

Matti Reijonen

# Väli- ja alapohjarakenteen valetun pintalaatan ja eristeen kosteuskäyttäytyminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikantutkinto-ohjelma

Insinöörityö

18.11.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Matti Reijonen Väli- ja alapohjarakenteen valetun pintalaatan ja eristeen kosteuskäyttäytyminen 51 sivua + 19 liitettä 18.11.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikantutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Rakennetekniikka
Ohjaajat	Osastopäällikkö Ville Hakala Yliopettaja Hannu Hakkarainen
<p>Opinnäytetyössä tutkittiin kahdessa työmaakohteessa pintalaatan valun aiheuttamaa kosteusrasitusta väli- ja alapohjarakenteelle. Tutkimuksiin kuului rakenteiden kosteuskäyttäytymisen seuranta pintamittaus-, näytepala-, porareikä- ja rakenteen hetkellinen mittausmenetelmä ja tilojen olosuhteiden seuranta. Toisessa kohteessa tutkimuksiin sisältyi rakenteessa mahdollisen mikrobikasvuston ja ammoniakkin kehittymisen seuranta materiaalinäytteillä.</p> <p>Rakenteille suoritettiin myös laskennallinen tarkastelu, johon kuului WUFI PRO 6.3 -ohjelmalla tehty kosteuskäyttäytymisen simulointi ja mikrobikasvuston kehittyminen Suomalaisen homemallin mukaan. Tarkastelun ja työmaaseurannan tuloksien vertailun pohjalta arvioitiin kosteuden myöhempää kehittymistä.</p> <p>Kohde 1 on 1940-luvun kerrostalo muutosrakennuskohde, jossa tutkittiin välipohjarakennetta. Rakenteen epäpuhtauksia kehittymistä ja kosteuskäyttäytymistä seurattiin ennen pintalaatan valua ja jälkeen noin 100 päivän ajalta.</p> <p>Kohde 2 on uudisrakennuskohde, jossa tutkittiin ryömintätilallisen alapohjan kosteuskäyttäytymistä. Rakenteen kosteuskäyttäytymistä seurattiin ennen pintalaatan valua ja jälkeen noin 47 päivän ajalta.</p> <p>Pintavalu aiheutti molemmissa kohteissa riittävän kosteusrasituksen aiheuttaakseen haitallisten epäpuhtauksien kehittymiselle rakenteissa. Kohde 1:ssä rakenne oli luokiteltavissa mikrobivaurioituneeksi ja ammoniakkipitoisuudet kaksin- ja nelinkertaistuivat. Kohde 2:n rakenteeseen laskennallisessa tarkastelussa kehittyi mikrobivaurio. Rakenteiden epäpuhtaudet voivat aiheuttaa terveyshaittaa, jos rakenteesta on ilmayhteys huonetilaan.</p> <p>Epäpuhtauksien syntyyn voidaan vaikuttaa työmaan kosteuden hallinnalla ja huomioimalla puhtausolosuhteet, ettei herkästi mikrobikasvuston käynnistävä materiaali altistu pintalaatan valun yhteydessä kosteudelle. Epäpuhtauksien leviämiseen rakenteesta voidaan vaikuttaa rakenteen tiiviydellä.</p>	
Avainsanat	kosteus, kosteudenmittaus, mikrobivaurio, simulointi

Author Title Number of Pages Date	Matti Reijonen Moisture Behaviour of the cast Surface Slab and Insulation of the Intermediate and Lower Base Structure 51 pages + 19 appendices 18 October 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Degree Programme of Civil Engineering
Professional Major	Structural Engineering
Instructors	Ville Hakala Department Manager Hannu Hakkarainen Principal Lecturer
<p>In the thesis moisture stress inflicted on the intermediate and base floor structure by the surface slab cast was examined at two construction sites. The methods included the monitoring of the moisture behavior of the structures by methods of surface measurement, sample piece measurement, borehole measurement and instantaneous measurement of the structure and the monitoring of the conditions of the surrounding. At another construction site, the examination included monitoring the development of potential microbial growth and ammonia in the structure with material samples.</p> <p>The structures were subjected to computational analysis, which included a simulation of moisture behavior with WUFI PRO 6.3 and the development of microbial growth according to the Finnish mold model. The subsequent development of moisture was assessed by comparing the results of the computational analysis to those of construction site monitoring,</p> <p>Site 1 is a 1940s high-rise building renovation project where the intermediate floor structure was examined. Development of the impurity and moisture behavior of the structure were monitored before and after the surface slab casting for about 100 days.</p> <p>Site 2 is a new building site project where the crawl space base floor was examined. The moisture behavior of the structure was monitored before and after the surface slab casting for about 47 days.</p> <p>Surface casting caused sufficient moisture stress in both sites to cause the development of harmful contaminants in the structures. In Site 1, the structure was classifiable as microbially damaged and concentrations of ammonia doubled and quadrupled. In computational analysis of the Site 2 structure, microbial damage develops in time. Impurities in structures can be harmful to health if there is an air connection from the structure to the room space.</p> <p>The development of impurities can be influenced by controlling the moisture on the construction site and taking into account the cleanliness conditions so that the material that easily initiates microbial growth is not exposed to moisture during the casting. The spread of impurities from the structure can be influenced by the tightness of the structure.</p>	
Keywords	moisture, hygrometry, microbial damage, simulation

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kerroksellinen rakenne	2
3	Asetuksia ja määräyksiä	3
3.1	Asumisterveys	3
3.2	Kosteustekninen asetus, 782/2017	3
4	Kosteus	4
4.1	Suhteellinen kosteus	4
4.2	Kosteuden siirtymiset	4
4.2.1	Painovoima	4
4.2.2	Kapillaarisuus	4
4.2.3	Diffuusio	5
4.2.4	Konvektio	5
5	Sisäilma	5
5.1	Kosteus sisäilmassa	6
6	Kosteus rakenteissa	7
6.1	Betoni rakenteen kuivuminen	7
6.1.1	Sitoutumiskuivuminen	7
6.1.2	Haihtumiskuivuminen	8
6.1.3	Betonin rakenteen vaikutus kuivumiseen	8
6.1.4	Kuivumissuunnat	9
6.1.5	Tilan olosuhteet	9
7	Rakenteen kosteuden mittaus	9
7.1	Pintamittaus	9
7.2	Näytepala	10
7.3	Porareikä	10
7.4	Rakenteen hetkellinen mittaus, HMP42-mittapää	11
7.5	Rakenteen sisäinen anturi	11
8	Tilan suhteellisen kosteuden ja lämpötilan seuranta	12

9	Kemialliset epäpuhtaudet	12
9.1	Ammoniakki	13
9.2	Kemiallisen yhdisteen materiaalimittaus	13
10	Mikrobit	14
10.1	Kasvuolosuhteet	14
10.2	Terveysvaikutuksia	15
10.3	Ryhmät & Lajeja	16
10.3.1	Penicellium	16
10.3.2	Aspergillus	17
10.3.3	Hiivasienet	17
10.3.4	Sädesienet(aktinobakteerit)	17
10.3.5	Puutavara mikrobisuvut	18
10.4	Mikrobinäyte	18
10.4.1	Materiaalinäyte	18
10.4.2	Laimennossarja-analysointi	19
10.4.3	Pesäkelaskenta	19
11	Laskennallinen tarkastelu	21
11.1	Wufi Pro 6.3	21
11.2	Suomalainen homemalli	21
12	Kohteet	22
12.1	Kohde 1	22
12.1.1	Lähtötilanne	23
12.1.2	Seuranta	27
12.1.3	Tulokset	31
12.2	Kohde 2	36
12.2.1	Lähtötilanne	37
12.2.2	Seuranta	39
12.2.3	Tulokset	40
13	Rakenteen laskennallinen tarkastelu	43
13.1	Kohde 1	43
13.2	Kohde 2	44
14	Tulokset	46
14.1	Kohde 1	46

14.2 Kohde 2	46
15 Johtopäätökset	47
15.1 Kohde 1	47
15.2 Kohde 2	48
15.3 Yleistä	49
Lähteet	51
Liitteet	
Liite 1. Kohde 1, näytepalamittaus sijainnit	
Liite 2. Kohde 1, näytepalamittauksien tulokset	
Liite 3. Kohde 1, HMP42-mittauksien sijainnit	
Liite 4. Kohde 1, porareikämittauksien sijainnit	
Liite 5. Kohde 1, HMP42- ja porareikämittauksien tulokset	
Liite 6. Kohde 1, materiaalinäytteiden sijainnit	
Liite 7. Kohde 1, materiaalinäytteiden ammoniakkitulokset	
Liite 8. Kohde 1, materiaalinäytteiden mikrobitulokset	
Liite 9. Kohde 1, loggerien sijainnit	
Liite 10. Kohde 1, rakenteen kosteuskäyttämisen simulointi	
Liite 11. Kohde 1, rakenteen homeindeksi	
Liite 12. Kohde 2, näytepalamittaus sijainnit	
Liite 13. Kohde 2, näytepalamittauksien tulokset	
Liite 14. Kohde 2, HMP42- ja porareikämittauksien sijainnit	
Liite 15. Kohde 2, HMP42- ja porareikämittauksien sijainnit	
Liite 16. Kohde 2, HMP42-mittauksien tulokset	
Liite 17. Kohde 2, loggerien sijainnit	
Liite 18. Kohde 1, rakenteen kosteuskäyttämisen simulointi	
Liite 19. Kohde 2, rakenteen homeindeksi	

## Lyhenteet ja selitteet

SFS-ISO	Kansainvälinen standardijärjestelmä.
PH-arvo	Happamuuden vahvuusluku.
RH %	Suhteellisen kosteuden prosenttimäärä.
Merkkiainekoe	Kaasulla ja analysaattorilla tehtävä rakenteen tiiveysmittaus.

## 1 Johdanto

Sisäilmaston laadunhallinta on esillä rakennusten asumis- ja käyttöterveyteen vaikuttavana tekijänä, joka pitää huomioida jo suunnittelussa. Laiminlyödessä suunnittelu- tai rakennusvaiheessa mm. rakennus- ja materiaalisuojaukset tai tarvittavat kuivumisajat on rakennuksessa mahdollisesti kehittynyt jo rakennusvaiheessa havaittavia sisäilman laatua huonontavia tekijöitä. Pahimmillaan sisäilma ongelmat voivat pilata valmistuvan rakennuksen käyttö- tai asumiskelvottomaksi.

Hallitsettomat liian korkeat kosteuspitoisuudet rakenteissa ilmenevät haitallisena kosteutenana, joka aiheuttaa suotuisat kasvuolosuhteet sisäilman laatua laskevalle mikrobikasvustolle tai kemialliselle reaktiolle rakenteissa. Mikrobikasvusto voi olla myrkyllistä ja altistaa lukuisille ja eri asteisille terveyshaitoille, joita on mm. uupumus, päänsärky, hengitystiesairaudet, allergiat, yliherkkyys ja neurologiset oireet. Kosteudesta johtuvan kemiallinen reaktio voi ilmentyä huoneilmassa pahana hajuna ja olla merkki haitallisesta kosteudesta.

Tässä opinnäytetyössä seurataan kerroksellisen väli- ja alapohjarakennetyypin kosteuskäyttäytymistä rakentamisen aikana työmaaolosuhteissa. Kerroksellista rakennetta käytetään uudis- ja korjausrakentamisessa ja se koostuu kantavasta pohjakerroksesta, eristekerroksesta ja pintalaatasta. Seurattavat työmaakohteet on rajattu kahteen, uudisrakennus kohteen alapohjan ja muutusrakennus kohteen välipohjan seurantaan, enintään neljän kuukauden ajalta.

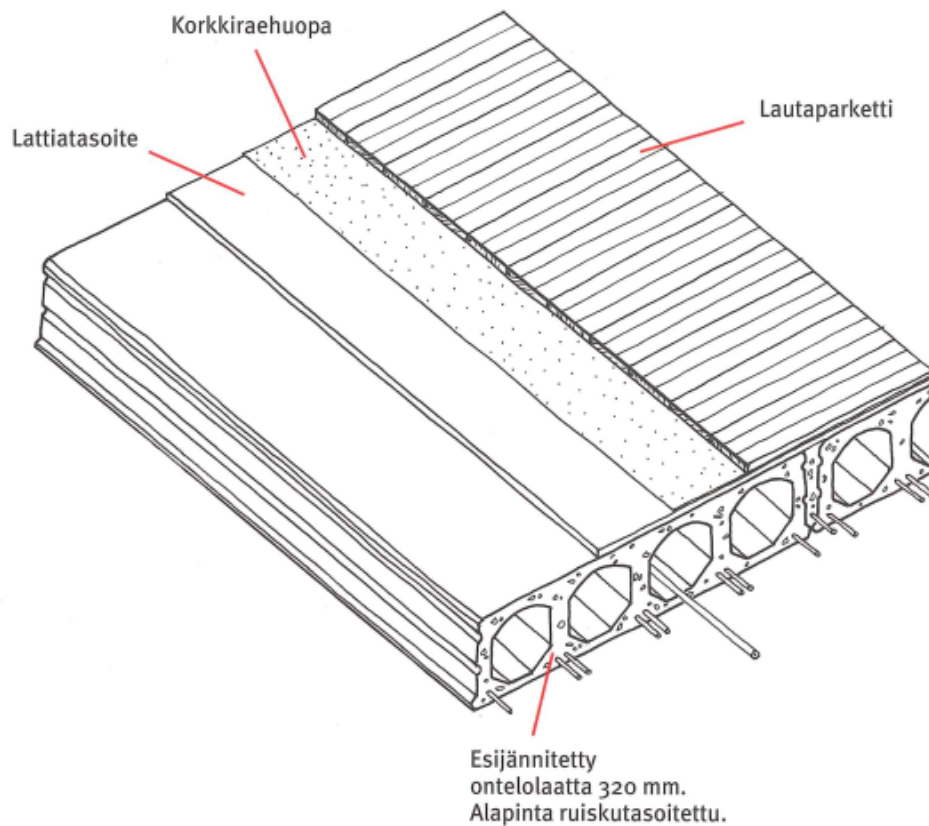
Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia betonisen pintalaatan valun jälkeistä lämmön- tai askelääneneristeen kastumista ja kuivumista sekä materiaaliin korkeista kosteusolosuhteista mahdollisesti syntyviä epäpuhtauksia.

Opinnäytetyö tehdään Sweco Asiantuntijapalvelut Oy:lle, joka on osa kansainvälistä Sweco AB konsernia. Sweco Asiantuntijapalvelut Oy on rakentamisen suunnittelu- ja konsulttiyhtiö.



## 2 Kerroksellinen rakenne

Kerroksellisia rakenteita on käytetty jo ennen 1900-lukua erilaisilla aikakausi ratkaisuvälineillä kerrostalorakennuksissa, ylä-, väli- ja alapohjissa (1). Kerroksellinen rakenne on edelleen käytössä 2000-luvun uudisrakennuksissa. Yleinen muoto rakenteesta alusta välipohjana on kantava pohjalaatta-, eriste- ja pintalaattakerros. Kantavakerros voi mm. olla paikalla valettu teräsbetonilaatta tai elementtirakenteinen, kuten ontelolaatta. (1, s. 218-219)



Kuva 1. Välipohja ontelolaattarakenteella (1, s.219)

Eristekerros huomioi ääneneristävyyttä ja rakennusfysikaalisia ominaisuuksia rakennustyyppin mukaan, onko kyseessä väli- tai alapohja (1). Pintalaatta voi olla mm. raudoittamaton tasoitusvalu tai teräsbetonilaatta. (1, s. 218)

### **3 Asetuksia ja määräyksiä**

#### **3.1 Asumisterveys**

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (545/2015) määritetään asunnon oleskelutilojen vaatimukset terveydellisten olosuhteiden osalta. Asetusta sovelletaan terveydensuojelulain (763/1994) nojalla. (2.)

Terveydensuojelulaissa (763/1994) 26 § on määrätty, että asunnon sisätilan ilman tulee olla riittävän puhdasta, eivätkä olosuhteet saa aiheuttaa terveyshaittaa sisätilassa oleskeleville. Olosuhteilla tarkoitetaan lämpötilaa, kosteutta, melua, ilmanvaihtoa, valoa, säteilyä, mikrobeja sekä muita vastaavia tekijöitä. (3.)

Terveyshaitalla tarkoitetaan olosuhteista tai tekijästä aiheutuvaa sairautta tai sairauden oiretta, altistumista terveydelle haitalliselle aineelle tai olosuhteille (3.)

Terveydensuojelulain täyttymistä valvoo kunnan terveydensuojeluviranomainen, jolla on ääritapauksessa oikeus todettujen terveyshaittojen seurauksena määrätä tiloille käyttörajoituksia tai -kieltoja, sekä uhkasakko kunnossapitovastuulliselle yhteisölle tai henkilölle tilojen määrätyn kunnossapidon laiminlyönnistä (3.)

#### **3.2 Kosteustekninen asetus, 782/2017**

Rakenteille on asetettu määräyksiä ja suunnitteluohjeita, mitkä on huomioitava suunniteltaessa ja rakentamisessa. Rakentamismääräyskokoelmassa on mm. rakenteen lujuudelle, paloturvallisuudelle, terveellisyydelle, ääniolosuhteille asetetut määräykset, jotka tulevat ympäristöministeriön rakennus- ja maankäyttölaista. (4.)

Määräyksissä on vaatimukset rakenteiden kosteusteknisestä toimivuudesta. Rakennus tai rakenneosat eivät saa aiheuttaa kosteustekniseltä toimivuudeltaan rakennukselle vaurioita tai rakennuksen käyttäjille terveyshaittaa suunnitellun käyttöiän aikana. (4.)

## 4 Kosteus

Kosteus esiintyy erilaisissa muodoissa, jotka ovat riippuvaisia olosuhteista, kuten lämpötila ja ilman paine. Kosteuden olomuodot ovat kiinteä, neste tai höyry. Olosuhteiden, kuten lämpötilan, muutoksen seurauksena neste voi muuttua kiinteäksi tai höyryksi ja takaisin aikaisempaan olomuotoon, kun olosuhteet niin vaikuttavat. (5, s. 433.)

### 4.1 Suhteellinen kosteus

Osa ilman tilavuudesta on vesihöyryä ja määrä voidaan ilmaista suhteellisen kosteuden prosenttilukumääränä. Prosenttiluku on vesihöyryosapaineen suhde kylläisen höyrypaineen(ilmanpaine) lukuun. Kun luku on 100 %, on kastepiste saavutettu ja vesihöyry tiivistyy kiinteäksi vedeksi. Lämpimän ilman kylläisyys höyrynpaine on isompi ja kyky sitoa vesihöyryä enemmän kuin kylmemmän ilman. Lämpimän ilman kylmentyessä kylläisyys höyrynpaine pienenee ja voi saavuttaa kastepisteen. (5, s. 438.)

### 4.2 Kosteuden siirtymiset

#### 4.2.1 Painovoima

Kiinteä neste liikkuu painovoiman vaikutuksesta alaspäin. Yhtenäisen vesikerroksen alaosaan muodostuu nestepainetta, nesteen massan takia. (6, s. 71).

#### 4.2.2 Kapillaarisuus

Huokoisessa rakenteessa nesteen muodossa oleva kosteus siirtyy nesteen pintajännityksen vaikutuksesta huokosten välillä. Kapillaarisesti kosteus pystyy liikkumaan ylöspäin, niin kauan kunnes painovoima kumoaa pintajännityksen aiheuttaman voiman. (6, s. 71.)

#### 4.2.3 Diffuusio

Diffuusiosta vesihöyryn osapaine hakeutuu tasapainottumaan siirtymällä suuremman osapaineen tilasta pienempään. Diffuusio voi vaikuttaa rakenteen läpi, jos materiaalit ovat vesihöyryn läpäiseviä. Siirtymisen voimakkuus aiheutuu vesihöyryosapaineen suuruuden erosta ja mahdollisen läpäistävän aineen vesihöyryn läpäisevyydestä. (6, s. 73.)

#### 4.2.4 Konvektio

Konvektiossa kosteus liikkuu ilmanvirran vaikutuksesta. Ilmanvirran liikkeen syy voi olla mm. lämpötila erot tai tuulen vaikutus. (6, s. 70.)

### 5 Sisäilma

Rakennuksen käyttäjät tuskin kiinnittävät rakennuksen sisätilassa ollessa huomioita sisäilmaston laatuun, kun tila on tarpeeksi mieluista olosuhteiltaan. Sisäilmaston olosuhteiden laadun riittävän alentumisen vaikutukset ovat helpommin aistittavia ja tuntuvat viihtyvyyttä häiritsevänä tekijänä. Lämpötilan liiallinen nousu tai lasku, liian voimakas tai heikko ilmastointi, ilmankosteus on liian korkea tai matala on aistittavissa häiritsevänä tekijänä ja pitkäaikaisena haittana olla epä- tai suora terveyshaitta. (7, s.24.)

Sisäilmassa ärsytystä aiheuttavat epäpuhtaudet ovat yleensä kemiallisia yhdisteitä. Kemialliset epäpuhtaudet ovat lähtöisin ihmisen aineenvaihdunnasta, tilan käytöstä ja toiminnasta, rakennus- ja sisustusmateriaaleista, ulkoilmasta sekä maaperän radon-kaasusta. (7, s. 56.)

Tarkemmat ohjearvot rakennusten sisäolosuhteille asetetuista raja-arvoista on Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa (8).

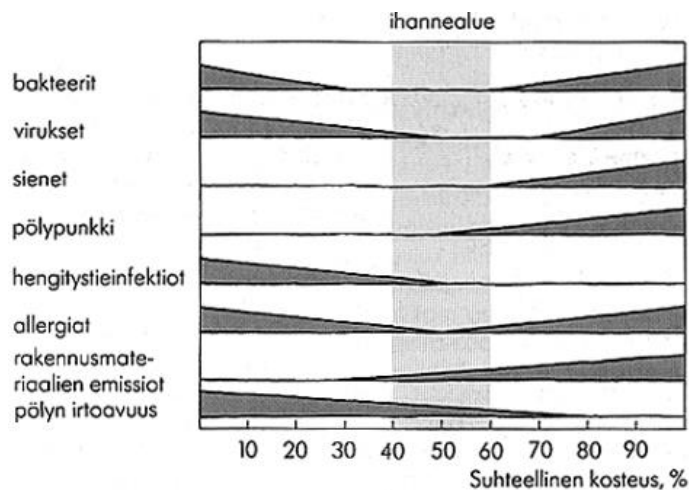
Sisätilan olosuhteisiin vaikuttavia tekijöitä ilman laadullisesti on (7, s. 24):

- Lämpöolosuhteet
  - lämpötilaerot ja vaihtelut
  - pintojen lämpötila
  - ilman lämpötila

- ilman kosteus
- ilman liike
- Ilmanlaatu
  - orgaaniset ja epäorgaaniset kaasut
  - pölyt
  - bioaerosolit

## 5.1 Kosteus sisäilmassa

Suhteellisen kosteuden sisällä tulisi olla 20 – 60 % rajoissa, muuten ilmankosteus on aistittavissa sekä samalla altistaa tilan epäpuhtaustekijöille ja rakenteet haittatekijöille. Liian kuiva sisäilma kuivattaa limakalvoja ja nostaa hengitystieinfektion riskiä alentamalla hengityselinten toimintaa. Pitkäaikaisempi suhteellisuuden kohoaminen ei suoraan aiheuta ihmiselle terveyshaittaa, mutta rakenteille se voi olla riskitekijä. Liian kostea sisäilma voi tiivistyä rakenteisiin ja luoda kasvuympäristön mikrobikasvustolle sekä saada rakennusmateriaaleissa aikaan epäpuhtauksia aiheuttavia kemiallisia reaktioita. (9, s.5-6.)



Kuva 2. Ilman suhteellisen kosteuden vaikutusalueet (9, s. 5)

Eri vuoden ajat vaikuttavat ilman suhteelliseen kosteuteen, eikä sisätilan suhteellinen kosteus ole hallittavissa kaikissa olosuhteissa. Talvella sisätilan suhteellinen kosteus saattaa olla alhaista ja kesällä korkeaa. (9, s.5.)

## 6 Kosteus rakenteissa

Rakenteet altistuvat kosteudelle rakentamisen aikana suoraan tai epäsuorasti työvaiheista, joissa käytetään vettä (valaminen, timanttiporaus, jne) (10, s. 5).

Taulukko 1. Rakennusaineiden kosteuksia (5, s. 5).

Rakennusaine	Kosteus kg/m <sup>3</sup>			
	Valmistus-kosteus	Kemiallisesti sitoutunut kosteus	Tasapainokosteus, kun ilman RH = 50%	Poistuva rakennuskosteus, kun ilman RH = 50 %
Betoni				
K15	180	40	25	115
K25	180	60	30	90
K40	180	70	40	70
Kevytbetoni	100...200	-	20	80...180
Kalkkisementtilaasti	300	20	30	250
Tiili	10	-	10	0
Tiilimuuri	80	-	10	70
Puu	60	-	40	20

Lisäksi sääolosuhteet ja puutteellinen suojaus voivat altistaa rakenteet vedelle (10, s. 5).

### 6.1 Betoni rakenteen kuivaminen

Betonirakenteen kuivamiseen vaikuttavat rakenteessa olevan veden määrä, joka johtuu valmistuksesta tai muusta ulkopuolisesta syystä (kosteusvahinko), rakenteesta, tilan olosuhteista, käsittelystä ja kuivumisen mahdollisuudesta (11, s. 32).

#### 6.1.1 Sitoutumiskuivuminen

Kun sementti ja vesi sekoitetaan keskenään alkaa muutaman tunnin kulutta seoksessa kovettuminen, jossa osa vedestä muodostaa sementin kanssa sementtiliimaa partikkelien välille. Sementtiliimaksi muodostunut vesi on kemiallisesti sitoutunut betoniin ja osa betonia. Tapahtuma on pitkäkestoinen ja yleensä nopeimmillaan reaktion alkuvaiheessa parin viikon ajan, hidastuen sen jälkeen. Kemiallisen reaktion aiheuttaman sitoutumisen

seurauksena betonin 100 % suhteellinen kosteus voi kuivua 98...90 % suhteelliseen kosteuteen. (11, s. 33.)

#### 6.1.2 Haihtumiskuivuminen

Kemiallisesti sitoutumaton vesi kuivuu betonista, kun betonirakenne pyrkii tasapainokosteuteen kuivemman ympäristön kanssa. Kosteus siirtyy betonin sisältä diffuusion ja kapilaarivaikutuksen voimasta kohti rakenteen pintaa, mistä kosteus haihtuu ympäristöön. Kuivuminen kapilaari-ilmiön vaikutuksesta tapahtuu, kunnes betonin pinta on kuivunut, jolloin kapilaariverkosto ei yllä pintaa asti ja kuivumien hidastuu siirtyen pelkästään diffuusion vaikutuksen alaiseksi. Kosteuden siirtyminen hidastuu sitä mukaan, kun kuivuminen siirtyy tapahtumaan rakenteessa syvemmälle, kunnes tasapainokosteus on saavutettu ympäristön kanssa. (12, s. 20.)

#### 6.1.3 Betonin rakenteen vaikutus kuivumiseen

Itse betonin rakenteella voidaan vaikuttaa betonirakenteen kuivumistekijöihin. Betonin valmistuksessa käytetty vesi/sementti suhde vaikuttaa betonin tiivyyteen ja huokoisuuteen, mikä taas vaikuttaa kosteuden siirtymiseen. Vähäisen veden käyttö vähentää kuivumistarvetta, mutta tekee myös betonista tiiviimpää ja vähentää huokoisuutta, mikä hidastaa kosteuden kapilaarikulkeutumista ja diffuusion vaikutusta betonissa. Huokoinen betoni mahdollistaa nopeamman huokoisten välisen kapilaariliikkumisen ja diffuusion betonin pinnalle asti, milloin kosteus pystyy poistumaan rakenteesta paremmin. Lisäaineita käyttämällä voidaan parantaa betonin työstettävyyttä ja lisätä huokoisuutta lisäämättä vesimäärää valmistusvaiheessa. (11, s. 36.)

Paksummassa rakenteessa ohuempaan nähden kapilaarin ja diffuusion kuivattava vaikutus hidastuu syvemmällä rakenteessa, jolloin kuivumisaika voi nelinkertaistua rakenteen paksuuden kaksinkertaistuessa. (12, s. 22.)

Betonin rakenteessa käytetty raekoko vaikuttaa kuivumiseen. Mitä isompaa raekokoa käytetään, sitä vähäisempi partikkeli määrä on sitoutumassa betoniliimalla toisiinsa yhtenäiseksi rakenteeksi. (11, s. 37.)

Betonin lämpötilan noustessa kosteudensiirtyminen voimistuu betonihuokosissa vesihöyrynosapaineen nousemisen seurauksena. 10 °C muutoksella voidaan kuivumisaika lähes puolittaa tai kaksinkertaistaa. Uudessa betonissa liian korkea lämpötila voi aiheuttaa betonissa halkeilua. (11, s. 35.)

#### 6.1.4 Kuivumissuunnat

Jos kosteutta pystyy siirtymään betonista enemmän kuin yhteen suuntaan, on sillä kuivumista nopeuttava vaikutus. Esimerkiksi välipohjarakenteen kuivuessa ylä- ja alapuolelta samaan aikaan. Valun alapuolen kosteuden siirtymiseen vaikuttaa alustan kosteus ja kosteuden siirtymismahdollisuus. Vain yhteen suuntaan tapahtuva kuivuminen voi moninkertaistaa kuivumisajan verrattuna molempiin suuntiin tapahtuvaan kuivumiseen. (12, s. 22.)

#### 6.1.5 Tilan olosuhteet

Tilan lämpötila ja suhteellinen kosteus vaikuttavat kosteuden siirtymiseen rakenteesta pois. Kun tilan ilman suhteellinen kosteus on alhaista, pystyy se ottamaan rakenteesta haihtuvaa kosteutta vastaan suurempia kosteuspitoisuuksia. Lämpimällä ilmalla on kyky sitoa absoluuttista kosteutta enemmän kuin kylmällä ilmalla. (11, s. 36.)

## 7 Rakenteen kosteuden mittaus

### 7.1 Pintamittaus

Pintamittauksessa mittauslaite mittaa kosketettavan kohdan sähkönjohtavuutta näyttäen lukeman, kolminumeroisella asteikolla, missä korkeampi lukema tarkoittaa suurempaa sähkön johtavuutta. Laitteen toiminta perustuu materiaalien dielektrisyteen, sähkön johtavuuteen, missä materiaalissa oleva kosteus vahvistaa vaikutusta. (7, s. 48-49).

Mittaustulokseen vaikuttavat kosteuden lisäksi mitattava materiaali, materiaalin pinnan tasaisuus ja rikkonaisuus, materiaalin homogeenisyys ja poikkeamat sekä mittalaitteen käyttö. Pintamittauksella ei suoraan mitata kosteutta rakenteissa vaan kartoitetaan



mahdolliset poikkeamat mittausalueella, jossa kohonneet lukemat voivat olla osoitus korkeammista kosteuksista, jotka varmistetaan kosteusmittauksilla. (7, s. 49.)

Mittauksessa mitattava-alue käydään pintamittarilla koskettamalla läpi ja tulokset alueittain sekä mahdolliset syyt kirjataan pohjakuvaan (7, s. 50).

## 7.2 Näytepala

Rakenteen mitattavan kerroksen pintaan piikataan suorakaiteen muotoinen syvennys, jossa on tarpeeksi tilaa toimia, 0,5mm päähän halutusta syvyydestä. Syvennyksen pohjalta piikataan vähintään kokoisia 5\*5\*5mm palasia, jotka asetetaan koeputkeen mitta-anturin kanssa. Koeputken suuaukko tiivistetään vesihöyrytiivillä aineella. Koeputkinäytteitä otetaan samasta syvyydestä kaksi kappaletta. (13, s.7.)

Koeputkinäytteet laitetaan tasaantumaan vakiolämpötilaan 5...12 h ennen tuloksen lukua ja tasaantumalämpötilan pitää olla 2°C asteen sisällä rakenteen käyttölämpötilasta vastatakseen käytön aikaista suhteellista kosteutta. (13, s.8).

Tulos luetaan lukulaitteella ja lukutilanteessa kirjataan mittauskohta kohtaisesti käytetty anturi, syvyys, lämpötila, suhteellinen kosteus sekä absoluuttinen kosteus (13, s.8).

Mittausvyvydet määräytyvät rakennetyypin ja rakenteen kuivumiskyvyn mukaan (13, s.14).

## 7.3 Porareikä

Rakenteeseen porataan 16mm terällä muoviputkelle paikka tutkittavaan mittaussyvyyteen. Porattu reikä puhdistetaan pohjaa myöten pölystä ja irtopalasista imuroimalla. Reikään asennetaan muoviputki pohjaan asti painamalla tai vasaroimalla, niin että pinnan tasolta muoviputki nousee muutaman sentin. Pinnan ja muoviputken liittymäkohta tiivistetään vesihöyrytiivillä aineella. Muoviputki imuroidaan pohjaa myöten sisältä, jonka jälkeen muoviputken suuaukko tiivistetään vesihöyrytiivillä aineella. Mittakohdan muoviputken pitää tasaantua ennen mitta-anturin asentamista 72h. (13, s.4.)

Tasaantumisajan täytyttyä muoviputken tiivistys aukaistaan mitta-anturin asennusta varten ja suljetaan heti anturin asennuksen jälkeen. Anturin annetaan tasaantua tunti ennen tuloksen kirjaamista. (13, s.5.)

Tulos luetaan lukulaitteella ja lukutilanteessa kirjataan mittauskohta kohtaisesti käytetty anturi, syvyys, lämpötila, suhteellinen kosteus sekä absoluuttinen kosteus (13, s.6.)

Mittaussyvyyydet määräytyvät rakennetyypin ja rakenteen kuivumiskyvyn mukaan (13, s.8).

#### 7.4 Rakenteen hetkellinen mittaus, HMP42-mittapää

Rakenteen mitattavaan kerrokseen upotetaan anturin mittapää ja jos mahdollista mittapään sisään meno kohta tiivistetään vesihöyrytiivillä aineella, jonka jälkeen annetaan kosteuden tasaantua noin 20 minuuttia ennen tuloksen lukua. Mittapään saamiseksi mitattavaan kerrokseen voi vaatia yläpuolisten kerroksien poraamista tai avaamista. HMP42-mittapäillä suoritettava kosteuden mittaus ei ole yhtä tarkka kuin porareikämittaus. (7, s. 51.)

Tulos luetaan lukulaitteella ja lukutilanteessa kirjataan mittauskohta kohtaisesti käytetty anturi, syvyys, lämpötila, suhteellinen kosteus sekä absoluuttinen kosteus (7, s. 51).

#### 7.5 Rakenteen sisäinen anturi

Ennen kuin tarkkailtava rakenne valetaan umpeen, rakenteen sisälle voi asentaa varauksen anturille tai anturi, jonka avulla pystytään rakenteen sulkeuduttua lukemaan rakenteen sisältä lämpötila, suhteellinen kosteus sekä absoluuttinen kosteus (11, s. 23; 13, s.12). Varauksen tekemiseen anturille voidaan käyttää samanlaista sähköputkea kuin porareikämittauksissa. Rakenteeseen jäävän putken pää on suljettava vesihöyryn läpäisevällä materiaalilla (11, s. 23). Mittaustapana rakenteen sisälle asennettu anturi on tulosten tarkkuudelta suuntaa-antava, eikä ole yhtä luotettava kuin porareikä- ja näytepalamittaus (13, s.12).

## 8 Tilan suhteellisen kosteuden ja lämpötilan seuranta

Tilan sisäilman suhteellista kosteutta ja lämpötilaa voidaan seurata tilaan asennettavilla jatkuvatoimisilla mittareilla, Tinytag TGP-4500 dataloggereilla. Loggeri tallentaa tilan sisäilman tulokset asetettujen asetusten mukaan. Määritettävät asetukset voivat olla mm. kirjaus aikaväli, aloitusaika tai aloitus raja-arvo. (14.)

Loggerin asennuskohta voi vaikuttaa tilan olosuhdemittaustuloksiin vääristävästi, eivätkä mittaukset silloin vastaa tilan todellisia olosuhteita. Vääristymiä aiheuttavat loggerin asennus suoraan ulkoseinään tai läheisyyteen, suoran ilman vedon altistukselle, liian lähelle lattian rajaa tai muunkaan tekijän läheisyyteen mikä saattaa vääristää tilan olosuhdetuloksia. Asennuskohdaksi on kannattavaa valita kohta, joka vastaisi tilan olosuhteita. Sellainen on mm. tilan väliseinässä, vähintään metrin etäisyydellä ulkoseinästä ja seinän alareunasta. (14.)

## 9 Kemialliset epäpuhtaudet

Sisäilman kemialliset epäpuhtaudet ovat orgaanisia tai epäorgaanisia yhdisteitä, partikkel- tai kaasumuodossa olevia aineita. Sisätiloissa kemiallisten epäpuhtauksien pitoisuuksien muodostuessa riittävän korkeaksi aiheuttavat ne ärsytysoireita ja terveydellistä haittaa. Merkittävimmät sisäilman kemialliset epäpuhtaudet ovat haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC), jotka ovat suurimmaksi osin peräisin rakennus- ja sisustusmateriaaleista käytetyistä puun, muovin, kumin, maalien ja lakkojen emissioista. (7, s. 128.)

Haihtuvien orgaanisten kemiallisten yhdisteiden sallittu pitoisuus on määrätty Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 545/2015. Kokonaispitoisuuden toimenpide raja huoneilmassa on  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja yksittäisen yhdisteen toimenpideraja on  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . (2.)

Kemiallisia epäpuhtauksien pitoisuuksia voidaan mitata erilaisilla menetelmillä. Sisätilan ilman pitoisuuksia, rakennusmateriaalien emissioiden pitoisuuksia tai materiaalinäytteen pitoisuuksia. (15, s. 68.)

## 9.1 Ammoniakki

Ammoniakki muodostuu typpivetymolekyylistä ( $\text{NH}_3$ ), joka on sisälämpötiloissa väritön, voimakkaasti haiseva ja hengitysteitä ärsyttävä kaasu. Sisäilmaan ammoniakkia voi muodostua sellaisenaan maaleista, liimoista, tasoitteista, tupakoinnista, pesuaineista tai lemmikeistä sekä kun orgaanisia aineita sisältävät rakennusmateriaalit (tasoitteet, liimat) kastuessaan alkavat kemiallisen reaktion seurauksena muodostamaan ammoniakkia. Ammoniakki on kosteusvauriotilanteessa indikaattoriyhdiste, joka voi olla vain yksi kehitysteistä epäpuhtauksista. (15, s. 74.) Rakenteiden pinnoissa ammoniakki saa aikaan erottuvia tummentuneita läiskiä (7, s. 59).

Ihmisten kyky aistia ammoniakki vaihtelee yksilöllisesti, jolloin ihmiset voivat alkaa oireilla altistumisesta ennen kuin ammoniakki on suoraan aistittavissa. Sisäilman normaali ammoniakki pitoisuus on 0,01-0,02  $\text{mg/m}^3$  ja kohonneeksi pitoisuudeksi luokitellaan yli 0,25  $\text{mg/m}^3$ . Ammonikkipitoisuuden kohotessa yli 0,16-0,41  $\text{mg/m}^3$ , alkaa se aiheuttamaan oireilua. (16, s.7.)

## 9.2 Kemiallisen yhdisteen materiaalityöntutkimus

Rakennemateriaalista haihtuvia kemiallisia yhdisteitä, eli emissiokykyä voidaan mitata Bulk-menetelmällä (kammiomenetelmällä). Mitattavasta materiaalista irrotetaan pala, joka pakataan kertakäyttöpussiin käyttäen puhtaita työkaluja sekä kertakäyttöhanskoja. Pakattu materiaalinäyte toimitetaan jatkokäsittelyä varten laboratorioon, missä näyte hienonnetaan, punnitaan ja tutkittavan kemiallisen epäpuhtauden kammioemissiopitoisuus mitataan SFS-EN ISO 16000-9 standardin mukaan mikrokammiolaitteilla. (15. s. 73.)

Emissiopitoisuus ilmoitetaan paljonko mikrogrammoina tutkittavaa yhdistettä haihtuu grammasta tutkittavaa ainetta kuutiometriin ilmaa, eli  $\mu\text{g/m}^3\text{g}$ . Tulos ei kuitenkaan ole suoraan verrannollinen tilan sisäilmaan haihtuviin pitoisuuksiin tai osoitus rakenteen korjaustarpeesta, vaikka sillä voidaan vertailu emissiopitoisuuksia alueiden välillä vauriotilannetta selvittäessä. (15, s. 74.)

## 10 Mikrobit

Ympäristön maaperässä, elävässä ja maatuvaassa kasvistossa, eläimissä, ihmisissä ja kaikkialla on erilaisia pieneliöitä, eli mikrobeja, jotka ovat osana elämän kiertokulkua. Mikrobit leviävät kasvamalla tai kulkeutumalla ilmanvirtojen mukana. (6, s. 151.) Rakennuksissa esiintyvät terveydelle haitalliset homeet, hiivat ja bakteerit ovat myös mikrobeja (6, s.154).

### 10.1 Kasvuolosuhteet

Kasvuolosuhteissa on eroja mitä eri mikrobilajit tarvitsevat kasvamiseen, mutta yhteistä on riittävän korkea kosteuspitoisuus ja lämpötila sekä ravinto. Kosteus on tärkein edellytys mikrobikasvuston käynnistymiselle ja suhteellisen kosteuden on oltava yli 70...75%. Ravinnoksi mikrobikasvustolle riittävät rakennusmateriaalit tai -jätteet sekä tavallinen ulkoilma- tai huonepöly, jota on kulkeutunut materiaalin pinnalle. Yleisimmille mikrobilajeille lämpötilan on oltava +5...+50°C rajoissa kasvuston käynnistymiselle. Muita mikrobikasvustoon vaikuttavia tekijöitä on kasvualustan happipitoisuus ja PH-arvo sekä ilmavirrat. (15, s. 130, 131; 17.)

Olosuhteet vaikuttavat mikrobien kasvun nopeuteen merkittävästi. Kun suhteellinen kosteus on korkea, yli 95 % ja lämpötila on sisälämpötilaa vastaava, +20...+30°C, mikrobien kehitymiselle on lajista riippumatta hyvät olosuhteet (15. s.130). Näkyvää mikrobikasvustoa voi kehittyä muutamassa viikossa herkästi homehtuvassa materiaalissa (15. s.133). Jos olosuhteet ovat kosteuden ja lämpötilan kannalta mikrobikasvuston käynnistymisen rajoilla on kasvu käynnistyessään hidasta (15, s.131).

Kertaalleen käynnistynyt mikrobikasvusto ei katoa itsestään, muutu haitattomaksi olosuhteiden muuttuessa kasvukelvottomaksi, vaan siirtyy horrostilaan ja aktivoituu uudelleen olosuhteiden muuttuessa suotuisaksi (15, s.129).

Rakennusmateriaalien homehtumisherkkyydellä on eroja. Karkeasahattu puu mm. puun työstämisestä syntynyt sahajauho on hyvin kerkkä homehtumaan olosuhteiden ollessa suotuisat (15, s.133). Uusi betoni taas on mikrobikasvuston kannalta kestävä korkean PH-arvon takia, mutta betonin vanhetessa likaantuminen ja karbonatisoitumisen aiheuttama PH-arvon alentuminen lisäävät homehtumisherkkyttä (15, s. 134).

Rakennusmateriaalien homehtumisherkkyydelle on neliasteinen luokitus, jossa luokat ovat (6, s. 156):

- homehtumisherkkyyssluokka 1, hyvin herkkä  
Karkeasahattu ja mitallistettu puu mm. mänty ja kuusi
- homehtumisherkkyyssluokka 2, herkkä  
Kipsilevyt, paperipohjaiset materiaalit, puupohjaiset levyt, höylätty kuusi
- homehtumisherkkyyssluokka 3, kohtalaisen kestävä  
Mineraalivilla, kevytbetoni ja -sora, vanha betoni, tiili, sementtipohjaiset tuotteet
- homehtumisherkkyyssluokka 4, kestävä  
Uusi betoni, metalli, lasi, tehokkaita homesuoja-aineita sisältävät materiaalit

## 10.2 Terveysvaikutuksia

Mikrobeilla on eri asteisia haitallisia terveysvaikutuksia lajista ja ryhmästä sekä olosuhteista riippuen. Miten ne vaikuttavat ihmiseen on yksilöllistä, johon vaikuttavat mm. altistumistapa (iho kosketuksen, ruuan sulatuksen ja hengityselimistön kautta) ja -aika, henkilön ikä, perusterveys (18, s. 9)

Mikrobikasvuston sisäilman terveyshaitan aiheuttavat ilmassa leijuvat itiöt ja rihmaston partikkelit sekä lisähaittana joidenkin lajien aineenvaihduntatuotteena syntyvä toksiini(myrkky). Toksiinin tuotto voi olla kaasumaista tai toksiini tuottoisen kasvuston ilmassa leijuvat partikkelit voivat olla toksiinipitoisia. Sisäilmaan hiukkasmaiset epäpuhtaudet voivat päästä kulkeutumaan rakenteiden epätiiveyksien kautta tai kaasumainen epäpuhtaus voi kulkeutua rakennusmateriaalien läpi diffuusion vaikutuksesta (15, s.141; 18, s. 88.)

Korjaamattoman tai huomaamattoman kosteusvaurion tapahtuessa ja mikrobikasvuston kehittyessä ensimmäiset ilmaantuvat oireet ovat ummehtunut haju ja hengityselinten,

ihon ja silmien ärsyntyminen. Yleisoireita on yskä, kurkkukipua, nuha, liman erityys, silmien kutiseminen, punoittaminen ja vuotaminen, ihon ärsyntyminen ja ihottumat, lisäksi oireita on päänsärky, kuume ja väsymys (18, s. 11.)

Altistumisen pitkittyessä ja mikrobikasvuston lisääntyessä ja muuttuessa oireet pahenevat toistuviksi ja pitkittyviksi infektioksi ja lisää uusia oireita voi ilmaantua, kuten esim. allergiaa. Pitkään, vuosia kestävät jatkuvat altistumiset voivat saada aikaan astmaa, autoimmuunisairauksia, neurologisia häiriöitä(muistihäiriöt), ODTS(Orgaanisten pölyjen aiheuttama toksinen oireyhtymä), alveoliittia(homepölykeuhkoa) ja olla suora tai osasyötyökyvyttömyydessä. (18, s. 12.) Terveyshaittoja lisäävä tekijä on eri mikrobilajien keskeinen synergiavaikutus (18, s. 10).

Työaloja missä altistuminen on suora terveysriski ovat mm. korjausrakentaminen, maatalous, puunjalostus (18, s. 85).

### 10.3 Ryhmät & Lajeja

Mikrobien lajikohtainen erittely ja kasvun kehittymisen tunteminen on hyödyllistä kosteusvaurioita tulkittaessa. Kosteusvaurio tilanteessa löydettyjen mikrobilajien perusteella voidaan päätellä kosteusvaurioiden ajanjakson kehittymistä ja vakavuutta, kun mikrobilajisto muuttuu ajan kuluessa ja olosuhteiden mukaan. Tietyt mikrobilajit alkavat kasvaa herkemmin kuin toiset ja lajeja voidaan jaotella kolmeen indikaattoriryhmään, primääri-(alku-), sekundaari-(keski-) ja tertiäärivaiheenindikaattori(loppuvaihe). (18, s. 10.)

#### 10.3.1 Penicillium

Penicillium on terveydelle haitallinen yleisin homesuvun sieni, jolla useita satoja alalajeja, kuuluen ensimmäisinä ilmestyvään primäärivaihe-indikaattoriryhmään olosuhteiden ollessa suotuisat kasvulle (18, s. 20). Penicillium on allergisoiva, astmaa sekä hermostollisia (vapinaa, lihasnykimistä) ja pahoinvointi oireita aiheuttava sekä toksiinia tuottava (18, s. 22).

Penicillium homekasvustoa ilmestyy myös pilaantuneissa elintarvikkeissa kuten leivissä, vihanneksissa, hedelmissä, hilloissa jne. (18, s. 20).

### 10.3.2 Aspergillus

Aspergillus-suvun homeet ovat kosteusvaurion yhteydessä yleisiä ja osa alalajeista kuuluu primääriveraihe-indikaattori-ryhmään (18, s. 26). Aspergillus-suvun homeen terveyshaittoista on ollut tietoa jo 1960-luvulta asti hyvin ja terveyshaittoja mm. ovat allergiset sairaudet, astma, hermostolliset oireet ja jopa kuolemaan johtava tulehduksia on tapahtunut. (18, s. 26, 29).

Homeallergiaan ammattitautina sairastuneilla yleinen syys on Aspergillus-home (18, s. 28).

### 10.3.3 Hiivasienet

Hiivasienet ovat homesienten kaltainen alalajinen ryhmä, joka voi ilmestyä kosteusvaurion aiheuttamana mahdollisena lisähaittana homesienten lisäksi. Hiivasienet tarvitsevat kuitenkin herkkäkasvuisia homesieniä korkeampia kosteuspitoisuuksia ja lämpötiloja kasvun käynnistymiseen. (18, s. 68.) Terveyshaitoilta hiivasienet ovat lähes homesienten kaltaisia ja aiheuttavat saman asteisia haittoja lajista riippuen. Erona on, etteivät hiivasienet tuota kuitenkaan toksineja. (18, s. 70.)

### 10.3.4 Sädesienet(aktinobakteerit)

Sädesieni on oikeasti luonnon maaperässä ja vesissä esiintyvä (aktino)bakteeri, jonka olemassaolo terveyshaittoineen on tiedostettu jo 1800-luvulta asti. Käytökseltään sädesieni muistuttaa sienikasvustoa luoden rihmastoa ja itiöitä. Kun olosuhteet ovat sädesienen kasvun käynnistymiseen ja leviämiseen on sopiva, sädesieni on hyvin sopeutumiskykyinen ympäristöön. Se pystyy kasvamaan olosuhteissa missä muut mikrobit eivät pysty kehittymään sekä valtaamaan elintilaa muilta mikrobeilta, esimerkiksi vanhassa betonissa. Uuden betonin korkea emäksisyys suojaa betonia sädesieneltä, mutta vanhan betonin laskenut emäksisyys (pH 10) ei enää täysin suojaa sädesieneltä (18, s. 80)

Sädesieni altistaa vakaville terveyshaitoille ja toimii synergisesti muiden terveydelle haitallisten mikrobien kanssa, oman toksinituoton lisäksi. Itiöpartikkeleiden koko voi olla pienempi kuin 5 µg, minkä seurauksena ne voivat tunkeutua keuhkorakkuloiden sisälle (18, s. 82, 85.) Sädesienen terveyshaittoja mm. on homepölykeuhko (alveoliitti), ODS



(Orgaanisten pölyjen aiheuttama toksinen oireyhtymä) sekä muut hengitystie sairaudet, yleiset kuumeoireet ja tulehdukset (18, s. 85).

#### 10.3.5 Puutavara mikrobisuvut

Puutavarassa esiintyy useammin juuri tiettyjä mikrobilajeja, mille on ominaista kehittyä puumateriaalissa, mutta ne voivat yhtä hyvin kehittyä muissakin materiaaleissa, kun mikrobien kasvulle on tarvittavat olosuhteet. Puutavarassa esiintyviin lajeihin kuuluvat mm. *Aureobasium*, *Acremonium* ja *Trichoderma* (18, s. 56.)

Puutavaramikrobit ovat mm. allergisoivia, astmaa, infektoita ja alveoliittia aiheuttavia. Osa lajeista on myös toksineja (trikotekteeneja) tuottavaa, jotka vaurioittavat ihoa, hengitys- ja muita elimiä, hermostoa, immuunipuolustusta sekä luuydintä. Runsas altistumiselle on aiheuttanut ammattitautia sahoilla (18, s. 58.) Terveyshaittojen lisäksi lahottajasieni vaarantaa puurunkoisten rakenteiden kantavuuden (18, s. 56).

### 10.4 Mikrobinäyte

#### 10.4.1 Materiaalinäyte

Rakenteista voidaan mitata mikrobikasvustoa laji ja määrä kohtaisesti materiaalinäytteellä (7, s. 71). Mikrobikasvusto esiintyy useimmiten materiaalien pinnoissa, joten mikrobinäytteen otossa on otettava pintarakennekerrosta, missä on paremmat kasvuolosuhteet mikrobeille, kuten paperi kipsilevyssä tai eristevillapalassa. (7, s. 156).

Kiinteää materiaalia otetaan 10\*10\*10 cm pala tai huokoista materiaalia otetaan rakenteista noin 3...10 g, 200...300 cm<sup>3</sup> pala puhtailla kertakäyttöhanskoja ja steriilejä työkaluja käyttäen ilmatiiviiseen kertakäyttöpussiin. Materiaalinäyte toimitetaan analysoitavaksi laboratorioon, valitun analysointitavan mukaan. Analysointitapaan vaikuttavat näytteen materiaali ja kosteus sekä sisältääkö näyte odotetusti aktiivista mikrobikasvustoa. (7, s. 156.)

#### 10.4.2 Laimennossarja-analysointi

Laboratoriossa materiaalinäyte hienonnetaan jauhamalla antiseptisin menetelmin, alle 30°C asteessa. Laimennossarja-analysoinnissa hienonnettua näytettä laitetaan vähintään 1 g määrä laimennosliuokseen, että laimennusliuoksen vahvuus on  $10^{-1}$ . Suhde on 1 g materiaalinäytettä vastaa 1 ml laimennusliuosta. Tämän jälkeen näyte suljetaan ja sekoitetaan koneellisesti. Saatu laimennosliuos  $10^{-1}$  laimennetaan uudestaan, suhteella 1 ml  $10^{-1}$  liuosta steriiliin 9 ml laimennosliuokseen, jotta saadaan  $10^{-2}$  laimennusliuos. Toimenpide uusitaan tarvittava määrä  $10^{-3}$ ... $10^{-5}$  laimennosliuoksen saamiseksi vertailu- ja vaurionäytteiden välillä. (7, s. 161.)

Jokaisesta näyte-erästä,  $10^{-1}$ ... $10^{-5}$ , tehdään laimennos ja vertailu laimennos, ainakin kolmanteen laimennokseen asti, viljely sien- ja bakteerikasvualustalle eli kasvatusmaljalle. Kasvatusmaljalle tehtävä laimennos on  $10^{-1}$  tehtävästä laimennos erästä, aina 10 kertaa pienempi kuin laimennoserä. Maljat kasvatetaan +25°C  $\pm$ 3°C asteessa. Bakteerialustan kasvatusaika on 7+7 vrk ja sienialustan 7 vrk. (7, s. 160.)

#### 10.4.3 Pesäkelaskenta

Kasvatuksen jälkeen maljoilta lasketaan kehittyneiden mikrobien laji- ja kasvupesäkelukumäärä. Pesäkkeiden lukumäärät laskeminen kasvatusmaljoilta on tarkimmillaan, kun pesäkemäärä jää alle 150 pesäkkeeseen sienimaljoilla ja alle 250 pesäkkeeseen bakteerimaljoilla. Pesäkemäärä ollessa kasvatusmaljoilla liian suurta tai pesäkemäärän kehittymisen kasvatusmaljalla epätasaisesti aiheuttaa se kasvatusmaljan rajaamisen viljelytuloksen laskemisen ulkopuolelle. (7, s. 162-163.)

Onnistuneessa viljelyssä rinnakkaisnäytteiden tulokset ovat keskenään riittävän samankaltaisia, joka on varmistettavissa kaavalla (7, s. 163.):

$$X^2 = (A - B)^2 / (A + B) \quad X^2 > 3,84$$

Kaavassa rinnakkaisten laimennossarjojen pesäkeluku määrät ovat A ja B. Tuloksen  $X^2$  ylittäessä raja-arvon on pesäkkeiden kasvu ollut maljoilla epätasaista ja aiheuttaa maljan rajaamisen tuloksen ulkopuolelle. Kahden peräkkäisen laimennoksen tuloksen ollessa keskenään vertailukelpoisia luokitellaan tulokset luotettavaksi. (7, s. 163.)

Rakennusmateriaalinäytteiden viljelykasvatuksen tulos lasketaan onnistuneesti kasva-neilta kasvatusmaljoilta ja tulos ilmoitetaan mikrobien pesäkemäärien summana gram-maa kohti, cfu/g tai pmy/g, kaavalla. (7, s. 164):

$$\text{Mikrobipitoisuus} = \frac{\text{mikrobipesäkemäärien summa}}{\text{viljeltyjen laimennosten summa}}$$

Taulukko 2. Sienipesäke määrien lasku esimerkki (7, s. 164).

**Maljoilta lasketut sienipesäkkeet:**

Laimennos maljalla	Pesäkelukumäärät Sienet (homeet + hiivat)	Homeet	Hiivat
10 <sup>-4</sup>	114	89	25
10 <sup>-4</sup>	malja hylätty ylikasvun vuoksi		
10 <sup>-5</sup>	20	16	4
10 <sup>-5</sup>	15	13	2
10 <sup>-6</sup>	2	1	1
10 <sup>-6</sup>	1	1	0

**Sieni-itiöpitoisuus:**

(114+20+15+2+1) cfu /

(0.0001+0.00001+0.00001+0.000001+0.000001) g = 1 245 902 cfu/g

**Homeitiöpitoisuus:**

(89+16+13+1+1) cfu /

(0.0001+0.00001+0.00001+0.000001+0.000001) g = 983 607 cfu/g

**Hiivapitoisuus:**

(25+4+2+1+0) cfu /

(0.0001+0.00001+0.00001+0.000001+0.000001) g = 262 295 cfu/g

Kun materiaalinäytteen home- ja hiivasienipitoisuus täyttää 10000 pmy/g tai aktinomy-teettipitoisuus 3000, voidaan rakenne luokitella mikrobivaurioituneeksi. Jos materiaali-näytteessä on kosteusvaurioindikaattoreita tai yksipuolinen lajimäärä ja sienipitoisuus ylittää 5000 pmy/g, rakenne voi olla mikrobivaurioitunut. Viittauksena mikrobivaurioon voi olla bakteeripitoisuuden kohoaminen 100000 pmy/g, mutta pelkästään kohonnut bak-teeripitoisuus ei ole tulkittavissa mikrobivaurioksi. Materiaalinäytteiden tulosten tulkin-nassa on huomioitava mahdolliset tulosten luotettavuutta laskevat tekijät. (19, s. 8.)

## 11 Laskennallinen tarkastelu

### 11.1 Wufi Pro 6.3

Rakenteiden fysikaalista kosteusteknistä käyttäytymistä voidaan simuloida tietokoneohjelmilla, jolloin voidaan arvioida rakenteen toimivuutta vuosienkin aikajaksoilla erilaisilla olosuhteilla ja muuttujilla. Opinnäytetyöhön rakenteiden simulointi Wufi Pro 6.3 ohjelman avulla on tehnyt Sweco Asiantuntijapalvelut Oy.

Ohjelmalla on luotu 2D-poikkileikkausmallit kahdesta seurantakohteiden rakennetypistä. Laskennassa on käytetty työmaalla tapahtuneen lähtötilanteen mittauksien ja olosuhdeseurannan tuloksia. Rakenteille on annettu lähtötilannetta vastaavat suhteellisen kosteuden arvot sekä sisätilan olosuhteet on laitettu vastaamaan olosuhdemittauksien keskiarvoa. Ohjelmalla on suoritettu viiden vuoden kosteuskäyttäytymis simulointi pinta-alan valutilanteesta eteenpäin.

### 11.2 Suomalainen homemalli

Rakenteiden mikrobikasvuston kehittymistä riskiä voidaan arvioida VTT:n ja TTY:n kehittämällä Suomalainen homemalli – laskentapohjalla. Opinnäytetyöhön rakenteiden simulointi Suomalainen homemalli – laskentapohjaosuuden on tehnyt Sweco Asiantuntijapalvelut Oy.

Laskentapohjalla tarkastellaan rakenteen materiaalin pinnalla tai materiaalien pintojen liitoskohdassa mikrobien kehittymistä kosteusrasituksen ja lämpötilan seurauksena. Laskennassa voidaan huomioida materiaalin homehtumisherkkyysluokka, pinnan työstö, pinnoitteet ja eri materiaalien keskinäinen kontaktin vaikutus. Laskennan tulos ilmoitetaan homehtumisindeksi M – luokalla. (20.)

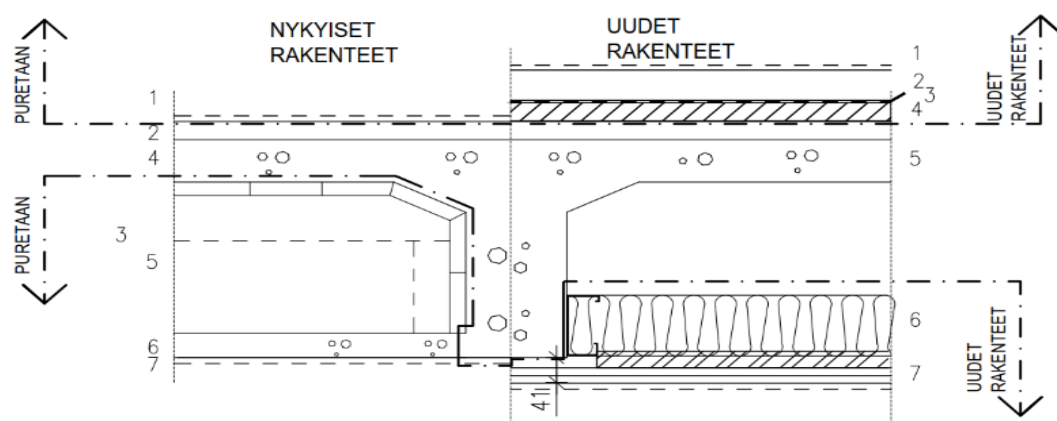
Homeindeksi M - luokituksia on 0...6, jotka ilmaisevat kuinka paljon mikrobikasvustoa on materiaalissa. Esimerkiksi Luokka 0 on puhdas, ei mikrobikasvua, luokka 1 on alkavaa mikrobikasvusto, mikroskooppilla nähtävä, luokka 3 on silmin nähtävää mikrobikasvustoa ja luokka 6 materiaali on täysin mikrobikasvuston peitossa. (20.)

Wufi Pro 6.3 – ohjelmalla simuloitu rakenteiden kosteuskäyttäytyminen on siirretty Suomalainen homemalli – laskentaan.

## 12 Kohteet

### 12.1 Kohde 1

Kohde on 1940-luvun kerrostalo muutosrakennuskohde, joka on osa rakennus kokonaisuutta, jota on aikaisemmin laajennettu ja kunnostettu.



#### NYKYISET RAKENTEET

	1	Pintarakenne ja/tai -käsittely esim. muovimatto tai parketti
~40 mm	2	Tasoite tai pintabetoni
360 mm	3	Kantava kotelolaatta, laattapalkit 360x170 k1200, palkkien mitat ja jako vain suunta-antavaa
	4	Ylälaatta 60/70/80 mm
	5	Kotelotila ~230 mm, muottilauditus jätetty kotelotilaan
	6	Alalaatta 40/60/70 mm
	7	Pintarakenne ja/tai -käsittely

#### UUDET RAKENTEET

	1	Pintamateriaali ja käsittely huoneselityksen mukaan (esim. parketti). Uusi.
50 mm	2	Lattiatasoite. Uusi.
	3	Höyrynsulku. Uusi.
30 mm	4	Askeläänivilla Isover Flo, dynaaminen jäykkyys 16 MN/m3 Uusi.
	5	Ylälaatta 70/90 mm+ pintavalu 40 mm. Vanha.
100 mm	6	Peltiranka k 600 palkkien välissä +Rockwool Flexibats100 mm. Uusi.
	7	Alakatto PR16 mukaan

Kuva 5. Kohde 1, välipohjan rakenne.

Kohteessa seurattiin yhden kerroksen välipohjan kosteuskäyttäytymistä joulukuu-maaliskuun aikana. Välipohjan pintalaatta valettiin kolmessa osassa noin kolmen viikon välein ja seuranta painottui kahteen ensimmäiseen valuosaan.

### 12.1.1 Lähtötilanne

#### 12.1.1.1 Tilojen olosuhteet

Välipohjan ylä- ja alapuolen suhteellista kosteutta ja lämpötilaa seurattiin tiloihin asennetuilla jatkuvatoimisilla mittalaite Tinytag TGP-4500 dataloggereilla. Ennen pintavalua loggereita asennettiin tiloihin Tila-1, Tila-4, Tila-7 ja Tila-8. Loggereita pyrittiin asentamaan alemmassa kerroksessa samoille kohdille, mutta alemman kerroksen tilat poikkeavat seurattavasta kerroksesta, eivätkä asennuspaikat ole toisiaan vastaavat.

Loggerit asetettiin tallentamaan tilan olosuhteet kolmen minuutin välein. Asennuskohdat olivat huonetilojen väliseinissä tai pilareissa 1,5 m korkeudella lattiasta.

#### 12.1.1.2 Kosteusmittaukset

##### 12.1.1.2.1 Välipohjarakenne

Vanhasta välipohjarakenteesta mitattiin lähtötilanteen kosteuspitoisuudet näytepalamethodelmällä ennen uutta rakennetta, päälle asennettavaa askeläänieristettä sekä valettavaa pintabetonilaattaa. Kerroksessa näytepalamittauksia tehtiin kuudessa tilassa, yhteensä kahdeksan kappaletta. Tiloista viisi oli huonetiloja ja yksi käytävätila. Mittauskohtien valinnassa on käytetty pintakosteusmittausta. Mittauskohtien näytepalojen syvyydet olivat pinta yksi näyte, 19 mm kaksi näytettä ja 48 mm kaksi näytettä. Syvyydet on valittu vanhan rakenteen paksuuden ja rakennetyypin kuivumiskyvyn mukaan.

##### 12.1.1.2.2 Askeläänieriste

Vanhan välipohjarakenteen päälle asennetusta askeläänieristeestä mitattiin suhteellinen kosteus rakenteen hetkellisellä - mittauksella ennen päälle valettavaa uutta pintabetonilaattaa seitsemästä tilasta, 10 eri kohdasta.

##### 12.1.1.2.3 Kosteusmittauksien tulokset

Näytepalakosteusmittauksen tulokset osoittivat rakenteen olevan kuiva mittauskohdista, poikkeuksena Tila 2:n mittauskohdasta, jossa suhteellisen kosteuden lukemat olivat

selvästi korkeammat muihin mittapisteisiin nähden. Tila 2:n mittauskohta sijaitsi tilassa olevan uloskäynnin läheisyydessä, josta on voinut kulkeutua kosteutta sisälle tilaan ja rakenteeseen.

Taulukko 3. Lähtötaso kosteusmittaukset, vanha välipohja.

						RH %
Ensimmäinen valuosa	Tila 1	Mitta-alue 1	Näytepala	Vanha VP	Pinta	46
					19 mm	46
					48 mm	49
		Mitta-alue 2	Näytepala	Vanha VP	Pinta	45
	19 mm				47	
	48 mm				49	
Tila 5	Mitta-alue 4	Näytepala	Vanha VP	Pinta	50	
				19 mm	49	
				48 mm	48	
Toinen valuosa	Tila 2	Mitta-alue 3	Näytepala	Vanha VP	Pinta	60
					19 mm	88
					48 mm	87
	Tila 7	Mitta-alue 5	Näytepala	Vanha VP	Pinta	44
19 mm					56	
48 mm					54	
Kolmas valuosa	Tila 8	K6	Näytepala	Vanha VP	Pinta	35
					19 mm	54
					48 mm	53
	Käytävä	K3	Näytepala	Vanha VP	Pinta	37
					19 mm	40
		K8	Näytepala	Vanha VP	48 mm	40
Pinta	41					
				19 mm	45	
				48 mm	-	

Käytävälle tehty K8-mittaus epäonnistui 49mm syvyydestä.

Taulukko 4. Lähtötaso kosteusmittaukset, askeläänieristeen.

		RH %	°C	g/m <sup>3</sup>
Tila-1	V1	65	16,7	9,22
	V2	45	17,1	6,54
	V3	65	14	7,88

		RH %	°C	g/m <sup>3</sup>
Tila-7	V4	25,2	18,9	4,08
	Tila	24,3	18,6	3,87
Tila-6	V5	27,6	18,3	4,32
	Tila	27	17,4	4,02
Tila-4	V6	28,8	18,3	4,52
	Tila	29,2	17,4	4,32
Tila-2	V7	25,5	19,4	4,26
	Tila	27,1	18,1	4,19

		RH %	°C	g/m <sup>3</sup>
Tila-8	V8	22,4	17,4	3,33
	Tila	13,1	16,8	1,88
	V9	17,9	16,3	2,49
	Tila, A43	13,1	16,8	1,88
Tila-9	V10	29,5	16,9	4,25
	Tila	17,9	16	2,45

Askeläänieristeen suhteelliset kosteudet eivät olleet merkittävän korkeat.

#### 12.1.1.3 Ammoniakki- ja mikrobinäyte

Vanhan välipohjarakenteen päälle asennetusta askeläänieristeestä otettiin Tila-1:stä kahdesta kohtaa ammoniakki- mikrobinäytteet analysoitavaksi ennen valettavaa pinta-betonilaattaa. Askeläänieristeestä on leikattu kaksi 10\*10cm<sup>2</sup> palaa, jotka on toimitettu analysoitavaksi laboratorioon saman päivän aikana. Ammoniakkipitoisuusmittauksia tehtiin kaksi näytepalaa kohti. Ammoniakkinäytteet toimitettiin Työterveyslaitokselle:lle ja mikrobinäytteet MetropoliLab:lle.



## Ammoniakki

## Tulokset lähtötaso näytteistä

**Materiaalinäyte 1**

Mittauskohde:	Tila-1, rinnakkaisnäyte 1	Paino: 0,81 g
Analysointipvm:	27.12.2018	
Ilmamäärä:	137,66 dm <sup>3</sup>	
Yhdiste:	Ammoniakin bulk-emissio	Tulos: < 17 µg/m <sup>3</sup> g

Mittauskohde:	Tila-1, rinnakkaisnäyte 2	Paino: 0,86 g
Analysointipvm:	27.12.2018	
Ilmamäärä:	145,01 dm <sup>3</sup>	
Yhdiste:	Ammoniakin bulk-emissio	Tulos: < 16 µg/m <sup>3</sup> g

**Materiaalinäyte 2**

Mittauskohde:	Tila-1, rinnakkaisnäyte 3	Paino: 0,81 g
Analysointipvm:	27.12.2018	
Ilmamäärä:	147,31 dm <sup>3</sup>	
Yhdiste:	Ammoniakin bulk-emissio	Tulos: < 16 µg/m <sup>3</sup> g

Mittauskohde:	Tila-1, rinnakkaisnäyte 4	Paino: 0,93 g
Analysointipvm:	27.12.2018	
Ilmamäärä:	138,67 dm <sup>3</sup>	
Yhdiste:	Ammoniakin bulk-emissio	Tulos: < 15 µg/m <sup>3</sup> g

Mikrobi

Tulokset lähtötaso näytteistä

### **Materiaalinäyte 1**

Näyte:				23,8 g
	<b>THG</b>	<b>2 % mallas</b>	<b>DG18</b>	
Bakteeripitoisuus	alle 100			pmy/g
Aktinomykeettipitoisuus #	alle 100			pmy/g
Sieni-itiöpitoisuus		100	alle 100	pmy/g
Aspergillus versicolor #		100		%

### **Materiaalinäyte 2**

Näyte:				23,4 g
	<b>THG</b>	<b>2 % mallas</b>	<b>DG18</b>	
Bakteeripitoisuus	alle 100			pmy/g
Aktinomykeettipitoisuus #	alle 100			pmy/g
Sieni-itiöpitoisuus		100	alle 100	pmy/g

## 12.1.2 Seuranta

### 12.1.2.1 Kosteusmittaukset

Pintalaatan valun jälkeen kohteessa tehtiin joulukuu-maaliskuun aikana yhdeksällä eri kerralla kosteusmittauksia, jotka olivat pintalaatan pinta- ja näytepalamittauksia sekä askeläänieristeen hetkellisiä- ja porareikämittauksia. Pinta- ja näytepalamittauksilla on seurattu pintalaatan kuivumista valun jälkeen ja HMP42-mittapää- ja porareikämittauksilla valun aiheuttamaa eristekerroksen kastumista ja sen jälkeistä kuivumista, sekä mittaus-  
tapojen tulos eroja. Käyttämällä kahta mittaustapaa askeläänieristeen seurannassa on varmistettu mittaustuloksien saaminen, työmaaolosuhteissa porareikäputkien vaurioitumisriskin takia. Lisäksi HMP42-mittapää mittaustapaa on suosittu seurannassa nopean tuloksen saamisen takia.



Kuva 4. Kohde 1, askeläänieristeen hetkellinen mittaus.

Mittaukset on pyritty yhdistämään työmaakäynti kerralla siten, että samalla kertaa on tehty näytepalamittaukset ja askeläänieristemittauksien porareikäputkien asennukset. Seuraavalla työmaakäynnillä on tehty porareikätulosten luku ja rakenteen hetkellinen mittaus. Vaihtoehtoisesti näytepalamittaukset on tehty samalla kertaa rakenteen hetkellisen mittauksen kanssa.

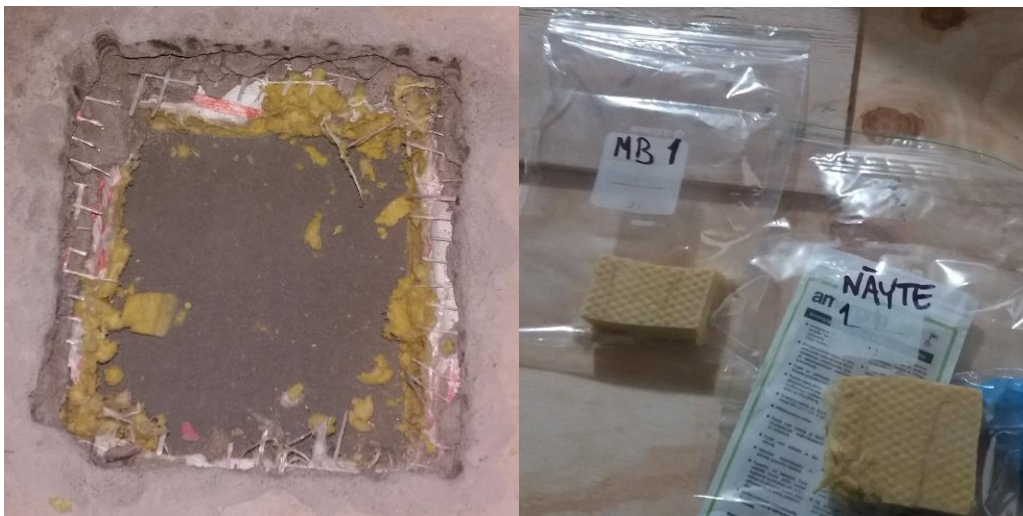
Mittauksia on tehty mahdollisuuksien mukaan. Työmaan edetessä mittauskohdat ja -alueet ovat valikoituneet alkukartoituksen ja työskentely mahdollisuuksien mukaan. Työmaan eteneminen ja muiden työskentely ovat rajoittaneet mittauksia.





Kuva 6. Pintalaatan aukaisu ja askeläänieristeen yläpuolinen tyvek-kangas.

Pintalaatan palan poistamisen jälkeen irtonainen kiviaines on poistettu tyvek-kankaan päältä imuroimalla.



Kuva 7. Kohta näytteen oton jälkeen ja materiaalinäytteet, mikrobi ja ammoniakki.

Näytteenotto on tehty samalla tavalla kuin lähtötilanteessa pintalaatan avaamisen jälkeen, paitsi ettei rinnakkaisnäytettä ole otettu ammoniakkipitoisuudenmittaukseen ja eristenäytteistä on poistettu reunoilta osat mihin poranterä on uponnut, näytteen kontaminaation estämiseksi.

### 12.1.3 Tulokset

#### 12.1.3.1 Kosteusmittaukset

##### 12.1.3.1.1 Pintalaatta

98...99 sekä 77 päivää pintalaatan valusta suhteellinen kosteus oli laskenut näytepalamittauksissa mittauskohdista pintalaatan pinnalta 40...49 % ja 25 mm syvyydeltä 59...82 %, paitsi Tila-1:n mitta-alue 2:n ja Tila-5:n ylimääräinen K29-mittauskohdasta, jotka ovat olleet peitettynä kerrokseen varastoidulla mineraalivillalla suuren osan kuivumisen seurannasta.



Kuva 8. Tila-5, märkä pintalaatta eristeiden alla.

Suhteellinen kosteus oli molemmista kohdissa 25 mm syvyydeltä yli 95 %.

#### 12.1.3.1.2 Askeläänieriste

Ensisijaisilta mittausalueilta, huonetilojen reunoilta, askeläänieristeen kosteus oli laskenut vain yhdestä huonetilasta tilasta (Tila 5) alle 70 % suhteellisen kosteuden seurannan aikana. Viimeisellä työmaakäynnillä huonetilojen keskelle tehdyissä mittauksissa tulokset olivat yli 90 % suhteellisen kosteuden, paitsi Tila 2, 69 % suhteellisella kosteudella. Tila 1:n mitta-alue 2:n ja Tila 5:n keskelle tehdyn mittauskohdan pintalaatan päälle tai viereen oli varastoitu seurannan aikana mineraalivillaa.





### 12.1.3.2 Ammoniakki- ja mikrobitulokset

#### Ammoniakki

Tulokset 89 päivää valun jälkeen otetusta näytteistä

#### **Materiaalinäyte 1**

Materiaalinäytteen ammoniakkipitoisuus on kaksin kertaistunut lähtötilanteen näytteen.

Mittauskohde:	Tila-1, näyte 1	Paino: 1,23 g
Analysointipvm:	28.3.2019	
Ilmamäärä:	139,7 dm <sup>3</sup>	
Yhdiste:	Ammoniakin bulk-emissio	Tulos: 32 µg/m <sup>3</sup> g

#### **Materiaalinäyte 2**

Materiaalinäytteen ammoniakkipitoisuus on yli viisinkertaistunut lähtötilanteen näytteestä. Näytteenottopaikan pintalaatta on ollut estynyt kuivumasta valun jälkeen kohdan päälle varastoitujen eristevillojen takia

Mittauskohde:	Tila-1, näyte 2	Paino: 1,04 g
Analysointipvm:	28.3.2019	
Ilmamäärä:	130,7 dm <sup>3</sup>	
Yhdiste:	Ammoniakin bulk-emissio	Tulos: 88 µg/m <sup>3</sup> g

#### Mikrobi

Tulokset 89 päivää valun jälkeen otetusta näytteistä

#### **Materiaalinäyte 1**

Sieni-itiöpitoisuus on noussut lähtötasosta(100/alle100) ja on 4300-4800 pmy/g. Kehittynyt lajike on *Penicillius* spp,

Näyte:				8,9 g
	<b>THG</b>	<b>2 % mallas</b>	<b>DG18</b>	
Bakteeripitoisuus	alle 100			pmy/g
Aktinomykeettipitoisuus #	alle 100			pmy/g
Sieni-itiöpitoisuus		4300	alle 4800	pmy/g
<i>Penicillium</i> spp.		100	100	%

## Materiaalinäyte 2

Sieni-itiöpitoisuus on noussut lähtötasosta(alle100/alle 100) ja on 26000-31000 pmy/g. Rakenne on tulkittavissa mikrobivaurioituneeksi. Kehittyneitä lajeja ovat *Penicillius* spp. ja *Aureobasidium* sp. Näytteenottopaikan pintalaatta on ollut estynyt kuivumasta valun jälkeen kohdan päälle varastoitujen eristevillojen takia.

Näyte:				19,7 g
	<b>THG</b>	<b>2 % mallas</b>	<b>DG18</b>	
Bakteeripitoisuus	alle 100			pmy/g
Aktinomykeettipitoisuus #	alle 100			pmy/g
Sieni-itiöpitoisuus		31000	26000	pmy/g
<i>Aureobasidium</i> sp.		24	10	%
<i>Penicillium</i> spp.		76	90	%

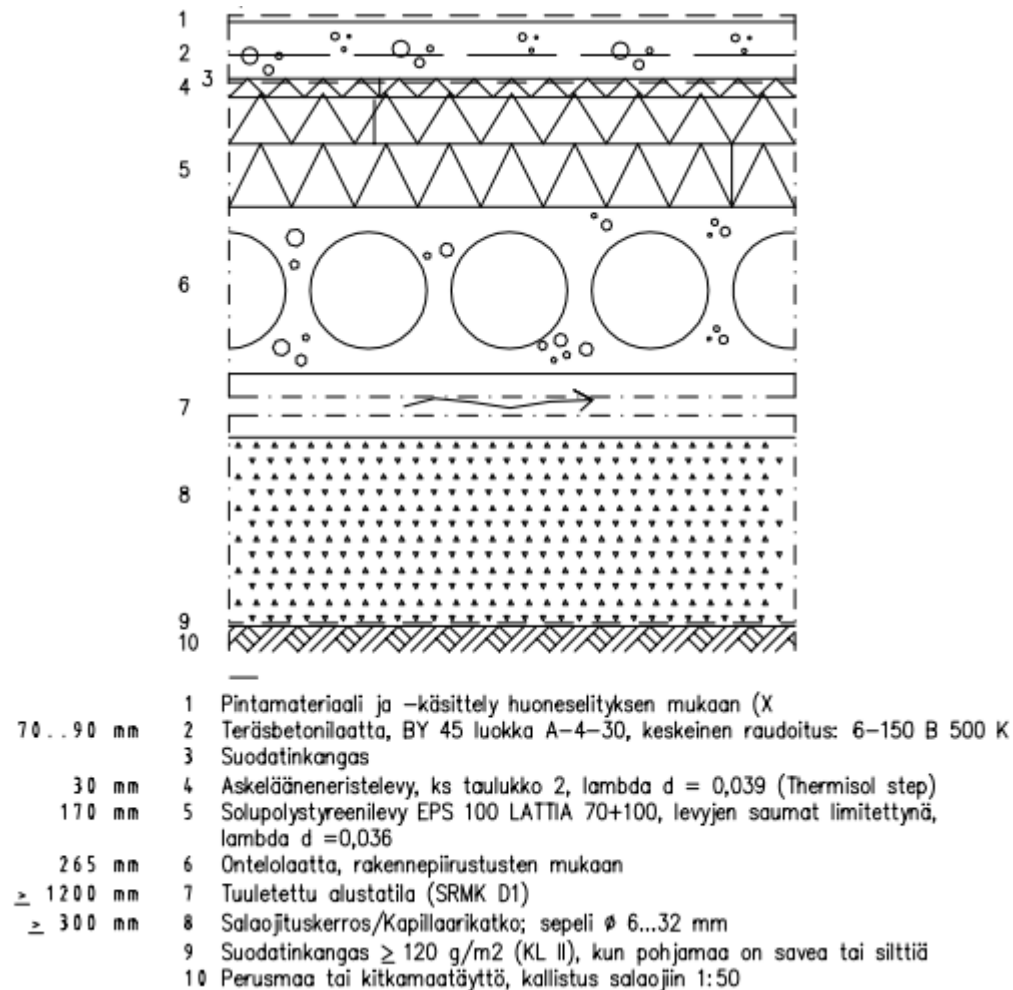
## Lajeista

Molemmista näytteistä löytynyt *Penicillius* spp.-lajike luokitellaan haitalliseksi sekä kosteusvaurion primääri-indikaattoriksi.

Näytteestä 2 löytynyt *Aureobasidium* sp. on tyypillisesti puulajeissa kehittyvä haitallinen lajike, vaikka välipohjan rakenteissa ei ole materiaalina puuta.

## 12.2 Kohde 2

Kohde on uudisrakennuskohde, joka on osa ennestään olevien 2000-luvun puolen rakennusten laajennuskokonaisuutta. Kohteessa seurattiin tammikuu-huhtikuun aikana ryömintätilallisen alapohjan kosteuskäyttäytymistä.



Kuva 14. Kohde 2, alapohja rakenne.

Alapohja on valettu kolmessa osassa noin kolmen viikon välein. Seuranta painottui kahteen jälkimmäiseen osaan.

## 12.2.1 Lähtötilanne

### 12.2.1.1 Tilojen olosuhteet

Alapohjan ylä- ja alapuolen suhteellista kosteutta ja lämpötilaa seurattiin tiloihin asennetuilla jatkuvatoimisilla mittalaite Tinytag TGP-4500 dataloggereilla. Ennen teräsbetonilaatan valua loggereita asennettiin tiloihin Tila-1, Tila-2, Tila-3, Tila-4 ja Tila-5 sekä pintavalun jälkeen alapohjan ryömintätilaan Tila-1:n ja Tila-4:n alueen sisälle.

Loggerit asetettiin tallentamaan tilan olosuhteet kolmen minuutin välein. Asennuskohdat olivat huonetilojen väliseinissä tai pilareissa 1,5 m korkeudella lattiasta.



Kuva 15. Tilan olosuhdeseuranta loggeri

Lisäksi Tila-1:n eristekerrokseen asennettiin ennen teräsbetonilaatan valua langaton mittalaite / loggeri, jolla oli tarkoitus seurata rakenteen sisällä lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Loggerin käyttö on kuitenkin epäonnistunut, loggerin rikkouduttua teräsbetonilaatan valuvaiheessa.

## 12.2.1.2 Kosteusmittaukset

### 12.2.1.2.1 Alapohjarakenne

Alapohjarakenteen ontelolaatasta mitattiin lähtötilanteen kosteuspitoisuudet näytepalamenetelmällä, ennen ontelolaatan päälle asennettavia eristekerroksia sekä päälle valettavaa teräsbetoni-laattaa.



Kuva 16. Ontelolaatan piikattu pinta näytepalamittaukseen

Näytepalamittauksia tehtiin kerroksessa viiteen eri huonetilaan.



Kuva 17. Näytepalamittaus-näyte.

Mittauskohtien valinnassa on käytetty apuna pintakosteusmittausta. Mittauskohtien näytepalojen syvyydet olivat pinta kaksi näytettä ja 20 mm kaksi näytettä.

Taulukko 5. Lähtötason kosteusmittaukset, ontelolaatta.

				RH %
Tila 1	K1	Näytepala	Pinta	68
			20 mm	83
Tila 2	K2	Näytepala	Pinta	61
			20 mm	83
Tila 3	K3	Näytepala	Pinta	67
			20 mm	82
Tila 4	K4	Näytepala	Pinta	63
			20 mm	82
Tila 5	K5	Näytepala	Pinta	66
			20 mm	78

Ontelolaatat olivat altistuneet kosteudelle ja suhteellinen kosteus oli kohonnut.

### 12.2.2 Seuranta

Teräsbetonilaatan valun jälkeen kohteessa on käyty tekemässä maaliskuun-huhtikuun aikana neljällä eri kerralla kosteusmittauksia, jotka olivat teräsbetonilaatan pinta-, pora- ja näytepalamittauksia ja eristekerroksen hetkellisiä- ja porareikämittauksia eri syvyyksistä. Pinta- ja näytepalamittauksilla on seurattu pintalaatan kuivumista valun jälkeen ja rakenteen hetkellisillä- ja porareikämittauksilla lämmöneristeen kastumista ja kuivumista, sekä mittaustapojen tuloseroja.

Lämmöneristeen mittauksessa on käytetty kahta mittaustapaa. Porareikämittausta käytettiin pidemmän mittaussyvyyden takia ja mittaustuloksien saamisen varmistamiseksi on käytetty rakenteen hetkellistä mittausta, porareikäputkien vaurioitumisriskin takia.

Mittaukset on pyritty yhdistämään työmaakäynti kerralla siten, että samalla kertaa on tehty näytepalamittaukset ja lämmöneristekerroksen porareikäputkien asennukset. Seuraavalla työmaakäynnillä on tehty porareikätulosten luku ja lämmöneristekerroksen

hetkellinen mittaus. Vaihtoehtoisesti näytepalamittaukset on tehty samalla kertaa lämmöneristekerroksen hetkellisen mittauksen kanssa.

Mittauksia on tehty mahdollisuuksien mukaan, miten se on ollut mahdollista kyseisellä työmaakäynnillä. Työmaan edetessä mittauskohdat ja -alueet ovat valikoituneet alkukartoituksen ja työskentely mahdollisuuksien mukaan. Työmaan eteneminen ja muiden työskentely ovat rajoittaneet mittauksia.

Kosteusmittauksia hankaloitti porareikämittausputkien mahdollinen vaurioituminen vaadittuna 72h tasaantumisaikana, suunnitellun mittauskohdan luokse pääsyn estyminen, työmaan alkamisen viivästyminen ja muut työmaaolosuhteiden muuttujat.

Sisätiloissa olevien loggereiden käyttö on häiriintynyt työmaaolosuhteissa ensimmäisen kolmen viikon jälkeen, kun loggereita on poistettu seinistä, eikä olosuhteista ole kunnollista tietoa.

### 12.2.3 Tulokset

#### 12.2.3.1 Teräsbetoni-laatta

##### 12.2.3.1.1 Näytepalamittaus

Suhteellinen kosteus oli laskenut 39 sekä 46 päivää teräsbetoni-laatan valusta mittauskohdista teräsbetoni-laatan pinnalta 47...63 %, 14 mm syvyydeltä 69...83 % ja 34 mm syvyydeltä 86...89 %.

##### 12.2.3.1.2 Porareikämittaus

Suhteellinen kosteus oli laskenut 40 sekä 47 päivää teräsbetoni-laatan valusta oli mittauskohdista 34 mm syvyydeltä(betoni) 78...83 %, 125 mm syvyydeltä(eriste) 88...91 % ja 215 mm syvyydeltä(eriste) 90...94 %.

### 12.2.3.2 Lämmöneriste

Suhteellinen kosteus oli laskenut 40 sekä 47 päivää teräsbetonilaatan valusta mittauskohdista 125 mm syvyydeltä 82...91 % ja 215 mm syvyydeltä 86...90 %.



Taulukko 6. Kohde 2, kosteusmittauksien tulokset.

					RH %					
Toinen valuososa 14.2.2019	Tila 6	Mitta-alue 3	Näytepala	Betoni	Pinta 14 mm	69	63			
				34 mm	87	83				
			Porareikä	Betoni	34 mm	87		83		
				Eriste	125 mm	89		87		
			HMP42	Eriste	260 mm	88		94		
				125 mm		82				
				215 mm		86				
päivää valusta päivämäärä							22	25	46	47
							8.3.2019	11.3.2019	1.4.2019	2.4.2019

					RH %					
Kolmas valuososa 21.2.2019	Tila 5	Mitta-alue 1	Näytepala	Betoni	Pinta 14 mm	49	47			
				34 mm	80	69				
			Porareikä	Betoni	34 mm	90		78		
				Eriste	125 mm	95		88		
		HMP42	Eriste	215 mm	95		90			
					125 mm		91			
				215 mm		97				
		Mitta-alue 2	Näytepala	Betoni	Pinta 14 mm	87	59			
				34 mm	93	80				
			Porareikä	Betoni	34 mm	94	89			
				Eriste	125 mm	91		83		
			HMP42	Eriste	125 mm	93		91		
				215 mm	97		88			
				125 mm		89				
				215 mm		90				
päivää valusta päivämäärä							15	18	39	40
							8.3.2019	11.3.2019	1.4.2019	2.4.2019

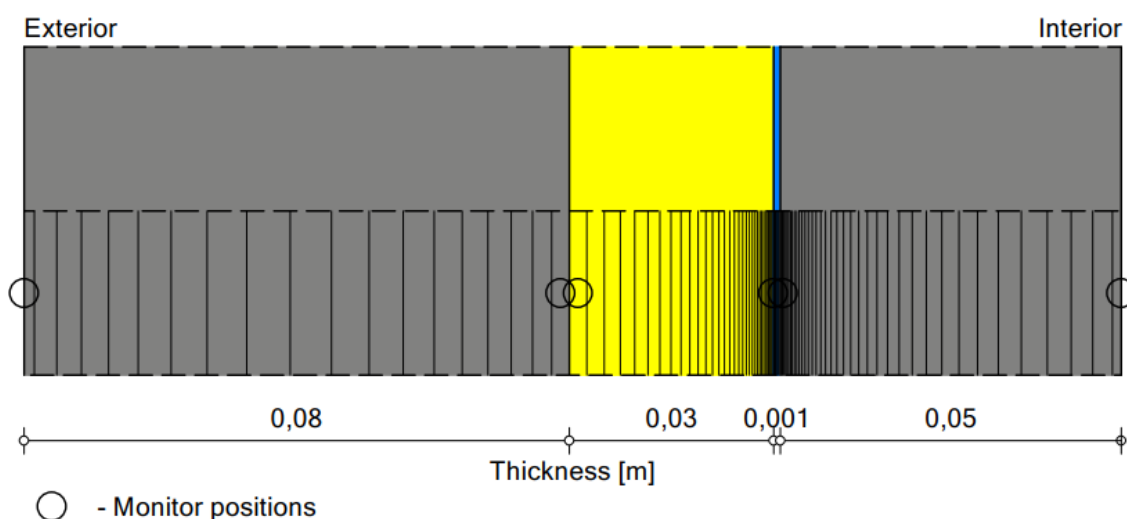
## 13 Rakenteen laskennallinen tarkastelu

### 13.1 Kohde 1

Simulointiohjelmaan on luotu kohdetta vastaava rakenne, joka on esitetty alla kuvassa. Mallin rakenteeseen on syötetty lähtötilannemittauksia vastaava arvo vanhalle kantavalle välipohjarakenteelle ja askeläänieristeelle. Simulointiohjelman rakenteen sisätilan olosuhteet on otettu kerroksen tilan olosuhde loggerien mittaustuloksista ja pidetty seurannan olosuhteiden kaltaisina.

Rakenne:

Kantava välipohjarakenne, vanha 80 mm ylälaattapalkisto  
 30 mm mineraalivilla-askelääneneriste  
 Diffuusioavoin kangas  
 50 mm pintabetonilaatta



Kuva 22. Kohde 1, Wufi-malli rakenteesta.

Simulointimalliin on asetettu kuusi lämpötila- ja kosteusmonitorointipisteitä rakennekerroksien pintojen läheisyyteen. Monitorointipisteiden sijaintien mitat ovat materiaalikerroksen vasemmalta oikealle (alhaalta ylös).

Taulukko 7. Kohde 1, monitorointipisteet

Kerros	Monitorointi kohta	Etäisyys
Exterior	1	Alapinta
Vanha rakenne	2	0,079 m
Askeläänieriste	3	0,129 m
Askeläänieriste	4	0,030 m
Pintalaatta	5	0,035 m
Interior	6	Yläpinta

Simuloinnin lähtötilanteessa vanha kantavalaatta ja askeläänieristeen kosteus on asetettu kuivaksi ja pintalaatan valmistuskosteus on asetettu 150 kg/m<sup>3</sup>. Rakenteen ylä- ja alapuolisen tilan lämpötila on asetettu 15...18 °C ja suhteellinen kosteus 30...55 %. vuoden ajasta riippuen.

Sisätilan todellinen lämpötila on työmaavaiheen jälkeen noin 20...22 °C, mikä voi aiheuttaa virhettä laskennallisen tarkastelun ja todellisen tilanteen välillä pitkällä ajanjaksolla.

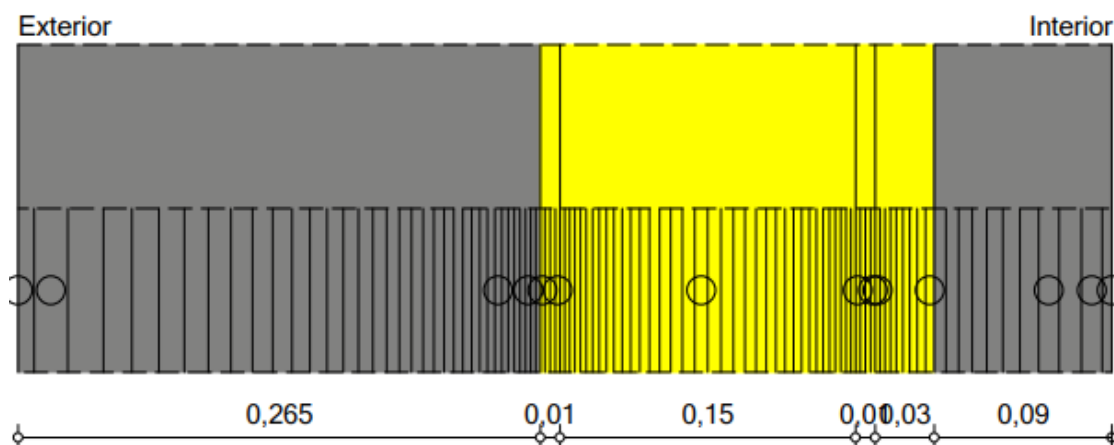
Tarkastelupisteiden lämpö- ja kosteusdata siirrettiin Suomalainen homemalli – laskentapohjaan. Rakenteelle käytettiin kahta eri homeutumisherkkyyssluokkaa: HHL3, kohtalaisen kestävä ja HHL2, herkkä. Homeutumisherkkyyssluokkavertailulla oli tarkoitus simuloida mahdollisten epäpuhtauksien, kuten sahanpurun, jäämistä rakenteeseen askelään- ja lämmöneristekerroksen asentamisen yhteydessä.

## 13.2 Kohde 2

Simulointi ohjelmaan on luotu kohdetta vastaava rakenne. Mallin rakenteeseen on syötetty lähtötilannemittauksia vastaava arvo kantavalle ontelolaatalle ja sisätilan olosuhteille.

Rakenne:

Tuulettuva ryömintätila  
 265 mm ontelolaatasto  
 170 mm XPS- lämmöneriste  
 30 mm EPS- askelääneneriste  
 90 mm pintabetonilaatta



Kuva 23. Kohde 2, Wufi-malli rakenteesta.

Simulointimalliin on asetettu 14 lämpötila- ja kosteusmonitorointipistettä. Monitorointipisteitä on ontelolaatan molempien pintojen läheisyydessä, lämmöneristeessä molempien pintojen läheisyydessä ja keskellä, askeläänieristeessä molempien pintojen läheisyydessä ja teräsbetonilaatan pinnan läheisyydessä. Monitorointipisteiden sijaintien mitat ovat materiaalikerroksen vasemmalta oikealle(alhaalta ylös).

Taulukko 8. Kohde 2, monitorointipisteet

Kerros	Monitorointi kohta	Etäisyys
Exterior	1	Alapinta
Ontelo	2	0,017 m
Ontelo	3	0,017 m
Ontelo	4	0,244 m
Ontelo	5	0,259 m
Eriste(alapinta)	6	0,002 m
Eriste(alapinta)	7	0,009 m
Eriste	8	0,072 m
Eriste(yläpinta)	9	0,002 m
Eriste(yläpinta)	10	0,009 m
EPS	11	0,002 m
EPS	12	0,028 m
TB-laatta	13	0,058 m
Interior	14	Yläpinta

Simuloinnin lähtötilanteessa kantavan ontelolaatan kosteus on asetettu  $60,49 \text{ kg/m}^3$ , lämpö- ja askeläänieriste kuivaksi ja teräsbetonilaatan valmistuskosteus  $118 \text{ kg/m}^3$ . Rakenteen yläpuolisen tilan lämpötila on asetettu noin  $17...19 \text{ °C}$  ja suhteellinen kosteus  $25...45 \text{ %}$  ja alapuolinen tila –  $17...28 \text{ °C}$  ja suhteellinen kosteus  $25...100 \text{ %}$  vuoden ajasta riippuen.

Sisätilan todellinen lämpötila on työmaavaiheen jälkeen noin 20...22 °C, mikä voi aiheuttaa virhettä laskennallisen tarkastelun ja todellisen tilanteen välillä pitkällä ajanjaksolla.

Tarkastelupisteiden lämpö- ja kosteusdata siirrettiin Suomalainen homemalli – laskentapohjaan. Rakenteelle käytettiin kahta eri homehtumisherkkyyssluokkaa: HHL3, kohtalaisen kestävä ja HHL2, herkkä. Homehtumisherkkyyssluokkavertailulla oli tarkoitus simuloida mahdollisten epäpuhtauksien, kuten sahanpurun, jäämistä rakenteeseen askelään- ja lämmöneristekerroksen asentamisen yhteydessä.

## 14 Tulokset

### 14.1 Kohde 1

Laskennallisen tarkastelun perusteella askeläänieristeen suhteellinen kosteus oli n. 160 päivän jälkeen 80 % ja n. 250 päivän jälkeen 75 %, minkä jälkeen olosuhteet eivät olisi enää mikrobikasvustolle suotuisat.

Wufi Pro 6.3-ohjelmalla tehty kuivumissimulaation tulokset olivat saman kaltaisia kosteusmittauksien kanssa, mutta tulokset olivat todellisten kosteusmittauksien tuloksia alhaisempia.

Suomalaisen homemalli – laskennassa, homehtumisherkkyyssluokka: HHL2:ssa rakenteen askeläänieristeeseen kehittyi 3 kuukauden ajan mikrobikasvustoa. Eristeen yläpinta saavuttaen homeindeksi M 1,5 – luokan ja alapinta jää alle M 1 - luokkaan. Taasautumisen jälkeen mikrobikasvusto taantuu noin 30 kuukauden ajan, kunnes saavuttaa M 0 – luokan.

Suomalaisen homemalli – laskennassa, homehtumisherkkyyssluokka HHL3:ssa rakenteeseen ei kehity mikrobikasvustoa.

### 14.2 Kohde 2

Laskennallisen tarkastelun perusteella ontelolaatan yläpuolinen lämmöneristeen alapuoli kerää kosteutta simulaation viiden vuoden aikana, ylittäen 300 päivän jälkeen 90

% suhteellisen kosteuden. Rakenteen pohjalla, ontelolaatan päällä kuivumista ei tapahtunut, jolloin lämpimillä jaksoilla rakenteessa on mikrobikasvuston kehittymiselle hyvät olosuhteet. Jos eristekerroksesta on ilmatilayhteys yläpuoliseen huonetilaan voi mikrobikasvusto aiheuttaa terveyshaittaa.

Wufi Pro 6.3-ohjelmalla tehty kuivumissimulaation tulokset olivat saman kaltaisia kosteusmittauksien kanssa, mutta tulokset olivat todellisten kosteusmittauksien tuloksia alhaisempia.

Suomalaisen homemalli – laskennassa, homehtumisherkkyysluokka: HHL2:ssa rakenteen teräsbetonilaatan alapuoliseen lämmöneristeeseen kehittyy 4...8 kuukauden ajan mikrobikasvustoa. Eristeen yläpinta saavuttaen homeindeksi M 2 – luokan ja alapinta M 3 - luokkaan. Eristeen yläpinta pysyy noin kahdeksan kuukauden ajan M 2 – luokassa, jonka jälkeen mikrobikasvusto taantuu noin 40 kuukauden ajan, kunnes saavuttaa M 0 – luokan. Eristeen alapinta pysyy noin 12 kuukauden ajan M 3 – luokassa, jonka jälkeen mikrobikasvusto taantuu noin 50 kuukauden ajan, kunnes saavuttaa M 0 – luokan. Rakenteen ontelolaatan yläpuolella olevaan lämmöneristeeseen alapintaan kehittyy 12 kuukaudessa lähes homeindeksi M 1 - luokka, noin 20 kuukaudessa M 3 – luokka, noin 28 kuukaudessa M 4 – luokka ja 60 kuukaudessa lähes M 5 – luokka.

Suomalaisen homemalli – laskennassa homehtumisherkkyysluokka HHL3:ssa rakenteen teräsbetonilaatan alapuoliseen lämmöneristeeseen kehittyy 4...9 kuukauden ajan mikrobikasvustoa. Eriste ei saavuttaen ylä- tai alapinnalta homeindeksi M 1 – luokkaa ja taantuu noin 12 kuukauden ajan, kunnes saavuttaa M 0 – luokan. Rakenteen ontelolaatan yläpuolella olevaan lämmöneristeeseen alapintaan kehittyy 31 kuukaudessa homeindeksi M 1 - luokka, noin 42 kuukaudessa M 2 – luokka ja noin 51 kuukaudessa M 3 – luokka.

## **15 Johtopäätökset**

### **15.1 Kohde 1**

Pintalaatta oli pääosin kuivunut seurannan aikana pinnalta alle 75 % ja 25 mm syvyydeltä alle 85 % suhteellisen kosteuden, poikkeuksena kaksi kohtaa, joissa kuivuminen oli estynyt.

Askeläänieriste on kastunut pintalaatan valussa. Askeläänieristeen suhteellinen kosteus ei ollut kuivanut seurannan aikana yhdestäkään mitatusta tilasta riittävän alhaiseksi, olakseen epäsuotuisa mikrobikasvuston kehittymiselle.

Laskennallisen tarkastelun mukaan askeläänieristeen suhteellinen kosteus olisi n. 160 päivän jälkeen 80 % ja n. 250 päivän jälkeen 75 %, minkä jälkeen olosuhteet eivät olisi enää mikrobikasvustolle suotuisat. Laskennallisen tarkastelun mukaan HHL2:lla rakenteeseen kehitty M – 1,5 luokan verran mikrobikasvustoa.

Seurannan lopussa askeläänieristeestä otettujen materiaalinäytteiden mikrobipitoisuus oli noussut lähtötasosta. Toisen näytteen mikrobipitoisuus oli 26000-31000 pmy/g ja rakenne on mikrobivaurioitunut.

Materiaalinäytteiden ammoniakkipitoisuudet olivat kaksin- ja nelinkertaistunut lähtötasonäytteistä. Muitakin haitallisia epäpuhtauksia on voi voinut kehittyä rakenteessa, mitä ei olla tutkittu materiaalinäytteistä.

Huomioitavaa rakenteessa on vanhan rakenteen kuivuus. Taso, minkä päälle askeläänieriste on asennettu, on kosteudeltaan ollut yleisesti kuiva ja on pystynyt ottamaan osan pintalaatan valun aiheuttamasta kosteusrasituksesta. Uudisrakennuskohteessa kantavakerros ei olisi yhtä kuiva ja askeläänieristeeseen kohdistuva kosteusrasitus olisi ollut suurempi.

## 15.2 Kohde 2

Pintalaatta suhteellinen kosteus oli seurannan lopussa pinnalta 47...63 %, 14 mm syvyydeltä 69...83 % ja 34 mm syvyydeltä 78...89 %, mittaus tavasta riippuen. Näytepalamenetelmällä lukemat olivat porareikämenetelmää korkeammat pintalaatan suhteellisen kosteuden mittauksessa.

Lämmöneristeet kastuivat teräsbetonilaatan valun seurauksena ja suhteellinen kosteus lämmöneristekerroksissa oli seurannan loppuvaiheessa mikrobikasvustolle suotuisa molemmilla mittaustavoilla molemmista syvyyksistä.

Laskennallisen tarkastelun perusteella ontelolaatan yläpuolinen lämmöneristeen alapuoli kerää kosteutta simulaation viiden vuoden aikana, ylittäen 90 % suhteellisen kosteuden. Kuivumista ei tapahdu, jolloin lämpimillä jaksoilla rakenteessa on mikrobikasvuston kehittymiselle hyvät olosuhteet. Laskennallisen tarkastelun mukaan HHL2 ja HHL3:lla rakenteeseen kehittyy M – 3...5 luokan verran mikrobikasvustoa.

Porareikämenetelmällä lukemat olivat rakenteen hetkellistä mittausmenetelmää korkeammat lämmöneristeen suhteellisen kosteuden mittauksessa.

Rakenteessa huomioitavaa on sen olevan kosteusvaurio herkkä kuivumattomuutensa takia. Etenkin jos rakenteeseen kohdistuu ylimääräistä kosteusrasitusta, joka voi päästä rakenteen sisälle.

### 15.3 Yleistä

Molempiin kohteiden rakenteisiin kohdistui kosteusmittauksien ja laskennallisen tarkastelun mukaan pintalaatan valusta riittävän suuri ja pitkäkestoinen kosteusrasitus aiheuttaakseen mikrobikasvuston ja ammoniakkin kehittymistä. Jos epäpuhtauksilla on rakenteesta ilmayhteys yläpuoliseen huonetilaan voivat epäpuhtaudet aiheuttaa terveyshaittaa. Huomioimalla rakenteen ilmatiiviyyttä ja estämällä epäpuhtauksien kulkeutuminen rakenteen sisältä huonetilaan voidaan estää sisäilmahaittojen synty. Rakenteiden ilmatiiviys voidaan todeta tutkimuksin, kuten merkkiainekokeella.

Työmaaolosuhteissa rakenteen tasolle voi jäädä rakennusmateriaalien pölyjä, jotka kasvuessaan käynnistävät mikrobikasvuston herkästi. Rakenteen tasojen puhtaudesta on huolehdittavaa ennen seuraavaan tason työvaiheeseen siirtymistä.

Työmaan kosteuden hallinnalla on huolehdittava, ettei rakenne altistu ylimääräiselle ja tarpeettomalle kosteusrasitukselle. Kuten kohde 1 pintalaatan päälle varastoitujen mineraalivillojen takia.

Laskennallisen tarkastelun tulokset olivat saman kaltaisia kosteusmittauksien kanssa, mutta tulokset olivat todellisten kosteusmittauksien tuloksia alhaisempia.



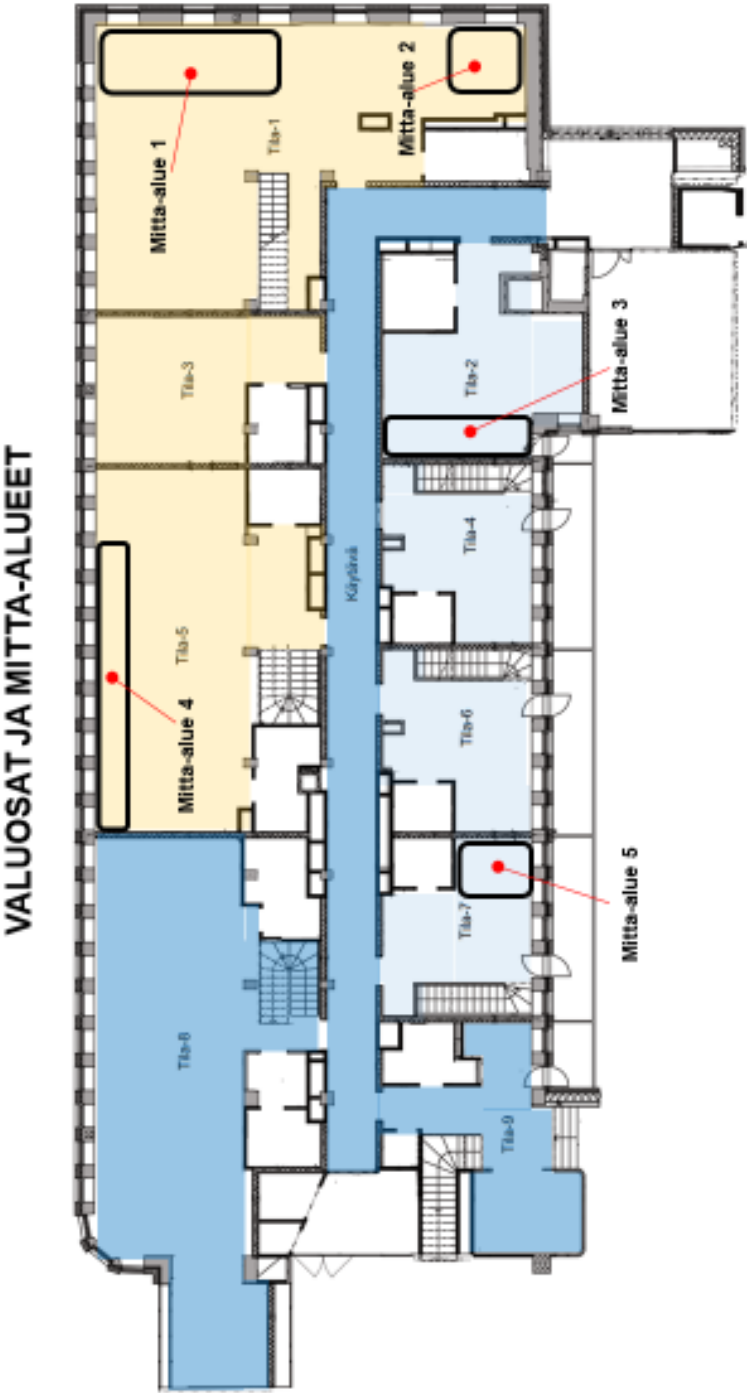
Seuranta-aika on ollut kohteissa lyhyt ja mittauksia on tehty rajallinen määrä. Materiaalinäytteitä on otettu vain toisen kohteen yhdestä tilasta.

## Lähteet

- 1 Rakennustieto Oy. 2006. Kerrostalot 1880-2000. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 2 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015.
- 3 Terveystensuojelulaki 1994/763.
- 4 Ympäristöministeriön asetusrakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017.
- 5 Suvanto, K. 2012. Tekniikan fysiikka 1, 5.painos, Helsinki: Edita Publishing Oy
- 6 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Ry. 2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Ry.
- 7 Sosiaali- ja terveysministeriö. 2009. Asumisterveysopas. 3. painos. Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohjeen soveltamisopas. Pori: Ympäristö ja Terveys-lehti
- 8 Valvira. 2016. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. Verkkoaineisto. <<https://www.valvira.fi/-/asumisterveysasetuksen-soveltamisoh-1>> Haettu: 15.4.2019
- 9 RT, 1995. RT 07-10564. RAKENNUKSEN SISÄILMASTO. RT-ohjekortti. Rakennustieto Oy.
- 10 RT, 1999. RT 05-10710. KOSTEUS RAKENNUKSISSA. RT-ohjekortti. Rakennustieto Oy.
- 11 Merikallio, T. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 12 Merikallio, T., Niemi, S. & Komonen, J. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.
- 13 RT, 2010. RT 14-10984 BETONIN SUHTEELLISEN KOSTEUDEN MITTAUS. RT ohjekortti. Rakennustieto Oy.
- 14 Swecon sisäilmaosaston ohjeistus.
- 15 Ympäristöministeriö. 2016. Ympäristöopas Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Turenki: Hansaprint Oy

- 16 RT, 2016. RT 18-11244. HAITTA-AINETUTKIMUS. RT ohjekortti. Rakennustieto Oy.
- 17 Sisäilmayhdistys Ry. Mikrobikasvuston edellytykset. Verkkoaineisto.  
<<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Mikrobit/Mikrobikasvun-edellytykset>>  
Haettu: 30.11.2019
- 18 Purus, T. 2017. Home ja terveys. 3. Painos. Pori: Suomen Ympäristön- Ja Terveysalan Kustannus Oy.
- 19 Asumisterveysasetuksen soveltamisohje osa IV
- 20 Tampereen yliopisto. Suomalainen homemalli. Verkkoaineisto.  
<<https://research.tuni.fi/rakennusfysiikka/suomalainen-homemalli/>>  
Haettu: 5.5.2020

Kohde 1, näytepalamittaus sijainnit



MERKINTÖJEN SELITYKSET:

- Ensimmäinen osa 21.12.2018
- Toinen osa 11.1.2019
- Kolmas osa 22.1.2019

<b>SWECO</b> 	Kohde 1	Näytepalamittaus	LIITE 1.1
--	---------	------------------	-----------

LÄHTÖTASOKOSTEUSMITTAUKSET 7...8.12.2018



K1, Mitta-alue 1		K2, Mitta-alue 3		K3, käytävä		K4, Mitta-alue 4		K5, Mitta-alue 2		K6, Tila-6		K7, Mitta-alue 5		K8, käytävä	
Pinta	46 %	Pinta	60 %	Pinta	37 %	Pinta	50 %	Pinta	45 %	Pinta	35 %	Pinta	44 %	Pinta	41 %
19 mm	46 %	19 mm	88 %	19 mm	40 %	19 mm	49 %	19 mm	47 %	19 mm	54 %	19 mm	56 %	19 mm	45 %
48 mm	49 %	48 mm	87 %	48 mm	40 %	48 mm	48 %	48 mm	49 %	48 mm	48 mm	48 mm	54 %	48 mm	xx %

MERKINTÖJEN SELITYKSET:

Pintakosteusmittarin näytämä laattassa alla 65

Pintakosteusmittarin näytämä laattassa yli 85

Pintakosteusmittarin näytämä laattassa 65–85

Näytelapalokosteusmittaus

Pintamittaus este

<b>SWECO</b> 		Kohde 1		LIITE 1.2	
--	--	---------	--	-----------	--

KOSTEUSMITTAUKSET 11.1.2019



Valuosa 1, 21 päivää valusta

K9, Mitta-alue 1		K10, Mitta-alue 2		K11, Mitta-alue 4	
Pinta	55 %	Pinta	69 %	Pinta	58 %
25 mm	100 %	25 mm	100 %	25 mm	100 %

MERKINTÖJEN SELITYKSET:

- Pintakosteusmittarin näytämä lattiassa alla 65
- Pintakosteusmittarin näytämä lattiassa 65–85
- Pintakosteusmittarin näytämä lattiassa 85–100
- Näytepalakosteusmittaus
- Pintamittaus este

SWECO		Kohde 1		Näytepalamittaus		LIITE 1.3	
-------	--	---------	--	------------------	--	-----------	--

# KOSTEUSMITTAUKSET 29.1.2019



Valuosa 1, 39 päivää valusta  
Valuosa 2, 18 päivää valusta  
Valuosa 3, 7 päivää valusta

K12, Mitta-alue 5		K13, Mitta-alue 1		K14, Mitta-alue 2		K15, Mitta-alue 3	
Pinta	71 %	Pinta	52 %	Pinta	49 %	Pinta	72 %
25 mm	99 %	25 mm	98 %	25 mm	99 %	25 mm	100 %

## MERKINTÖJEN SELITYKSET:

- Pintakosteusmittarin näytämä lattiassa alla 65
- Pintakosteusmittarin näytämä lattiassa yli 85
- Näytepalakosteusmittaus
- Pintamittaus este

<b>SWECO</b> 		Kohde 1	Näytepalamittaus	LIITE 1.4
--	--	---------	------------------	-----------

KOSTEUSMITTAUKSET 21.2.2019



K16, Mitta-alue 3		K17, Mitta-alue 1		K18, Mitta-alue 4		K19, Mitta-alue 5	
Pinta	39 %	Pinta	38 %	Pinta	39 %	Pinta	42 %
25 mm	91 %	25 mm	89 %	25 mm	84 %	25 mm	75 %

MERKINTÖJEN SELITYKSET:

- Pintakosteusmittarin näytämä lattiassa alla 65
- Pintakosteusmittarin näytämä lattiassa yli 85
- K Näytepalakosteusmittaus
- Pintamittaus este

SWECO		Kohde 1	Näytepalamittaus	LIITE 1.5
-------	--	---------	------------------	-----------



# KOSTEUSMITTAUKSET 14.3.2019



Valuosa 1, 84 päivää valusta  
Valuosa 2, 63 päivää valusta  
Valuosa 3, 52 päivää valusta

K20, Mitta-alue 1		K21, Mitta-alue 2		K22, Mitta-alue 4		K23, Mitta-alue 5	
Pinta	48 %	Pinta	66 %	Pinta	54 %	Pinta	56 %
25 mm	77 %	25 mm	100 %	25 mm	73 %	25 mm	67 %

## MERKINTÖJEN SELITYKSET:

- Pintakosteusmittarin näytämä lattiassa alla 65
- Pintakosteusmittarin näytämä lattiassa yli 85
- K Näytepalakosteusmittaus
- Pintamittaus este

<b>SWECO</b>		Kohde 1	Näytepalamittaus	LIITE 1.6
--------------	--	---------	------------------	-----------

# KOSTEUSMITTAUKSET 28-29.3.2019



Valuosa 1, 98 päivää valusta  
Valuosa 2, 77 päivää valusta  
Valuosa 3, 66 päivää valusta

K24, Mitta-alue 3		K25, Mitta-alue 1		K26, Mitta-alue 2		K27, Mitta-alue 4		K28, Mitta-alue 5		K29, Tila-5	
Pinta	40 %	Pinta	49 %	Pinta	51 %	Pinta	43 %	Pinta	48 %	Pinta	99 %
25 mm	59 %	25 mm	82 %	25 mm	100 %	25 mm	66 %	25 mm	69 %	25 mm	96 %

## MERKINTÖJEN SELITYKSET:

- Pintakosteusmittarin näytämä lattiassa alla 65
- Pintakosteusmittarin näytämä lattiassa yli 85
- K Näytepalakosteusmittaus
- Pintamittaus este

SWECO		Kohde 1		Näytepalamittaus		LIITE 1.7	
-------	--	---------	--	------------------	--	-----------	--

## Kohde 1, näytepalamittauksien tulokset

Kohde 1 Näytepala	Mittapiste	Mittaus- syvyys	Mittapään numero	°C	g/m <sup>3</sup>	Suhteellinen kosteus %	Suhteellinen kos- teus, keskiarvo %
7..8.12.2018							
Tila 1 Mitta-alue 1	K1	Pinta	F9	20,9	8,33	45,5	
		19 mm	F4	21	8,49	46,1	46
		19 mm	F13	21,1	8,48	45,9	
		48 mm	F3	20,8	8,49	46,8	49
		48 mm	F8	20,7	8,4	46,5	
		Tila		14,9	6,16	48,1	
Tila 2 Mitta-alue 3	K2	Pinta	F15	20,7	10,79	59,9	
		19 mm	F18	20,6	15,01	83,8	88
		19 mm	F19	20,7	16,73	92,5	
		48 mm	F6	20,9	16,07	88,2	87
		48 mm	F11	20,5	15,46	86,5	
		Tila		16,6	5,43	38,4	
Käytävä	K3	Pinta	F17	20,5	6,57	36,8	
		19 mm	F10	20,4	7,06	39,8	40
		19 mm	F7	20,3	7,08	40,1	
		48 mm	F5	20,3	7,09	40,3	40
		48 mm	F2	20,3	6,93	39,2	
		Tila		17,1	5,48	37,5	
Tila 5 Mitta-alue 4	K4	Pinta	E7	20,3	8,82	50	
		19 mm	E20	20,5	8,66	48,5	49
		19 mm	E4	20,4	8,69	49	
		48 mm	E11	20,4	8,62	48,6	48
		48 mm	E2	20,5	8,57	48	
		Tila		12,7	5,52	49,5	
Tila 1 Mitta-alue 2	K5	Pinta	E8	20,6	8,03	44,7	
		19 mm	E1	20,5	8,38	47	47
		19 mm	E18	20,7	8,55	47,5	
		48 mm	E10	20,6	8,77	48,9	49
		48 mm	E22	20,7	8,91	49,4	
		Tila		16,0	5,9	43,3	
Tila 8	K6	Pinta	D2	20,4	6,17	34,8	
		19 mm	D18	20,3	9,62	54,6	54

		19 mm	D10	20,4	9,33	52,7	
		48 mm	D21	20,3	9,37	53,2	53
		48 mm	D7	20,3	9,46	53,6	
		Tila		17,8	5,51	36,3	
Tila 7 Mitta-alue 5	K7	Pinta	D4	20,5	7,86	44,1	
		19 mm	D17	20,6	10,01	55,6	56
		19 mm	D1	20,6	10,05	55,9	
		48 mm	D22	20,7	9,68	53,7	54
		48 mm	D25	20,8	9,9	54,4	
		Tila		18,7	5,62	35,1	
Käytävä	K8	Pinta	D19	20,2	7,28	41,2	
		19 mm	D14	20,2	7,87	44,8	45
		19 mm	D13	20,2	7,77	44,3	
		48 mm	D9	x	x	x	x
		48 mm	D23	x	x	x	
		Tila		17,2	5,8	39,5	

Kohde 1 Näytepala	Valettu	Mitta- piste	Mittaus- syvyys	Mittapään numero	°C	g/m <sup>3</sup>	Suhteelli- nen kos- teus %	Suhteellinen kosteus, kes- kiarvo %
11.1.2019								
Tila 1 Mitta-alue 1	21.12.2018	K9	Pinta	G9	20,3	9,6	54,4	56
			Pinta	G10	20,0	9,8	56,7	
			25 mm	G4	20,5	19,5	100	100
			25 mm	G1	20,6	18,5	100	
			Tila		17,1	5,6	38,4	
Tila 1 Mitta-alue 2	21.12.2018	K10	Pinta	G2	20,3	12,1	68,9	69
			Pinta	G5	20,6	12,05	69,7	
			25 mm	G8	20,7	20,1	100	100
			25 mm	G3	20,6	20,5	100	
			Tila		16,2	5,5	42,3	
Tila 5 Mitta-alue 4	21.12.2018	K11	Pinta	26	20,2	10,16	57,9	58
			Pinta	27	20,3	10,34	58,7	
			25 mm	28	20,3	17,64	100	100
			25 mm	29	20,4	17,72	100	
			Tila		18,3	5,55	35,3	

Kohde 1 Näytepala	Valettu	Mittapiste	Mittaus- syvyys	Mittapään numero	°C	g/m <sup>3</sup>	Suhteelli- nen kos- teus %	Suhteelli- nen kos- teus, kes- kiarvo %
29.1.2019								
Tila 7 Mitta-alue 5	11.1.2019	K12	Pinta	25	20,4	12,42	70	71
			Pinta	26	20,4	12,79	72,1	
			25 mm	27	20,4	17,58	99,1	99
			25 mm	28	20,4	17,53	98,7	
			Tila		16,2	4,22	30,5	
Tila 1 Mitta-alue 1	21.12.2018	K13	Pinta	43	20,3	9,21	52,1	52
			Pinta	44	20,4	9,07	51,3	
			25 mm	45	20,4	17,41	98,2	98
			25 mm	46	20,4	17,49	98,5	
			Tila		12,4	4,22	38,6	
Tila 1 Mitta-alue 2	21.12.2018	K14	Pinta	31	19,6	8,28	49	49
			Pinta	32	20,3	8,79	49,8	
			25 mm	33	20,3	17,39	98,9	99
			25 mm	34	20,4	17,49	99	
			Tila		12,4	4,22	38,6	
Tila 2 Mitta-alue 3	11.1.2019	K15	Pinta	35	20,2	12,6	71,7	72
			Pinta	36	20,2	12,56	71,7	
			25 mm	47	20,3	17,65	100	100
			25 mm	48	20,3	17,67	100	
			Tila		15,7	4,22	31,4	

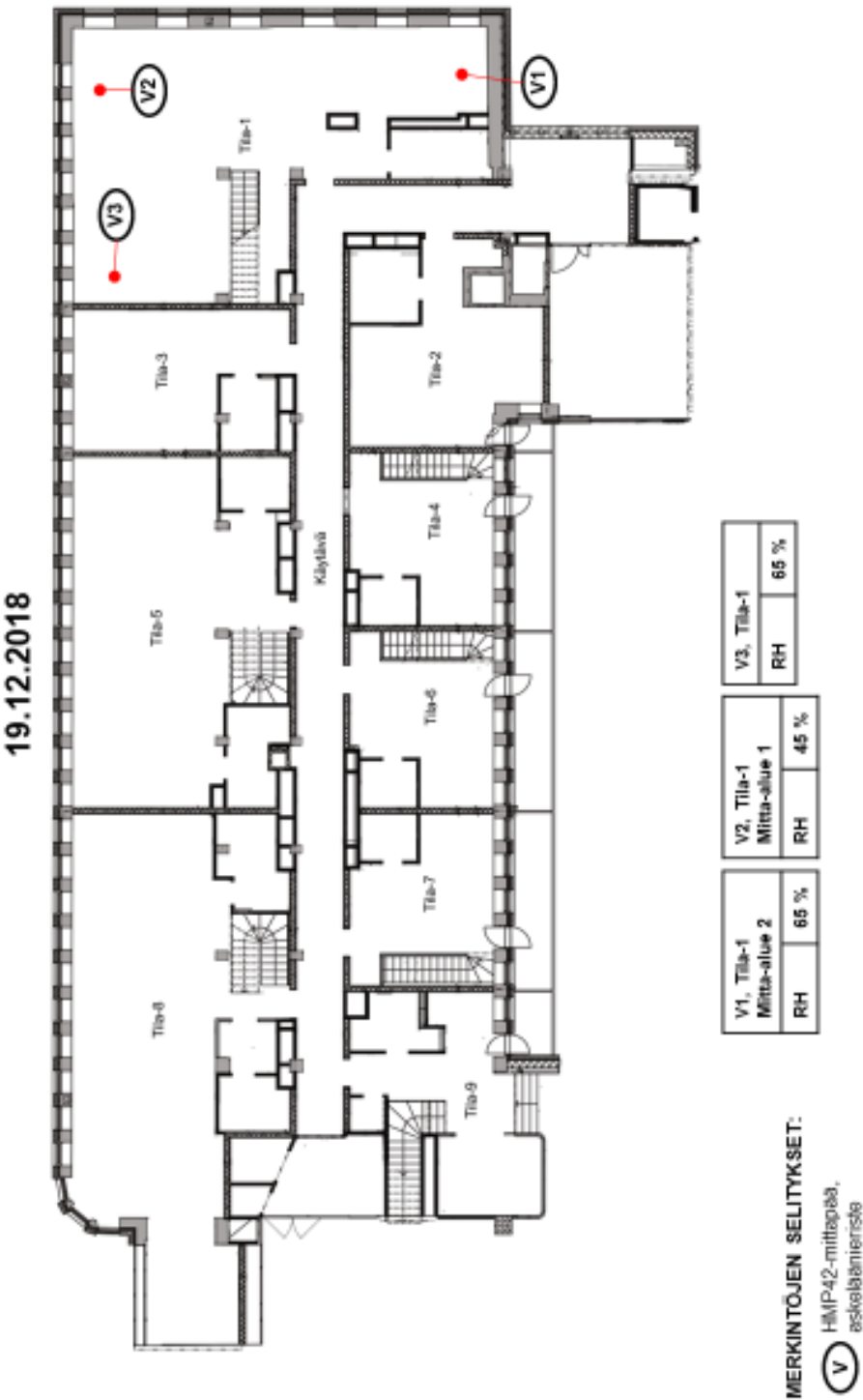
Kohde 1 Näytepala	Valettu	Mitta- piste	Mittaus- syvyys	Mittapään numero	°C	g/m <sup>3</sup>	Suhteelli- nen kosteus %	Suhteelli- nen kos- teus, kes- kiarvo %
21.2.2019								
Tila 2 Mitta-alue 3	11.1.2019	K16	Pinta	50	20,3	7,06	39,9	39
			Pinta	51	20,3	6,68	37,9	
			25 mm	52	20,3	16,02	90,6	91
			25 mm	53	20,4	16,21	91,4	
			Tila	49	13,3	2,68	23,1	
Tila 1 Mitta-alue 1	21.12.2018	K17	Pinta	43	20,5	6,72	37,7	38
			Pinta	44	20,4	6,72	37,8	
			25 mm	45	20,6	15,93	89	89
			25 mm	46	20,5	15,93	89,5	
			Tila	49	13,5	3,26	27,8	
Tila 5 Mitta-alue 4	21.12.2018	K18	Pinta	31	19,6	6,73	39,1	39
			Pinta	32	20,3	7,11	39,5	
			25 mm	33	20,3	15,37	83,9	84
			25 mm	34	20,4	15,33	84,5	
			Tila	49	9,7	2,72	29,4	
Tila 7 Mitta-alue 5	11.1.2019	K19	Pinta	35	20,2	7,34	41,9	42
			Pinta	36	20,2	7,41	42,3	
			25 mm	47	20,3	13,16	74,6	75
			25 mm	48	20,3	13,42	75,6	
			Tila	49	14,4	3	24,3	

Kohde 1 Näytepala	Valettu	Mitta- piste	Mittaus- syvyys	Mittapään numero	°C	g/m³	Suhteelli- nen kosteus %	Suhteelli- nen kos- teus, kes- kiarvo %
14.3.2019								
Tila 1 Mitta-alue 1	21.12.2018	K20	Pinta	32	20,3	8,39	47,5	48
			Pinta	33	20,4	8,47	47,9	
			25 mm	34	20,4	13,5	76,3	77
			25 mm	35	20,4	13,6	76,7	
			Tila	31	13,1	5,28	46	
Tila 1 Mitta-alue 2	21.12.2018	K21	Pinta	49	20,5	12,1	67,8	66
			Pinta	50	20,7	11,73	65	
			25 mm	51	20,7	18,02	100	100
			25 mm	52	20,6	18	100	
			Tila	31	16,1	5,38	39,1	
Tila 5 Mitta-alue 4	21.12.2018	K22	Pinta	43	20,4	9,72	54,8	54
			Pinta	44	20,5	9,66	54	
			25 mm	45	20,6	13,11	73,3	73
			25 mm	46	20,6	13,25	73,6	
			Tila	31	14,4	6,16	49,8	
Tila 7 Mitta-alue 5	11.1.2019	K23	Pinta	37	20,2	9,72	55,4	56
			Pinta	38	20,3	9,74	55,6	
			25 mm	39	20,3	11,81	67	67
			25 mm	40	20,3	11,86	67	
			Tila	31	17,7	5,93	39,2	

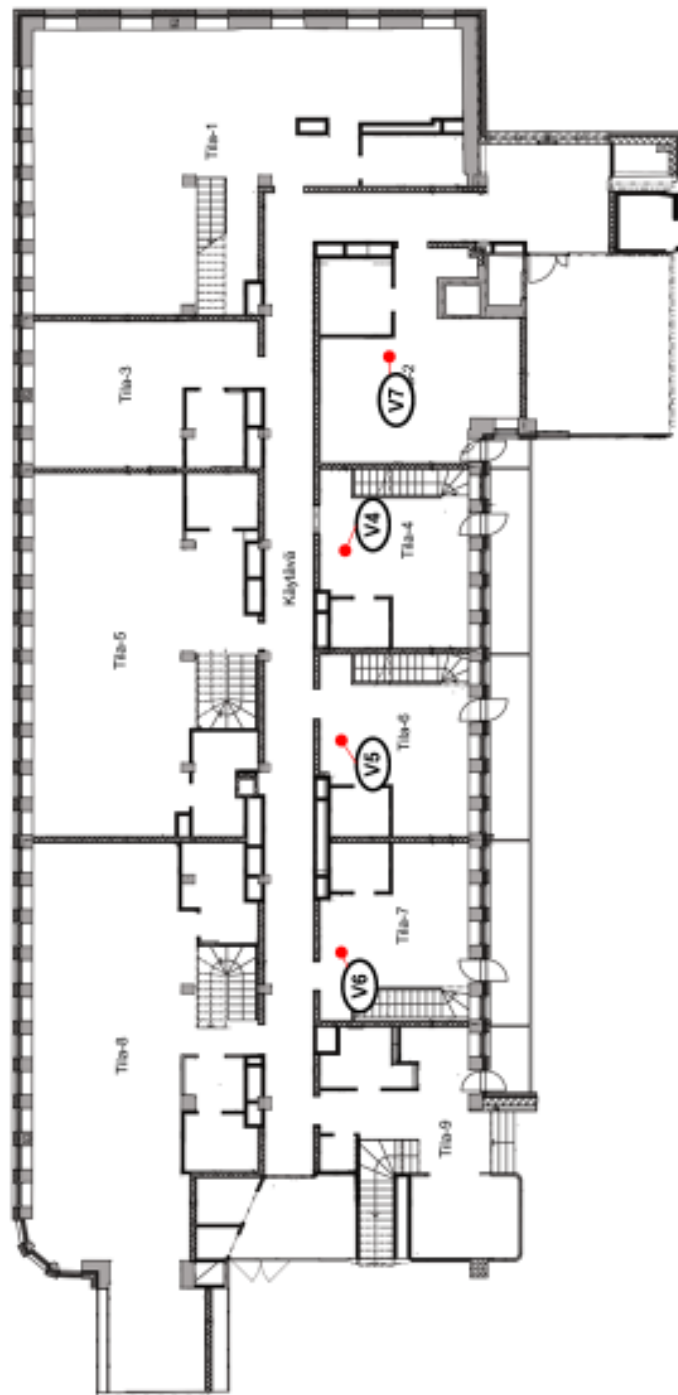
Kohde 1 Näytepala	Valettu	Mitta- piste	Mittaus- syvyys	Mittapään numero	°C	g/m <sup>3</sup>	Suhteelli- nen kos- teus %	Suhteelli- nen kos- teus, kes- kiarvo %
28...29.3.2019								
Tila 2 Mitta-alue 3	11.1.2019	K24	Pinta	32	20,3	7,07	40	40
			Pinta	33	20,3	7,13	40,4	
			25 mm	34	20,3	10,25	58,2	59
			25 mm	35	20,4	10,43	59	
			Tila	31	18,5	5,44	34,2	
Tila 1 Mitta-alue 1	21.12.2018	K25	Pinta	49	20,3	8,82	49,9	49
			Pinta	50	20,5	8,51	47,8	
			25 mm	51	20,5	14,59	81,9	82
			25 mm	52	20,5	14,68	82,3	
			Tila	31	16,1	5,55	34,2	
Tila 1 Mitta-alue 2	21.12.2018	K26	Pinta	7	20,4	10,61	59,7	61
			Pinta	38	20,5	10,97	61,5	
			25 mm	39	20,6	17,97	100	100
			25 mm	40	20,7	18,1	100	
			Tila	25	17,2	5,54	37,7	
Tila 5 Mitta-alue 4	21.12.2018	K27	Pinta	43	20,4	7,62	43	43
			Pinta	44	20,4	7,52	42,4	
			25 mm	45	20,4	11,92	67,1	66
			25 mm	46	20,5	11,76	65,8	
			Tila	25	17,6	5,39	35,7	
Tila 7 Mitta-alue 5	11.1.2019	K28	Pinta	41	20,3	8,5	48,1	48
			Pinta	42	20,3	8,38	47,5	
			25 mm	47	20,4	12,31	69,4	69
			25 mm	48	20,4	12,28	69,3	
			Tila	25	17,0	5,74	39,5	
Tila 5	21.12.2018	K29	Pinta	41	20,2	71,24	98,3	99
			Pinta	42	20,2	17,41	99,2	
			25 mm	47	20,2	16,68	94,9	96
			25 mm	48	20,3	16,95	96,2	
			Tila	25	18,2	6,71	43,1	



Kohde 1, HMP42-mittauksien sijainnit



11.1.2019



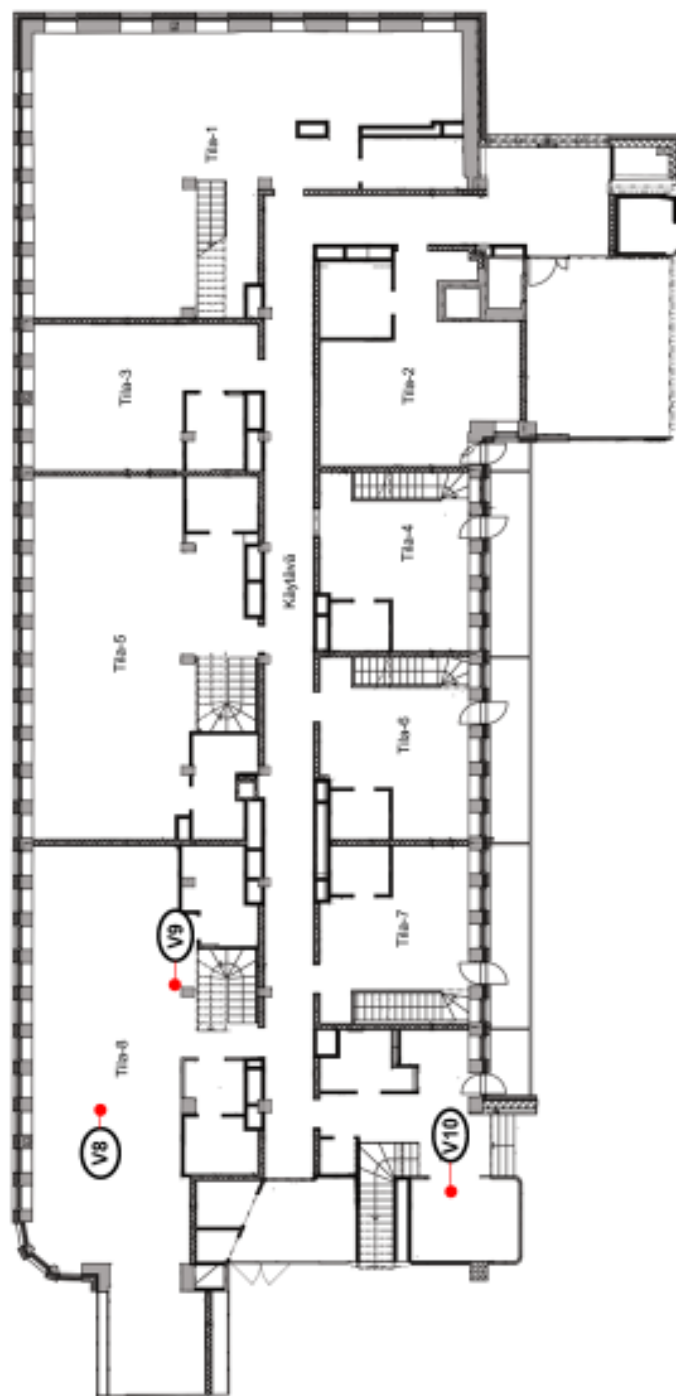
**MERKINTÖJEN SELITYKSET:**

**V** HMP42-mittapää,  
askeläänieriste

V4, Tila-4	V5, Tila-6	V6, Tila-7	V7, Tila-2
RH	RH	RH	RH
25 %	28 %	29 %	26 %

<b>SWECO</b>	<b>Kohde 1</b>	<b>HMP42-mittapää</b>	<b>LIITE 3.2</b>
--------------	----------------	-----------------------	------------------

22.1.2019



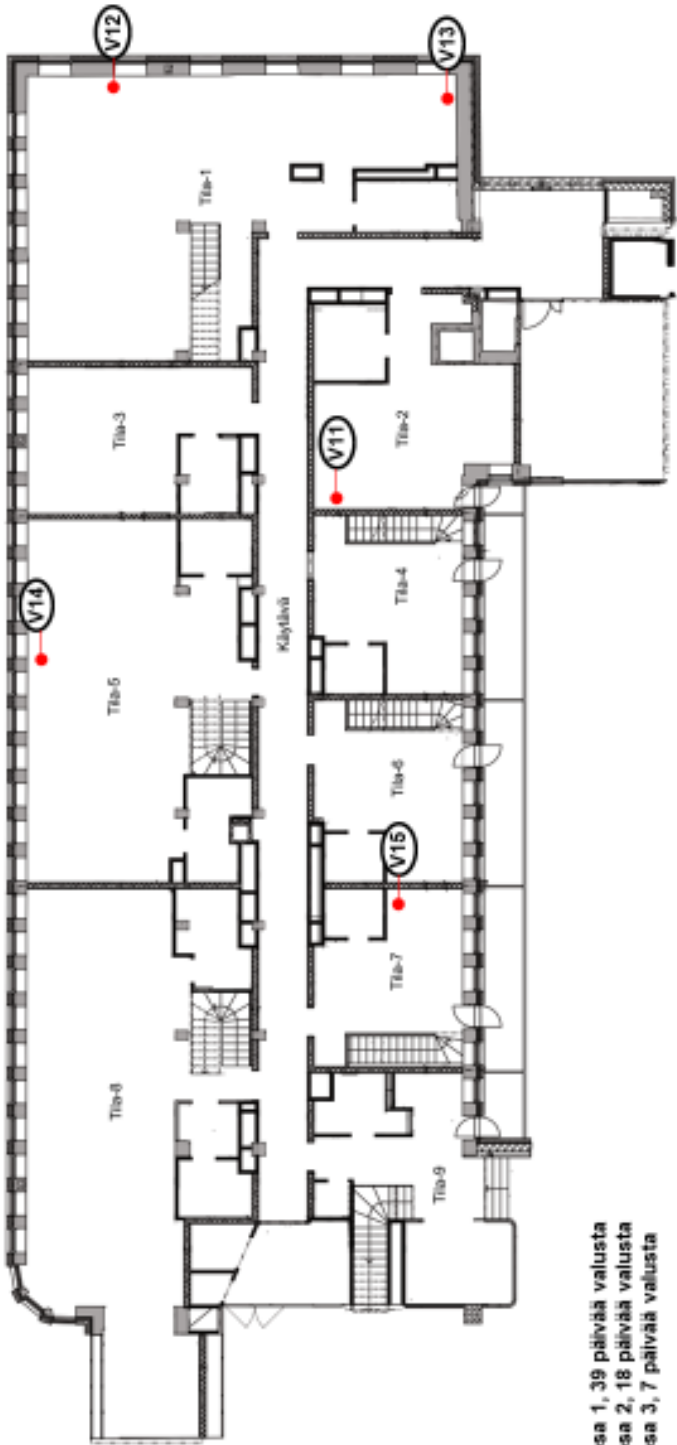
**MERKINTÖJEN SELITYKSET:**

**(V)** HMP42-mittapää,  
askelalanieriste

V8, Tila-8	V9, Tila-3	V10, Tila-10
RH	RH	RH
22 %	18 %	30 %

<b>SWECO</b>	<b>Kohde 1</b>	<b>HMP42-mittapää</b>	<b>LIITE 3.3</b>
--------------	----------------	-----------------------	------------------

29.1.2018



Valuosa 1, 39 päivää valusta  
Valuosa 2, 18 päivää valusta  
Valuosa 3, 7 päivää valusta

MERKINTÖJEN SELITYKSET:

V HMP42-mittapää,  
askeläämieriiste

V11, Tila-2, Mitta-alue 3	V12, Tila-1, Mitta-alue 1	V13, Tila-1, Mitta-alue 2	V14, Tila-5, Mitta-alue 4	V15, Tila-2, Mitta-alue 5
RH 99 %	RH 97 %	RH 93 %	RH 98 %	RH 100 %
Tasaantumisaika	Tasaantumisaika	Tasaantumisaika	Tasaantumisaika	Tasaantumisaika
Noin 6 h	Noin 5,5 h	Noin 5 h	Noin 4 h	Noin 4 h

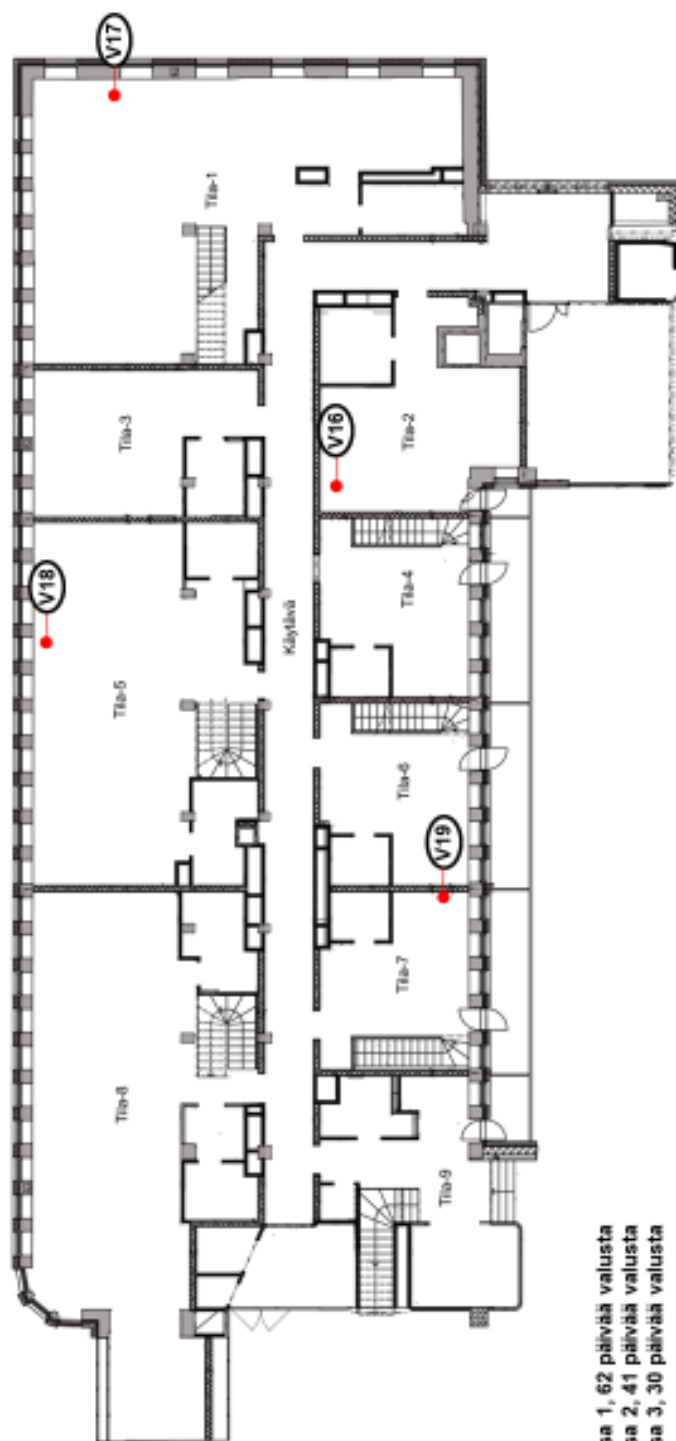
SWECO

Kohde 1

HMP42-mittapää

LIITE 3.4

21.2.2018



Valuosa 1, 62 päivää valusta  
Valuosa 2, 41 päivää valusta  
Valuosa 3, 30 päivää valusta

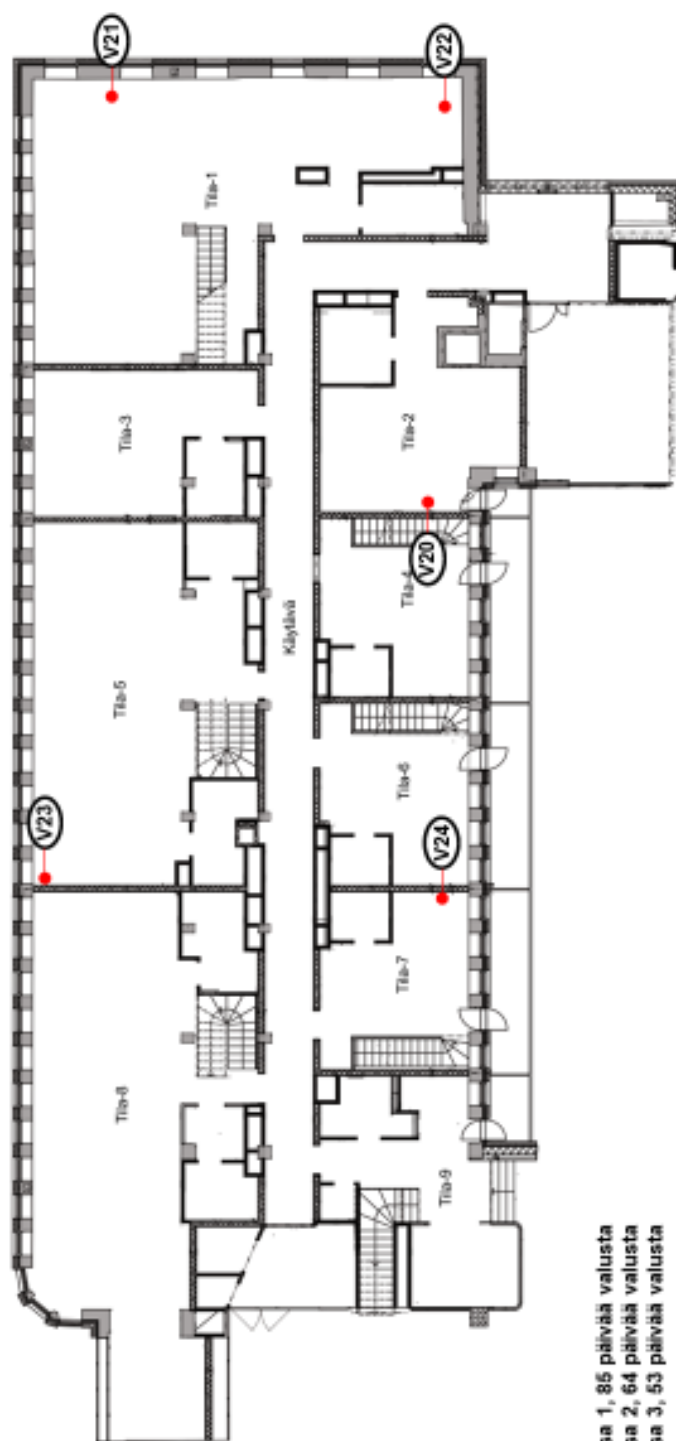
**MERKINTÖJEN SELITYKSET:**

**V** HMP42-mittapää,  
askeläänieriste

V16, Tila-2, Mitta-alue 3	V17, Tila-1, Mitta-alue 1	V18, Tila-5, Mitta-alue 4	V19, Tila-7, Mitta-alue 5
RH 98 %	RH 96 %	RH 92 %	RH 87 %
Tasaantumisaika	Tasaantumisaika	Tasaantumisaika	Tasaantumisaika
Noin 2 h	Noin 2 h	Noin 1,5 h	Noin 1 h

<b>SWECO</b>	Kohde 1	HMP42-mittapää	LIITE 3.5
--------------	---------	----------------	-----------

15.3.2019



Valuosa 1, 85 päivää valusta  
Valuosa 2, 64 päivää valusta  
Valuosa 3, 53 päivää valusta

**MERKINTÖJEN SELITYKSET:**

**V** HMP42-mittapää,  
askeläänieriste

V20, Tila-2, Mitta-alue 3	V21, Tila-1, Mitta-alue 1	V22, Tila-1, Mitta-alue 2	V23, Tila-5, Mitta-alue 4	V24, Tila-7, Mitta-alue 5
RH 90 %	RH 94 %	RH 98 %	RH 83 %	RH 73 %
Tasaantumisaika	Tasaantumisaika	Tasaantumisaika	Tasaantumisaika	Tasaantumisaika
Noin 2 h	Noin 2 h	Noin 2 h	Noin 1,5 h	Noin 1,5 h

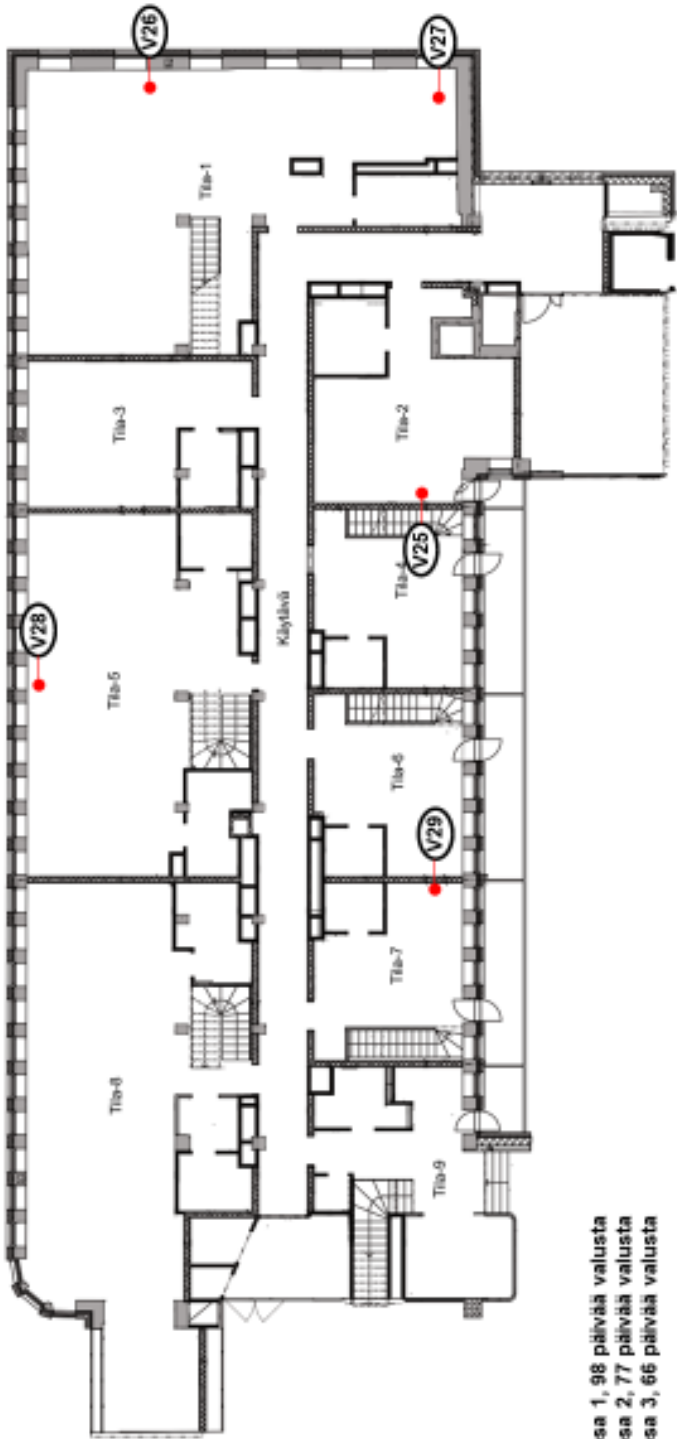
**SWECO**

Kohde 1

HMP42-mittapää

LIITE 3.6

29.3.2019



Valuosa 1, 98 päivää valusta  
Valuosa 2, 77 päivää valusta  
Valuosa 3, 66 päivää valusta

MERKINTÖJEN SELITYKSET:

V HMP42-mittapää,  
askelajänienisä

V25, Tila-2, Mitta-alue 3	V26, Tila-1, Mitta-alue 1	V27, Tila-1, Mitta-alue 2	V28, Tila-6, Mitta-alue 4	V29, Tila-7, Mitta-alue 5
RH 84 %	RH 87 %	RH 99 %	RH 67 %	RH 80 %
Tasaantumisaika	Tasaantumisaika	Tasaantumisaika	Tasaantumisaika	Tasaantumisaika
Noin 2 h	Noin 1,5 h	Noin 1,5 h	Noin 1,5 h	Noin 1,5 h

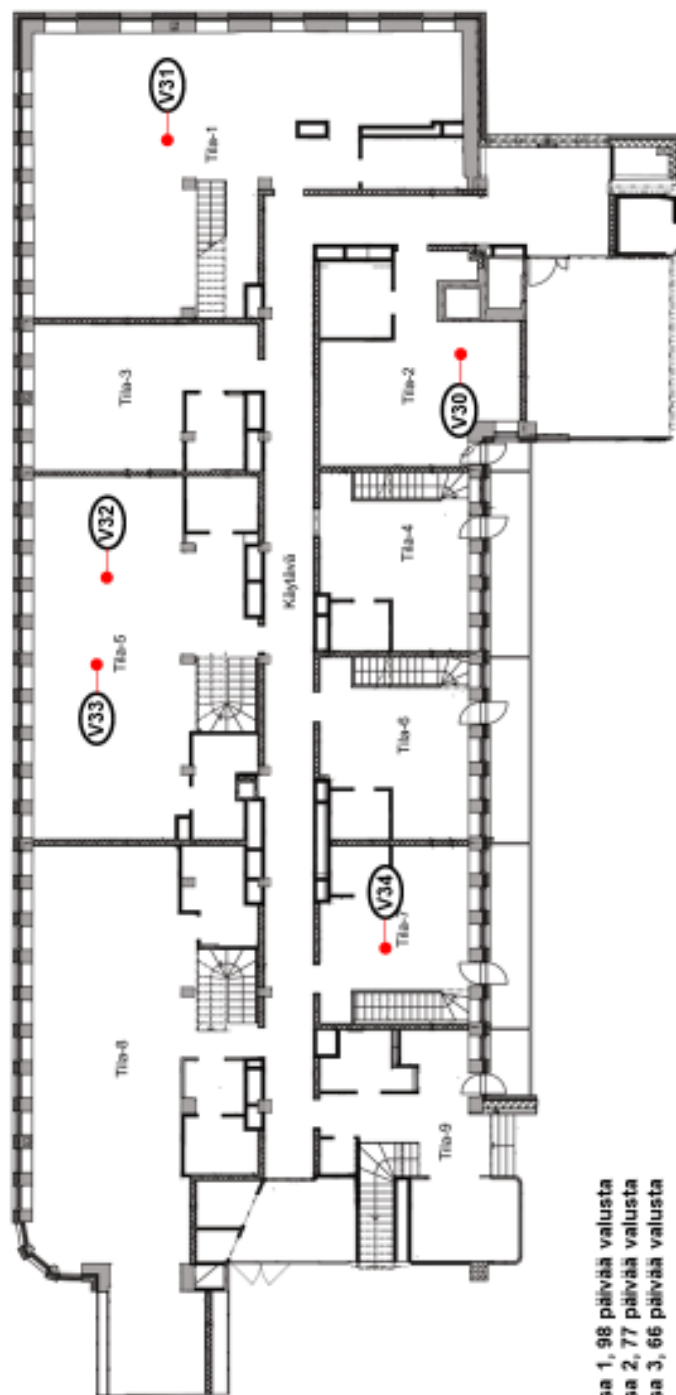
SWECO

Kohde 1

HMP42-mittapää

LIITE 3.7

29.3.2019



Valuosa 1, 98 päivää valusta  
Valuosa 2, 77 päivää valusta  
Valuosa 3, 66 päivää valusta

**MERKINTÖJEN SELITYKSET:**

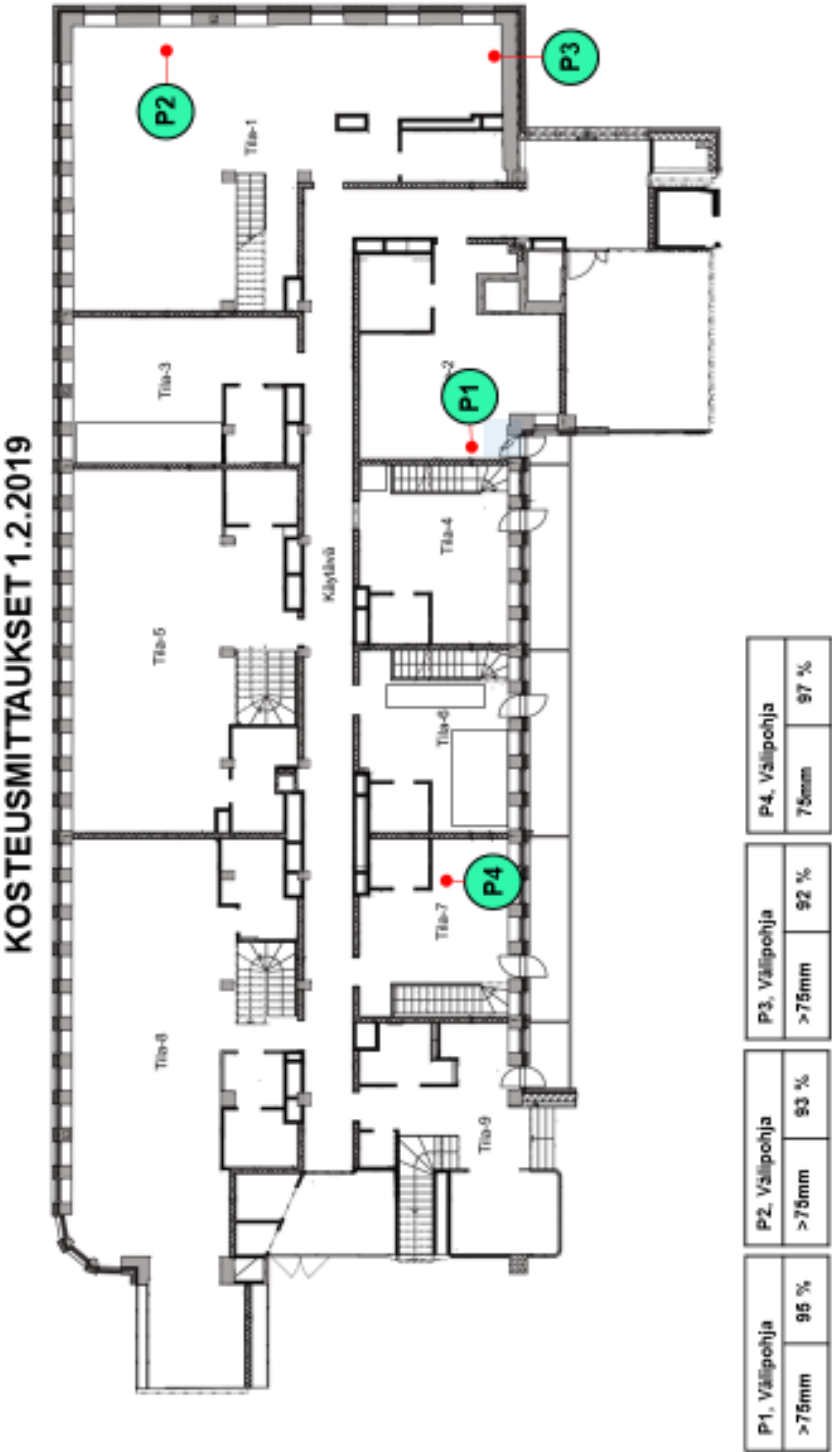
**V** HMP42-mittapää,  
askelajämieneste

V30, Tila-2	V31, Tila-7	V32, Tila-5	V33, Tila-5	V34, Tila-7
RH 69 %	RH 92 %	RH 96 %	RH 92 %	RH 93 %
Tasaantumisaika Noin 1,5 h	Tasaantumisaika Noin 0,5 h	Tasaantumisaika Noin 0,5 h	Tasaantumisaika Noin 0,5 h	Tasaantumisaika Noin 0,5 h

<b>SWECO</b>	Kohde 1	HMP42-mittapää	LIITE 3.8
--------------	---------	----------------	-----------

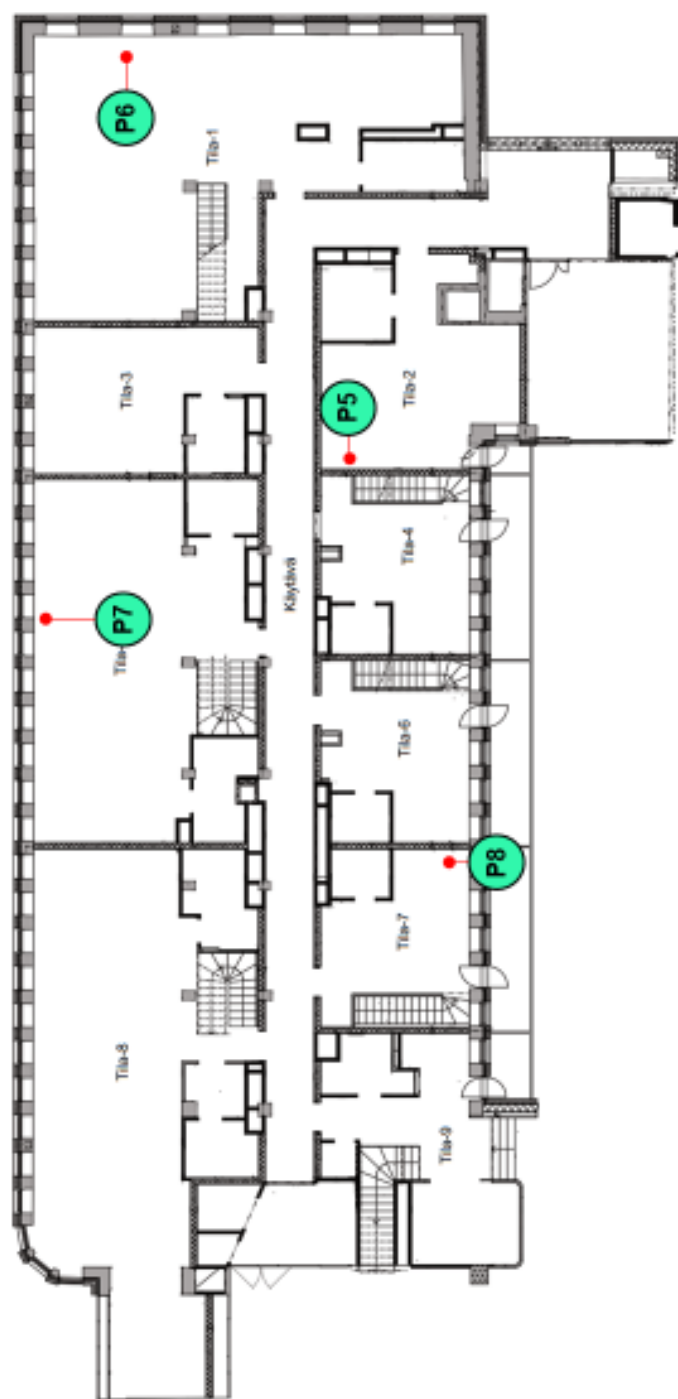


Kohde 1, porareikämittausten sijainnit



MERKINTÖJEN SELITYKSET:  
**P** PORAREIKÄKOSTEUSMITTAUS

# KOSTEUSMITTAUKSET 25.2.2019



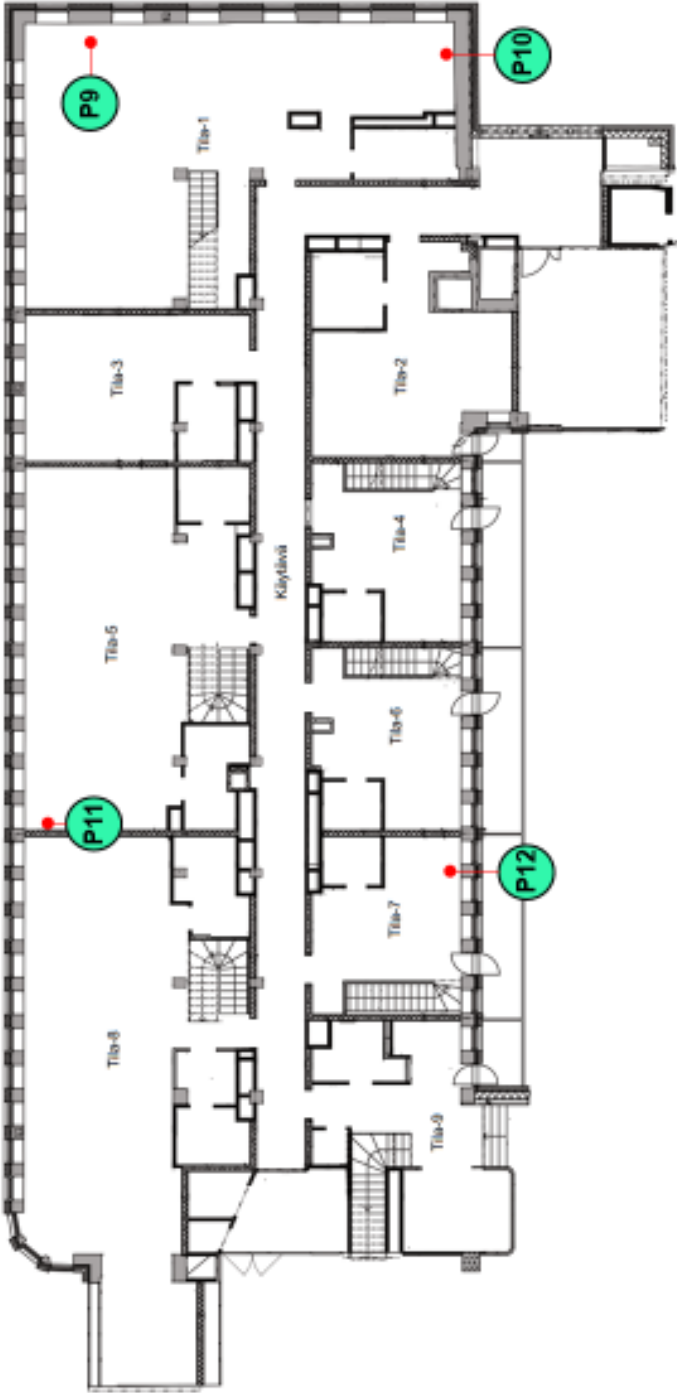
P5, Väli pohja	P6, Väli pohja	P7, Väli pohja	P8, Väli pohja
>50mm	>50mm	>50mm	>50mm
93 %	94 %	86 %	78 %

MERKINTÖJEN SELITYKSET:

**P** PORAREIKÄKOSTEUSMITTAUS

<b>SWECO</b> 	Kohde 1	Porareikä	LIITE 3.10
--	---------	-----------	------------

KOSTEUSMITTAUKSET 15.3.2019



P9, Välipehja		P10, Välipehja		P11, Välipehja		P12, Välipehja	
>50mm	91 %	>50mm	92 %	>50mm	81 %	>50mm	66 %

MERKINTÖJEN SELITYKSET:  
**P** PORAREIKÄKOSTEUSMITTAUS

<b>SWECO</b> 		Kohde 1	Porareikä	LIITE 3.11
--	--	---------	-----------	------------

**Kohde 1, HMP42- ja porareikämittauksien tulokset**

Kohde 1 HMP42	Mittapiste	Mittaus­syvyys	Mittapään numero	°C	g/m <sup>3</sup>	Suhteellinen kos- teus %
19.12.2018						
Tila 1 Mitta-alue 2	V1	Eriste Tila	K2/1	16,7	9,22	65
Tila 1 Mitta-alue 1	V2	Eriste Tila	K2/2	17,1	6,54	45
Tila 1	V3	Eriste Tila	K2/3	14,0	7,88	65

Kohde 1 HMP42	Mittapiste	Mittaus sy- vyys	Mittapään numero	°C	g/m <sup>3</sup>	Suhteellinen kosteus %
11.1.2019						
Tila 4	V4 Tila, A44	Eriste Tila	K1/1	18,9 18,6	4,08 3,87	25,2 24,3
Tila 6	V5 Tila, A46	Eriste Tila	K1/2	18,3 17,4	4,32 4,02	27,6 27
Tila 7	V6 Tila, A47	Eriste Tila	K1/3	18,3 17,4	4,52 4,32	28,8 29,2
Tila 2	V7 Tila, A49	Eriste Tila	K1/1	19,4 18,1	4,26 4,19	25,5 27,1

Kohde 1 HMP40, Pora	Valettu	Mitta- piste	Mittaus- syvyys	Mittapään numero	°C	g/m <sup>3</sup>	RH %	Tasaantumis- aika
29.1.2019 HMP40 1.2.2019 Pora								
Tila 2 Mitta-alue 3	11.1.2019	V11 P1 Tila, 49	> 50mm > 50mm Tila	K4/2 19 K4/1	15,7 17,0 15,7	13,23 13,82 4,47	98,5 95,0 33,4	Noin 6 h 1 h
Tila 1 Mitta-alue 1	21.12.2019	V12 P2 Tila, A50	> 50mm > 50mm Tila	K2/2 20 K4/1	12,0 12,5 12,1	10,39 10,26 4,11	97,4 92,9 38,3	Noin 5,5 h 1 h
Tila 1 Mitta-alue 2	21.12.2019	V13 P3 Tila, A50	> 50mm > 50mm Tila	K1/1 21 K4/1	14,6 12,8 12,1	11,68 10,37 4,11	93,2 92,3 38,3	Noin 5 h 1 h

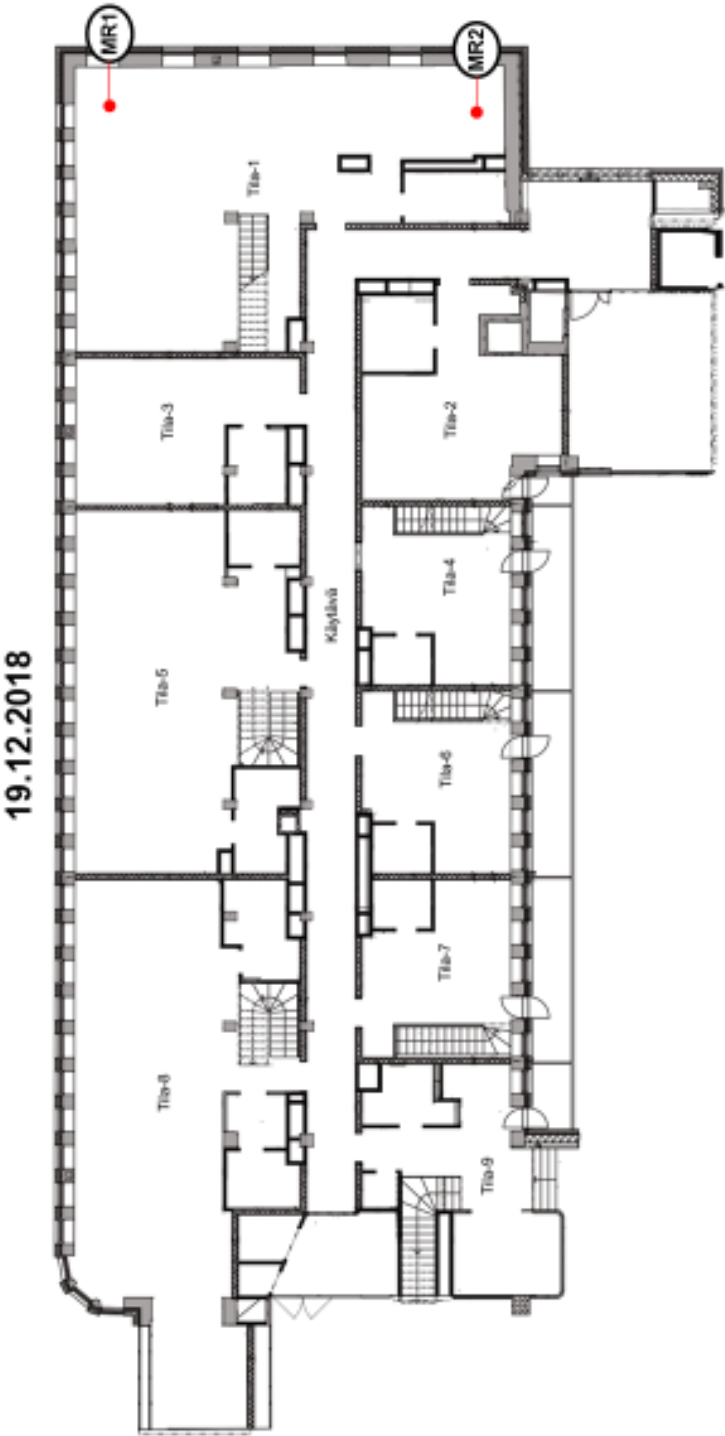
Tila 5 Mitta-alue 4	11.1.2019	V14 Tila, A45	> 50mm  Tila	K4/3  K4/1	14,4 14,9	12,17 4,46	98,3 36,2	Noin 4 h
Tila 7 Mitta-alue 5	21.12.2019	V15 P4 Tila, A44	> 50mm > 50mm Tila	K1/3 23 K4/1	15,3 18,4 16,1	13,08 15,25 4,24	100,0 96,6 30,9	Noin 4 h 1 h

Kohde 1 HMP40, Pora	Valettu	Mitta- piste	Mittaus- syvyys	Mittapään numero	°C	g/m <sup>3</sup>	RH %	Keskiarvo RH%	Tasaantu- misaika
21.2.2019 Viilto 25.2.2019 Pora									
Tila 2 Mitta-alue 3	11.1.2019	V16 P5 P5 Tila, A49	> 50mm > 50mm > 50mm Tila	K4/1 50 51 K4/2	14,1 16,8 16,8 18,3	11,87 13,42 13,27 5,00	97,7 93,6 92,6 31,8	93,1	Noin 2 h Noin 1 h Noin 1 h
Tila 1 Mitta-alue 1	21.12.2019	V17 P6 P6 Tila, A50	> 50mm > 50mm > 50mm Tila	K4/1 52 53 K4/2	13,7 15 14,8 15,9	11,95 11,97 12,15 5,12	96,2 93,2 95,6 37,6	94,4	Noin 2 h Noin 1 h Noin 1 h
Tila 5 Mitta-alue 4	21.12.2019	V18 P7 P7 Tila, A45	> 50mm > 50mm > 50mm Tila	K3/3 54 49 K3/1	8,3 11,6 11,5 13,7	7,75 9,00 8,97 4,78	91,9 86,1 86,4 40,1	86,3	Noin 1,5 h Noin 1 h Noin 1 h
Tila 7 Mitta-alue 5	11.12.2019	V19 P8 P8 Tila, A44	> 50mm > 50mm > 50mm Tila	K4/1 44 45 K4/2	13,3 16 16,3 18,7	10,06 10,24 11,16 4,83	86,9 75 80,4 30,1	77,7	Noin 1 h Noin 1 h Noin 1 h

Kohde 1 HMP40, Pora	Valettu	Mitta- piste	Mittaus- syvyys	Mittapään numero	°C	g/m <sup>3</sup>	RH %	Kes- kiarvo RH%	Tasaantu- misaika
15.3.2019									
Tila 2 Mitta-alue 3	11.1.2019	V20 Tila, A49	> 50mm Tila	K1/1 K1/1	17,6 19,3	13,59 6,65	90,4 40,1		Noin 2 h
Tila 1 Mitta-alue 1	21.12.2019	V21 P9 P9 Tila, A50	> 50mm > 50mm > 50mm Tila	K1/3 32 33 K1/3	18,3 15,0 15,1 14,5	11,9 11,88 11,67 6,66	93,9 92,2 90,2 53,3	91	Noin 2 h Noin 1 h Noin 1 h
Tila 1 Mitta-alue 2	21.12.2019	V22 P10 P10 Tila, A50	> 50mm > 50mm > 50mm Tila	K1/2 34 35 K1/3	15,1 14,6 14,6 15,4	12,61 11,31 11,78 6,72	97,3 90,1 93,8 51,1	92	Noin 2 h Noin 1 h Noin 1 h
Tila 5 Mitta-alue 4	21.12.2019	V23 P11 P11 Tila, A45	> 50mm > 50mm > 50mm Tila	K2/1 38 39 K2/1	8,3 15,3 15,4 15,8	10,8 10,63 10,56 6,65	83,4 81,1 80,1 49,2	81	Noin 1,5 h Noin 1 h Noin 1 h
Tila 7 Mitta-alue 5	11.12.2019	V24 P12 P12 Tila, A44	> 50mm > 50mm > 50mm Tila	K2/2 40 41 K2/2	13,3 17,2 17,1 18,3	10,29 9,8 9,61 6,26	72,6 66,9 66 40	66	Noin 1 h Noin 1 h Noin 1 h

Kohde 1 HMP42	Valettu	Mitta- piste	Mitta- pään nu- mero	Mittaus- syvyys	°C	g/m³	RH %	Tasaantumis- aika
29.3.2019								
Tila 5 Mitta-alue 4	21.12.2018	V28	K1/1	> 50mm	16,3	11,13	80	1, 5 h
Tila 5		V32	K1/1	> 50mm	16,6	13,58	95,7	0,5 h
		V33	K1/3	> 50mm	16,9	13,32	92,4	0,5 h
		Tila, A45	K2/1	Tila	17,4	6,65	44,8	2 h
Tila 1 Mitta-alue 1	21.12.2018	V26	K2/3	> 50mm	17,1	12,76	87,3	1, 5 h
Tila 1 Mitta-alue 2		V27	K1/2	> 50mm	16,6	14,04	98,9	0,5 h
Tila 1		V31	K1/1	> 50mm	17,7	13,76	91,9	0,5 h
		Tila, A50	K2/1	Tila	17,7	6,28	41,5	1, 5 h
Tila 7 Mitta-alue 5	11.1.2019	V29	K2/2	> 50mm	16,8	9,61	67,2	1, 5 h
Tila 7		V34	K2/1	> 50mm	17,3	13,7	93	0,5 h
		Tila, A44	K2/1	Tila	18,1	6,17	39,8	1, 5 h
Tila 2 Mitta-alue 3	11.1.2019	V25	K1/3	> 50mm	18,8	13,63	84,2	2 h
Tila 2		V30	K1/1	> 50mm	19,5	11,63	68,9	1,5 h
		Tila, A49	K2/1	Tila	19,1	6,83	41,7	2 h

Kohde 1, materiaalinäytteiden sijainnit

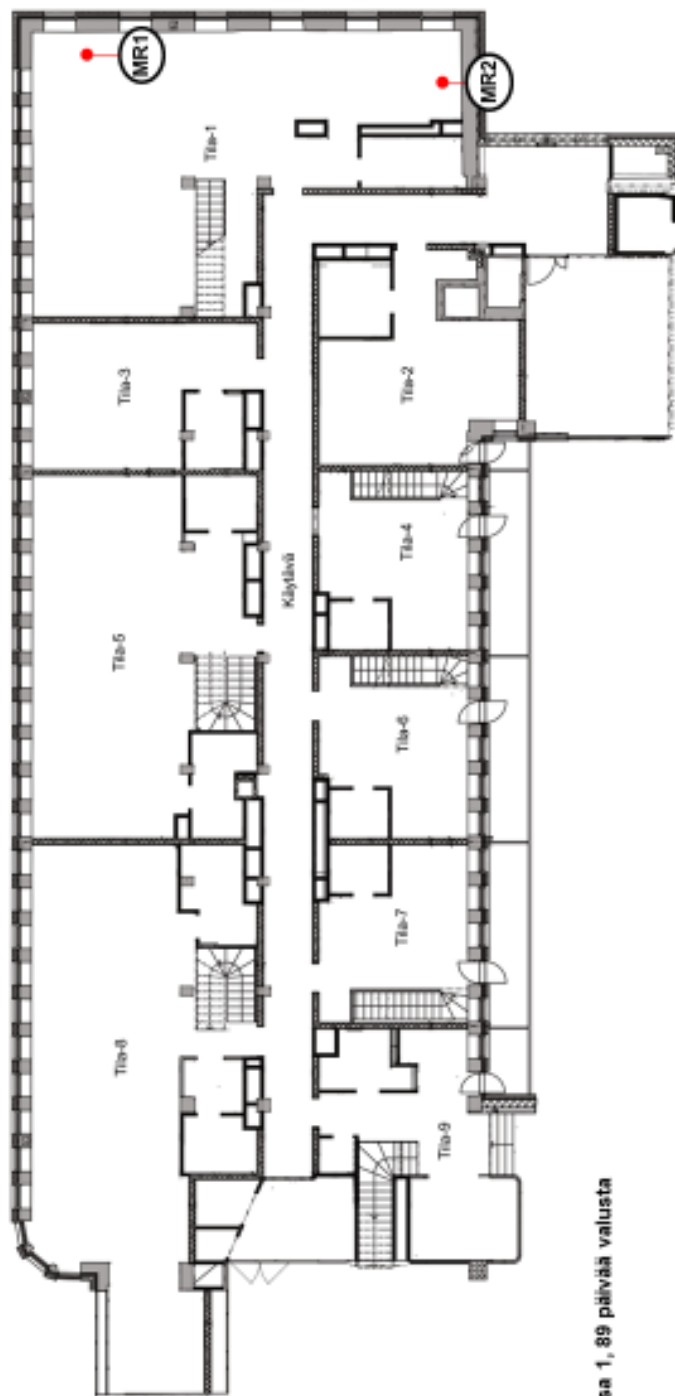


MERKINTÖJEN SELITYKSET:  
**MR** Materiaalinäyte

<b>SWECO</b> 	Kohde 1	Materiaalinäyte	LIITE 5.1



20.3.2018



Valuosa 1, 89 pölvää valusta

MERKINTÖJEN SELITYKSET:

(MR) Materiaalinäyte

SWECO	Kohde 1	Materiaalinäyte	LIITE 5.2
-------	---------	-----------------	-----------

**Kohde 1, materiaalinäytteiden ammoniakkitulokset****Työterveyslaitos**

ANALYYSIVASTAUS

Tilaus:

14.01.2019

1 (3)

Sweco Asiantuntijapalvelut Oy  
Matti Reijonen  
Ilmalanportti 2  
00240 HELSINKI



**FINAS**  
Finnish Accreditation Service  
T013 (EN ISO/IEC 17025)

**Ammoniakkianalyysi materiaalinäytteestä**

Asiakasviite:	Opinnäytetyö
Analyysin kuvaus:	Ammoniakin bulk-emissio mikrokammiolla,
Tulopvm.:	19.12.2018
Käsittelijä(t):	Laura Harvilahti, Hanna Hovi

**Analyysintimenetelmä**

Näytteiden ammoniakkiemissio tutkittiin mikrokammiolaitteella Micro-Chamber/Thermal Extractor,  $\mu$ CTE. Materiaalinäyte pidettiin kammiassa vuorokauden, jonka jälkeen ammoniakki kerättiin rikkipapolla käsiteltynä aktiivihilleen läpivirtausmenetelmällä. Keräysaika on 24 tuntia. Kerätty ammoniakki analysoitiin ionikromatografisesti johtokykydetektoria käyttäen työohjeen AR1204-TY-015 mukaan. Analyysimenetelmä kuuluu akkreditoinnin piiriin.

Tulokset on ilmoitettu mikrogrammoina näytegrammaa, mikrogrammoina neliometriä tai mikrogrammaa kuutiometrissä näytegrammaa kohti ( $\mu\text{g/g}$ ,  $\mu\text{g/m}^2$  tai  $\mu\text{g/m}^3\text{g}$ ). Menetelmän määrittäjä on 2  $\mu\text{g}$ /näyte ja analyysivaiheen kokonaismittausepävarmuus on määrittäjärajapitoisuuden tasolla ilman näytteenottoa 27 %.

## TYÖTERVEYSLAITOS

## ANALYYSIVASTAUS

2 (3)

Tilaus:  
14.01.2019

CK18-05174-1

Mittauspaikka: välipohja, mineraalivilla  
Mittauskohde: rinnakkaisnäyte 1 P: 0,81 g  
Analysointipvm.: 27.12.2018/LHA5  
Ilmamäärä: 137,66 dm<sup>3</sup>

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
Ammoniakin bulk-emissio	< 17	µg/m <sup>3</sup> g

CK18-05174-2

Mittauspaikka: välipohja, mineraalivilla  
Mittauskohde: rinnakkaisnäyte 2 P: 0,86 g  
Analysointipvm.: 27.12.2018/LHA5  
Ilmamäärä: 145,01 dm<sup>3</sup>

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
Ammoniakin bulk-emissio	< 16	µg/m <sup>3</sup> g

CK18-05174-3

Mittauspaikka: välipohja, mineraalivilla  
Mittauskohde: rinnakkaisnäyte 3 P: 0,81 g  
Analysointipvm.: 27.12.2018/LHA5  
Ilmamäärä: 147,31 dm<sup>3</sup>

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
Ammoniakin bulk-emissio	< 16	µg/m <sup>3</sup> g

CK18-05174-4

Mittauspaikka: välipohja, mineraalivilla  
Mittauskohde: rinnakkaisnäyte 4 P: 0,93 g  
Analysointipvm.: 27.12.2018/LHA5  
Ilmamäärä: 138,67 dm<sup>3</sup>

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
Ammoniakin bulk-emissio	< 15	µg/m <sup>3</sup> g

Työterveyslaitos

PL 40, 00032 TYÖTERVEYSLAITOS, puh. 030 4741, Y-tunnus 0220266-9, www.ttl.fi, etunimi.sukunimi@ttl.fi

TYÖTERVEYSLAITOS

ANALYYSIVASTAUS

3 (3)

Tilaus:  
14.01.2019

Työterveyslaitos Laboratoriotoiminta on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T013 , SFS-EN ISO/IEC 17025.  
Näytteenottoa ei ole akkreditoitu.

Työympäristölaboratoriot



Katri Leino  
asiantuntija  
Helsinki



Laura Harvilahti  
laboratorioanalyttikko  
Helsinki

Tämän lausunnon osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen antaman kirjallisen luvan perusteella.



1 (2)

## ANALYYSIVASTAUS

Tilaus:  
28.03.2019Sweco Asiantuntijapalvelut Oy  
Matti Reijonen  
Ilmalanportti 2  
00240 HELSINKI

## Ammoniakkianalyysi materiaalinäytteestä

Asiakasviite:	Opinnäytetyö
Näytteen kerääjät:	Matti Reijonen
Analyysin kuvaus:	Ammoniakin bulk-emissio mikrokammioilla,
Tulopvm.:	20.03.2019
Käsittelijä(t):	Katri Leino, Hanna Hovi

## Analysointimenetelmä

Näytteiden ammoniakkeiemissio tutkittiin mikrokammioilaitteella Micro-Chamber/Thermal Extractor,  $\mu$ CTE. Materiaalinäytettä punnittiin kammioon, jonka jälkeen emissionäytettä kerättiin rikkihapolla käsiteltyyn aktiivihilleen läpivirtausmenetelmällä noin 24 tunnin ajan. Keräimeen adsorboitunut ammoniakki analysoitiin ionikromatografisesti johtokykydetektoria käyttäen työhöjeen KEMIA-TY-015 mukaisesti. Analyysimenetelmä kuuluu akkreditoinnin piiriin.

Tulokset on ilmoitettu mikrogrammoina näytegrammaa kohti ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$ ). Menetelmän määrittäysraja on  $2 \mu\text{g}/\text{näyte}$  ja analyysivaiheen kokonaismittausepävarmuus on määrittäysrajapitoisuuden tasolla ilman näytteenottoa 27 %.

TYÖTERVEYSLAITOS

ANALYYSIVASTAUS

2 (2)

Tilaus:  
28.03.2019

CK19-01164-1

Mittauspaikka: välipohja  
Mittauskohde: Näyte 1, mineraalivilla, P: 1,23 g  
Analysointipvm.: 28.03.2019/KHAR  
Ilmamäärä: 139,7 dm<sup>3</sup>

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
Ammoniakin bulk-emissio	32	µg/m <sup>3</sup> g

CK19-01164-2

Mittauspaikka: välipohja  
Mittauskohde: Näyte 2, mineraalivilla, P: 1,04 g  
Analysointipvm.: 28.03.2019/KHAR  
Ilmamäärä: 130,7 dm<sup>3</sup>

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
Ammoniakin bulk-emissio	88	µg/m <sup>3</sup> g

Työterveyslaitos Laboratoriotointinta on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T013, SFS-EN ISO/IEC 17025. Näytteenottoa ei ole akkreditoitu.

Työympäristölaboratoriot



Katri Leino  
asiantuntija  
Helsinki

Tämän lausunnon osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen antaman kirjallisen luvan perusteella.

## Kohde 1, materiaalinäytteiden mikrobi tulokset



TESTAUSSELOSTE 2018-

1(2)  
03.01.2019

Tilaaja

Sweco Asiantuntijapalvelut Oy  
Reijonen Matti

Maksaja

Sweco Asiantuntijapalvelut Oy

Ilmalanportti 2  
00240 HELSINKIIlmalanportti 2  
00240 HELSINKI

<b>Näytetiedot</b>	<b>Näyte</b>	<b>Materiaalit</b>		
	<b>Näyte otettu</b>	19.12.2018	<b>Kellonaika</b>	09.00
	<b>Vastaanotettu</b>	19.12.2018	<b>Kellonaika</b>	15.05
	<b>Tutkimus alkoi</b>	20.12.2018	<b>Näytteenoton syy</b>	Tilaustutkimus
	<b>Ottopiste</b>			
	<b>Näytteen ottaja</b>	Reijonen Matti		
	<b>Viite</b>			

-1: Rakennusmateriaali, MR1: mineraalivilla,				
<b>Analyysi</b>	<b>Analyysitulokset</b>			<b>Yksikkö</b>
Näytteeksi toimitettu	23,8			g
	<b>THG</b>	<b>2 % MALLAS</b>	<b>DG18</b>	
Bakteeripitoisuus	* Alle 100			pmg/g
Aktinomykeettipitoisuus #	* Alle 100			pmg/g
Sieni-itiöpitoisuus	*	100	Alle 100	pmg/g
Aspergillus versicolor #	*	100		%
-2: Rakennusmateriaali, MR2: mineraalivilla				
<b>Analyysi</b>	<b>Analyysitulokset</b>			<b>Yksikkö</b>
Näytteeksi toimitettu	23,4			g
	<b>THG</b>	<b>2 % MALLAS</b>	<b>DG18</b>	
Bakteeripitoisuus	* Alle 100			pmg/g
Aktinomykeettipitoisuus #	* Alle 100			pmg/g
Sieni-itiöpitoisuus	*	Alle 100	Alle 100	pmg/g

\* = Akkreditoitu menetelmä

# = kosteusvaurioindikaattori, pmg = pesäkkeen muodostava yksikkö, sp. (mon. spp.) = laji

Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.

Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on saatava lupa.

Postiosoite

Viikinkaari 4

00790 Helsinki

metropolilab@metropolilab.fi

Puhelin

+358 10 391 350

Faksi

+358 9 310 31626

Y-tunnus

2340056-8

Alv. Nro

FI23400568

Analyysi	Menetelmä	Teknisen suorituksen mittausepävarmuus
Näytteeksi toimitettu määrä, Bakteeripitoisuus, THG	Gravimetrisen STM asumisterveysohje 2003, viljely Valviran Asumisterveysas. sov.ohje	10 %
Aktinomykeettipitoisuus #, THG	STM asumisterveysohje 2003, viljely Valviran Asumisterveysas. sov.ohje	9 %
Sieni-itiöpitoisuus, 2 % MALLAS	STM asumisterveysohje 2003, viljely Valviran Asumisterveysas. sov.ohje	12 %
Sieni-itiöpitoisuus, DG18	STM asumisterveysohje 2003, viljely Valviran Asumisterveysas. sov.ohje	8 %
Sienten tunnistus, 2 % MALLAS	Sisäinen menetelmä, viljely ja mikroskopiointi	

Analyytituloksen teknisen suorituksen mittausepävarmuus on koostettu komponenttipohjaisesti seuraavista epävarmuustekijöistä:

- Materiaalinäytteet: näytteen laimentaminen, siirrostustilavuus ja pesäkelaskenta
- Ilmanäytteet: pesäkelaskenta

Analyytituloskohtainen hiukkastilastollinen epävarmuus ei kuulu teknisen suorituksen mittausepävarmuuteen.

#### Tunnistumenetelmään kuuluvat sienisuvut ja -lajit

##### Kosteusvaurioindikaattorit:

Acremonium sp.	Chrysosporium/Geomyces sp.	Scopulariopsis sp.
aktinomykeetit	Eurotium sp.	Stachybotrys sp.
Aspergillus fumigatus	Exophiala sp.	Trichoderma sp.
Aspergillus ochraceus	Fusarium sp.	Tritirachium sp.
Aspergillus sydowii	Oidiodendron sp.	Ulocladium sp.
Aspergillus terreus	Paecilomyces sp.	Wallemia sp.
Aspergillus versicolor	Paecilomyces variotii	
Chaetomium sp.	Phialophora sp.	

##### Muut sienet:

Absidia sp.	Chrysionilia sp.	Rhinocladiella sp.
Alternaria sp.	Cladosporium sp.	Rhizopus sp.
Aspergillus sp.	Geotrichum sp.	Verticillium sp.
Aspergillus flavus	hiivat	
Aspergillus niger	Mucor sp.	
Aureobasidium sp.	Mycelia sterilia	
Beauveria sp.	Penicillium sp.	
Botrytis sp.	Phoma sp.	

**Yhteyshenkilö** Wikman Helena, 010 391 3599, mikrobiologi



Ahlfors Reetta  
toimitusjohtaja

**Tiedoksi** Fi\_200\_Laboratorio, fi\_200\_Laboratorio@sweco.fi;  
Reijonen Matti, matti.reijonen@sweco.fi

Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyytitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.  
Analyytitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on saatava lupa.

Postiosoite	Puhelin	Faksi	Y-tunnus
Vikinkaari 4	+358 10 391 350	+358 9 310 31626	2340056-8
00790 Helsinki			<b>Alv. Nro</b>
metropolilab@metropolilab.fi	http://www.metropolilab.fi		FI23400568



Tilaja

Sweco Asiantuntijapalvelut Oy  
Reijonen MattiIlmalanportti 2  
00240 HELSINKI

Maksaja

Sweco Asiantuntijapalvelut Oy

Ilmalanportti 2  
00240 HELSINKI

<b>Näytetiedot</b>	<b>Näyte</b>	Materiaalit		
	<b>Näyte otettu</b>	20.03.2019	<b>Kellonaika</b>	12.00
	<b>Vastaanotettu</b>	20.03.2019	<b>Kellonaika</b>	14.45
	<b>Tutkimus alkoi</b>	21.03.2019	<b>Näytteenoton syy</b>	Tilaustutkimus
	<b>Ottopiste</b>	-		
	<b>Näytteen ottaja</b>	Reijonen Matti		
	<b>Viite</b>			

**-1: Rakennusmateriaali, MR1: mineraalivilla**

Analyysi	Analyytitulos			Yksikkö
Näytteeksi toimitettu	8,9			g
	<b>THG</b>	<b>2 % MALLAS</b>	<b>DG18</b>	
Bakteeripitoisuus	* Alle 100			pmy/g
Aktinomykeettipitoisuus #	* Alle 100			pmy/g
Sieni-itiöpitoisuus	*	4 300	4 800	pmy/g
Penicillium spp.	*	100	100	%

**-2: Rakennusmateriaali, MR2: mineraalivilla**

Analyysi	Analyytitulos			Yksikkö
Näytteeksi toimitettu	19,7			g
	<b>THG</b>	<b>2 % MALLAS</b>	<b>DG18</b>	
Bakteeripitoisuus	* Alle 100			pmy/g
Aktinomykeettipitoisuus #	* Alle 100			pmy/g
Sieni-itiöpitoisuus	*	31 000	26 000	pmy/g
Aureobasidium sp.	*	24	10	%
Penicillium spp.	*	76	90	%

\* = Akkreditoitu menetelmä

# = kosteusvaurioindikaattori, pmy = pesäkkeen muodostava yksikkö, sp. (mon. spp.) = laji

Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.

Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopiointista on saatava lupa.

Postiosoite

Viikinkaari 4  
00790 Helsinki

metropolilab@metropolilab.fi

Puhelin

+358 10 391 350

Faksi

+358 9 310 31626

Y-tunnus

2340056-8

Alv. Nro

FI23400568

Analyysi	Menetelmä	Teknisen suorituksen mittausepävarmuus
Näytteeksi toimitettu määrä, Bakteeripitoisuus, THG	Gravimetrisen STM asumisterveysohje 2003, viljely Valviran Asumisterveysas. sov.ohje	10 %
Aktinomykeettipitoisuus #, THG	STM asumisterveysohje 2003, viljely Valviran Asumisterveysas. sov.ohje	9 %
Sieni-itiöpitoisuus, 2 % MALLAS	STM asumisterveysohje 2003, viljely Valviran Asumisterveysas. sov.ohje	12 %
Sieni-itiöpitoisuus, DG18	STM asumisterveysohje 2003, viljely Valviran Asumisterveysas. sov.ohje	8 %
Sienten tunnistus, 2 % MALLAS	Sisäinen menetelmä, viljely ja mikroskopiointi	
Sienten tunnistus, DG18	Sisäinen menetelmä, viljely ja mikroskopiointi	

Analyyysituloksen teknisen suorituksen mittausepävarmuus on koostettu komponenttipohjaisesti seuraavista epävarmuustekijöistä:

- Materiaalinäytteet: näytteen laimentaminen, siirrostustilavuus ja pesäkelaskenta

- Ilmanäytteet: pesäkelaskenta

Analyyysitulokseen hiukkastilastollinen epävarmuus ei kuulu teknisen suorituksen mittausepävarmuuteen.

Mittausepävarmuutta ei ole huomioitu lausunnossa.

Tunnistumenetelmään kuuluvat sienisuvut ja -lajit		
<b>Kosteusvaurioindikaattorit:</b>		
Acremonium sp.	Chrysosporium/Geomyces sp.	Scopulariopsis sp.
aktinomykeetit	Eurotium sp.	Stachybotrys sp.
Aspergillus fumigatus	Exophiala sp.	Trichoderma sp.
Aspergillus ochraceus	Fusarium sp.	Tritirachium sp.
Aspergillus sydowii	Oidiodendron sp.	Ulocladium sp.
Aspergillus terreus	Paecilomyces sp.	Wallemia sp.
Aspergillus versicolor	Paecilomyces variotii	
Chaetomium sp.	Phialophora sp.	
<b>Muut sienet:</b>		
Absidia sp.	Chrysosporium sp.	Rhinochlamydia sp.
Alternaria sp.	Cladosporium sp.	Rhizopus sp.
Aspergillus sp.	Geotrichum sp.	Verticillium sp.
Aspergillus flavus	hiivat	
Aspergillus niger	Mucor sp.	
Aureobasidium sp.	Mycelia sterilia	
Beauveria sp.	Penicillium sp.	
Botrytis sp.	Phoma sp.	

**Yhteyshenkilö** Wikman Helena, 010 391 3599, mikrobiologi



Ahlfors Reetta  
toimitusjohtaja

**Tiedoksi** Fi\_200\_Laboratorio, fi\_200\_laboratorio@sweco.fi;  
Reijonen Matti, matti.reijonen@sweco.fi

Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.  
Analyyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on saatava lupa.

<b>Postiosoite</b>	<b>Puhelin</b>	<b>Faksi</b>	<b>Y-tunnus</b>
Viikinkaari 4	+358 10 391 350	+358 9 310 31626	2340056-8
00790 Helsinki			<b>Alv. Nro</b>
metropoliab@metropoliab.fi	http://www.metropoliab.fi		FI23400568

Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.  
Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on saatava lupa.

**Postiosoite**Viikinkaari 4  
00790 Helsinki

metropolilab@metropolilab.fi

**Puhelin**

+358 10 391 350

**Faksi**

+358 9 310 31626

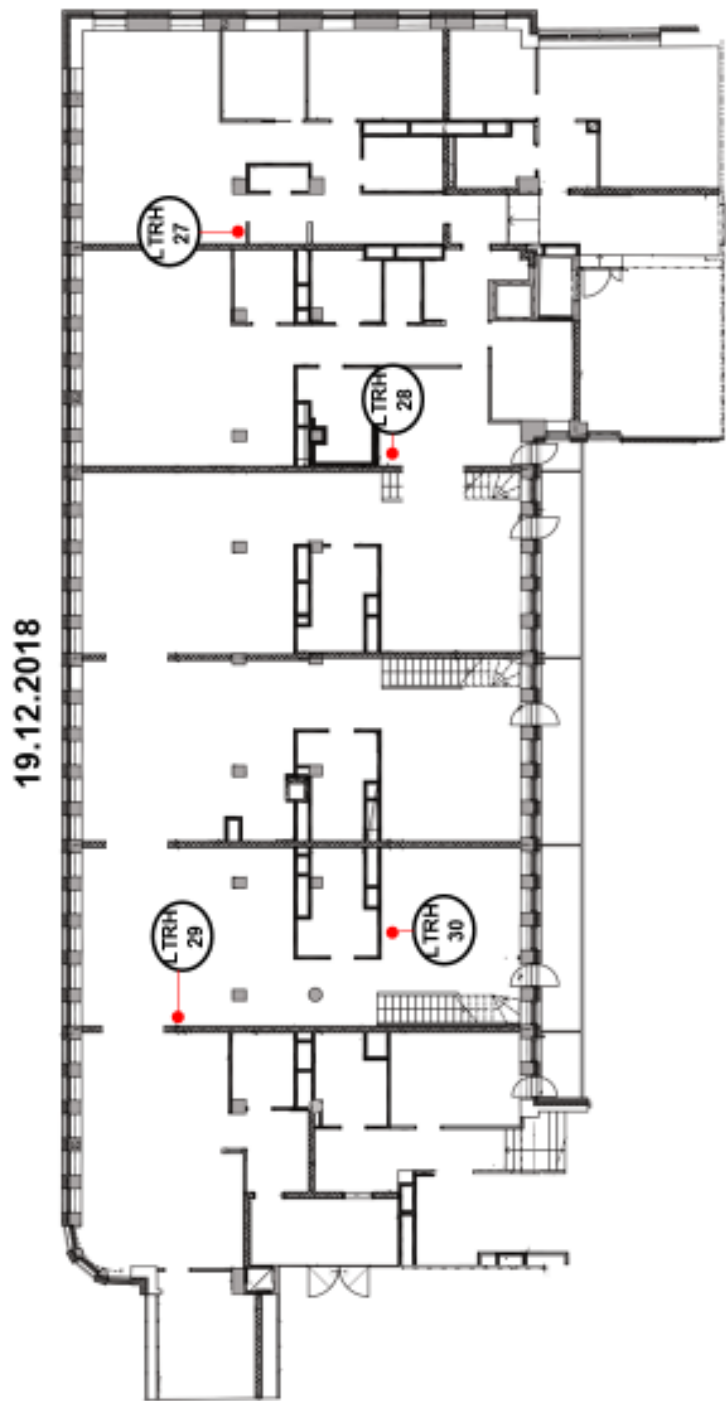
**Y-tunnus**

2340056-8

**Alv. Nro**FI23400568

---

Kohde 1, loggerien sijainnit



MERKINTÖJEN SELITYKSET:



<b>SWECO</b> 	Kohde 1, alapuolinen kerros	Loggeri	LIITE 8.2
--	-----------------------------	---------	-----------



**Kohde 1, rakenteen kosteuskäyttämisen simulointi**

WUFI Pro 6.3
--------------

**Project Data**

Project Name	Matin oppari
Project Number	

Client	Ville Hakala
Contact Person	
City/Zip	
Street	

Phone	
Fax	
e-mail	

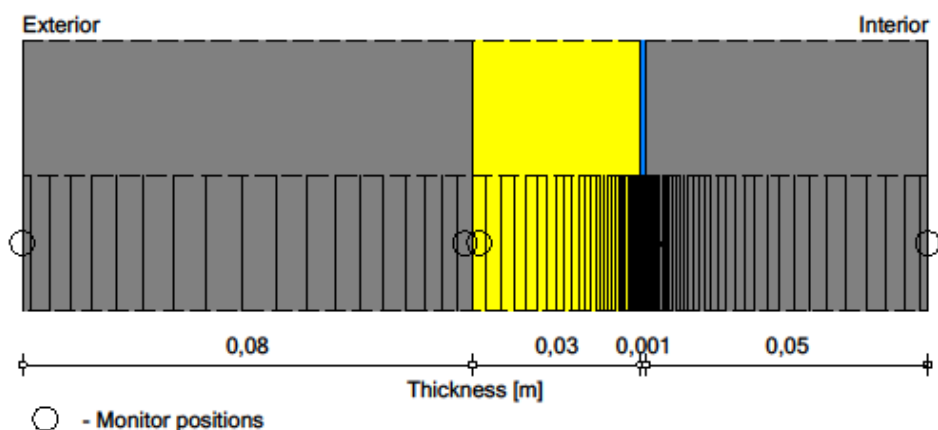
Remarks	
---------	--

Date	12.8.2019
------	-----------



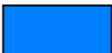

WUFI Pro 6.3

## Component Assembly

Case: #7 Satamakatu VÄP, muovi Sd 0,015 m, tiiviimpi villa



## Materials:

	- Concrete, w/c=0.5	0,08 m
	- *Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK) - unlocked	0,03 m
	- *vapour retarder (sd=0,015m) - unlocked	0,001 m
	- Concrete, w/c=0.5	0,05 m

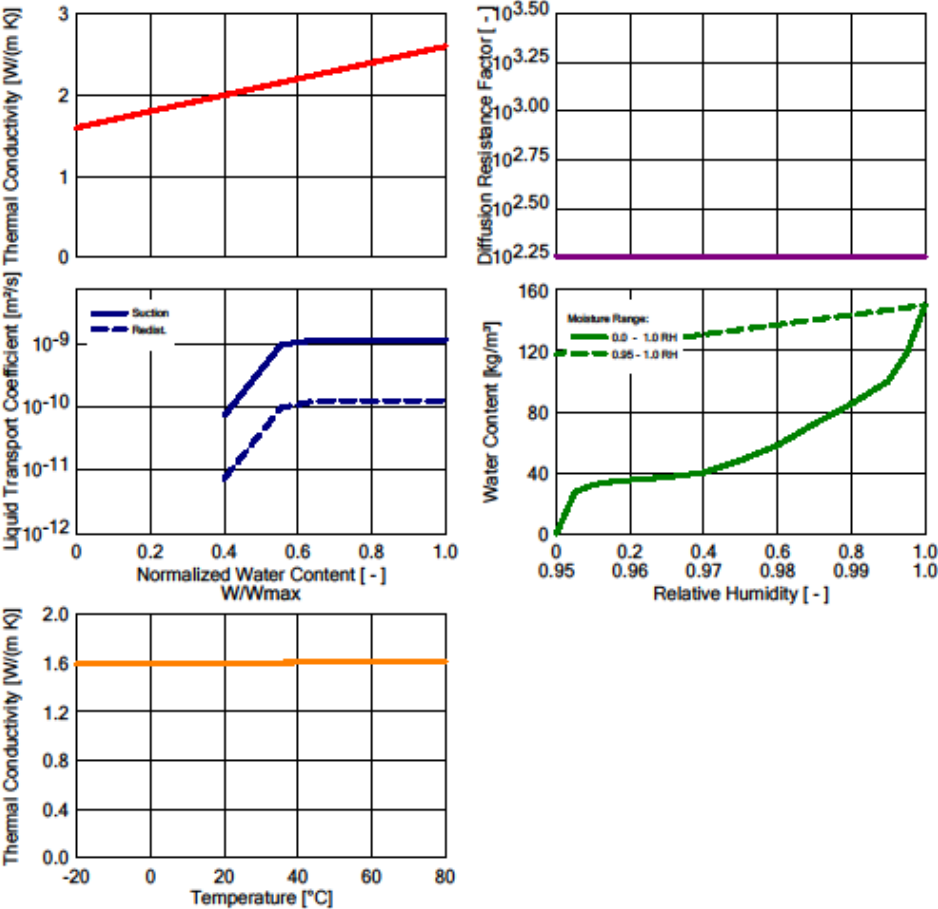
Total Thickness: 0,161 m

R-Value: 0,81 (m<sup>2</sup> K)/WU-Value: 0,923 W/(m<sup>2</sup> K)

WUFI Pro 6.3

Material: Concrete, w/c=0.5

Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m³]	2300
Porosity	[m³/m³]	0.18
Specific Heat Capacity, Dry	[J/(kg K)]	850
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/(m K)]	1.6
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[ - ]	180
Moisture-dep. Thermal Cond. Supplement	[%/M.-%]	8
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/(m K²)]	0.0002

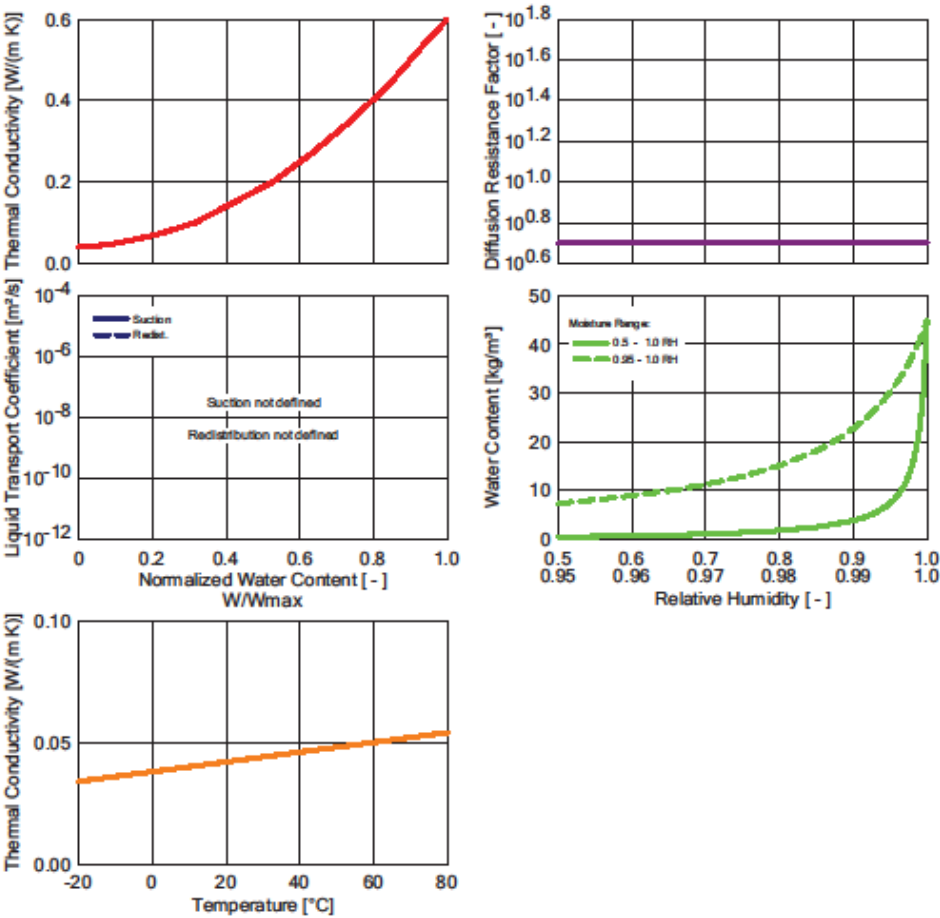




WUFI Pro 6.3

Material: \*Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK) - unlocked

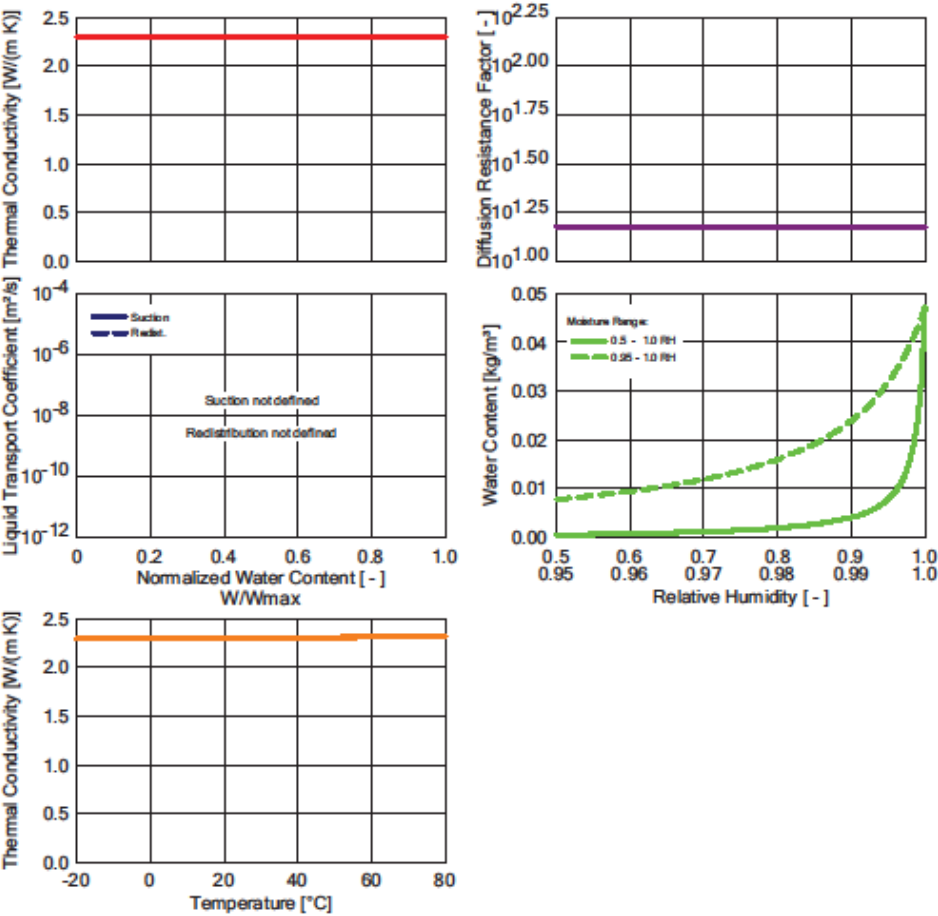
Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m³]	60
Porosity	[m³/m³]	0.95
Specific Heat Capacity, Dry	[J/(kg K)]	850
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/(m K)]	0.04
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[ - ]	5
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/(m K²)]	0.0002



WUFI Pro 6.3

Material: \*vapour retarder (sd=0,015m) - unlocked

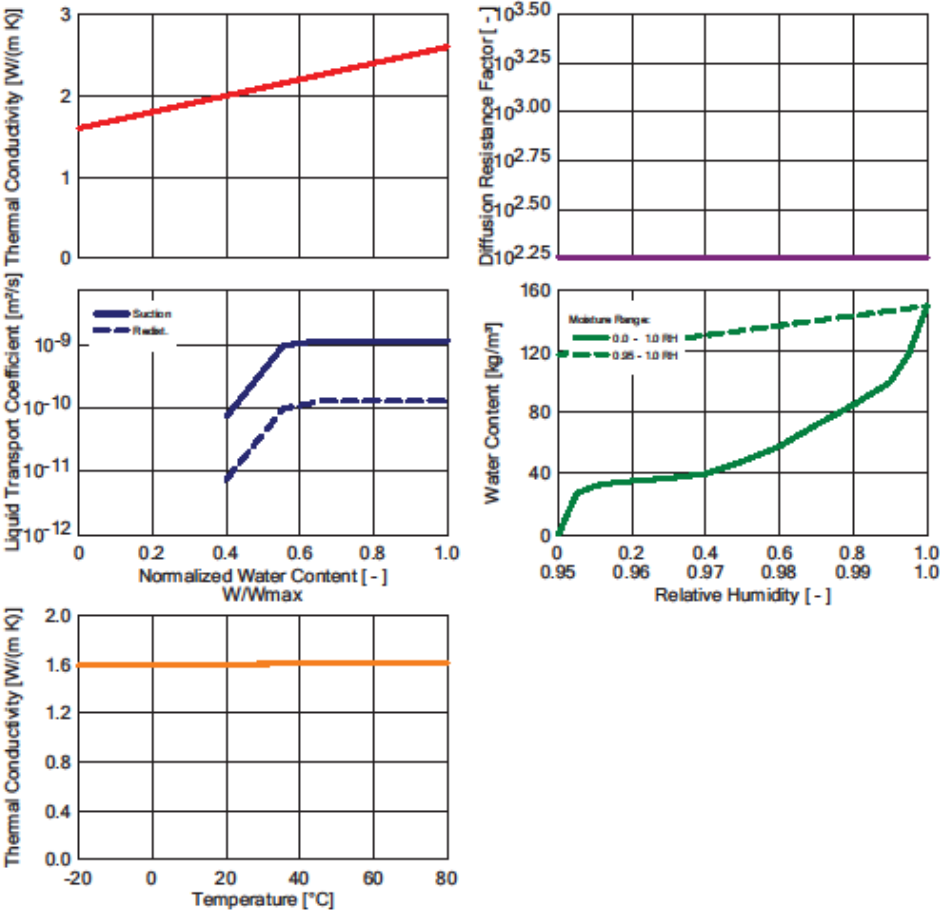
Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m³]	130
Porosity	[m³/m³]	0.001
Specific Heat Capacity, Dry	[J/(kg K)]	2300
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/(m K)]	2.3
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[ - ]	15
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/(m K²)]	0.0002



WUFI Pro 6.3

Material: Concrete, w/c=0.5

Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m³]	2300
Porosity	[m³/m³]	0.18
Specific Heat Capacity, Dry	[J/(kg K)]	850
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/(m K)]	1.6
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[ - ]	180
Moisture-dep. Thermal Cond. Supplement	[%/M.-%]	8
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/(m K²)]	0.0002



## WUFI Pro 6.3

## Boundary Conditions

## Exterior (Left Side)

Indoor Climate: WTA Guideline 6-2-01/E  
User-Defined Sine Curve Parameters

## Interior (Right Side)

Indoor Climate: WTA Guideline 6-2-01/E  
User-Defined Sine Curve Parameters

## Surface Transfer Coefficients

## Exterior (Left Side)

Name	Description	Unit	Value
Heat Resistance - includes long-wave radiation		[(m <sup>2</sup> K)/W]	0.1 yes
sd-Value	No coating	[m]	----
Short-Wave Radiation Absorptivity	No absorption/emission	[ - ]	----
Long-Wave Radiation Emissivity	No absorption/emission	[ - ]	----
Adhering Fraction of Rain	No absorption	[ - ]	----
Explicit Radiation Balance			no

## Interior (Right Side)

Name	Description	Unit	Value
Heat Resistance		[(m <sup>2</sup> K)/W]	0.17
sd-Value	No coating	[m]	----

## WUFI Pro 6.3

## Results from Last Calculation

## Status of Calculation

Calculation: Time and Date	14.8.2019 10:11:45
Computing Time	0 min, 14 sec.
Begin / End of calculation	1.1.2019 / 1.1.2022
No. of Convergence Failures	0

## Check for numerical quality

Integral of fluxes, left side (kl,dl)	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,0 -0,54
Integral of fluxes, right side (kr,dr)	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,48 2,92
Balance 1	[kg/m <sup>2</sup> ]	-3,94
Balance 2	[kg/m <sup>2</sup> ]	-3,94

Water Content [kg/m<sup>3</sup>]

	Start	End	Min.	Max.
Total Water Content	10,87	6,79	6,79	10,87

Water Content [kg/m<sup>3</sup>]

Layer/Material	Start	End	Min.	Max.
Concrete, w/c=0.5	48,00	52,59	47,86	59,24
*Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	1,00	0,64	0,64	4,01
*vapour retarder (sd=0,015m) - unlock	0,01	0,00	0,00	0,01
Concrete, w/c=0.5	140,00	51,18	51,18	140,00

## Time Integral of fluxes

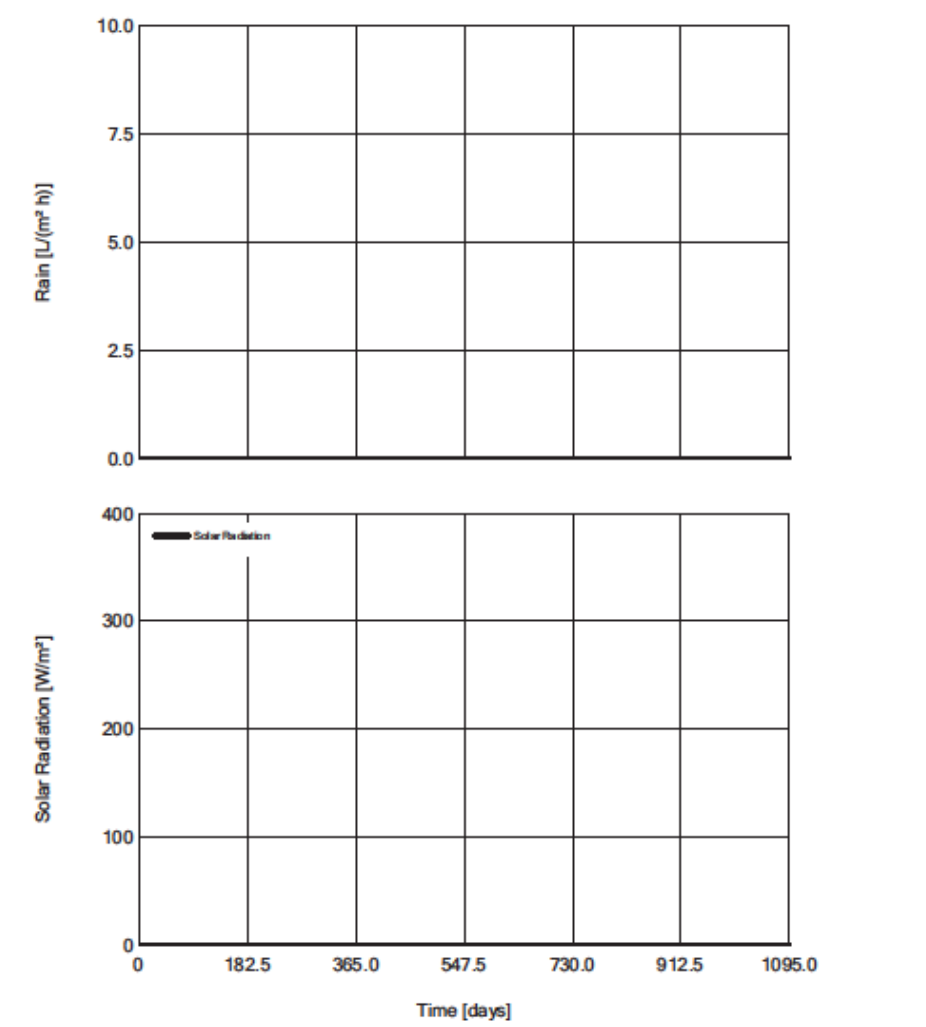
Heat Flux, left side	[MJ/m <sup>2</sup> ]	0,96
Heat Flux, right side	[MJ/m <sup>2</sup> ]	-8,87
Moisture Fluxes, left side	[kg/m <sup>2</sup> ]	-0,55
Moisture Fluxes, right side	[kg/m <sup>2</sup> ]	3,53

## Hygrothermal Sources

Heat Sources	[MJ/m <sup>2</sup> ]	0,0
Moisture Sources	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,0
Unreleased Moisture Sources (due to cut-off)	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,0

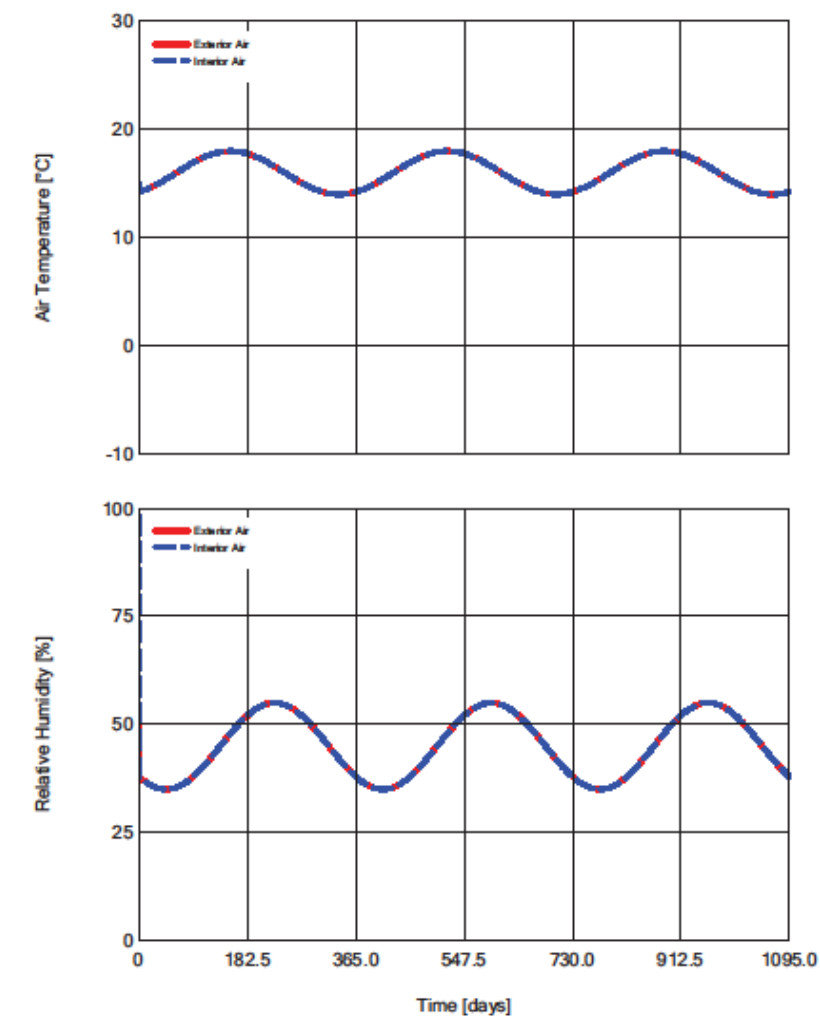
WUFI Pro 6.3

Rain, Radiation (Exterior Climate)



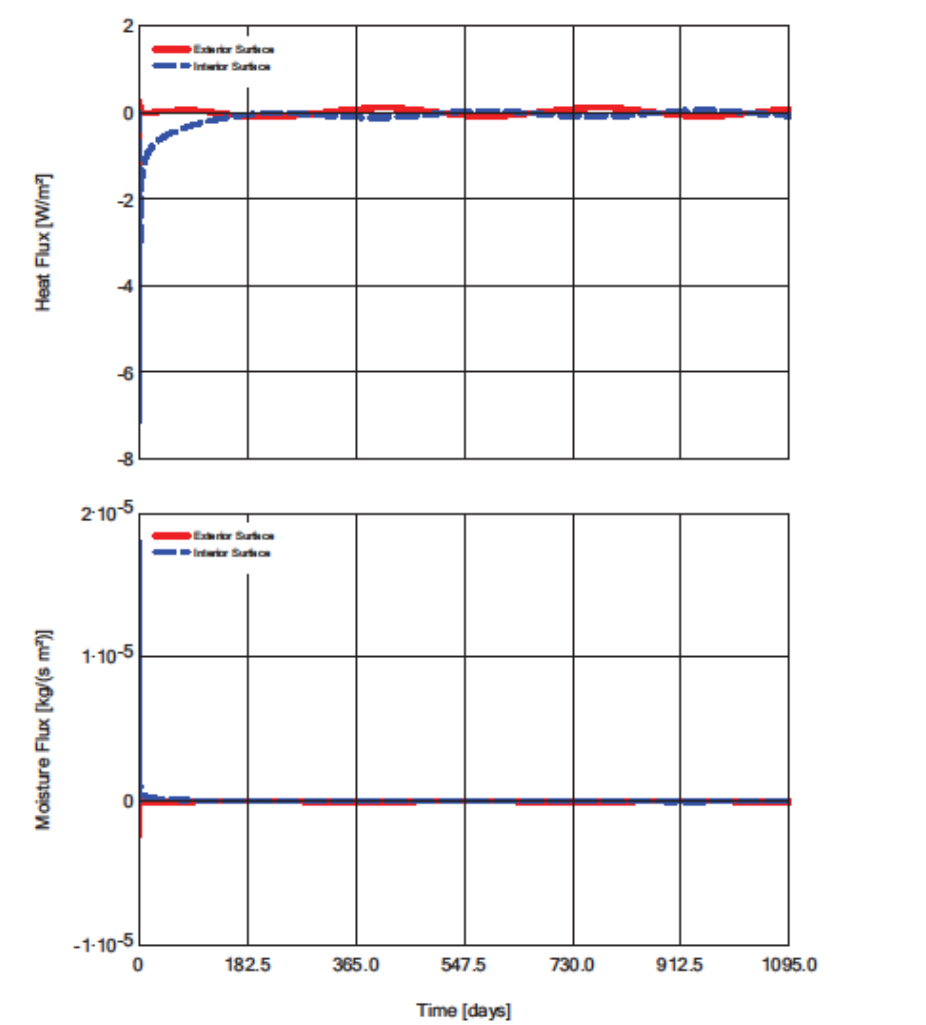
WUFI Pro 6.3

Air Temperature, RH (Exterior, Interior)



WUFI Pro 6.3

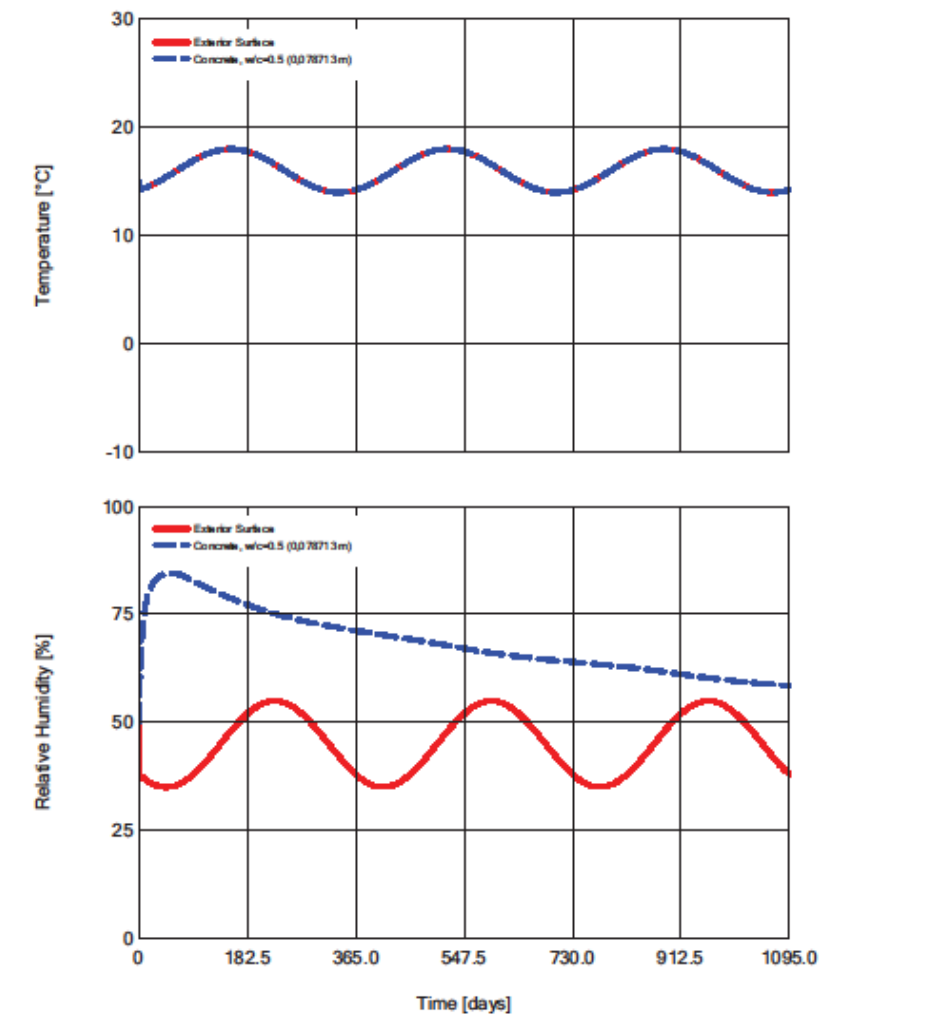
Heat, Moisture Fluxes





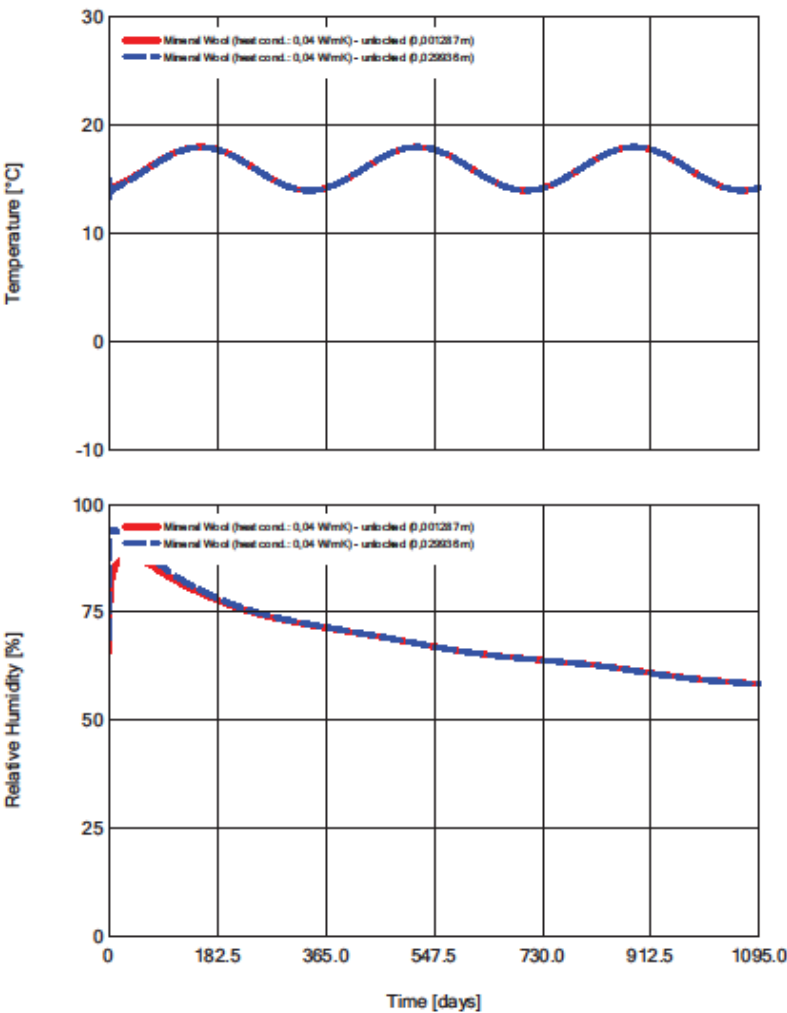
WUFI Pro 6.3

Temperature, RH (Monitor Position 1, 2)



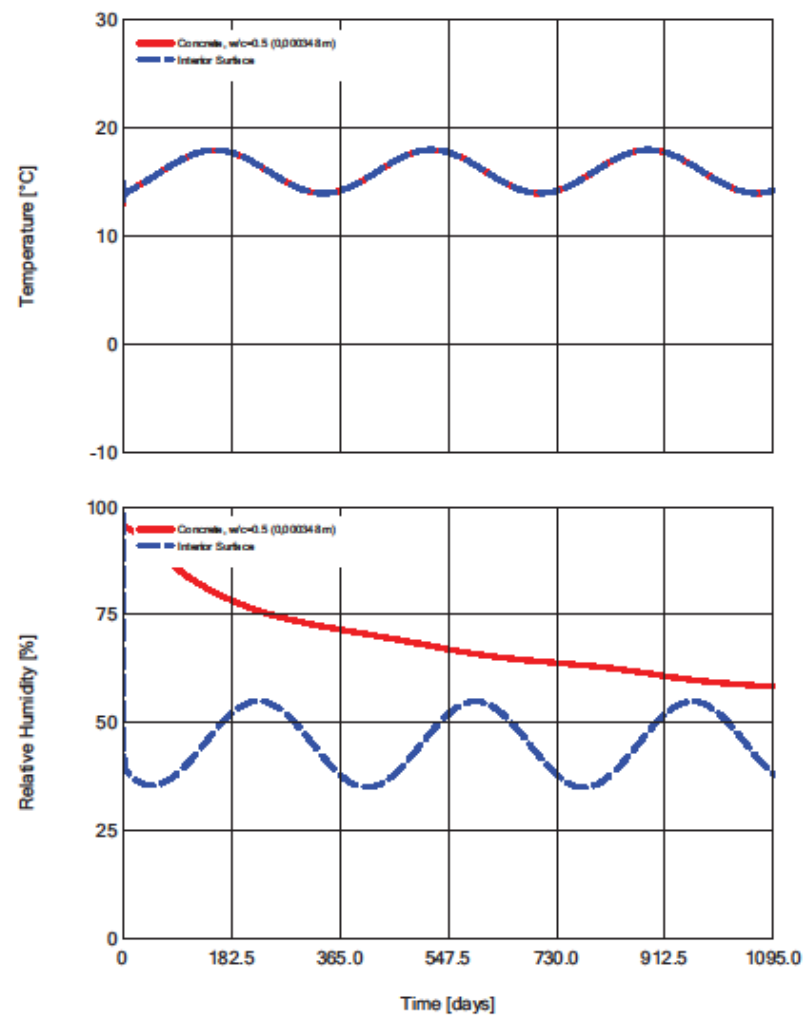
WUFI Pro 6.3

Temperature, RH (Monitor Position 3, 4)



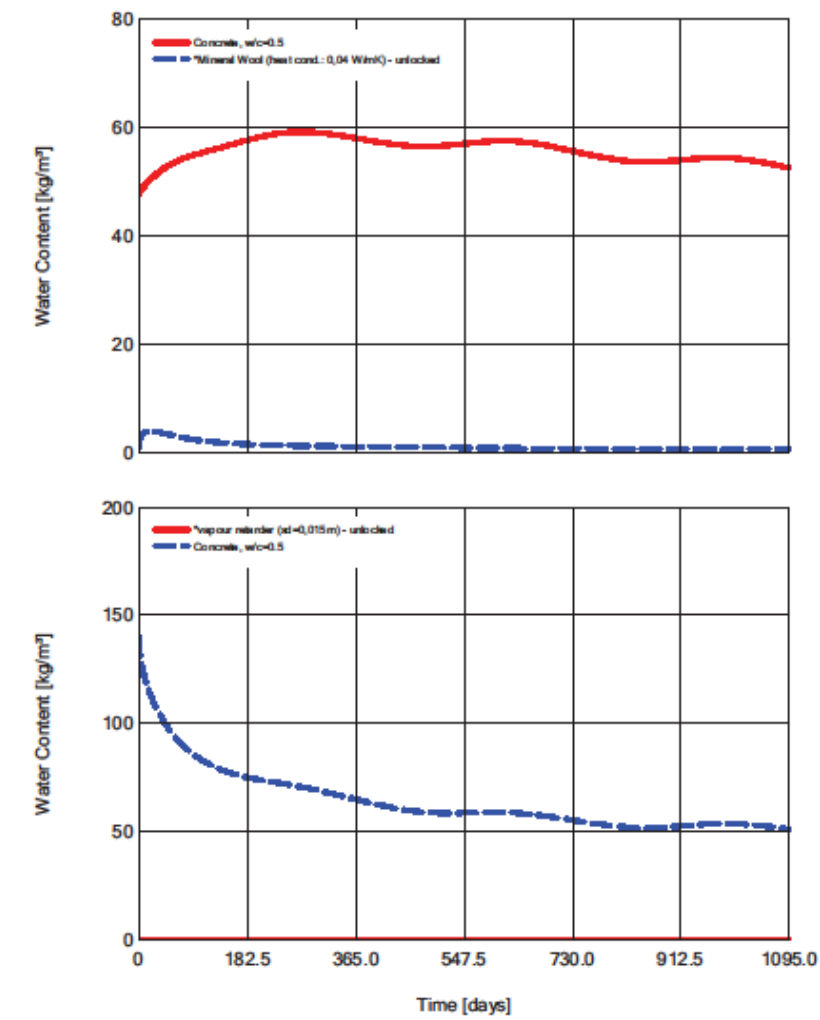
WUFI Pro 6.3

Temperature, RH (Monitor Position 5, 6)



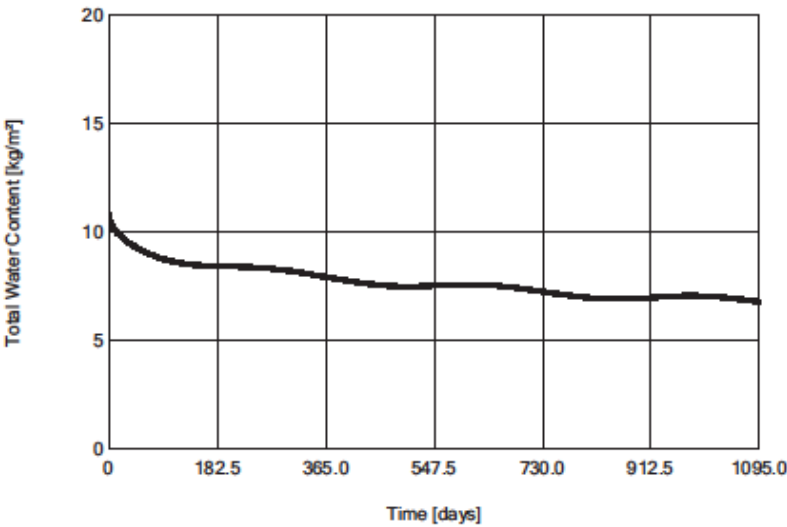
WUFI Pro 6.3

Water Content of Individual Materials



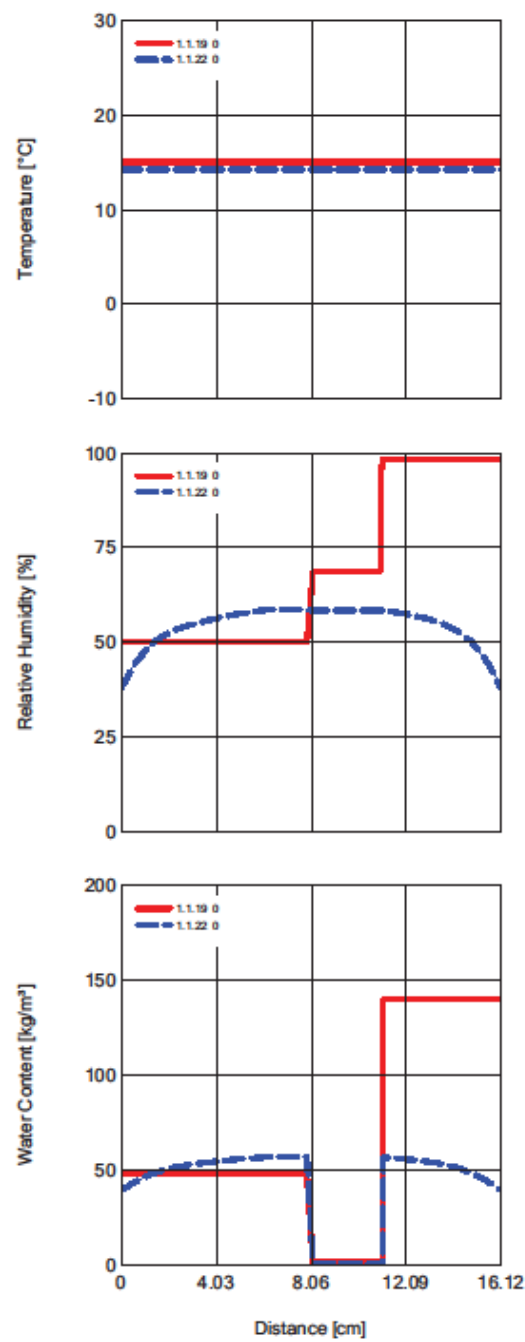
WUFI Pro 6.3

Total Water Content in Construction

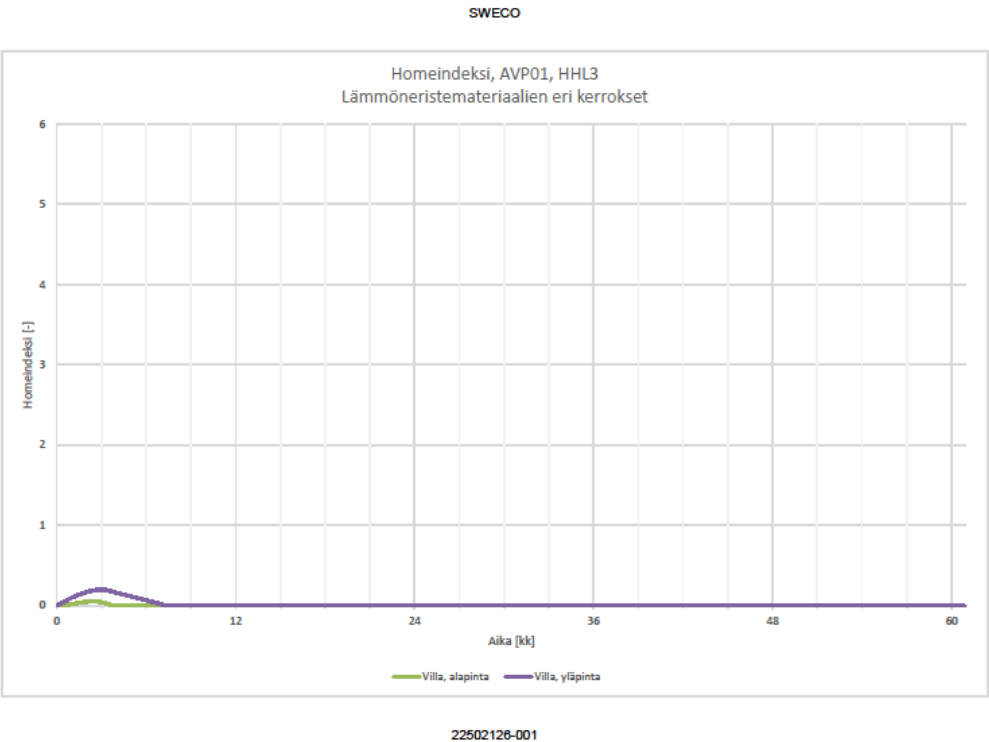
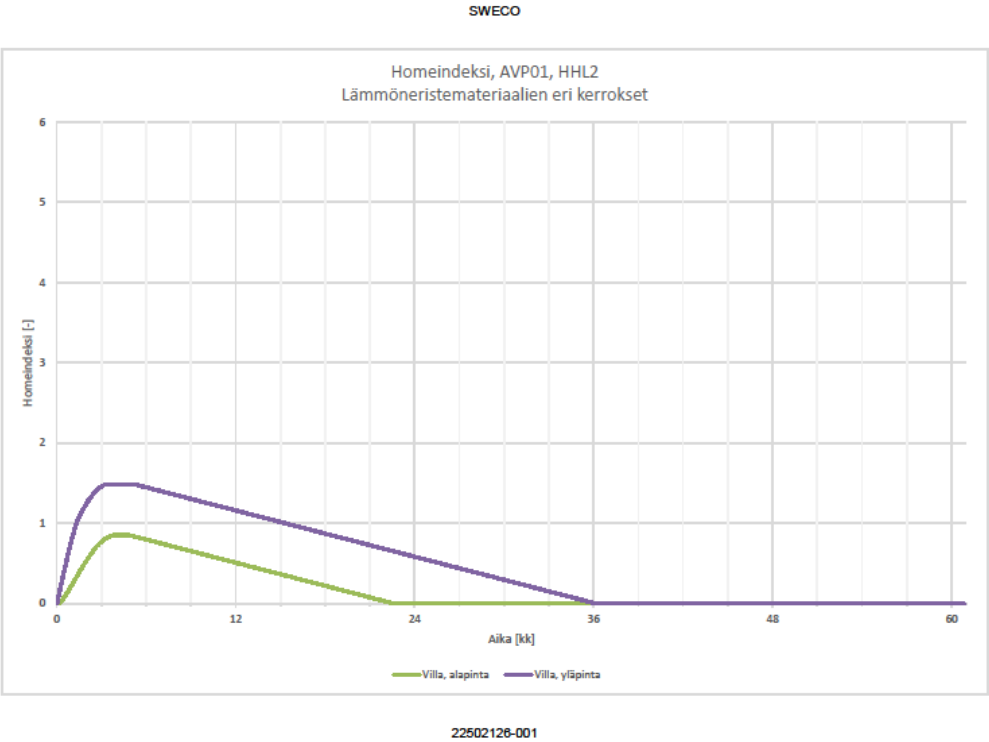


WUFI Pro 6.3

Profiles



Kohde 1, rakenteen homeindeksi



Kohde 2, näytepalamittaus sijainnit

POHJAKUVA KOHDE-2



MIKROKÄVÄJÄN SELITYKSET:

- Osa Toista valuosaa 14.2.2019
- Osa Kolmatta valuosaa 21.2.2019

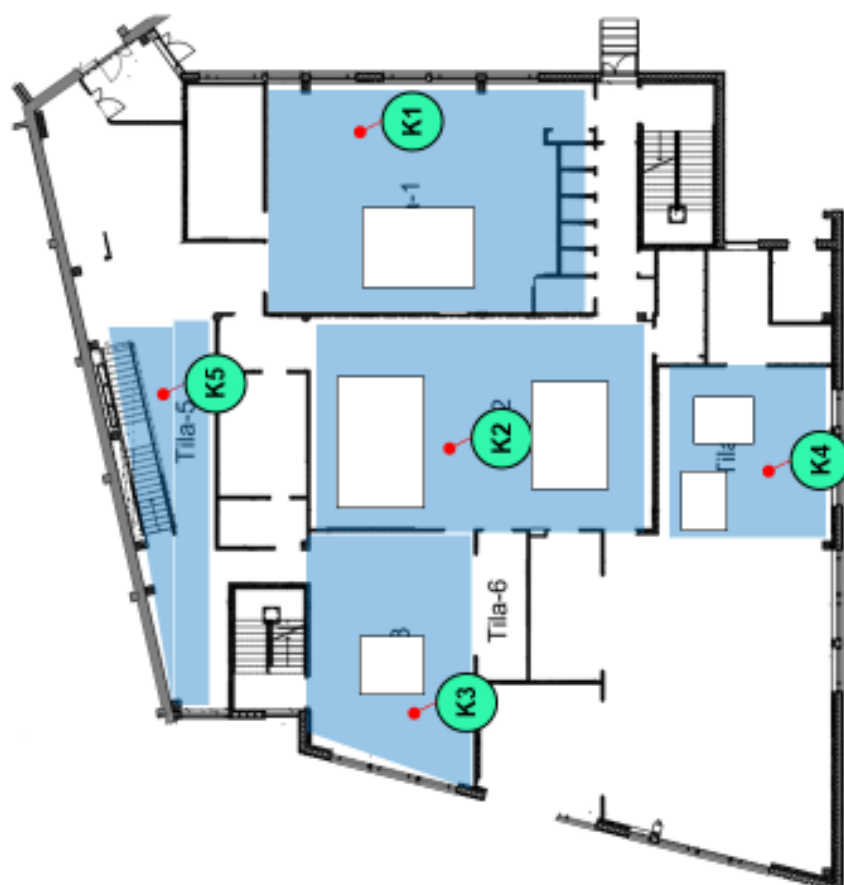
SWECO

Kohde 2 Näytepalamittaus

Liite 12.1



## LÄHTÖTASOKOSTEUSMITTAUKSET 25.1.2019



## MERKINTÖJEN SELITYKSET:

Pintakosteusmittarin näytämä lattiassa alle 75

Pintakosteusmittarin näytämä lattiassa 95-115

Pintakosteusmittarin näytämä lattiassa 75-95

Näytepalakosteusmittaus

Pintamittaus este

K1, Alapohja		
Pinta	68 %	
20 mm	83 %	

K2, Alapohja		
Pinta	61 %	
20 mm	83 %	

K3, Alapohja		
Pinta	67 %	
20 mm	82 %	

K4, Alapohja		
Pinta	63 %	
20 mm	82 %	

K5, Alapohja		
Pinta	66 %	
20 mm	78 %	

SWECO

Kohde 2 Näytepalamittaus

Liite 12.2

KOSTEUSMITTAUKSET 11.3.2019



MERKINTÖJEN SELITYKSET:

- Pintakosteusmittarin näytämä lattiassa alla 75
- Pintakosteusmittarin näytämä lattiassa 95-115
- Pintakosteusmittarin näytämä lattiassa 75-95
- Näytepalakosteusmittaus
- Pintamittaus este

K6, Mitta-alue 1	
Pinta	49 %
14 mm	80 %
34 mm	90 %

K7, Mitta-alue 2	
Pinta	87 %
14 mm	93 %
34 mm	94 %

K8, Mitta-alue 3	
Pinta	69 %
14 mm	87 %
34 mm	93 %

# KOSTEUSMITTAUKSET 1.4.2019



## MERKINTÖJEN SELITYKSET:

     Pintakosteusmittarin näytämä lattiassa alla 75

     Pintakosteusmittarin näytämä lattiassa 95-115

     Pintakosteusmittarin näytämä lattiassa 75-95


K Näytepalakosteusmittaus

Pintamittaus este

K9, Mitta-alue 1	
Pinta	47 %
14 mm	69 %
34 mm	86 %

K10, Mitta-alue 2	
Pinta	59 %
14 mm	80 %
34 mm	89 %

K11, Mitta-alue 3	
Pinta	63 %
14 mm	83 %
34 mm	88 %

**SWECO** 

Kohde 2 Näytepalamittaus

Liite 12.4

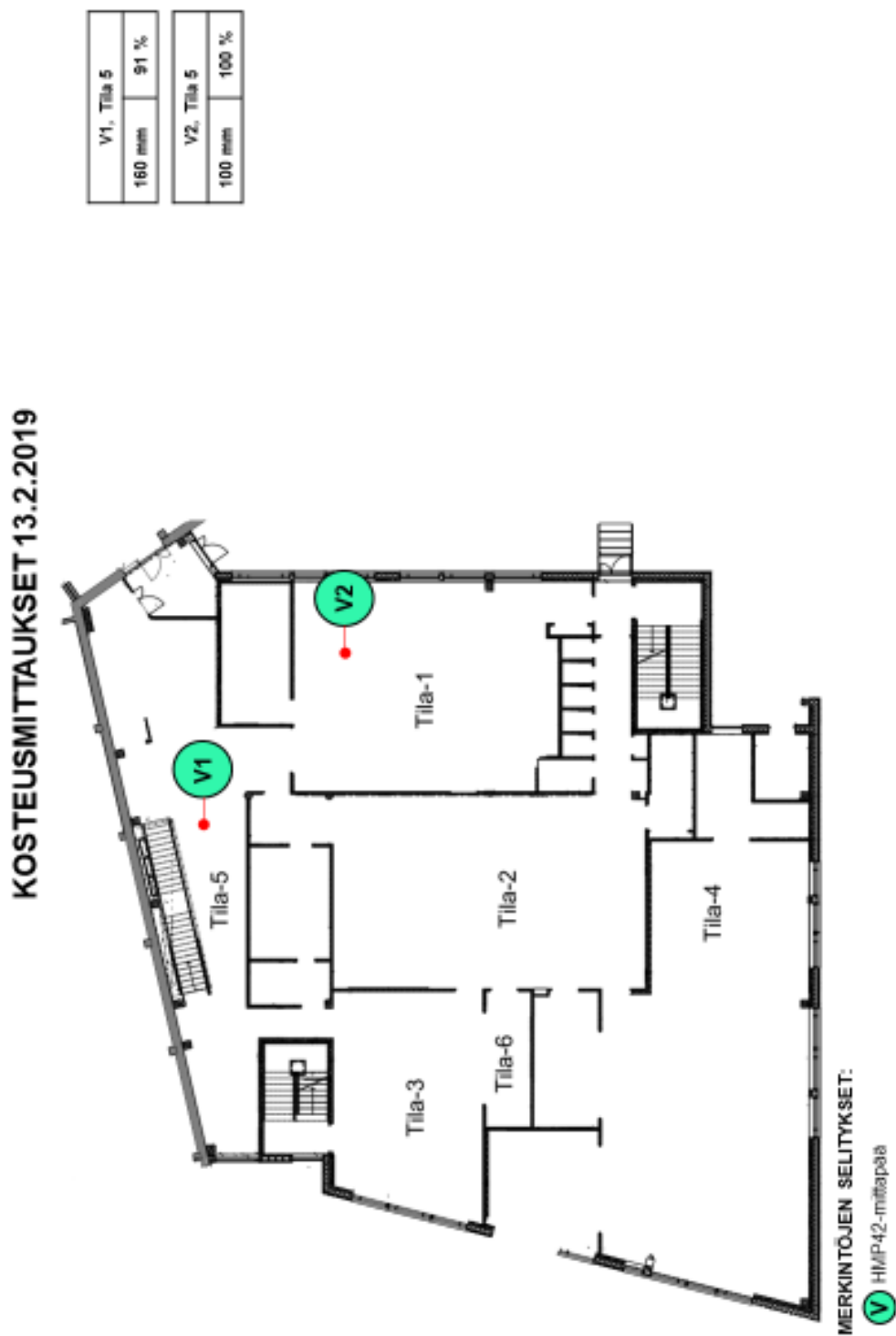
## Kohde 2, näytepalamittauksien tulokset

Kohde 2 Näytepala	Mittapiste	Mittausvyvyys	Mittapään numero	°C	g/m <sup>3</sup>	Suhteellinen kosteus %	Suhteellinen kosteus, keskiarvo %
25.1.2019							
Tila 1	K1	Pinta	38	20,4	12,21	68,7	68
		Pinta	39	20,4	11,9	66,9	
		20 mm	41	20,4	14,81	83,4	83
		20 mm	42	20,3	14,46	81,8	
		Tila		9,0	4,79	54,3	
Tila 2	K2	Pinta	40	20,4	10,75	60,9	61
		Pinta	44	20,3	10,86	61,1	
		20 mm	46	20,4	14,75	82,9	83
		20 mm	48	20,4	14,54	82,1	
		Tila		9,0	4,7	53,2	
Tila 3	K3	Pinta	30	20,3	11,66	66,1	67
		Pinta	36	20,2	11,82	67,5	
		20 mm	43	20,5	14,56	81,7	82
		20 mm	45	20,4	14,55	82,1	
		Tila		9,6	5,03	54,8	
Tila 4	K4	Pinta	31	19,8	10,76	62,7	63
		Pinta	32	20,5	11,38	63,7	
		20 mm	33	20,6	14,68	81,6	82
		20 mm	34	20,6	14,76	82,1	
		Tila		10,0	4,83	51,4	
Tila 5	K5	Pinta	25	20,2	11,88	67,8	66
		Pinta	26	20,2	11,17	63,5	
		20 mm	27	20,4	13,72	77,4	78
		20 mm	28	20,3	13,72	78	
		Tila		9,9	4,83	52,5	

Kohde 2 Näytepala	Valettu	Mittapiste	Mittausvyvyys	Mittapään numero	°C	g/m³	Suhteellinen kosteus %	Suhteellinen kosteus, keskiarvo %
11.3.2019								
Tila 5, mitta-alue 1	21.2.2019	K6	Pinta	26	20,2	8,64	49,4	
			14 mm	27	20,2	13,94	79,4	80
			14 mm	28	20,2	14,01	80	
			34 mm	29	20,2	15,71	89,3	90
			34 mm	30	20,4	15,94	90,1	
			Tila	25	13,0	4,26	37,9	
Tila 5, mitta-alue 2	21.2.2019	K7	Pinta	19	20,4	15,46	86,9	
			14 mm	20	20,4	16,51	93	93
			14 mm	21	20,6	16,60	92,3	
			34 mm	22	20,6	17,00	94,5	94
			34 mm	23	20,9	17,15	94,1	
			Tila	25	14,7	5,21	41,3	
Tila 6, mitta-alue 3	14.2.2019	K8	Pinta	13	20,1	12,14	69,4	
			14 mm	14	20,3	15,4	87,4	87
			14 mm	15	20,2	15,34	87,3	
			34 mm	16	20,3	16,53	93,8	93
			34 mm	17	20,4	16,51	93,1	
			Tila	25	11,1	4,65	45,9	

Kohde 2 Näytepala	Valettu	Mittapiste	Mittausvyvyys	Mittapään numero	°C	g/m³	Suhteellinen kosteus %	Suhteellinen kosteus, keskiarvo %
1.4.2019								
Tila 5, mitta-alue 1	21.2.2019	K9	Pinta	49	20,4	8,35	47	
			14 mm	50	20,6	12,51	69,7	69
			14 mm	51	20,5	12,61	68,1	
			34 mm	52	20,5	15,43	86,2	86
			34 mm	53	20,6	15,43	85,9	
			Tila	54	16,7	4,17	29,2	
Tila 5, mitta-alue 2	21.2.2019	K10	Pinta	31	19,6	9,62	58,9	
			14 mm	32	20,3	14,16	80,1	80
			14 mm	33	20,3	14,05	79,5	
			34 mm	34	20,4	15,83	89,0	89
			34 mm	35	20,5	15,81	88,8	
			Tila	54	16,9	5,06	35,1	
Tila 6, mitta-alue 3	14.2.2019	K11	Pinta	43	20,3	11,15	63,1	
			14 mm	44	20,4	14,72	83,1	83
			14 mm	45	20,4	14,72	83,1	
			34 mm	46	20,4	15,71	88,6	88
			34 mm	47	20,5	15,73	88,3	
			Tila	54	15,7	5,07	37,9	

## Kohde 2, HMP42- ja porareikämittauksien sijainnit



V1, Tila 5	
160 mm	91 %

V2, Tila 5	
100 mm	100 %

**MERKINTÖJEN SELITYKSET:**



**V** HMP42-mittapää

## KOSTEUSMITTAUKSET 8.3.2019



MERKINTÖJEN SELITYKSET:

**P** Porareikäkosteusmittaus

**V** HMP42-mittapää

P1, Mitta-alue 3	
34 mm	87 %
125 mm	89 %
290 mm	88 %

P2, Mitta-alue 2	
34 mm	91 %
125 mm	93 %
215 mm	97 %

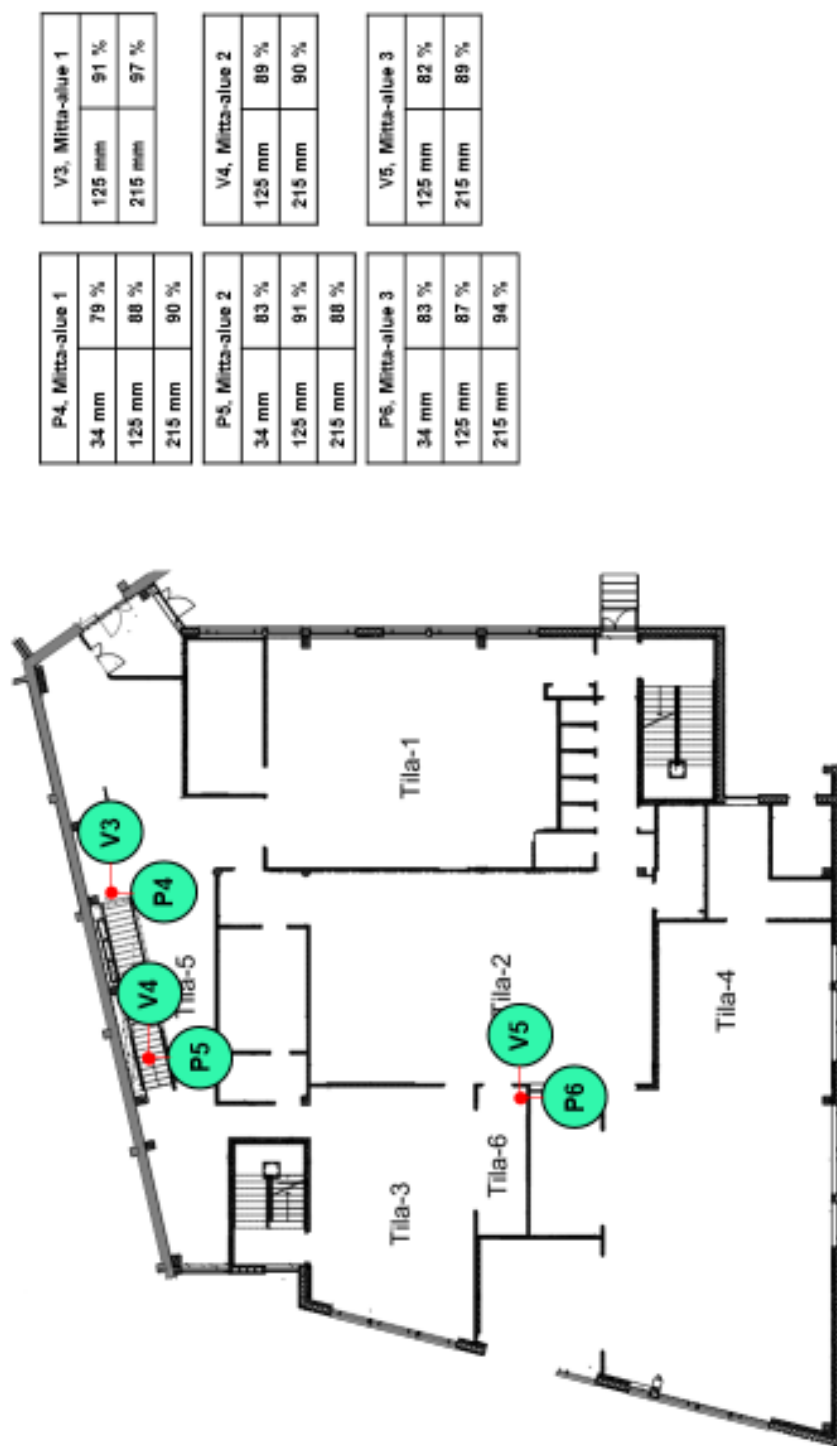
P3, Mitta-alue 1	
34 mm	90 %
125 mm	95 %
215 mm	95 %

**SWECO**

Kohde 2 HMP42- ja porareikämittaus

Liite 14.2

## KOSTEUSMITTAUKSET 2.4.2019



MERKINTÖJEN SELITYKSET:

P Porareikäkosteusmittaus

V HMP42-mittapää

SWECO

Kohde 2 HMP42- ja porareikämittaus

Liite 14.3



**Kohde 2, porareikämittauksien tulokset**

Kohde 2 Porareikä	Valettu	Mittapiste	Mittaussyvyys	Mittapään numero	°C	g/m <sup>3</sup>	Suhteellinen kosteus %
8.3.2019 luettu 11.3.2019							
Tila 6, mitta-alue 3	14.2.2019	P1	34 mm	18	12,8	9,75	87
			125 mm	24	12,7	9,99	89
			290 mm	25	7,6	7,06	88
			Tila	25	13,0	4,26	38
Tila 5, mitta-alue 2	21.2.2019	P2	34 mm	33	13,8	10,91	91
			125 mm	35	13,7	11,03	93
			215 mm	36	11,4	9,97	97
			Tila	25	14,7	5,21	41
Tila 5, mitta-alue 1	21.2.2019	P3	34 mm	31	12,6	9,92	90
			125 mm	34	13,2	10,93	95
			215 mm	32	11,4	9,82	95
			Tila	25	11,1	4,65	46

Kohde 2 Porareikä	Valettu	Mittapiste	Mittaussyvyys	Mittapään numero	°C	g/m <sup>3</sup>	Suhteellinen kosteus %
29.3.2019 luettu 2.4.2019							
Tila 5, mitta-alue 1	14.2.2019	P4	34 mm	31	14,2	9,63	79
			125 mm	32	14,4	10,87	88
			215 mm	33	12,6	9,99	90
			Tila	34	16,0	4,55	33
Tila 5, mitta-alue 2	21.2.2019	P5	34 mm	37	14,9	10,56	83
			125 mm	38	14,0	11,01	91
			215 mm	39	12,7	9,85	88
			Tila	40	16,2	4,62	33
Tila 6, mitta-alue 3	21.2.2019	P6	34 mm	41	14,3	10,23	83
			125 mm	42	13,4	10,17	87
			215 mm	43	11,2	9,56	94
			Tila	44	17,3	4,55	31

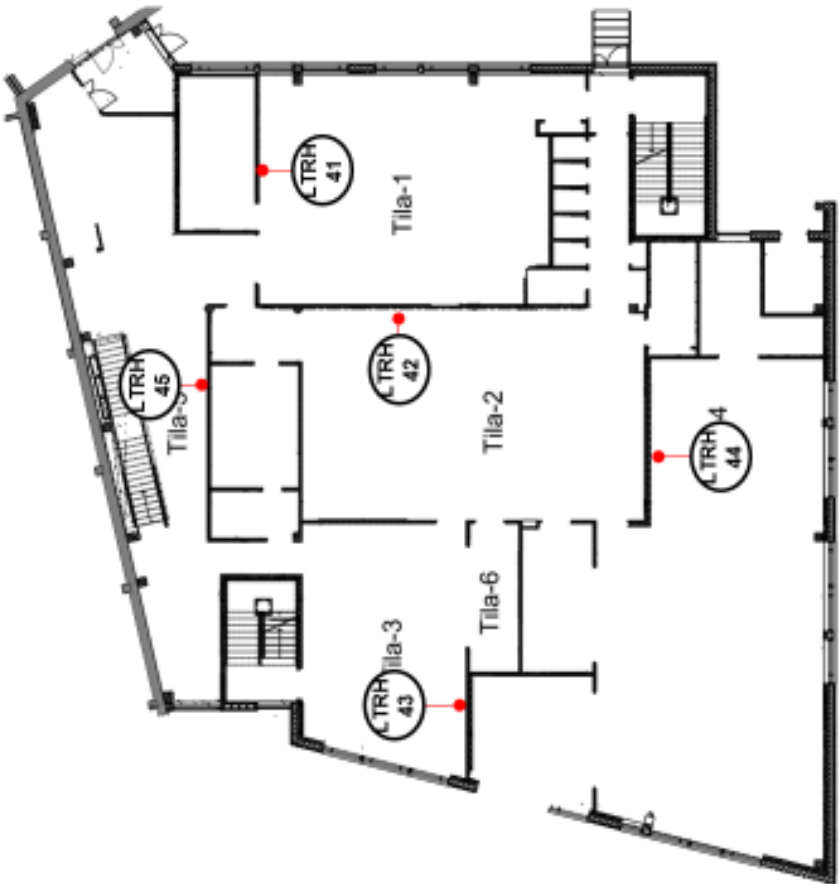
## Kohde 2, HMP42-mittauksien tulokset

Kohde 2 HMP42	Valettu	Mittapiste	Mittaus syvyys	Mittapään numero	°C	g/m <sup>3</sup>	Suhteellinen kosteus %
13.2.2019							
Tila 5	-	V1	160 mm	K1/2	14,6	12,48	99
			Tila	K1/1	15,4	5,74	44
Tila 1	-	V2	100 mm	K1/3	13,5	11,76	100
			Tila	K1/1	8,0	5,37	65

Kohde 2 HMP42	Valettu	Mittapiste	Mittaus syvyys	Mittapään numero	°C	g/m <sup>3</sup>	Suhteellinen kosteus %	Tasaantumisaika
2.4.2019								
Tila 5, mitta-alue 1	21.2.2019	V3	125 mm	K4/3	14,9	11,65	91	Noin 0,5 h
			215 mm	K4/1	11,9	10,33	97	
			Tila	K4/1	15,5	5,07	38	
Tila 5, mitta-alue 2	21.2.2019	V4	125 mm	K3/1	14,9	11,04	89	Noin 0,5 h
			215 mm	K3/3	12,6	9,94	90	
			Tila	K4/2	15,3	5,14	39	
Tila 6, mitta-alue 3	14.2.2019	V5	125 mm	K3/1	14,3	10,10	82	Noin 0,5 h
			215 mm	K3/3	11,8	9,34	89	
			Tila	K3/2	14,9	5,25	41	

Kohde 2, loggerien sijainnit

LOGGERIT 25.1.2019

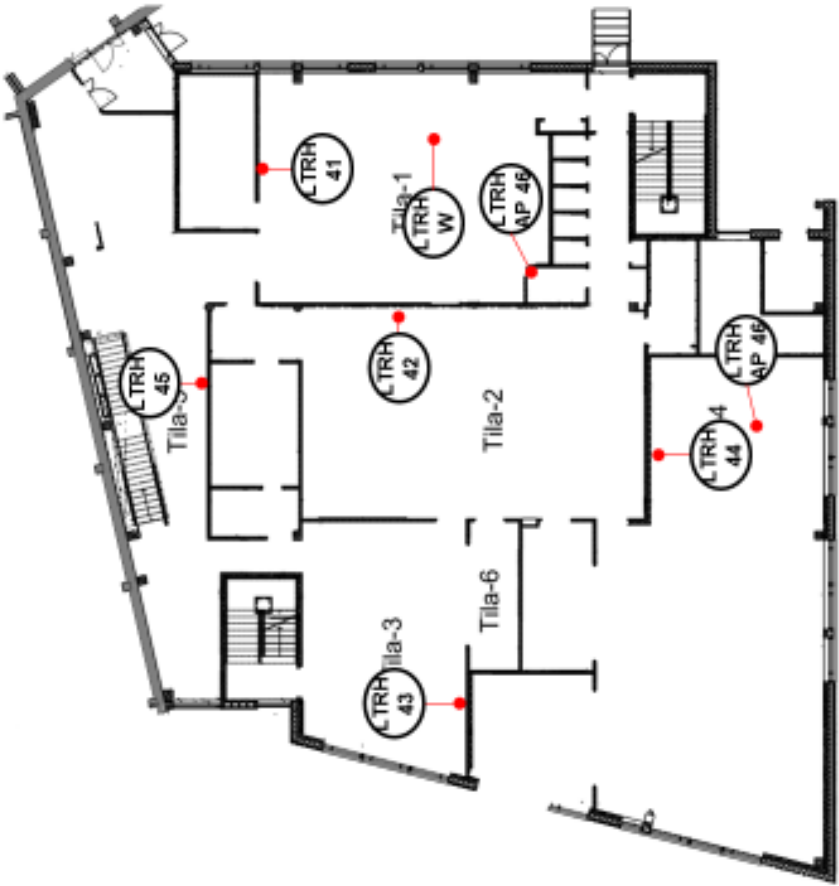


MERKINTÖJEN SELITYKSET:

LTRH LTRH-loggeri

SWECO	Kohde 2	Loggeri	Liite 17.1
-------	---------	---------	------------

LOGGERIT 13.2.2019



MERKINTÖJEN SELITYKSET:

- LTRH-loggeri
- LTRH-loggeri, langaton, eriste
- LTRH-loggeri, ryönnintätilassa
- LTRH-loggeri, langaton, eriste

SWECO		Kohde 2	Loggeri	Liite 17.2
-------	--	---------	---------	------------

**Kohde 2, rakenteen kosteuskäyttäytymisen simulointi**

WUFI Pro 6.3
--------------

**Project Data**

Project Name	Matin oppari
Project Number	

Client	Ville Hakala
Contact Person	
City/Zip	
Street	

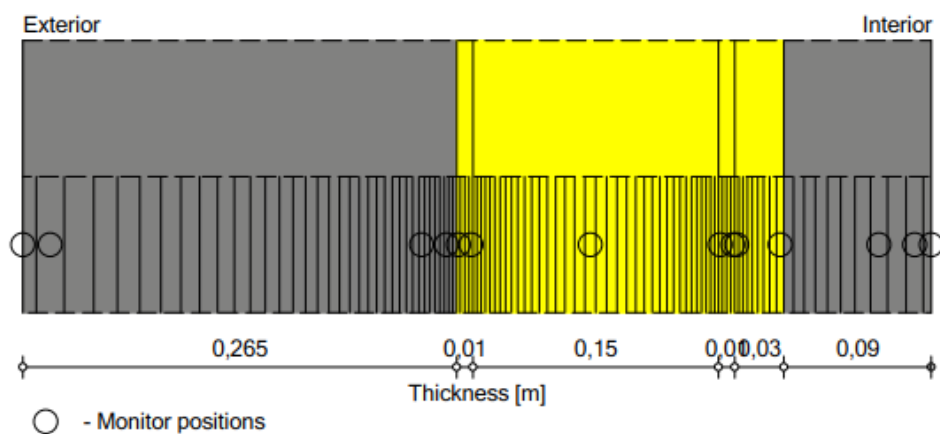
Phone	
Fax	
e-mail	

Remarks	
Date	12.8.2019







## WUFI Pro 6.3

## Component Assembly

## Case: #2



## Materials:

	- *Ontelolaatta 265 mm, ekvivalentti kerros	0,265 m
	- XPS Surface Skin (heat cond.: 0,03 W/mK)	0,01 m
	- XPS Core (heat cond.: 0,03 W/mK)	0,15 m
	- XPS Surface Skin (heat cond.: 0,03 W/mK)	0,01 m
	- *EPS (heat cond.: 0.04 W/mK - density: 30kg/m³) - unlocked	0,03 m
	- Concrete, w/c=0.5	0,09 m

Total Thickness: 0,555 m

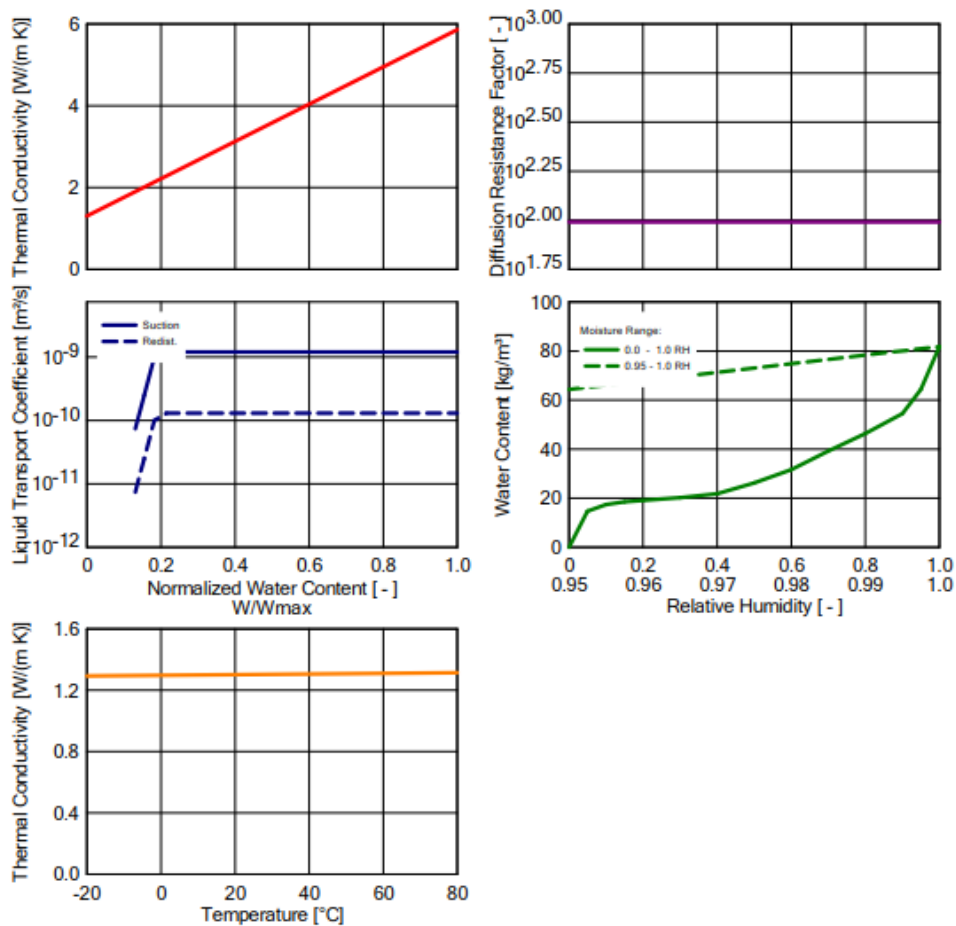
R-Value: 6,58 (m² K)/W

U-Value: 0,146 W/(m² K)

## WUFI Pro 6.3

Material: \*Ontelolaatta 265 mm, ekvivalentti kerros

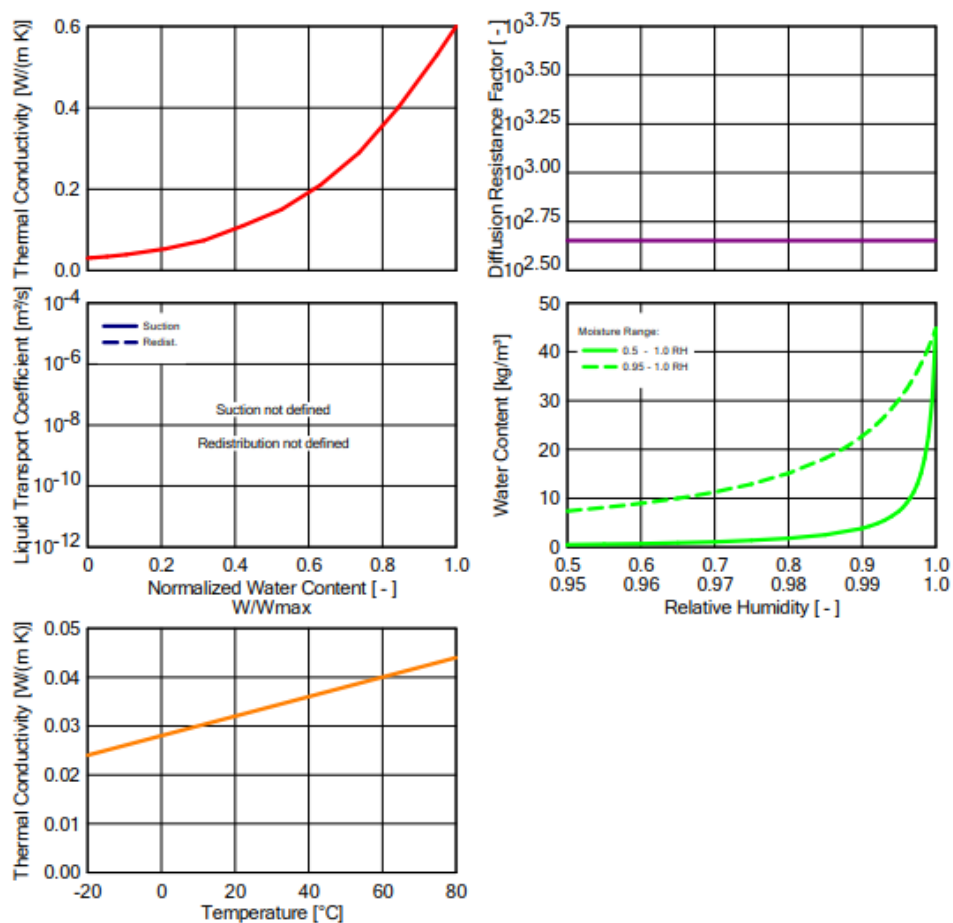
Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	1254
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0.55
Specific Heat Capacity, Dry	[J/(kg K)]	850
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/(m K)]	1.3
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[ - ]	98
Moisture-dep. Thermal Cond. Supplement	[%/M.-%]	8
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/(m K <sup>2</sup> )]	0.0002



## WUFI Pro 6.3

Material: XPS Surface Skin (heat cond.: 0,03 W/mK)

Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	40
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0.95
Specific Heat Capacity, Dry	[J/(kg K)]	1500
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/(m K)]	0.03
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[ - ]	450
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/(m K <sup>2</sup> )]	0.0002

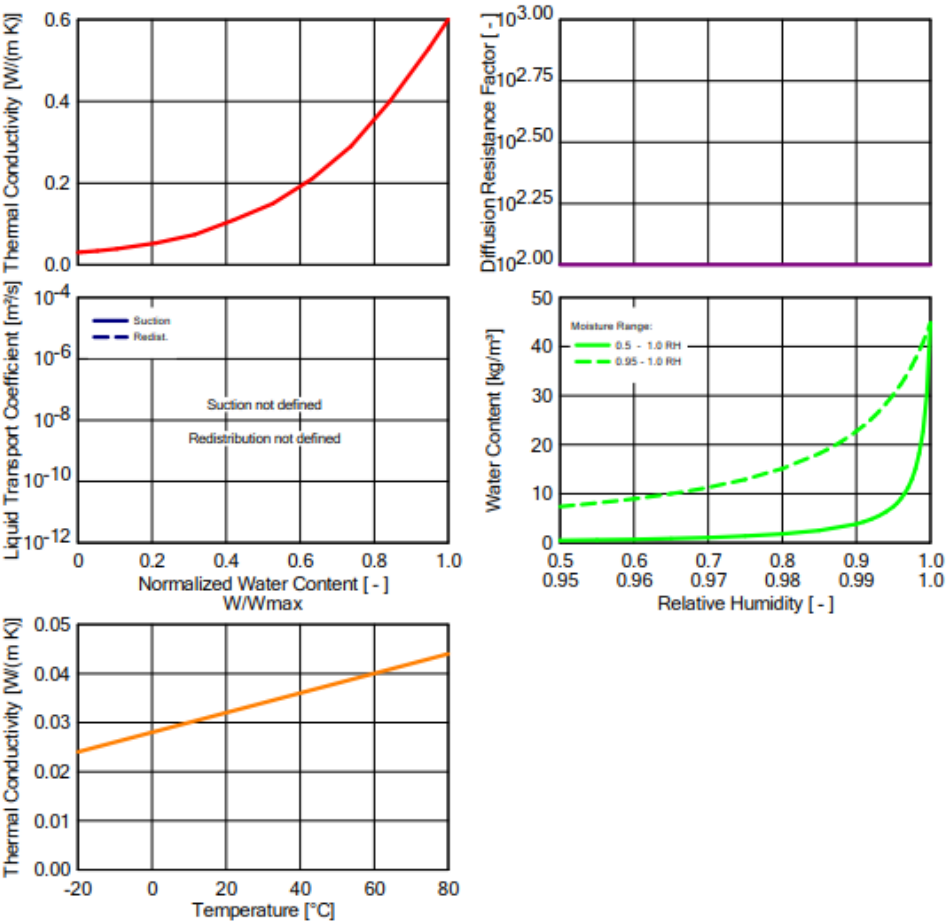




WUFI Pro 6.3

Material: XPS Core (heat cond.: 0,03 W/mK)

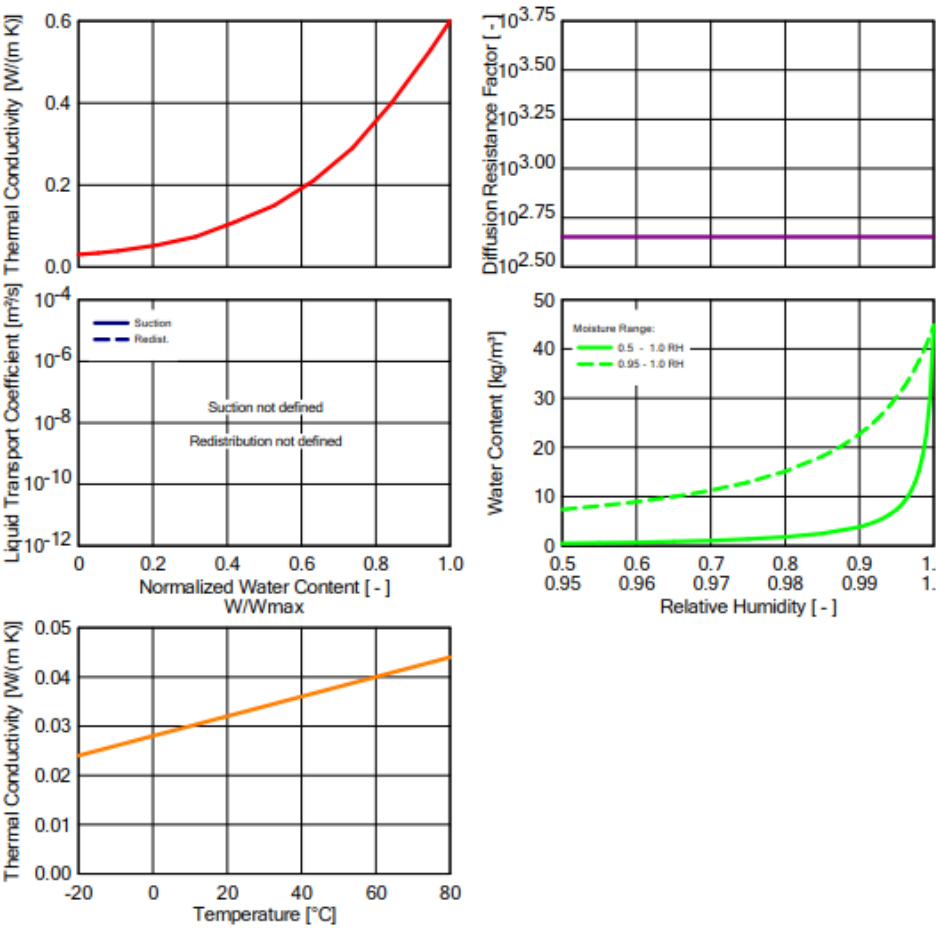
Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m³]	40
Porosity	[m³/m³]	0.95
Specific Heat Capacity, Dry	[J/(kg K)]	1500
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/(m K)]	0.03
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[ - ]	100
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/(m K²)]	0.0002



WUFI Pro 6.3

Material: XPS Surface Skin (heat cond.: 0,03 W/mK)

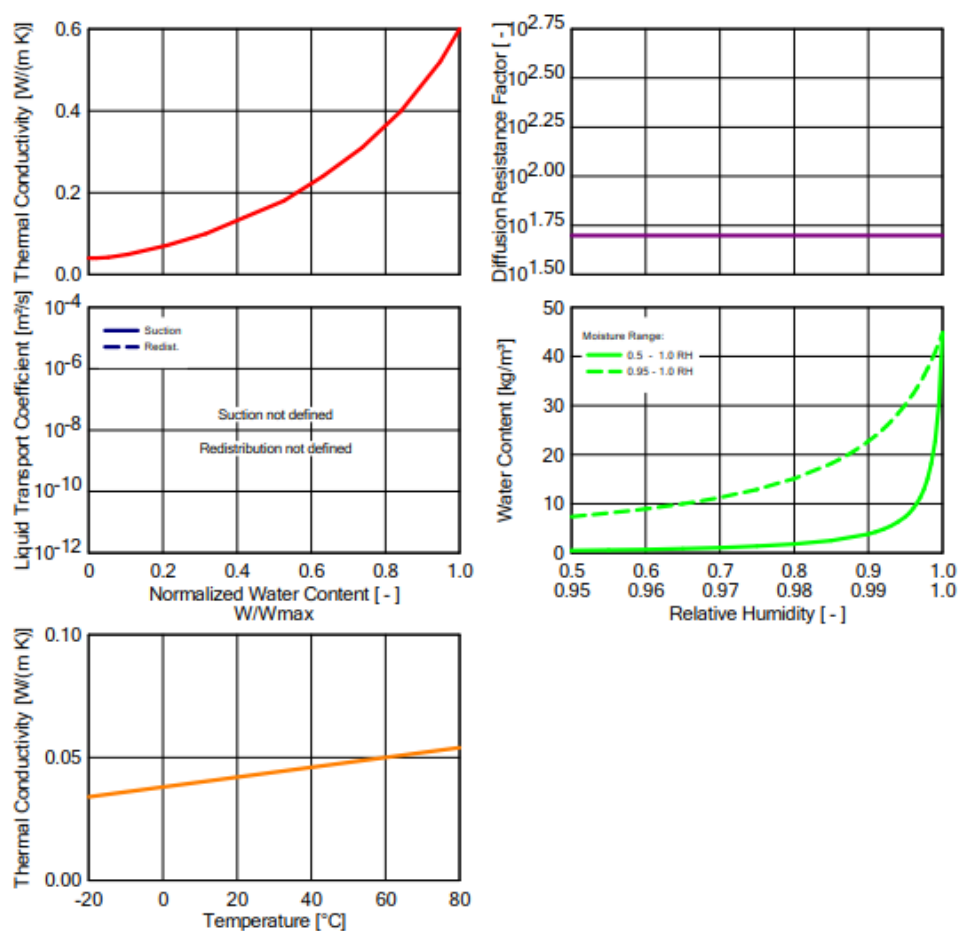
Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m³]	40
Porosity	[m³/m³]	0.95
Specific Heat Capacity, Dry	[J/(kg K)]	1500
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/(m K)]	0.03
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[ - ]	450
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/(m K²)]	0.0002



## WUFI Pro 6.3

Material: \*EPS (heat cond.: 0.04 W/mK - density: 30kg/m<sup>3</sup>) - unlocked

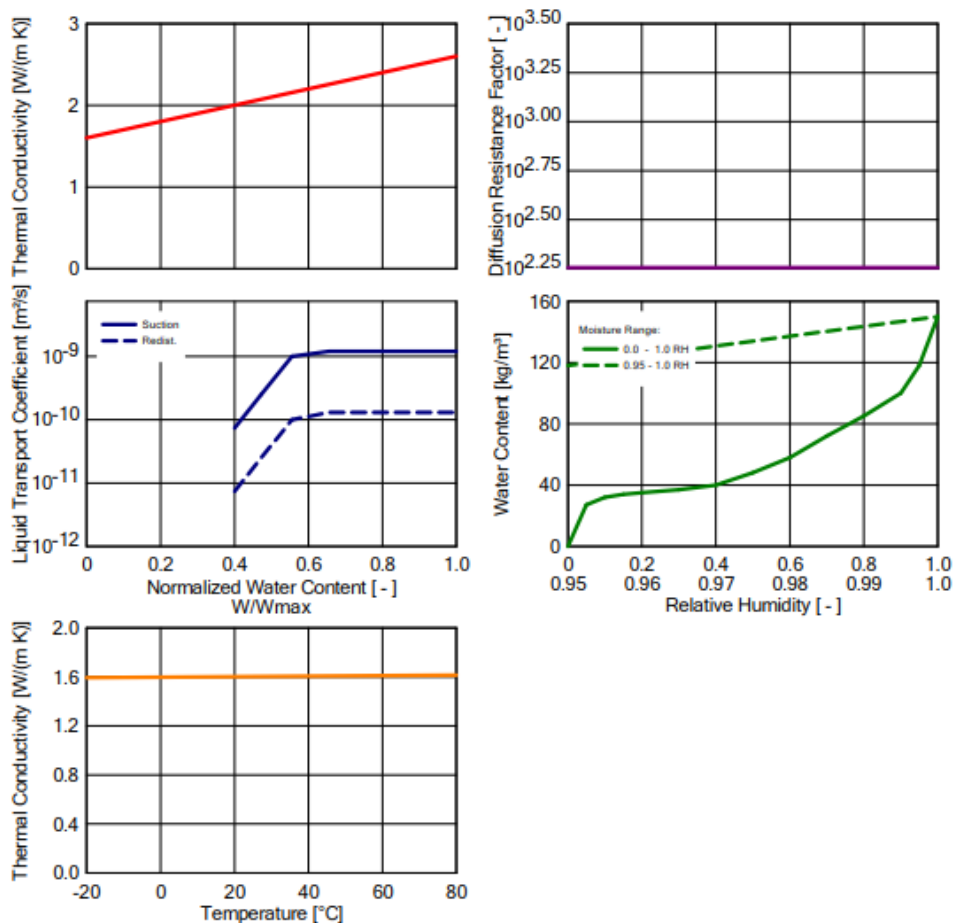
Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	30
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0.95
Specific Heat Capacity, Dry	[J/(kg K)]	1500
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/(m K)]	0.04
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[ - ]	50
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/(m K <sup>2</sup> )]	0.0002



## WUFI Pro 6.3

Material: Concrete, w/c=0.5

Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	2300
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0.18
Specific Heat Capacity, Dry	[J/(kg K)]	850
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/(m K)]	1.6
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[ - ]	180
Moisture-dep. Thermal Cond. Supplement	[%/M.-%]	8
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/(m K <sup>2</sup> )]	0.0002



## WUFI Pro 6.3

## Boundary Conditions

## Exterior (Left Side)

Location: Jokioinen04rakfys2.wac  
 Temperature Shift: 0.0 °C  
 Orientation / Inclination: North / 0 °

## Interior (Right Side)

Indoor Climate: WTA Guideline 6-2-01/E  
 User-Defined Sine Curve Parameters

## Surface Transfer Coefficients

## Exterior (Left Side)

Name	Description	Unit	Value
Heat Resistance - includes long-wave radiation		[(m <sup>2</sup> K)/W]	0.1 yes
sd-Value	No coating	[m]	----
Short-Wave Radiation Absorptivity	No absorption/emission	[ - ]	----
Long-Wave Radiation Emissivity	No absorption/emission	[ - ]	----
Adhering Fraction of Rain	No absorption	[ - ]	----
Explicit Radiation Balance			no

## Interior (Right Side)

Name	Description	Unit	Value
Heat Resistance		[(m <sup>2</sup> K)/W]	0.17
sd-Value	No coating	[m]	----

## WUFI Pro 6.3

## Results from Last Calculation

## Status of Calculation

Calculation: Time and Date	14.8.2019 8:13:16
Computing Time	1 min,9 sec.
Begin / End of calculation	1.1.2019 / 1.1.2024
No. of Convergence Failures	6

## Check for numerical quality

Integral of fluxes, left side (kl,dl)	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,53 -1,3
Integral of fluxes, right side (kr,dr)	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,53 4,42
Balance 1	[kg/m <sup>2</sup> ]	-5,72
Balance 2	[kg/m <sup>2</sup> ]	-5,72

Water Content [kg/m<sup>2</sup>]

	Start	End	Min.	Max.
Total Water Content	26,85	21,06	20,63	26,85

Water Content [kg/m<sup>3</sup>]

Layer/Material	Start	End	Min.	Max.
*Ontelolaatta 265 mm, ekvivalentti ke	60,49	60,39	58,11	63,86
XPS Surface Skin (heat cond.: 0,03 W/mK)	1,00	11,37	0,84	11,92
XPS Core (heat cond.: 0,03 W/mK)	1,00	3,20	1,00	3,75
XPS Surface Skin (heat cond.: 0,03 W/mK)	1,00	0,78	0,78	3,78
*EPS (heat cond.: 0.04 W/mK - densit	1,00	0,70	0,70	6,13
Concrete, w/c=0.5	118,00	49,21	49,21	118,00

## Time Integral of fluxes

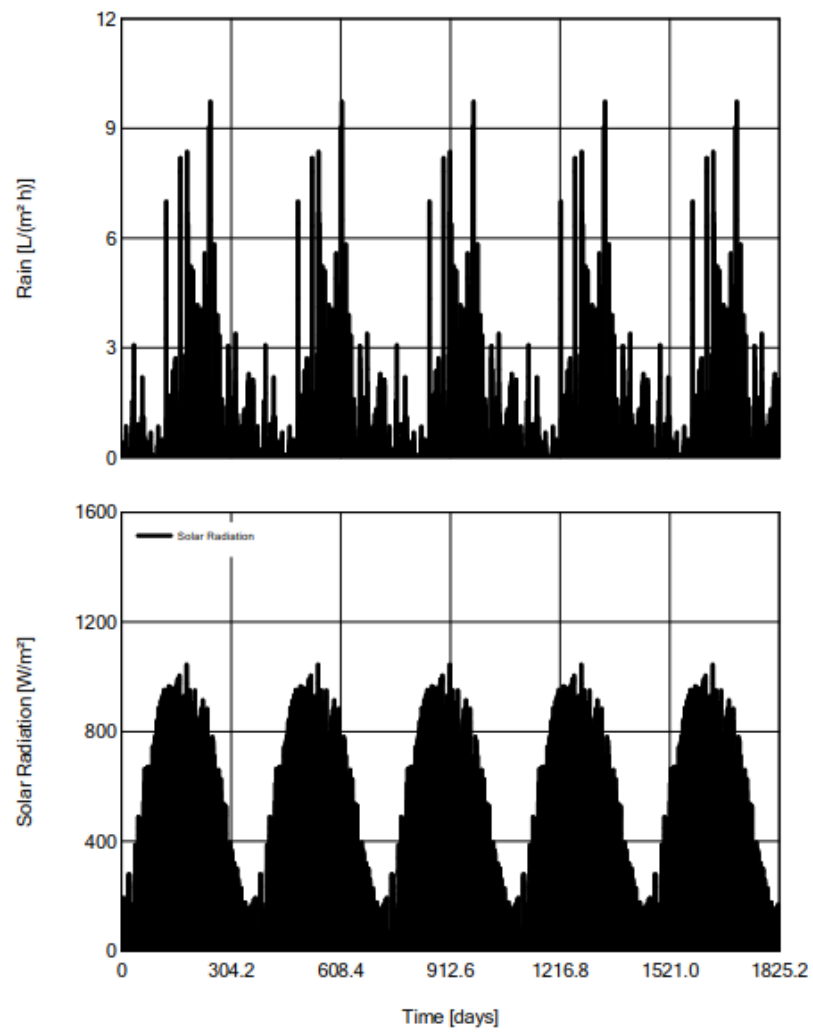
Heat Flux, left side	[MJ/m <sup>2</sup> ]	-323,35
Heat Flux, right side	[MJ/m <sup>2</sup> ]	-338,43
Moisture Fluxes, left side	[kg/m <sup>2</sup> ]	-3,62
Moisture Fluxes, right side	[kg/m <sup>2</sup> ]	5,35

## Hygrothermal Sources

Heat Sources	[MJ/m <sup>2</sup> ]	0,0
Moisture Sources	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,0
Unreleased Moisture Sources (due to cut-off)	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,0

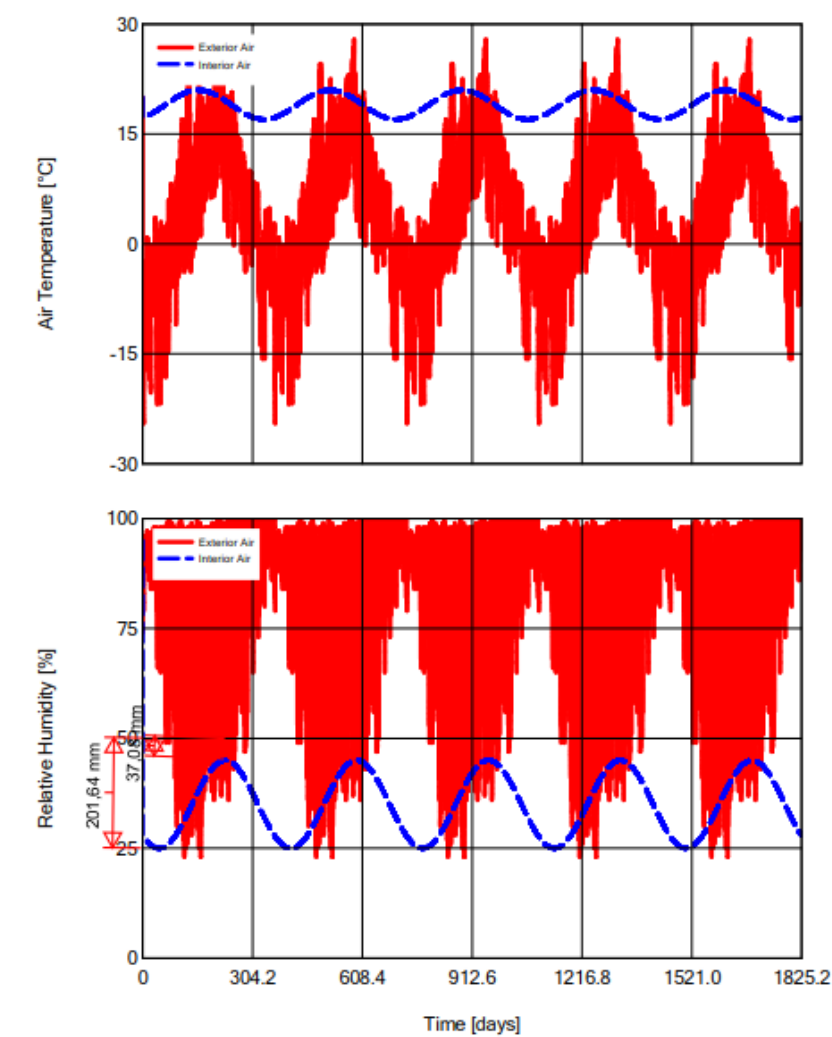
WUFI Pro 6.3

Rain, Radiation (Exterior Climate)



WUFI Pro 6.3

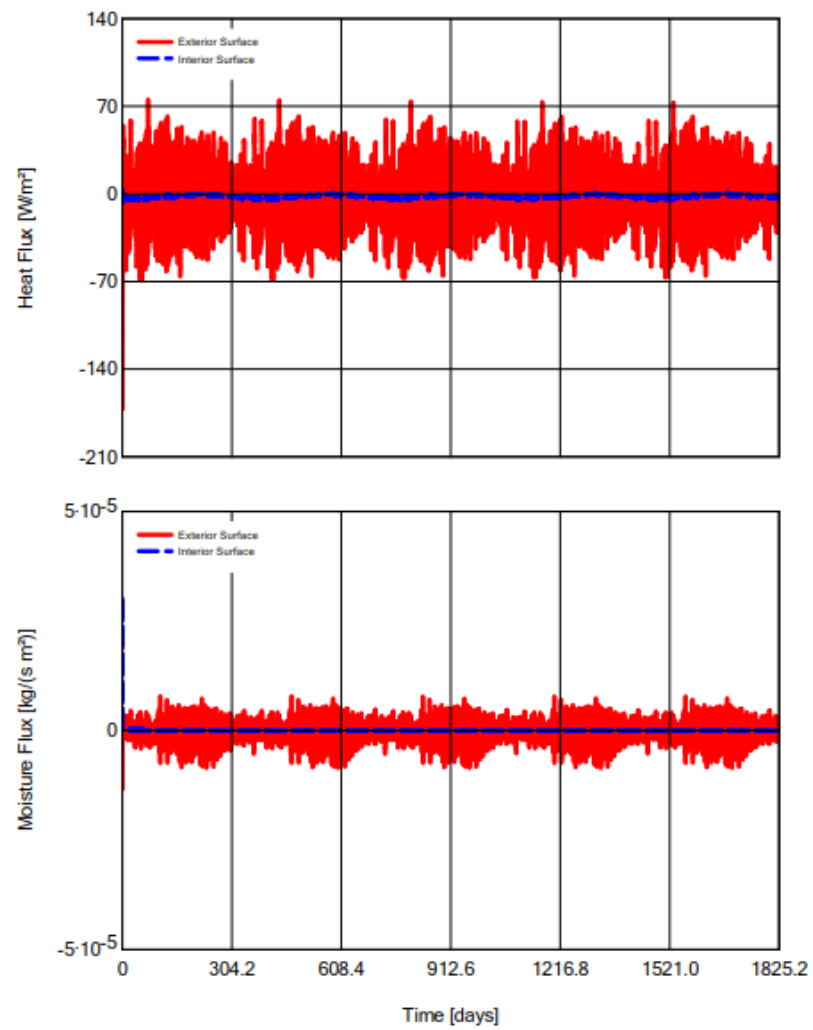
Air Temperature, RH (Exterior, Interior)





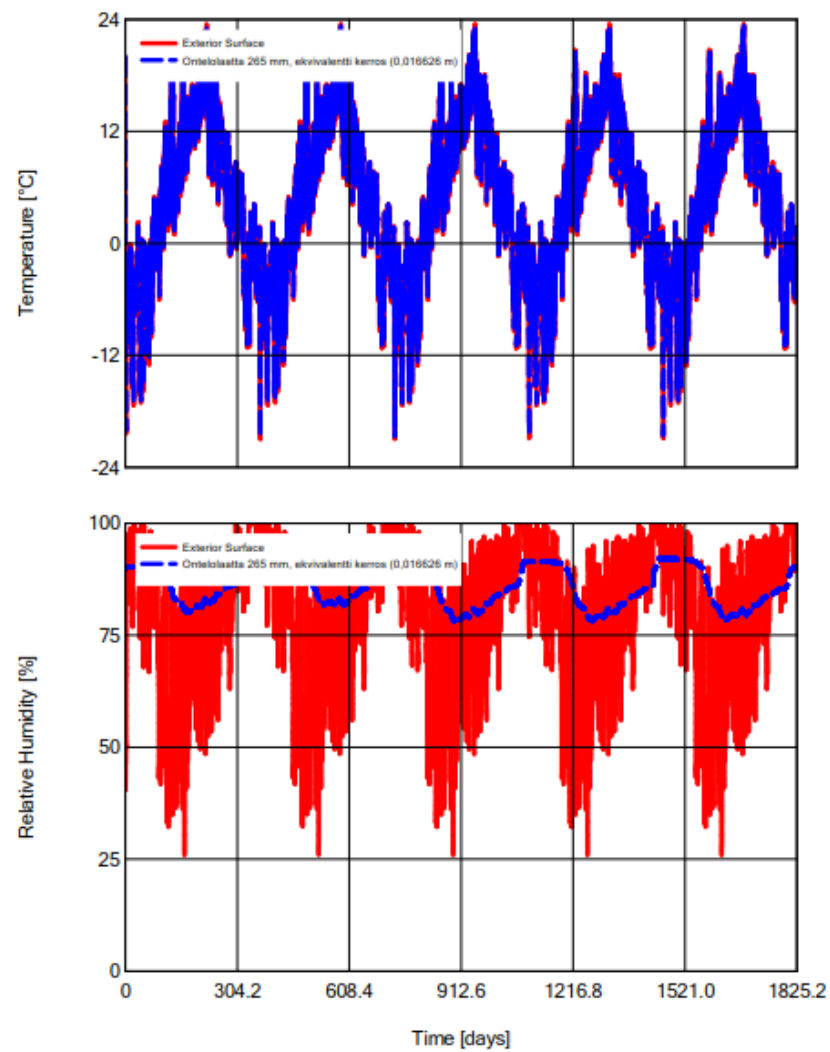
WUFI Pro 6.3

## Heat, Moisture Fluxes



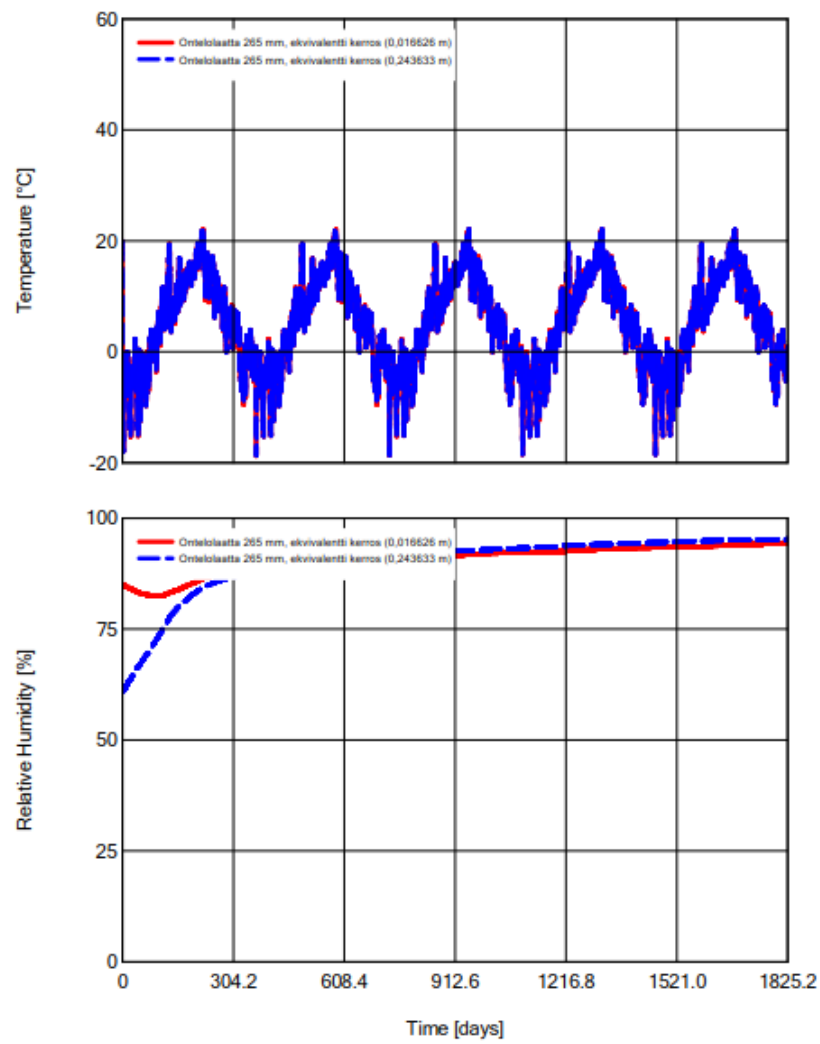
WUFI Pro 6.3

Temperature, RH (Monitor Position 1, 2)



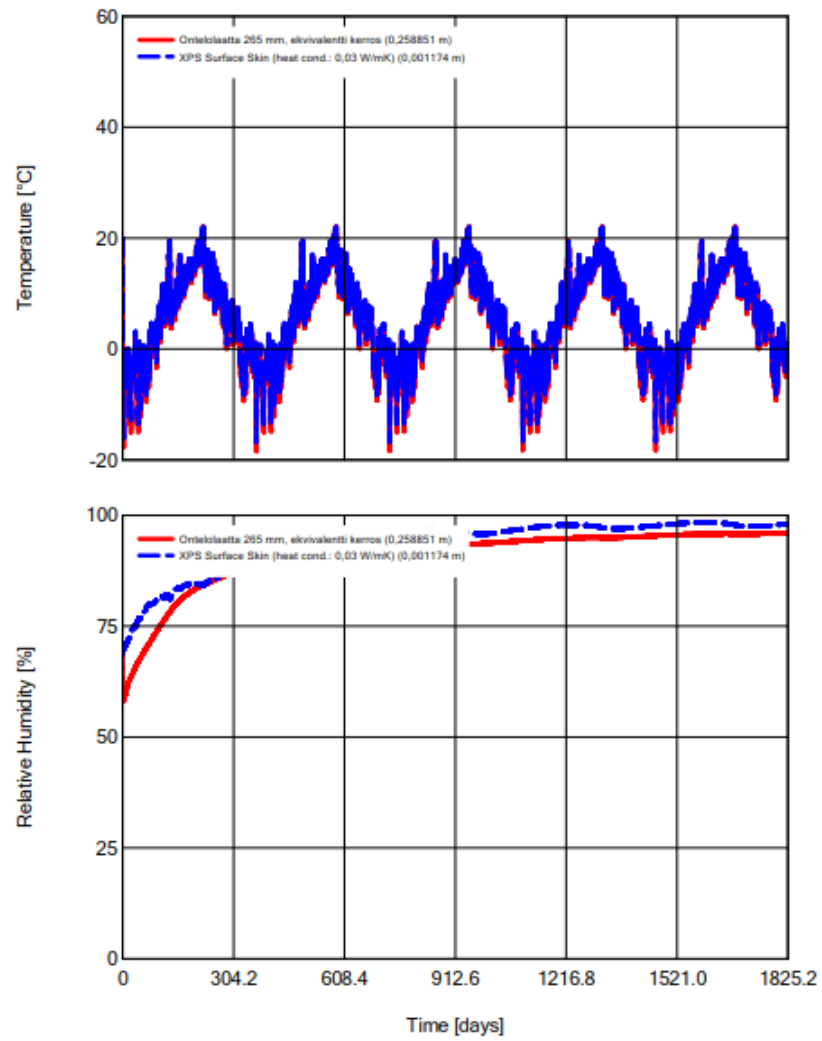
WUFI Pro 6.3

Temperature, RH (Monitor Position 3, 4)



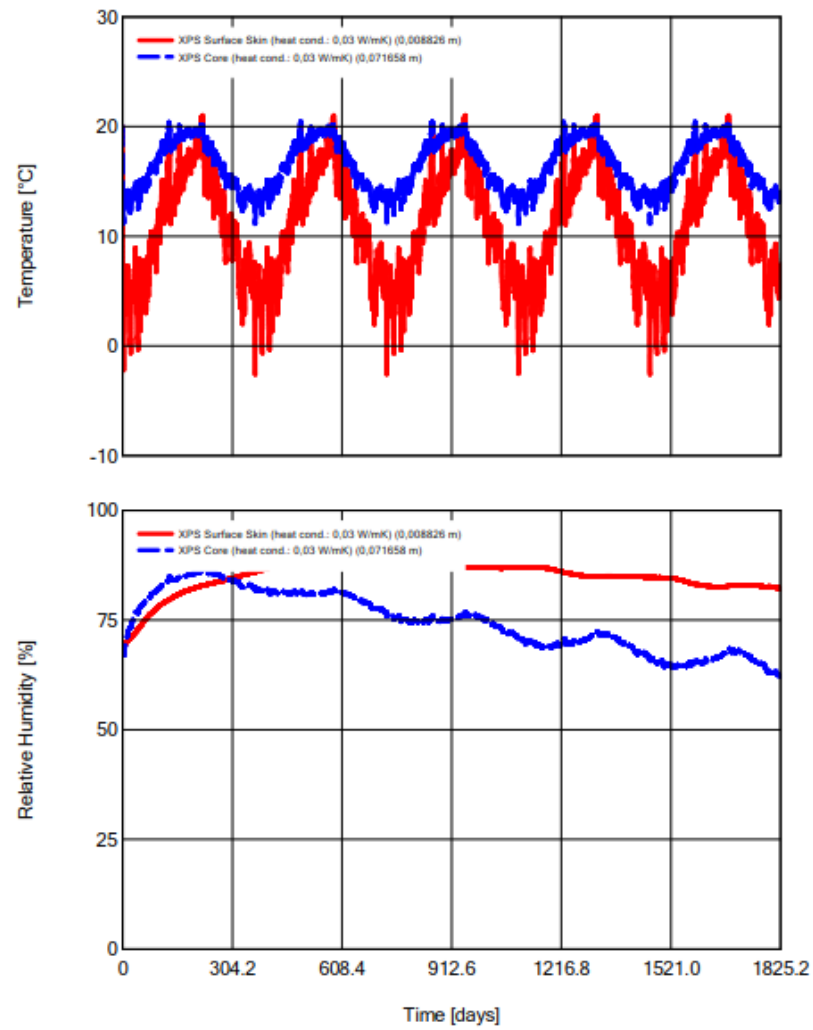
WUFI Pro 6.3

Temperature, RH (Monitor Position 5, 6)



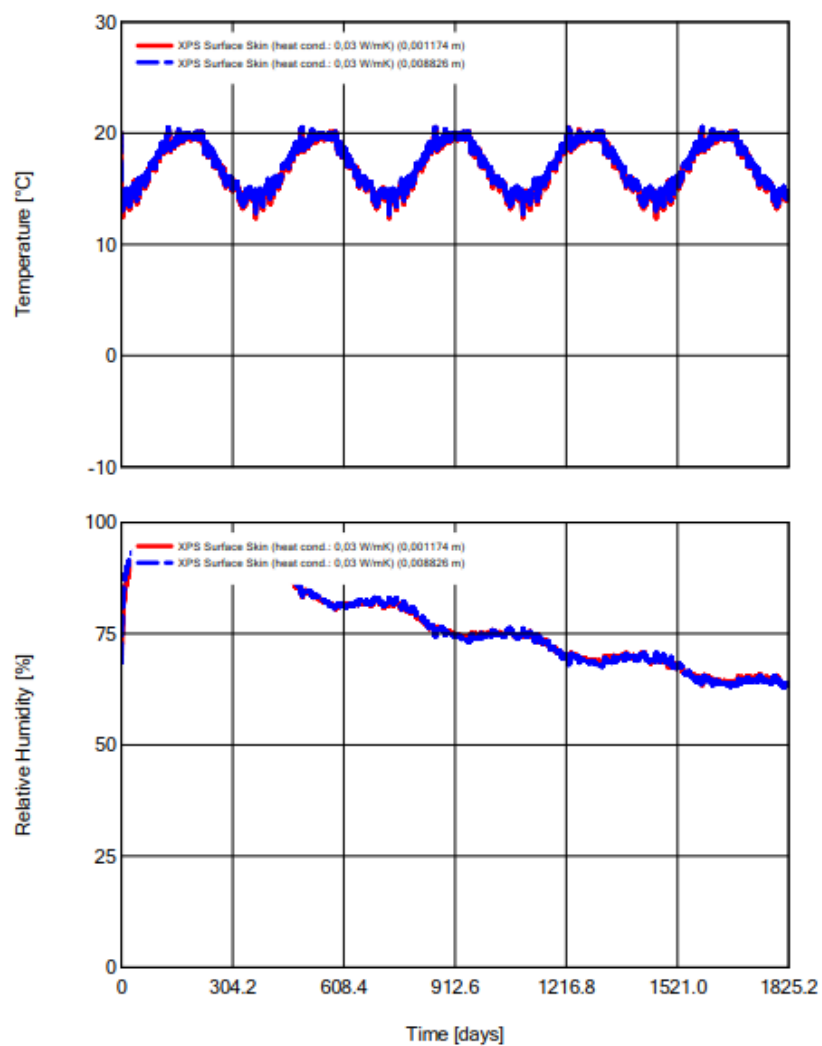
WUFI Pro 6.3

Temperature, RH (Monitor Position 7, 8)



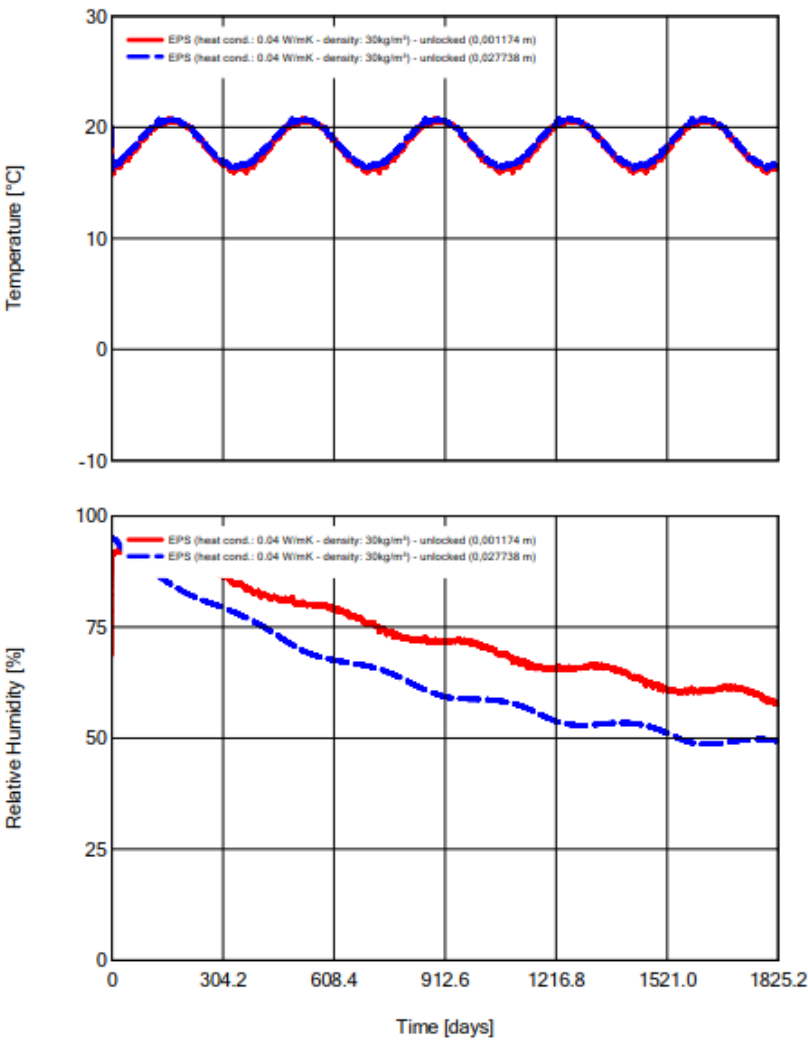
WUFI Pro 6.3

Temperature, RH (Monitor Position 9, 10)



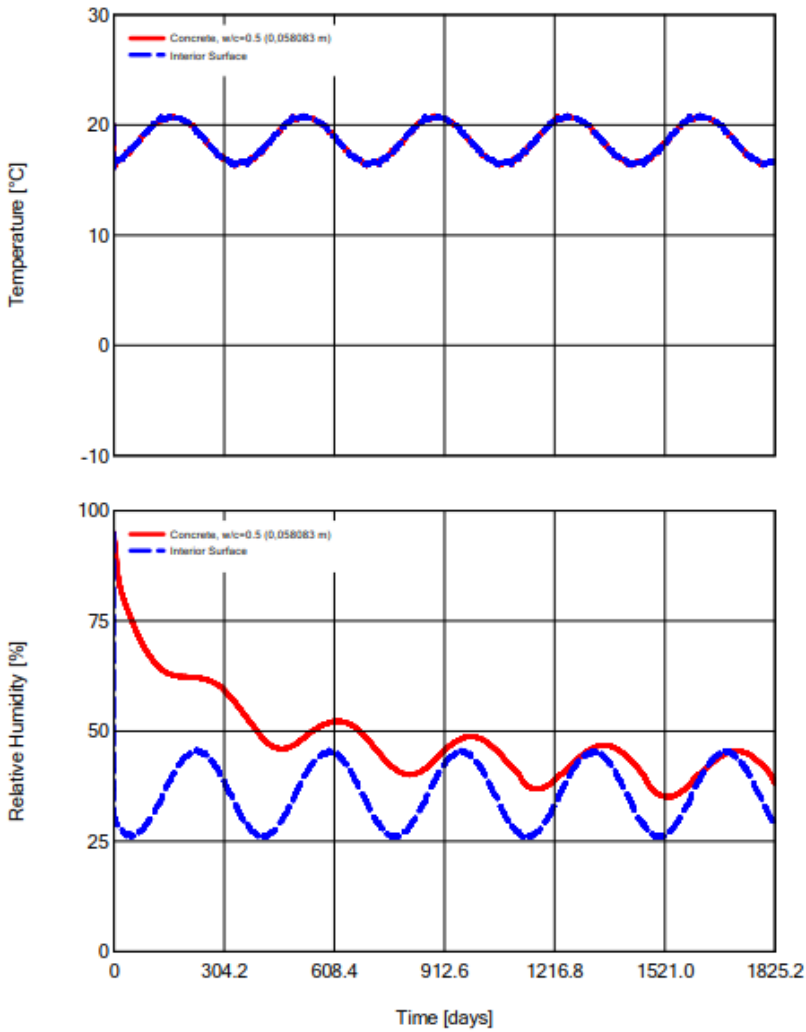
WUFI Pro 6.3

Temperature, RH (Monitor Position 11, 12)



WUFI Pro 6.3

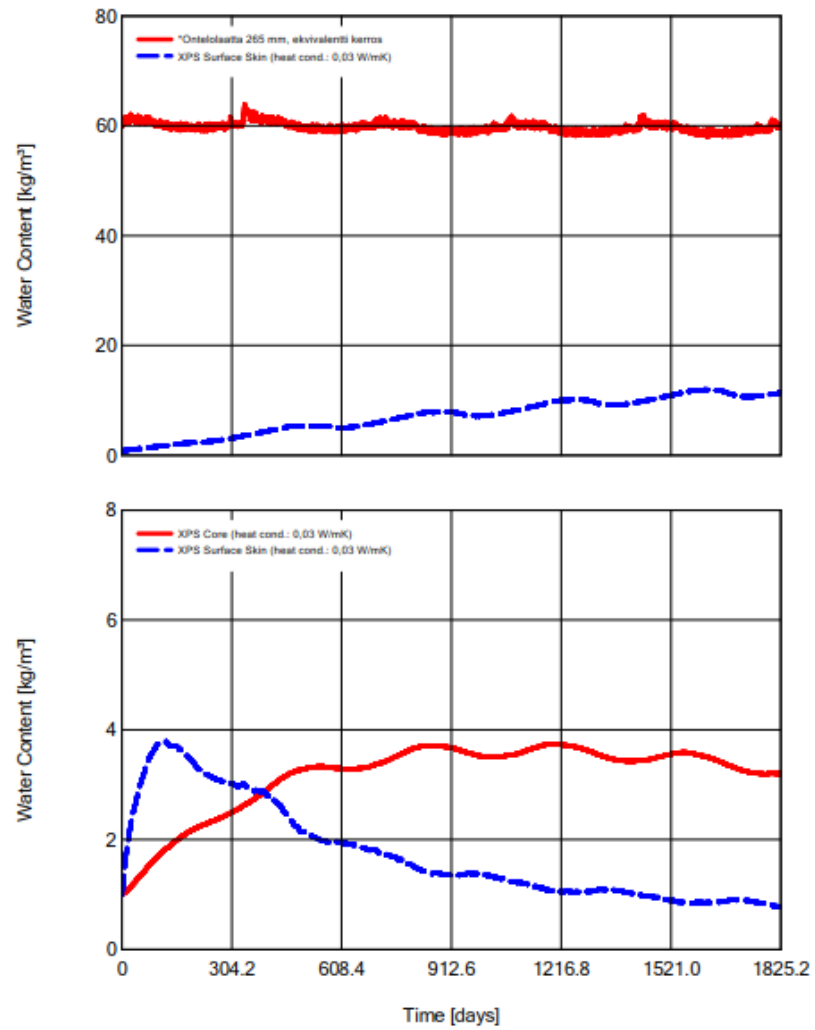
Temperature, RH (Monitor Position 13, 14)





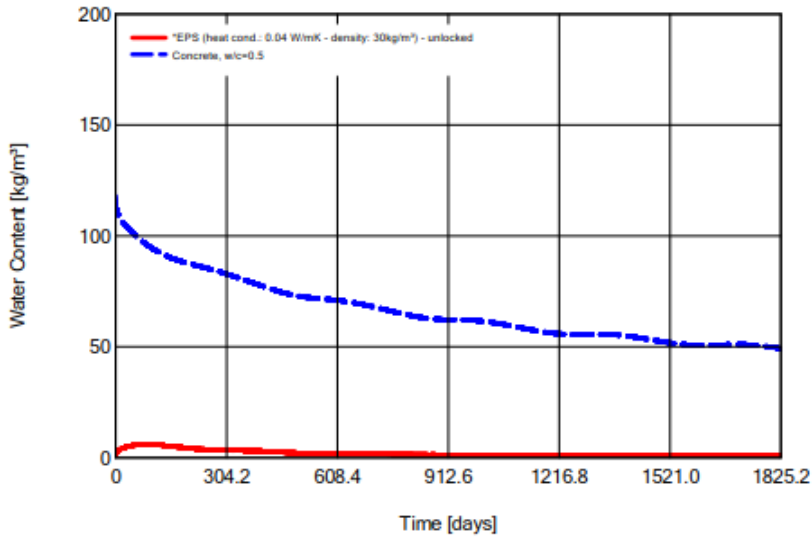
WUFI Pro 6.3

Water Content of Individual Materials



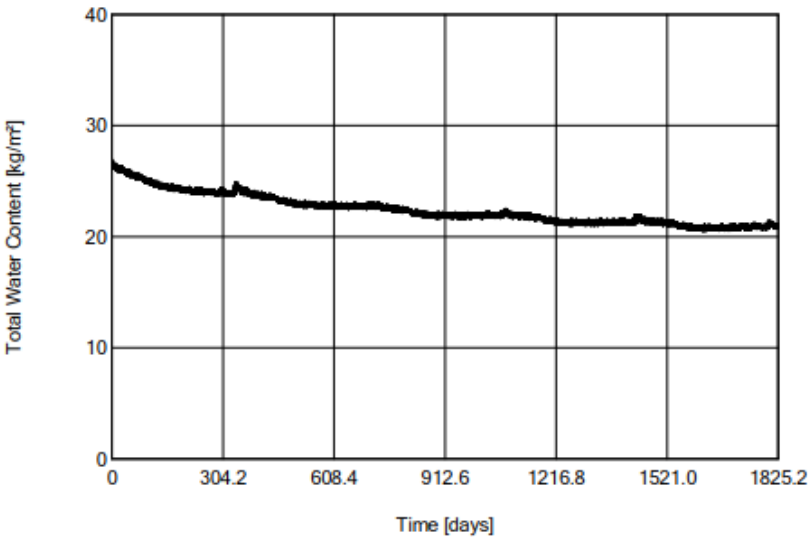
WUFI Pro 6.3

Water Content of Individual Materials



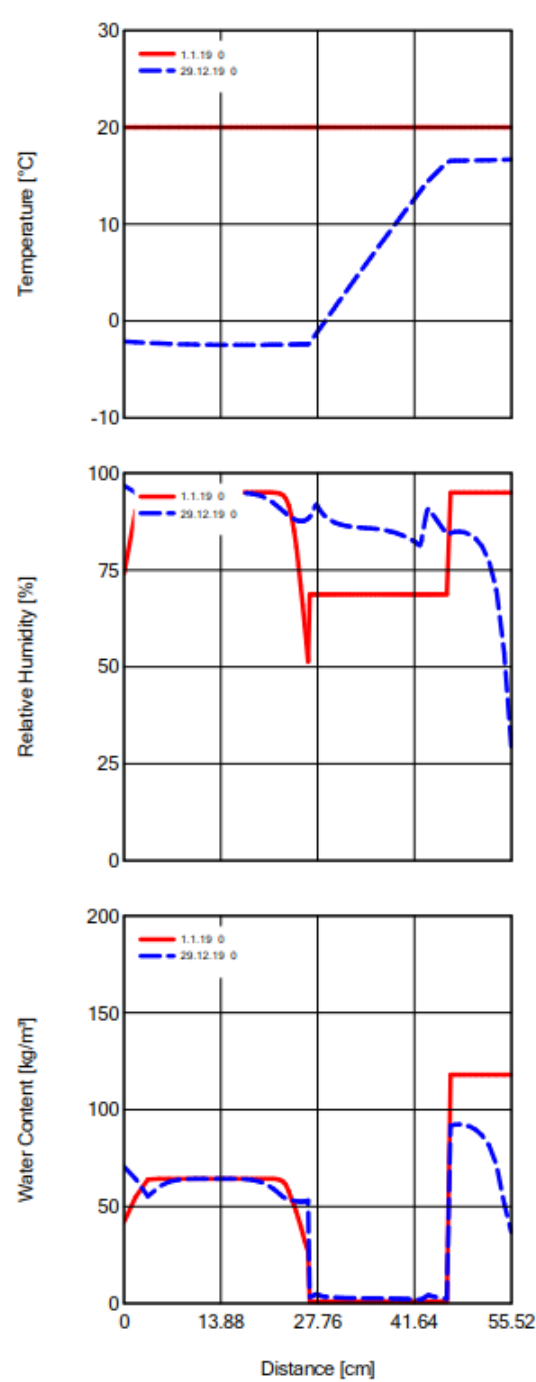
WUFI Pro 6.3

Total Water Content in Construction



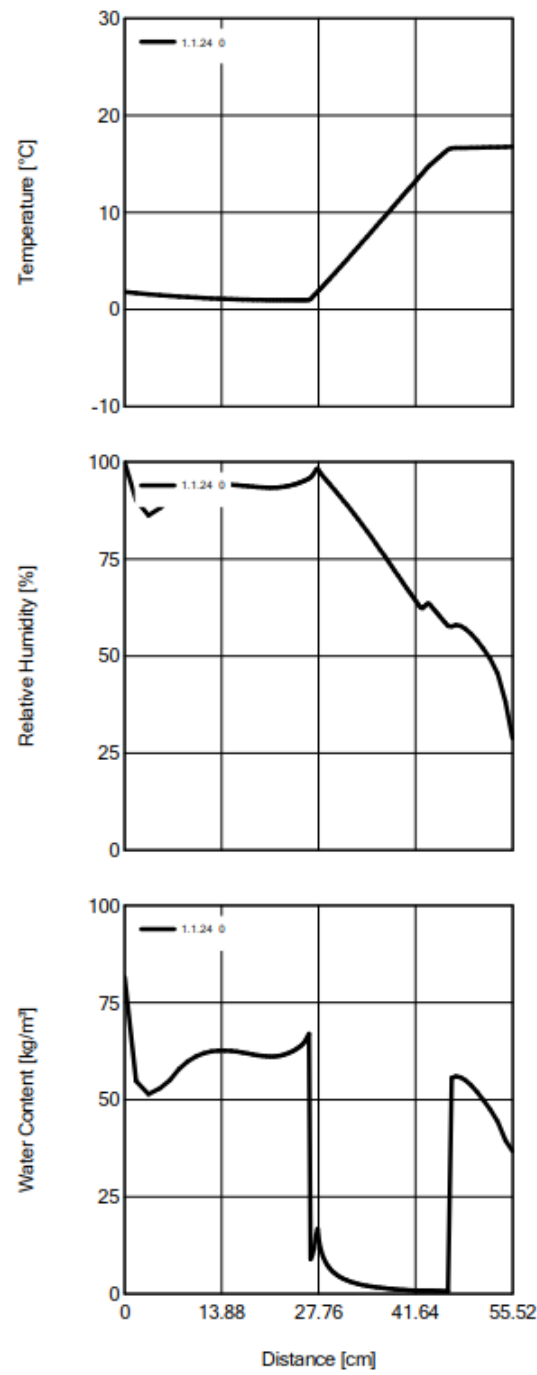
WUFI Pro 6.3

Profiles



WUFI Pro 6.3

Profiles



Kohde 2, rakenteen homeindeksi

