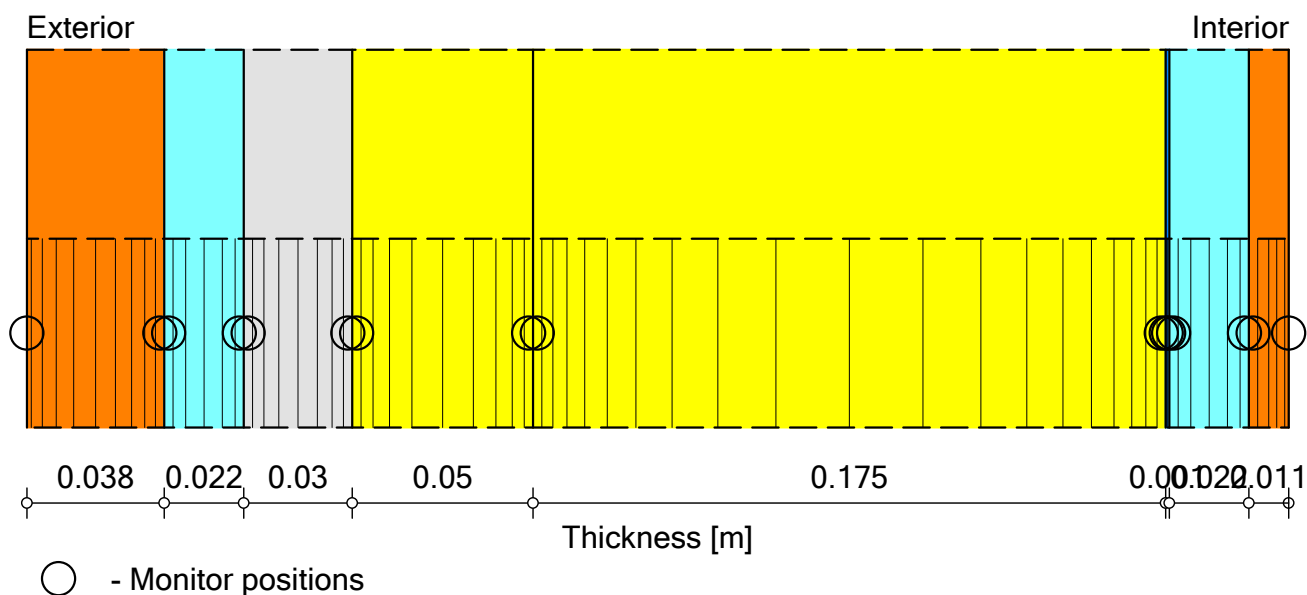


Profiles









Component Assembly

Case: Korjausvaihtoehto 2



Materials:

	- *Spruce, longitudinal (unlocked)	0.038 m
	- *Air Layer 20 mm (unlocked)	0.022 m
	- *Mineral Insulation Board	0.03 m
	- *Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	0.05 m
	- *Hirsi (käsinsyötetty)	0.175 m
	- *weather resistive barrier (sd=0,1m) (unlocked)	0.001 m
	- *Air Layer 20 mm	0.022 m
	- *Chipboard	0.011 m

Total Thickness: 0.35 m

R-Value: 5.85 m²K/WU-Value: 0.166 W/m²K

Results from Last Calculation

Status of Calculation

Calculation: Time and Date	3/31/2016 2:36:47 PM
Computing Time	1 min, 19 sec.
Begin / End of calculation	1/1/2016 / 1/1/2021
No. of Convergence Failures	12

Check for numerical quality

Integral of fluxes, left side (kl,dl)	[kg/m ²]	54.52 -57.55
Integral of fluxes, right side (kr,dr)	[kg/m ²]	0.0 2.05
Balance 1	[kg/m ²]	-4.95
Balance 2	[kg/m ²]	-5.08

Water Content [kg/m²]

	Start	End	Min.	Max.
Total Water Content	16.95	11.95	9.09	18.43

Water Content [kg/m³]

Layer/Material	Start	End	Min.	Max.
*Spruce, longitudinal (unlocked)	80.00	99.88	27.20	150.15
*Air Layer 20 mm (unlocked)	1.88	1.62	0.17	3.52
*Mineral Insulation Board	4.50	2.93	1.14	5.00
*Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	1.79	0.42	0.19	1.79
*Hirsi (käsinsyötetty)	72.09	43.21	42.20	72.09
*weather resistive barrier (sd=0,1m) (	0.00	0.00	0.00	0.00
*Air Layer 20 mm	1.88	0.42	0.35	1.88
*Chipboard	90.00	39.85	33.89	90.00

Time Integral of fluxes

Heat Flux, left side	[MJ/m ²]	-250.66
Heat Flux, right side	[MJ/m ²]	-259.8
Moisture Fluxes, left side	[kg/m ²]	-3.04
Moisture Fluxes, right side	[kg/m ²]	2.11

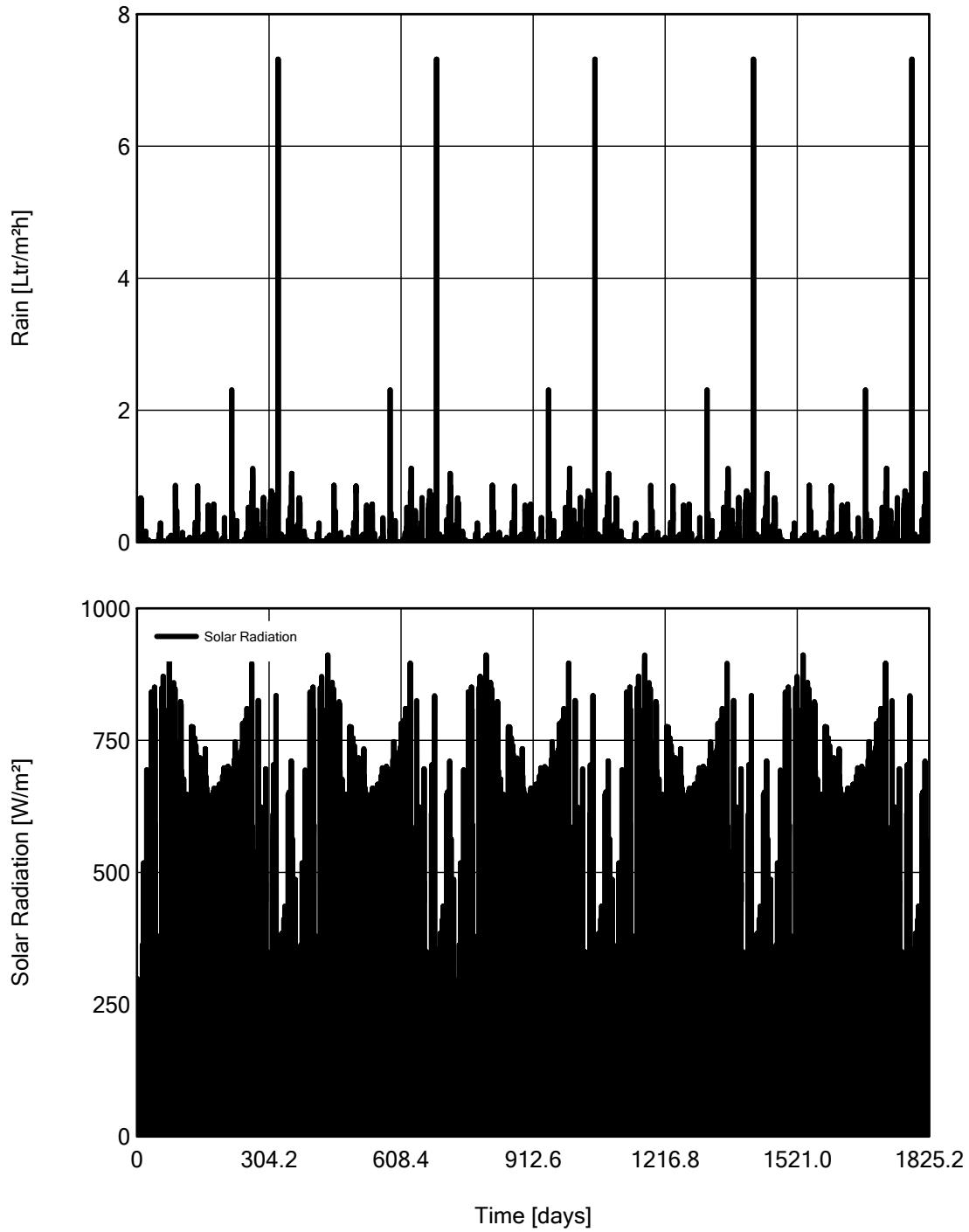
Hygrothermal Sources

Heat Sources	[MJ/m ²]	0.0
Moisture Sources	[kg/m ²]	0.0

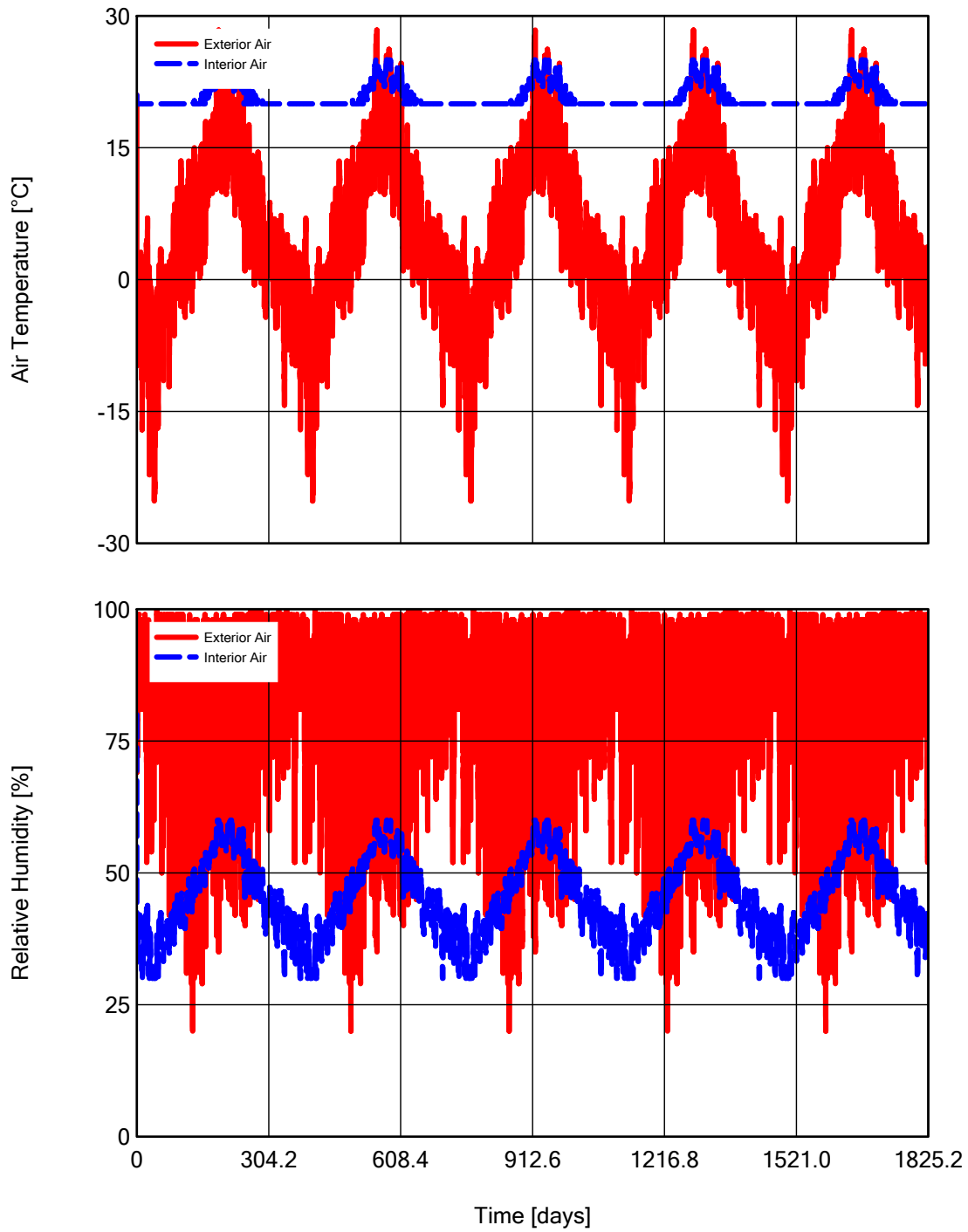
Hygrothermal Sources (Continue)

Unreleased Moisture Sources (due to cut-off)	[kg/m ²]	0.0
--	----------------------	-----

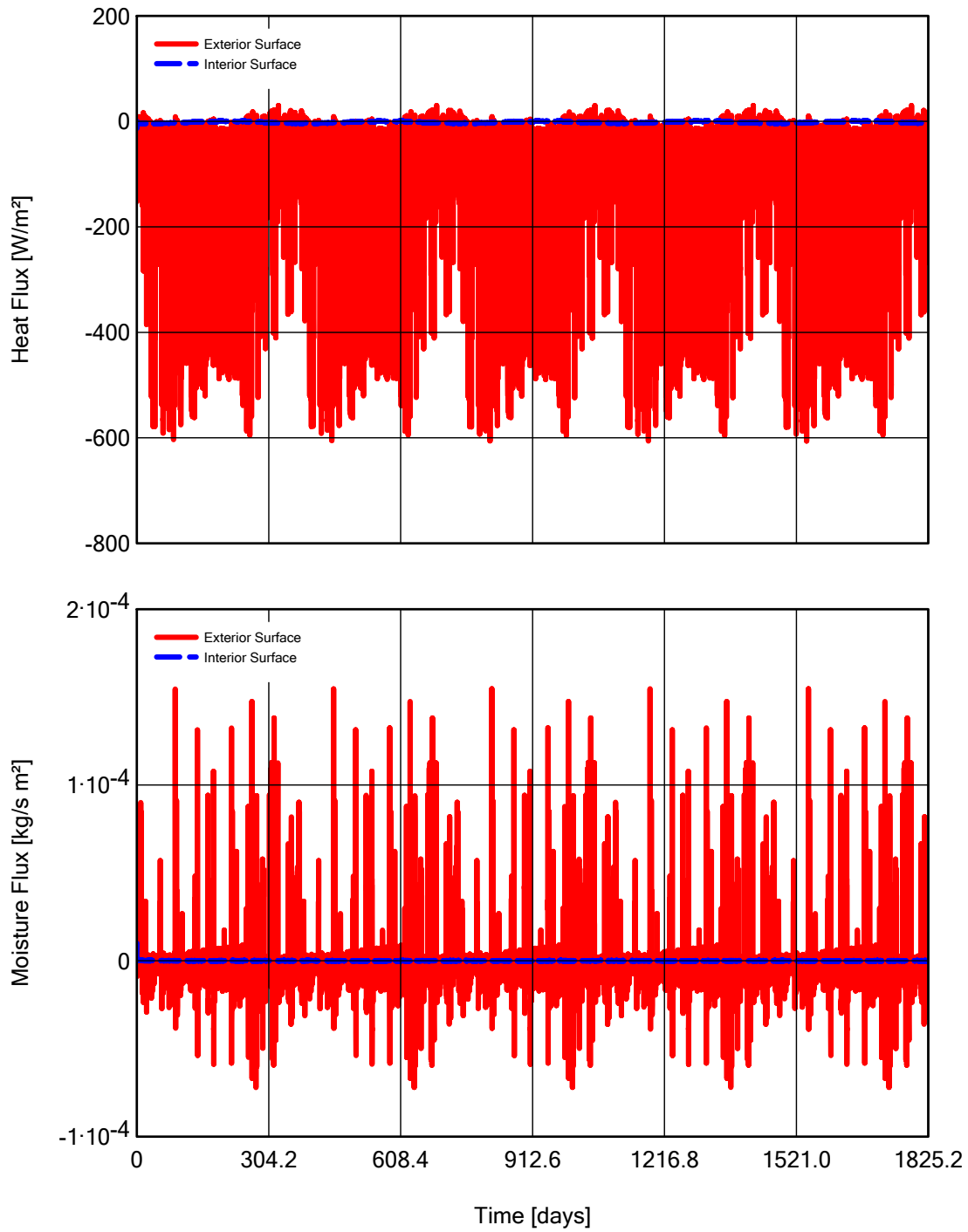
Rain, Radiation (Exterior Climate)



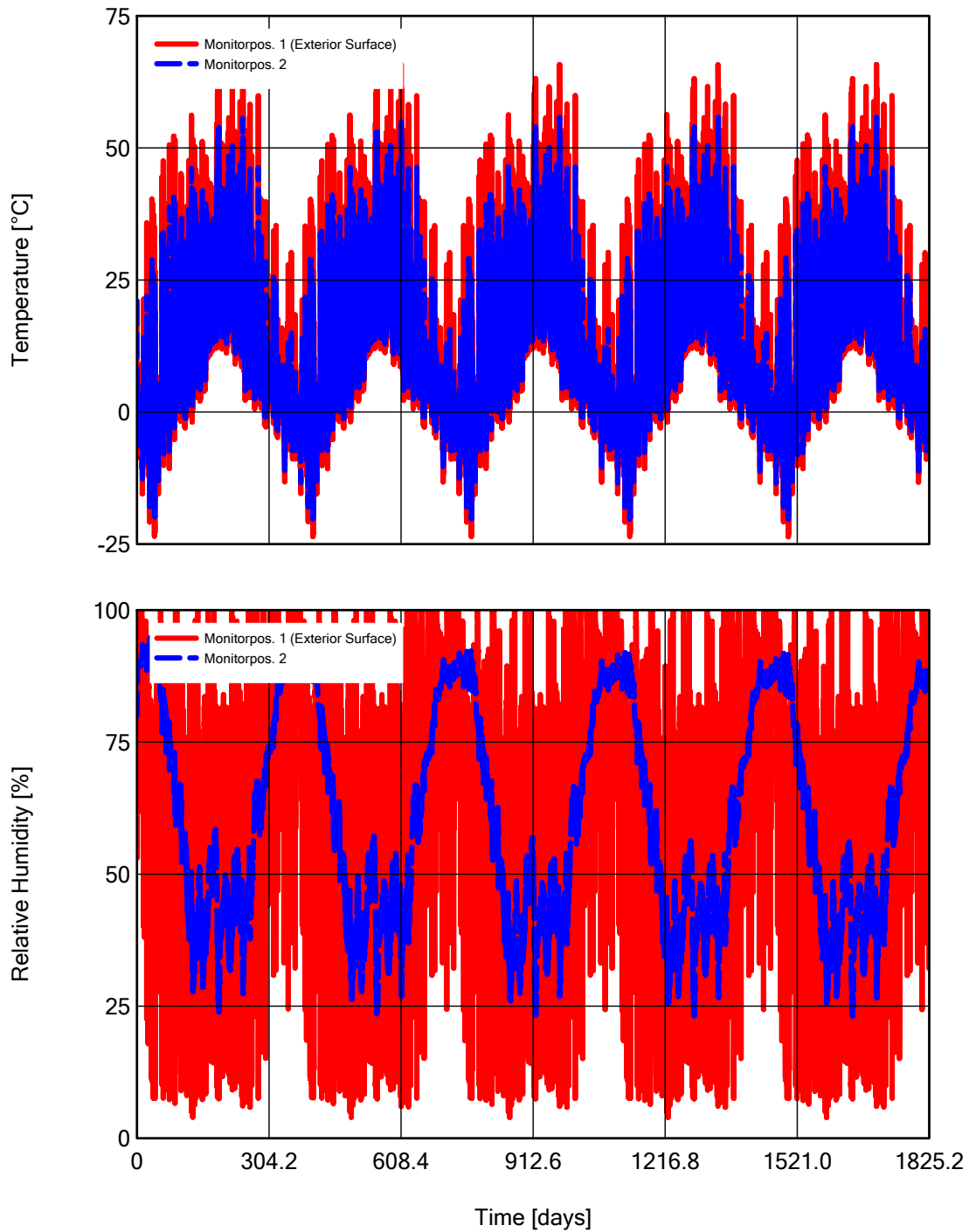
Air Temperature, RH (Exterior, Interior)



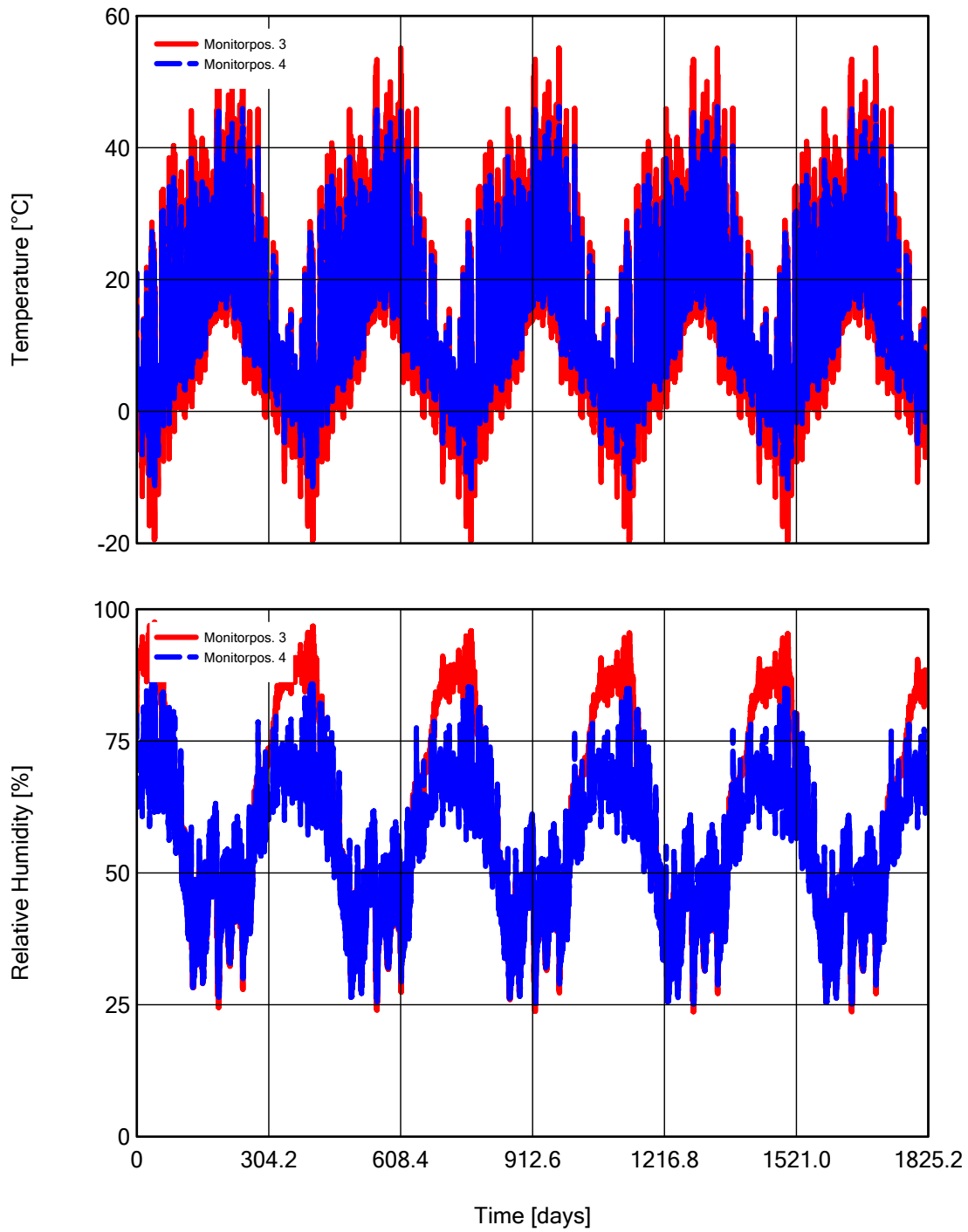
Heat, Moisture Fluxes



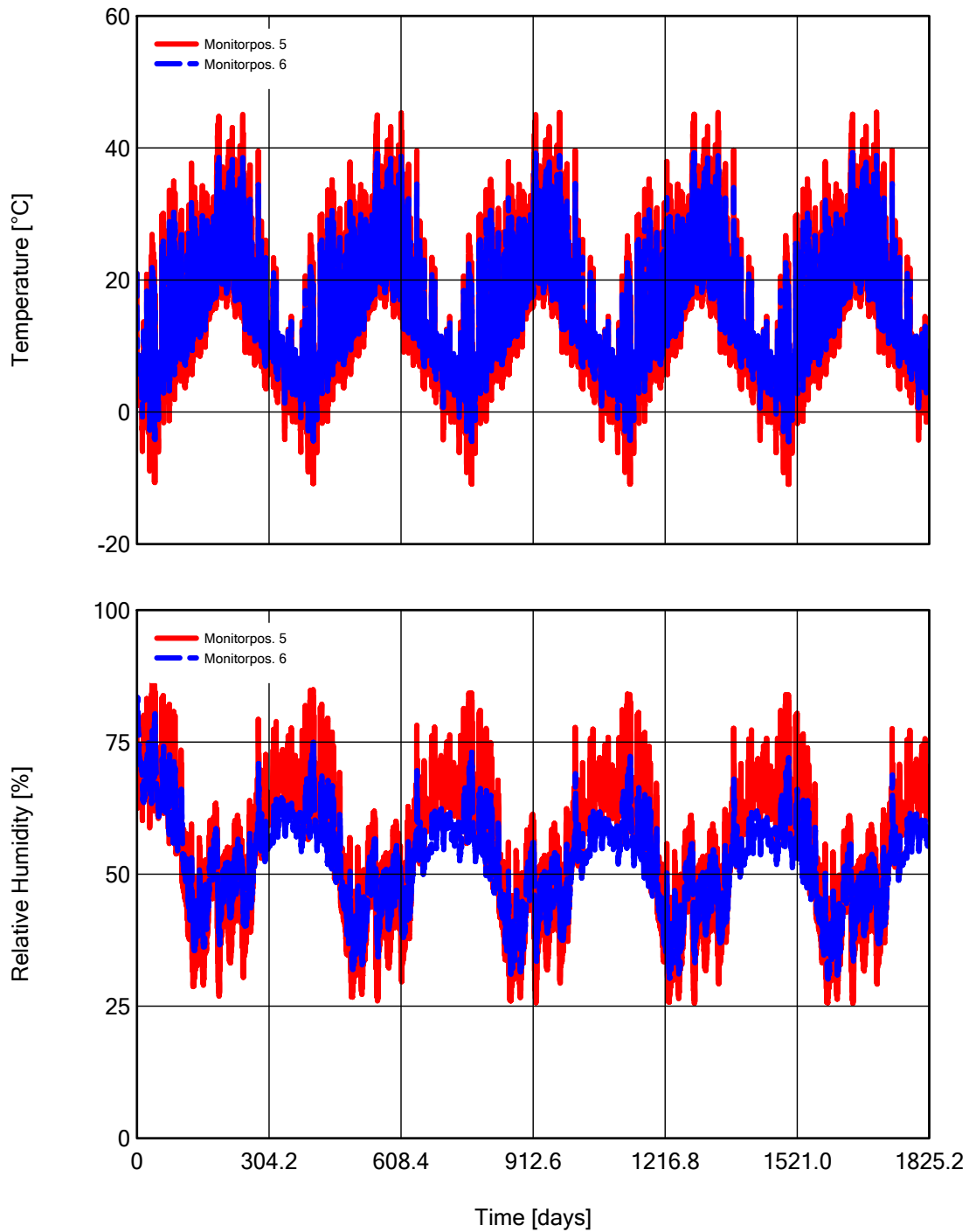
Temperature, RH (Monitor Position1, 2)



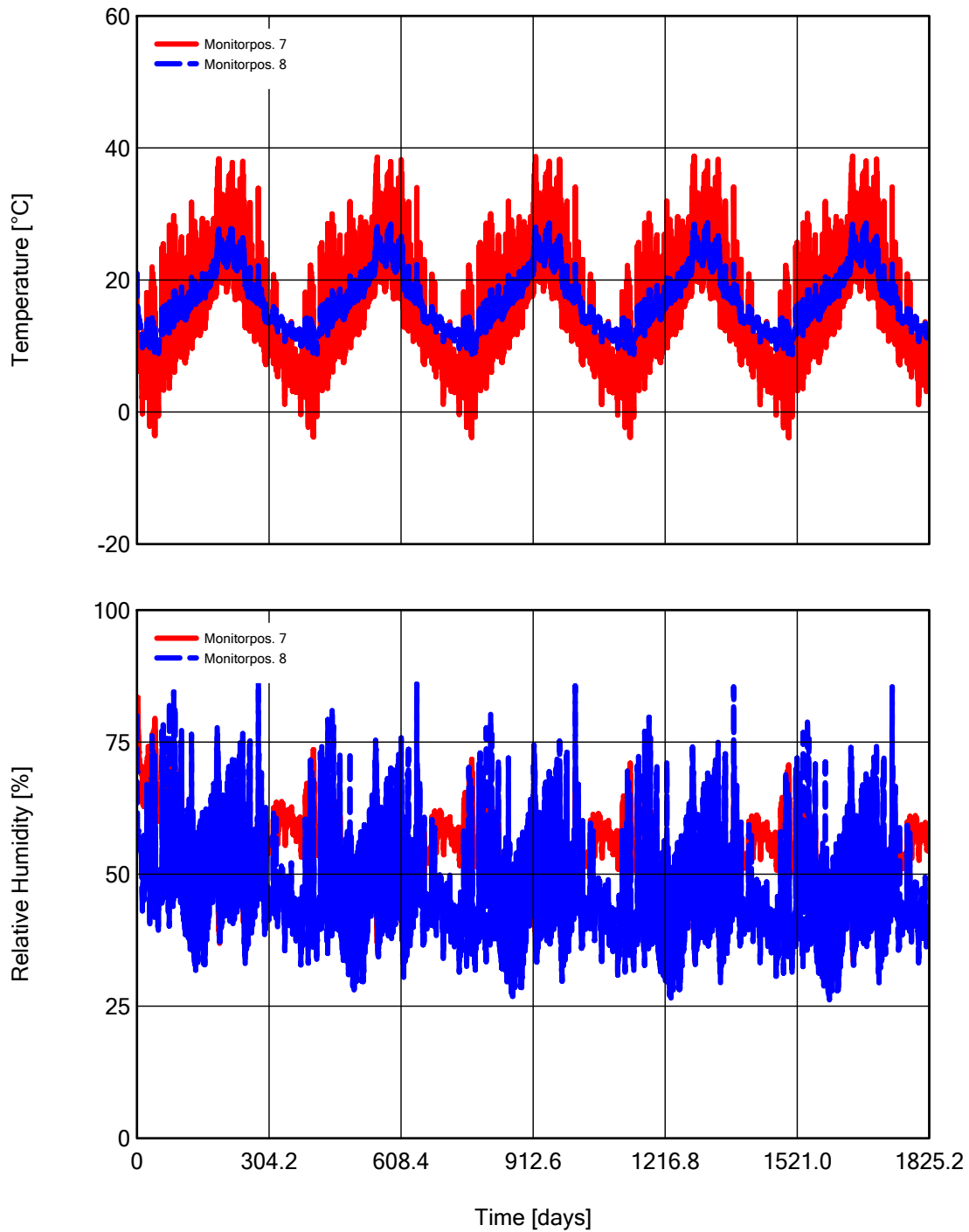
Temperature, RH (Monitor Position3, 4)



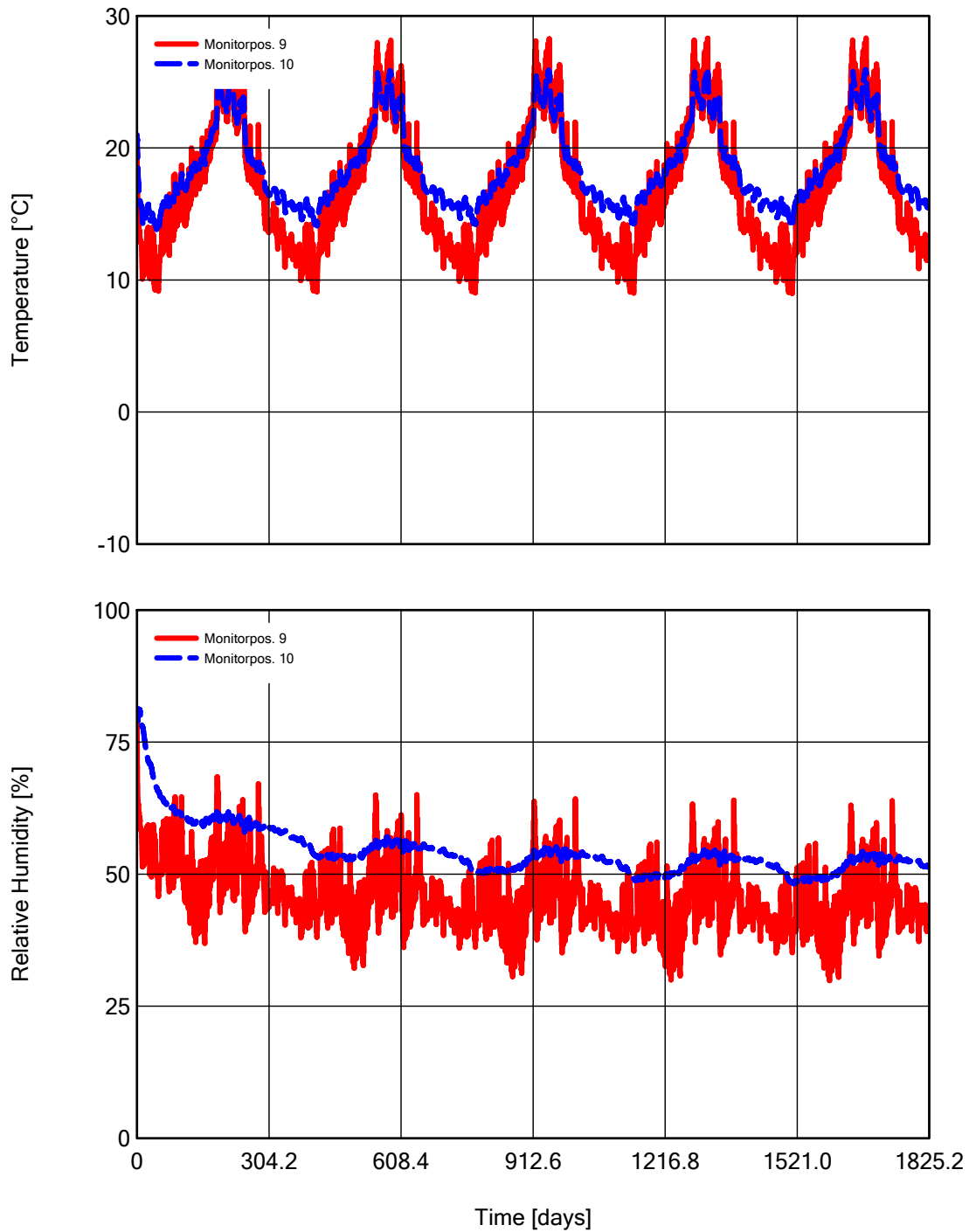
Temperature, RH (Monitor Position 5, 6)



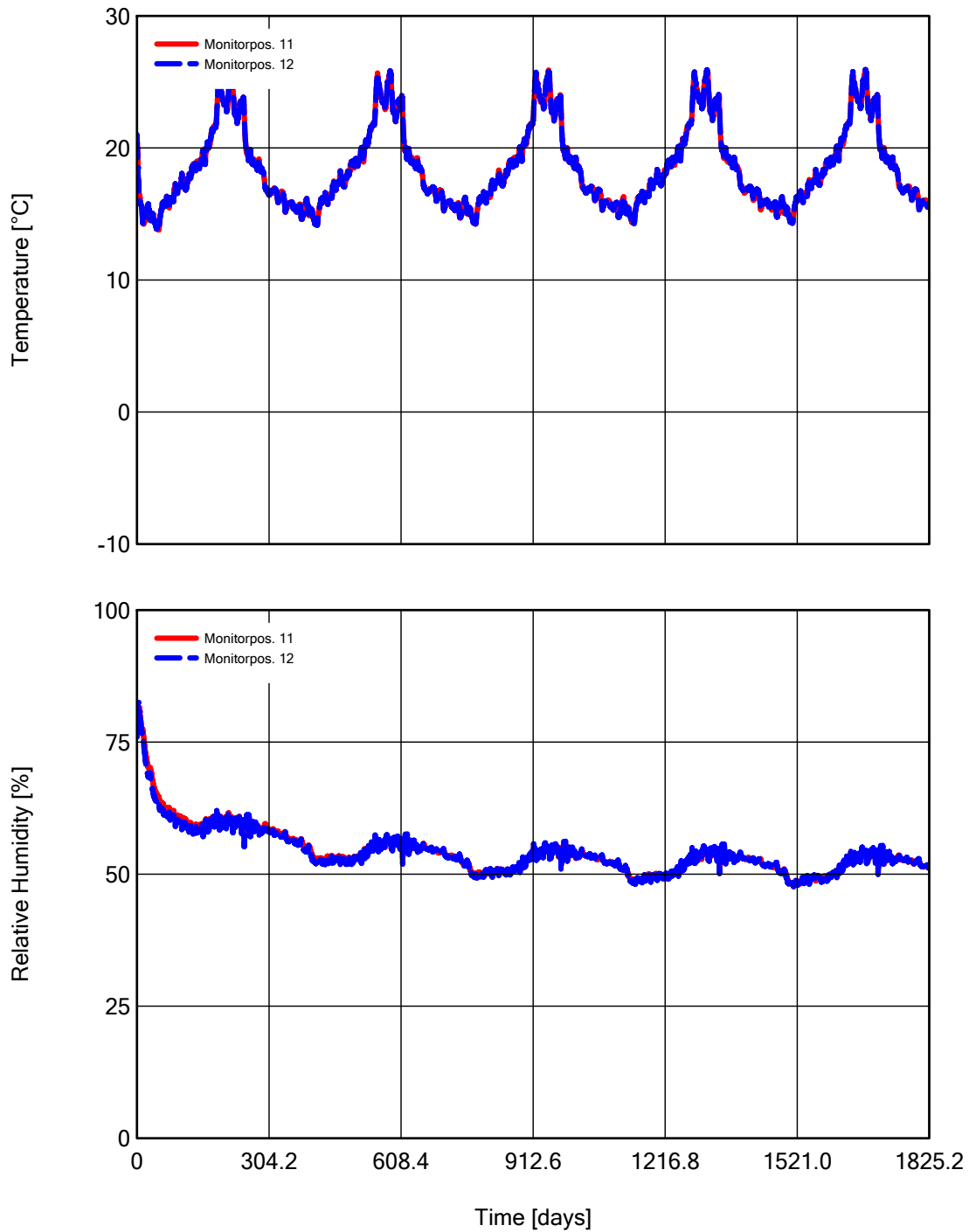
Temperature, RH (Monitor Position 7, 8)



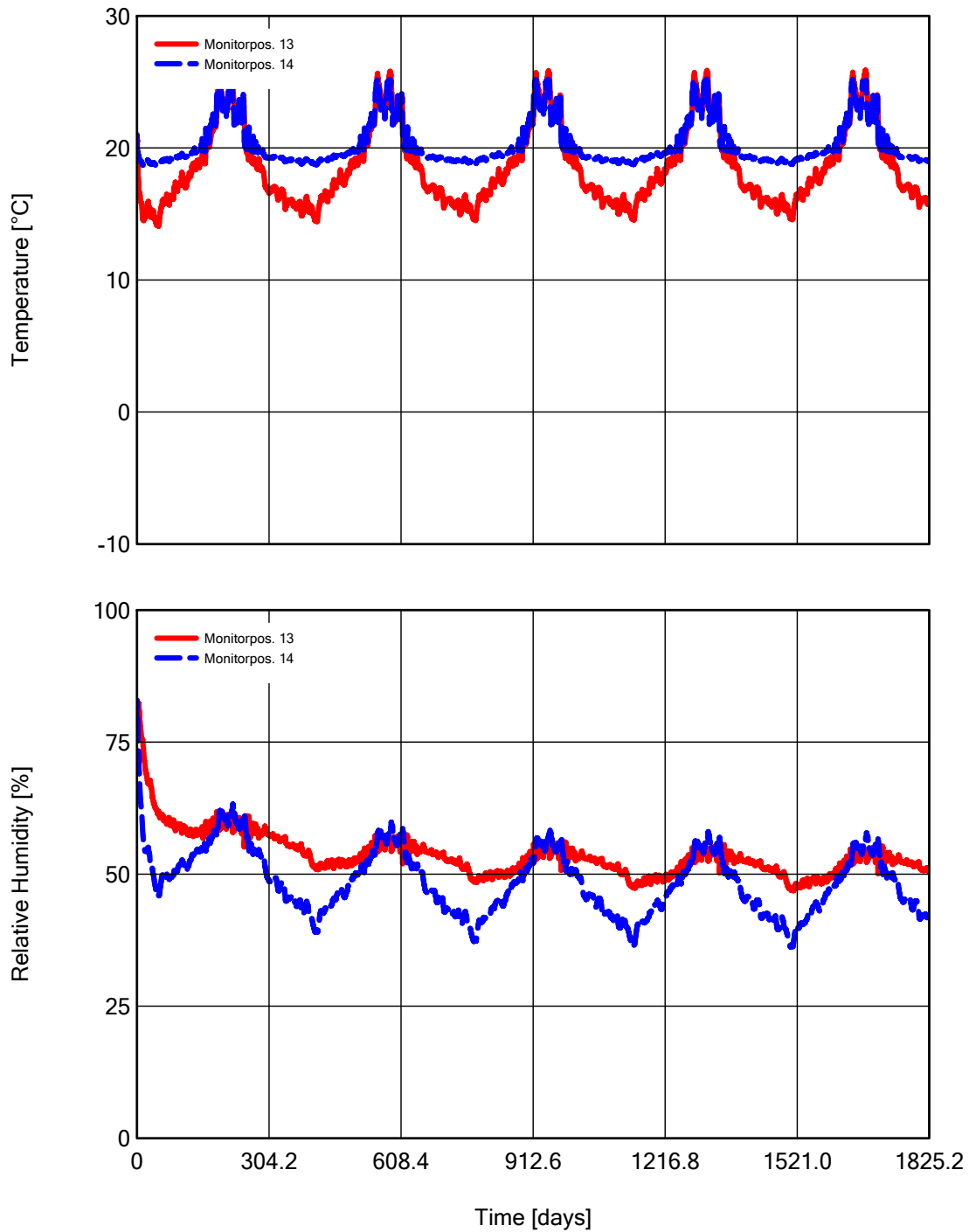
Temperature, RH (Monitor Position9, 10)



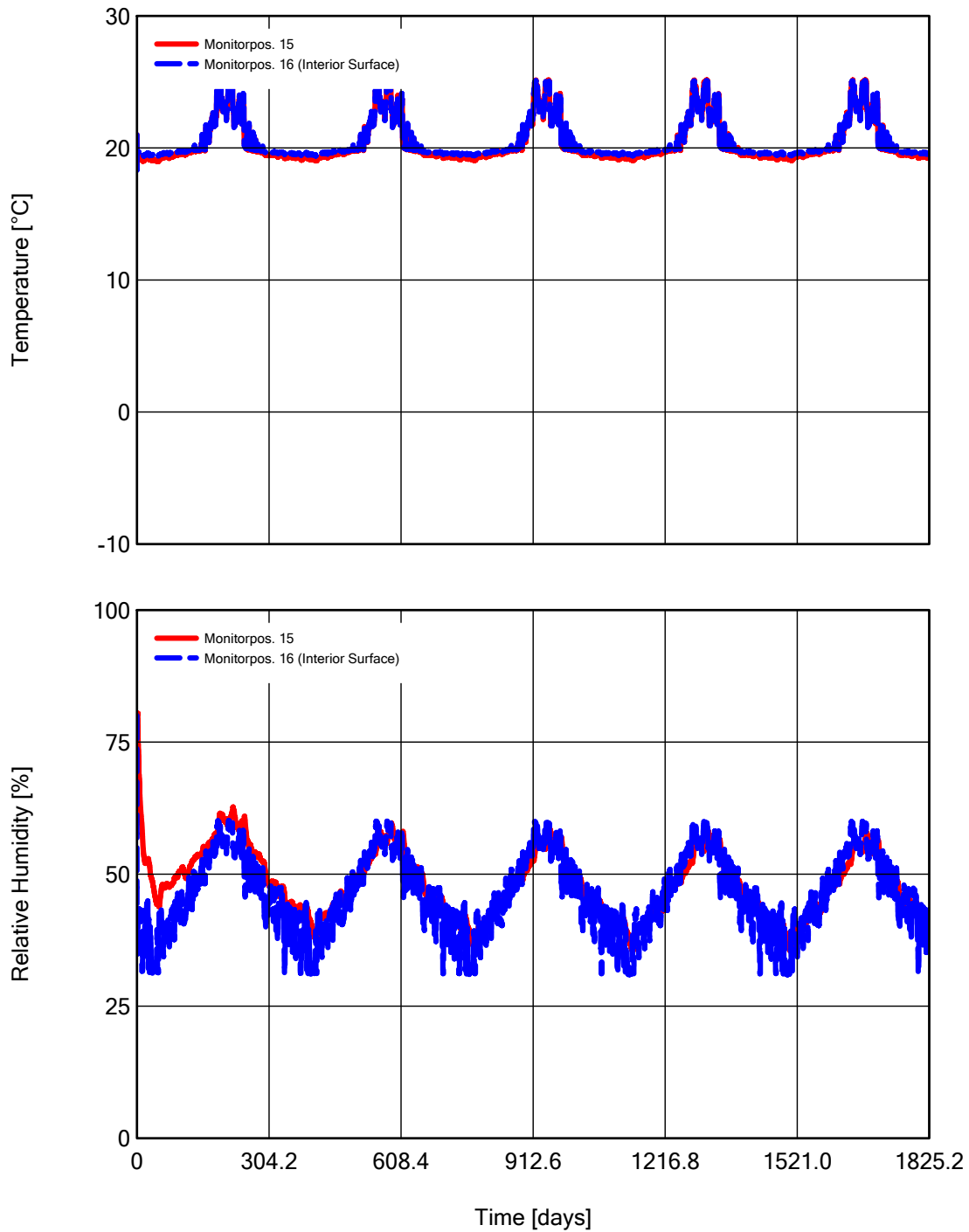
Temperature, RH (Monitor Position 11, 12)



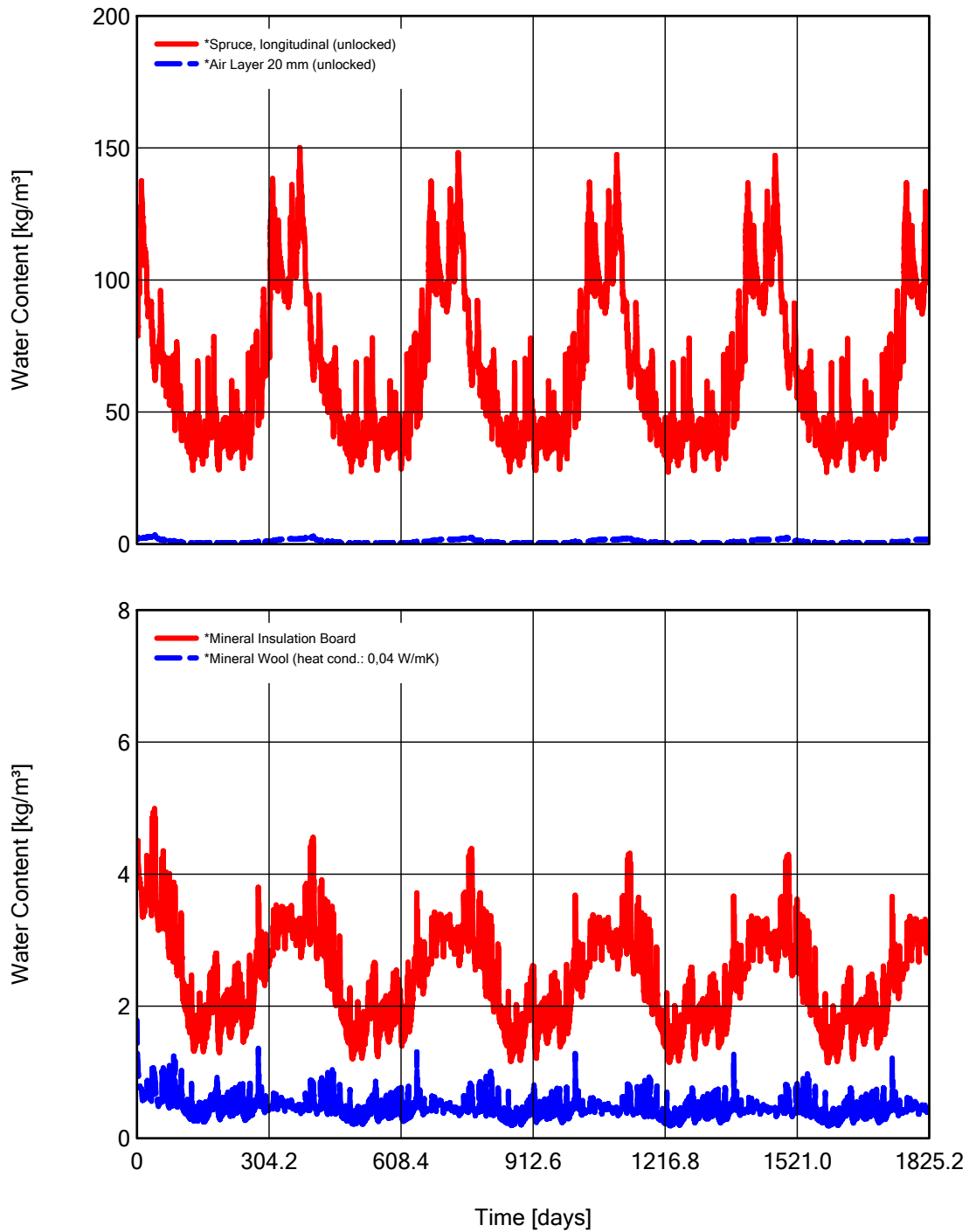
Temperature, RH (Monitor Position 13, 14)



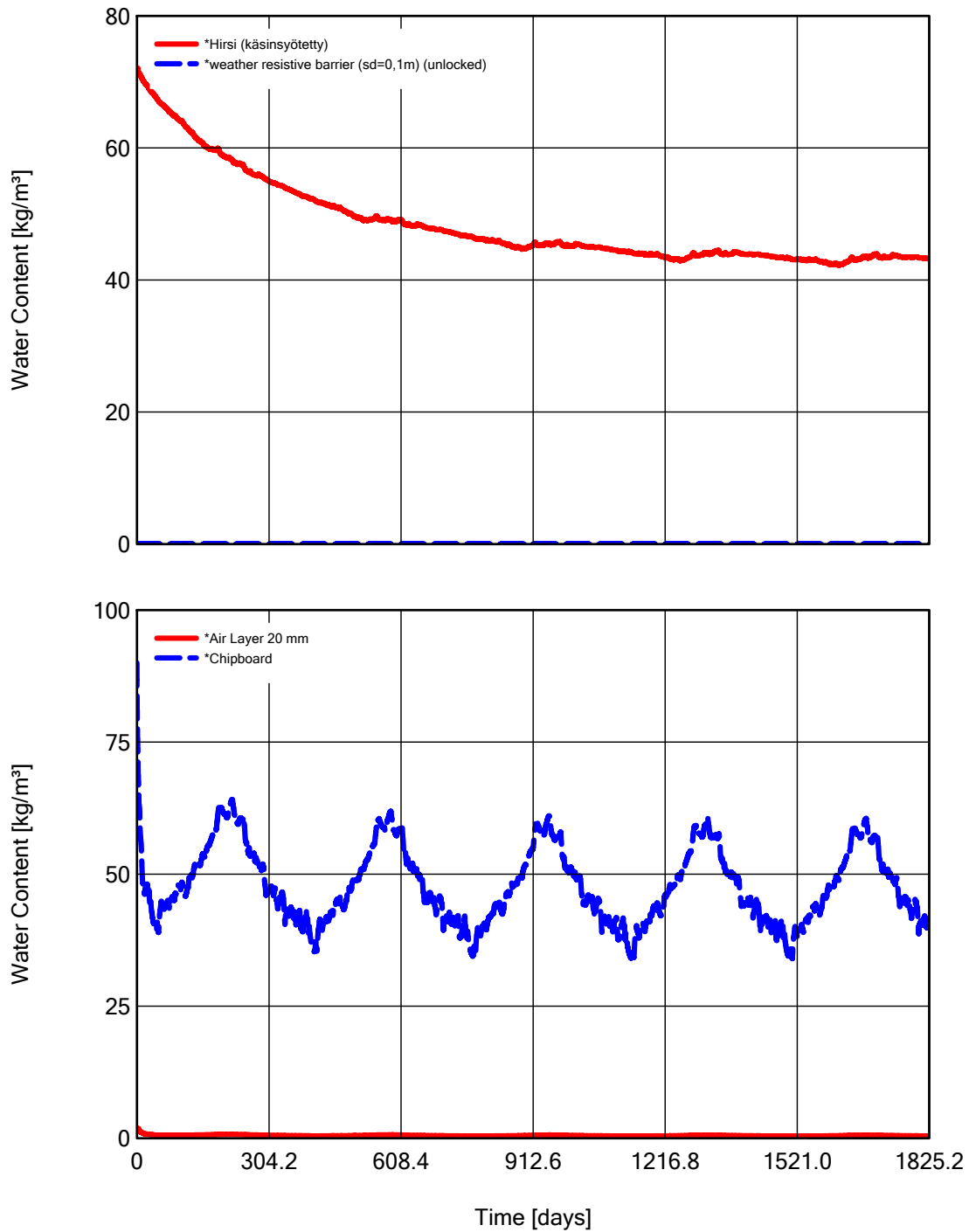
Temperature, RH (Monitor Position 15, 16)



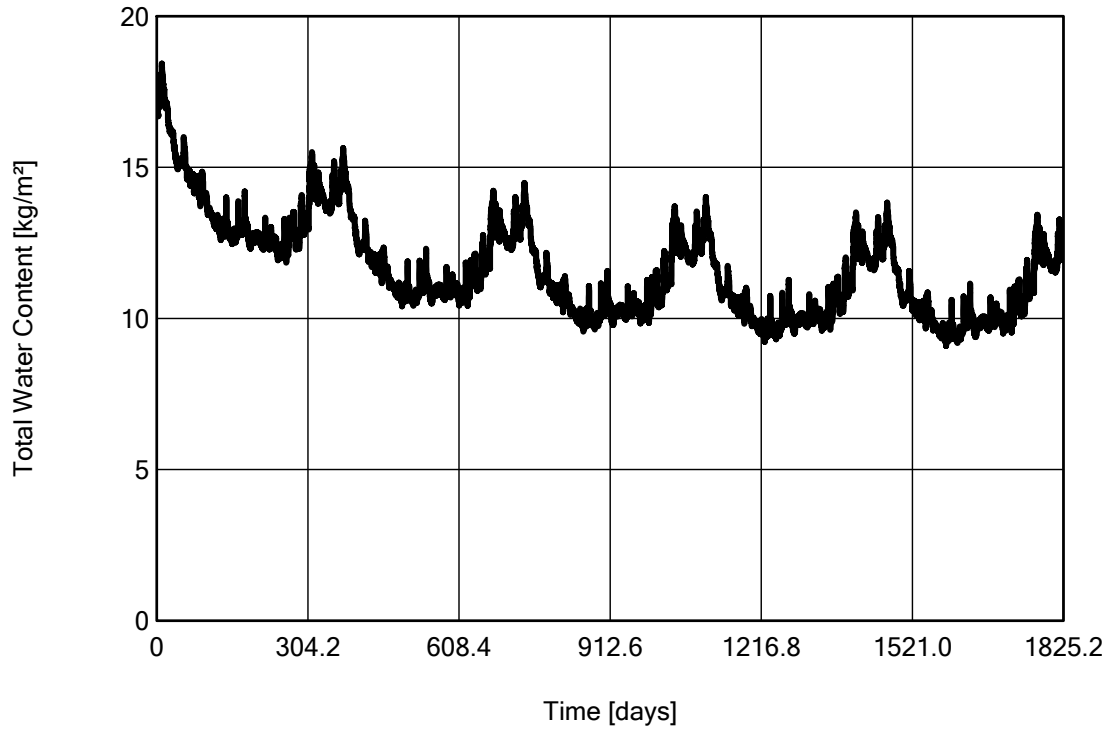
Water Content of Individual Materials



Water Content of Individual Materials



Total Water Content in Construction



Profiles

