

Kalle Miettunen

**ILMANVAIHTOKONEEN SUODATTIMIEN MIKROBIT SISÄILMA-
ONGELMIEN AIHEUTTAJINA**

ILMANVAIHTOKONEEN SUODATTIMIEN MIKROBIT SISÄILMA- ONGELMIEN AIHEUTTAJINA

Kalle Miettunen
Opinnäytetyö
Syksy 2020
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä: Kalle Miettunen

Opinnäytetyön nimi: Ilmanvaihtokoneen suodattimien mikrobit sisäilmaongelmien aiheuttajina.

Opinnäytetyön nimi: Microbes of Ventilation Machine Filters as the Cause of Indoor Air Problems.

Työn ohjaaja: Eija Hakala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2020

Sivumäärä: 31 + 25 liitettä

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää ilmanvaihtokoneen tuloilmasuodattimen kosteusvaurioindikaattorimikrobeja sekä suodattimien kontaminaatiota ja mahdollisuutta olla osallisena sisäilmaongelmille.

Ilmanvaihtokoneen suodattimista mikrobit selvitettiin materiaalinäytteinä. Suodatinmateriaalista otettiin näytepala, joka tutkittiin asumisterveysasetuksen mukaisena laimennusviljelynä. Tutkivana laboratoriona toimi Scanlab oy, joka on ruokaviraston hyväksymä akkreditoitu testauslaboratorio.

Materiaali kerättiin ilmanvaihtokoneista, joissa käytetään pussisuodattimia. Näytteidenotto kohteiden maantieteellinen sijainti Oulun eteläpuolella. Näytteet otettiin käyttötarkoituksiltaan erilaisista kiinteistöistä vuoden 2020 huhti-syyskuun aikana. Mukana otannassa oli palvelutaloja, liikerakennuksia, kauppakiinteistöjä, koulurakennuksia sekä päiväkoteja. Ei ole tiedossa oireillaanko näissä kiinteistöissä, eikä sen selvitys ollut tutkimuksen tavoitteena.

Tutkimuksen perusteella käytössä olleissa suodattimissa mikrobikanta säilyy hengissä ja kosteusvaurioindikaattorimikrobien perusteella myös suodattimien kontaminaatiota tapahtuu. Suodattimista löytyneiden kosteusvaurioindikaattorimikrobien määrä ylitti raja-arvon jo 2 kuukautta paikoillaan olleessa suodattimessa ja näytteestä löytyi mykotoksiinia tuottavaa *Chaetomium*-kasvustoa. Tiettyille mikrobilajistoille on ominaista kehittää kasvustossa erilaisia toksineja, jotka voivat kulkeutua sisäilmaan muiden partikkeleiden mukana tai kaasuihin.

Asiasanat: ilmanvaihto, mikrobit, home, sisäilma

ALKULAUSE

Tämän opinnäytetyön aiheena on tutkia ilmanvaihtokoneiden suodattimien pinnalla olevia mikrobeja ja kiinnittää huomiota suodattimien mikrobien osallistumisesta sisäilmaongelmiin tai oireiden aiheuttamista rakennuksen käyttäjille.

”Ilmanvaihtokoneen suodattimet vaihdetaan, kun suodattimet ovat likaiset”. Tämä lause on osittain vakiintunut kiinteistöjen huolloista vastaavien ammattilaisten keskuudessa. On totta, että suodattimien vaihtovälin määrittäminen monesti perustuu suodattimien likaantumisen aiheuttamaan paine-eron kasvuun. Suodattimien paine-eron kasvu aiheuttaa virrankulutuksen nousua kanavapaineohjauksissa järjestelmissä ja voi aiheuttaa ilmanvaihtokoneen tuottaman ilmavirran pienenemistä vakionopeuspuhaltimilla varustetuissa järjestelmissä.

Toivon, että työstä on jatkossa hyötyä sisäilmaongelmia ratkovissa tutkimuksissa, sekä antaa lisätietoja kiinteistöjä tutkiville ammattilaisille.

Opinnäytetyön isona rahoittajana on Suomen Ivi-yhdistyksen Oulun alueen yhdistyksen Olli Hiltusen stipendiraasto. Iso kiitos Oulun Ivi-yhdistyksen päättäjät luottamuksesta.

Oulussa 1.12.2020

Kalle Miettunen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	6
1 JOHDANTO	8
2 SISÄILMA	9
2.1 Ilmanvaihtokoneiden suodattimet	10
2.2 Kosteuden pääseminen suodattimen pinnalle	11
2.3 Ilmankosteus suodattimessa	15
2.4 Sisäilmaongelmat	16
2.5 Mikrobit	17
2.6 Ilmavirta suodattimissa	22
3 TUTKIMUS	23
3.1 Tutkimusmateriaali	23
3.2 Näytteenotto	26
3.3 Näytteiden analysointi	27
4 JOHTOPÄÄTÖKSET	29
5 POHDINTA	31
LÄHTEET	32
LIITELUETTELO	34

SANASTO

Aktinomykeetti	Aktinomykeetit ovat gram-positiivisia morfologisesti tietyn tyyppisiä lahkoon <i>Actinomycetales</i> kuuluvia bakteereja. Tuottavat maakellarimaista hajua. Käytetään myös nimitystä sädesieni. Ominainen kyky muodostaa rihmastoja ja itiöitä.
Bakteeri	Bakteerit ovat yksisoluisia, alkeistumallisia pieneliöitä, jotka lisääntyvät jakautumalla. Useimmat bakteerit ovat halkaisijaltaan 0,5 - 2 µm ja 1 - 2 µm pitkiä.
DG18	DG18 on kserofiilisten sienien kasvualusta. Dikloraani-glyseroli-18-alusta.
Hiivasieni	Hiivasieni eli hiiva on sieni, joka kasvaa pääasiassa yksisoluisena ja lisääntyy suvuttomasti kouroutuvista hiivasoluista tai jakautumalla. Eivät yleensä tuota rihmastoja, mutta toisiinsa kiinni jäävät pidentyneet solut näkyvät valerihmana.
Homesieni	Homesienet ovat mikroskooppisen pientä rihmastoja ja itiöitä tuottavia sieniä. Homesieni-termiä ei ole määritelty tieteellisesti.
Inkubointi	Kasvatuksen tai reaktion tapahtuminen valvotuissa olosuhteissa.
Jaksotettu käyttö	Jaksotettu käyttö tarkoittaa tässä tutkimuksessa sitä, että ilmanvaihtokonetta käytetään osan aikaa vuorokaudesta osateholla esim. yön ajaksi ½ teholla.

Kasvualusta	Bakteerien tai sienten kasvatukseen käytettävä, petrimaljoille valettu ravintoagar, joka on yleis-alusta kyseisille mikrobiryhmille. Sienten kasvu bakteerialustoilla ja bakteerien kasvu sienialustoilla estetään lisäämällä kasvualustaan antibiootteja.
Kontaminaatio	Pinnan tai materiaalin poikkeavasti kohonnut mikrobipitoisuus. Mikrobeja on käytännössä kaikkialla, joten voidaan kontaminaatiota pitää tilannetta, jossa esiintyy ei toivottua mikrobikasvustoa.
Mikrobi	Yksisoluisia organismeja, joihin kuuluvat mm. bakteerit ja mikrosienet. Mikrosieniä ovat mm. homesienet ja hiivat.
M2	M2-alusta on sienien kasvualusta. 2 %:n mal-lasuutealusta
TGH	TGH-alusta on bakteerien kasvualusta. Tryptoni, hiivauute, glukoosi - alusta.
VOC-yhdisteet	VOC = Volative organic compounds. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet.
WHO	WHO = World Health Organization. Ihmisten terveyteen keskittyvä Yhdistyneiden kansakuntien järjestö.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehdään tutkimusluontoisena. Tutkimuksen kohteena on ilmanvaihtokoneiden suodattimien mikrobisisältö ja niiden kontaminaatio. Suodattimien mikrobisisältöä ei ole Suomessa tutkittu tai ainakaan tutkimuksia ei ole julkistettu. Ulkomailla tehtyjä tutkimuksia ei voida suoraan verrata Suomen olosuhteisiin, koska ulkoilmaolosuhteet ovat erilaiset.

Suomessa saastunutta sisäilmaa kohdistuneita tutkimuksia on tehty lukuisia sisäilmaongelmien parantamiseksi. Tutkimukset ovat käsitelleet sisäilmaongelmien taustalla olevia syitä ja niistä mahdollisesti aiheutuvia terveyshaittoja. Tehdyistä tutkimuksista huolimatta sisäilmaongelmien vähentämisessä on vielä paljon tehtävää ja tutkimusmenetelmissä kehitettävää.

Ilmanvaihtokoneen tuloilmasuodattimien tarkoitus on puhdistaa rakennuksen sisälle tulevaa ilmaa. Ilmanvaihtokoneen tuloilmasuodattimet ovat lähes poikkeuksetta SFS-EN ISO 16890 ePM1 50 - 65 % -luokkaa, joka on vanhan standardin mukaan F7-luokka. Suodattimien ollessa puhtaat, ne pitävät tuloilman hyvänä. Suodattimiin kerääntyy ulkoilmasta pölyjä ja muita pienhiukkasia, jotka sisältävät mikrobeja. Suodattimiin pääsevä kosteus yhdessä lämmön kanssa luovat mikrobien kasvulle suotuisat olosuhteet.

Työssä tarkastellaan jatkuvakäyttöisten ilmanvaihtokoneiden tuloilmasuodattimien mikrobikasvustoa suodattimen ulkoilman ts. likaisemmalta puolelta. Tutkimuksen kohteena olevat kiinteistöt ovat satunnaisesti valittuja, eikä kiinteistön käyttäjistä tiedetä oireillaanko tai koetaanko huonoa sisäilmaa.

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää pääasiassa kosteusvaurioihin liitettyjä mikrobeja, kosteusvaurioindikaattoreita ja suodattimien kontaminaatiota eri ajanjaksoilla sekä tuoda uutta tietoa sisäilmaa tutkiville ammattilaisille.

2 SISÄILMA

Suomessa on rakennuksia sekä asuin- ja työtiloja koskevia lakeja ja määräyksiä, joiden tehtävä on toimia omalta osaltaan vaatimuksena turvalliseen ja terveelliseen asumiseen. Näiden lisäksi lakien nojalla annetuissa asetuksissa ja määräyksissä sekä näitä selventävissä alemmissa ohjeissa tuodaan vaatimuksia sekä suosituksia hyvälle rakennustavalle. Nämä kaikki yhdessä luovat edellytykset terveisiin olosuhteisiin.

Ympäristöministeriön asetus 1009/2017 uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta asetuksessa sanotaan että, ”*Sisäilmassa ei saa esiintyä terveydelle haitallisessa määrin hiukkasmaisia epäpuhtauksia, fysikaalisia, kemiallisia tai mikrobiologisia tekijöitä eikä viihtyisyyttä jatkuvasti heikentäviä hajuja*” (1, § 5). Tämä lause vaikuttaa laajasti rakennuksen ilmanvaihtoon sekä sisäilmaolosuhteisiin.

Tarkkoja raja-arvoja kaikille eri yhdisteille ei ole määritetty tai niitä ei voida vielä määrittää. Oireiden ja mitattujen ilman epäpuhtauksien välillä ei ole havaittu annos-vastesuhdetta eli oireita ei ole aina paljon, kun pitoisuudet ovat suuria tai vähän, kun pitoisuudet ovat pieniä. Tämän vuoksi mikrobialtistumisen terveydellistä haittaa ei voida luotettavasti arvioida mittaamalla ilmasta mikrobeja tai muita mikrobiologisia epäpuhtauksia. Sisäilman terveydellistä haittaa tulee arvioida kokonaisuutena. Sisäilmasta tulee ottaa huomioon hiukkasmaiset epäpuhtaudet, kosteus, veto ja lämpötila sekä kemialliset epäpuhtaudet. (2, s. 176–177.)

Sisäilman terveellisyyteen vaatimuksia asettaa Sosiaali- ja terveysministeriön asettama asumisterveysasetus (asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista). Asetuksessa sanotaan mikrobeista, että ”*Toimenpiderajan ylittymisenä pidetään korjaamatonta kosteus- tai lahovauriota, aistinvaraisesti todettua ja tarvittaessa analyysillä varmistettua mikrobikasvua rakennuksen sisäpinnalla, sisäpuolisessa rakenteessa tai lämmöneristeessä silloin, kun lämmöneriste ei ole kosketuksissa ulkoilman tai maaperän kanssa, taikka mikrobikasvua muussa rakenteessa tai tilassa, jos sisätiloissa oleva voi sille altistua*”.

2.1 Ilmanvaihtokoneiden suodattimet

Tuloilman suodatuksen tavoitteena on vähentää terveydelle haitallisten epäpuhtauksien kulkeutumista sisäilmaan ja suojata ilmanvaihtolaitteiston komponentteja likaantumiselta.

Suomen rakentamismääräykset mahdollistavat jopa tuloilman suodattamattomuuden. Tämä on mahdollista vain poikkeuksellisesti painovoimaisessa ilmanvaihdossa. (3, s. 6.) Muissa tapauksissa on erityyssuunnittelijan suunniteltava ilmansuodatuksen taso ulkoilman laadun ja sisäilman laadulle asetettujen tavoitteiden perusteella (1, s. 12).

Ilmanvaihtokoneiden suodattimien erotusaste määritellään SFS-EN ISO 16890 standardin mukaisesti. Suodatinta kuormitetaan synteettisellä L2-testipölyllä standardin ohjeen mukaisesti ja suodatin luokitellaan erotusaste-ryhmiin ISO ePM_{10} , $ePM_{2,5}$ ja ePM_1 (taulukko 1). Symboli ePM_x kuvaa ilmansuodattimen hiukkaserotusastetta hiukkasille, joiden optinen halkaisija on $0,3 \mu m - x \mu m$. Erikoiset hiukkaset voidaan luokitella hiukkasmaisen aineksen mukaan PM-luokkiin. (4, s. 5.)

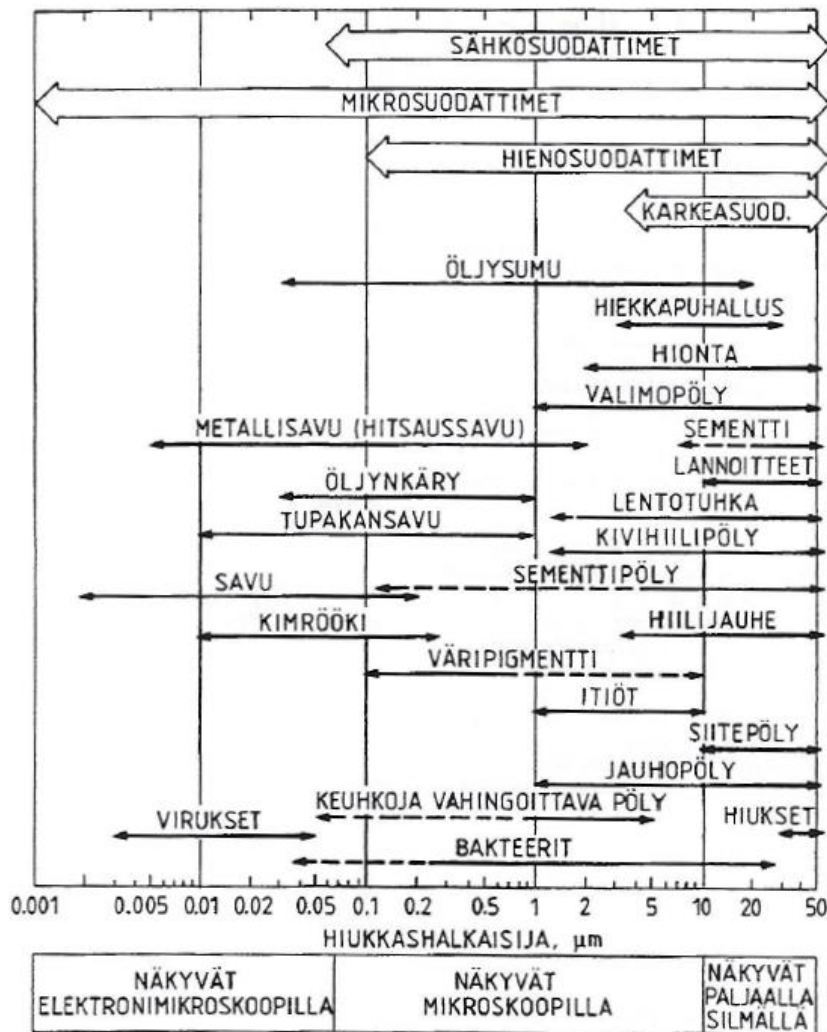
TAULUKKO 1. ePM_x Suodattimien hiukkaserotusasteen hiukkaskokoalueet (4, s.5)

Hiukkaserotusaste	Hiukkaskokoalue
ePM_{10}	$0,3 \mu m - 10 \mu m$
$ePM_{2,5}$	$0,3 \mu m - 2,5 \mu m$
ePM_1	$0,3 \mu m - 1 \mu m$

Suodattimen erotusaste kasvaa suodattimen likaantuessa, koska suodatinmateriaali alkaa pikkuhiljaa tukkeutua. Tällöin paine-ero suodattimen yli kasvaa ja sen

seurauksena vakionopeuspuhaltimissa ilmamäärä pienenee tai kanavapaine taa-juusmuuntajaohjatuissa järjestelmissä virrankulutus kasvaa. (5.)

Terveydelle vaarallisimpia ovat kooltaan alle 2 µm olevat hiukkaset. Tätä suu-remmat hiukkaset eivät kulkeudu keuhkoihin asti vaan jäävät ylempiin hengitys-eliimiin. Esimerkiksi tupakansavun keskimääräinen hiukkaskoko on 0,5 µm. (6, s. 259). Kuvassa 1 on esitetty tavallisten hiukkasten kokoa.

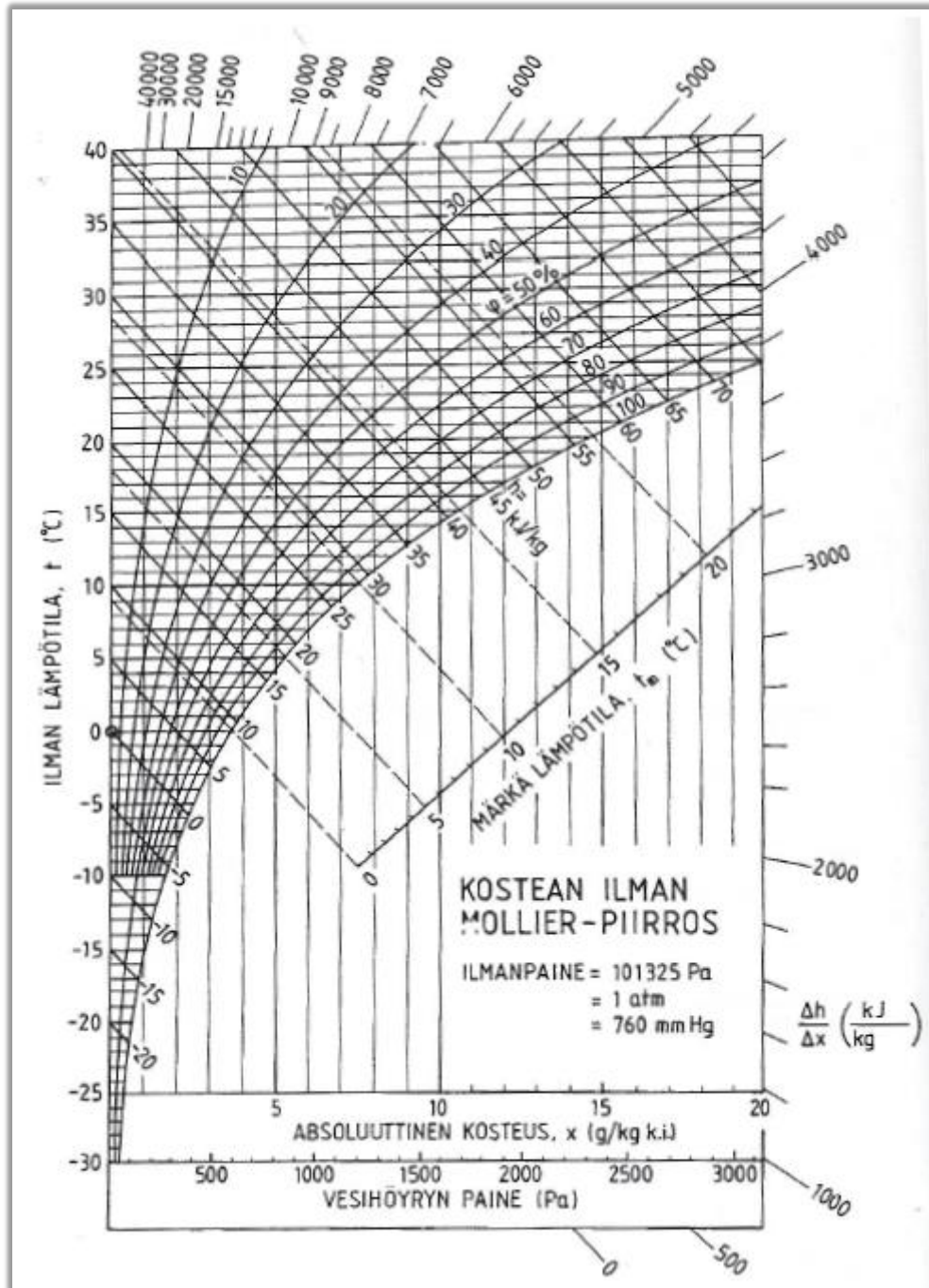


KUVA 1. Hiukkasten koko (6, s. 260)

2.2 Kosteuden pääseminen suodattimen pinnalle

Ilmanvaihtokoneen tuloilma on suoraan verrattavissa ulkoilman fysikaalisiin olo-suhteisiin, jossa kosteuspitoisuudet vaihtelevat kosteasta kesäilmasta talven kui-

vempaan ilmaan. Kuvan 2 Mollier-taulukkoa voidaan käyttää apuna määrittämään ilman ominaisentalpia, vesihöyryn paine, absoluuttinen kosteus ja märkälämpötila. Taulukon avulla esimerkiksi on helppo laskea ilman jäädytyksessä ilmasta poistuva kosteus tai ilman lämmitykseen tarvittava energia. Esimerkiksi kesän 25 °C:n lämpötilassa maksimikosteussisältö on 23 g H₂O/m³. Tämä 100 %:n suhteellinen kosteus voidaan saavuttaa hyvin sumuisella säällä. Tätä pistettä kutsutaan kastepisteeksi, jolloin vesihöyry alkaa tiivistyä pinnoille vedeksi. (7.)



KUVA 2. Mollier-diagrammi (6. s. 190)

Lämmin ilma pystyy sitomaan enemmän kosteutta kuin kylmä ilma, eli kylmän ilman vesipitoisuus on pienempi. Talvella ilman suhteellinen kosteus voi olla 85 %, mutta absoluuttinen kosteus voi olla tällöin yli 20 kertaa pienempi mitä kesällä.

(8)

Talvella suodattimien pinnalle kosteutta aiheuttavat myös lumihiutaleet, jotka kulkeutuvat ilman mukana ulkoilmasäleikön kautta. Lumi sulaa suodattimen pinnalle ulkoilman lämmetessä ja voi lammikoitua koneen pohjalle tai valua jopa koneen ulkopuolelle (kuva 3). Lumen ja veden pääsyä ilmanvaihtojärjestelmään on vaikea estää kokonaan, mutta sitä voidaan vähentää sijoittamalla ulkoilma-aukko oikein sekä, suurentamalla ulkoilmasäleikön otsapinta-alaa ja käyttämällä ulkoilma-aukossa veden ja lumen erottimia tai esilämmityspatteria. (9, s. 24)



KUVA 3. Ilmanvaihtokoneeseen päässyt kosteus valunut myös koneen ulkopuolelle

2.3 Ilmankosteus suodattimessa

Suodattimeen ilman mukana kulkeutuva kosteus voidaan määrittellä ulkoilman kosteuden perusteella. Suomessa ulkoilman säätietoja tilastoi mm. Ilmatieteenlaitos, joiden tietoja on käytetty tämän opinnäytetyön laskelmissa.

Suodattimeen kulkeutuvan ilmankosteuden absoluuttinen kosteus on laskettu käyttäen kaavoja 1,2 ja 3. Ilmatieteenlaitoksen latauspalvelusta on saatu lähimmän säähavaintopaikan olosuhteet tunneittain. Taulukossa 2 on osa tiedoista havainnollistamassa asiaa.

TAULUKKO 2. Ilmatieteenlaitoksen säähavainnot. Paikka Oulu, Oulunsalo, Pellonpää, asema 101799.

Vuosi	Kk	Pv	Klo	Aika	Suhteellinen kosteus	Ilman lämpötila (degC)
2019	4	1	00:00	UTC	86	-2
2019	4	1	01:00	UTC	79	-1,4
2019	4	1	02:00	UTC	77	-1,5
2019	4	1	03:00	UTC	74	-2,2
2019	4	1	04:00	UTC	66	-2,6
2019	4	1	05:00	UTC	75	-2,7
2019	4	1	06:00	UTC	71	-1,3
2019	4	1	07:00	UTC	70	-0,7
2019	4	1	08:00	UTC	68	0,2
2019	4	1	09:00	UTC	61	1,2
2019	4	1	10:00	UTC	54	2,9
2019	4	1	11:00	UTC	55	3
2019	4	1	12:00	UTC	57	3,2
2019	4	1	13:00	UTC	67	1,7
2019	4	1	14:00	UTC	80	0,9
2019	4	1	15:00	UTC	86	0,6
2019	4	1	16:00	UTC	85	0,8
2019	4	1	17:00	UTC	82	1
2019	4	1	18:00	UTC	84	0,6
2019	4	1	19:00	UTC	87	-0,4
2019	4	1	20:00	UTC	87	-0,2
2019	4	1	21:00	UTC	81	1,7
2019	4	1	22:00	UTC	83	1,1

Ilman absoluuttisen kosteuden laskemiseen tarvitaan vesihöyryn paineen, lämpötilan ja suhteellisen kosteuden tilastotietoja. Vesihöyryn paine lasketaan kaavalla 1, kun tunnetaan ilman lämpötila (6, s. 188).

$$P_{hs} = \frac{\exp(77,345 + 0,0057 * T - \frac{7235}{T})}{T^{8,2}}$$

KAAVA 1

P_{hs} = Vesihöyryn paine (Pa)

T = Ilman lämpötila (K)

Vesihöyryn osapaine voidaan laskea kaavalla 2 vesihöyryn kyllästymispaineen ja suhteellisen kosteuden perusteella (6, s. 188).

$$P_n = P_{hs} * \left(\frac{\varphi}{100}\right)$$

KAAVA 2

P_n = Vesihöyryn osapaine (Pa)

P_{hs} = Vesihöyryn kyllästymispaine (Pa)

φ = Suhteellinen kosteus (% RH)

Vesihöyryn osapaineesta saadaan laskettua kaavalla 3 ilman absoluuttinen kosteussisältö (10, s. 43).

$$v = \frac{P_v}{461,4 * 0,001 * T}$$

KAAVA 3

v = Ilman absoluuttinen kosteus (g/m³)

P_v = Vesihöyryn osapaine (Pa)

T = Ilman lämpötila (K)

2.4 Sisäilmaongelmat

Ihmiset hengittävät vuorokaudessa jopa 15000 litraa ilmaa, josta noin 90 % sisällä rakennuksissa. Huono sisäilma aiheuttaa epäviihtyvyyttä, alentaa työtehoa sekä aiheuttaa erilaisia oireita ja sairauksia. Oireina voi esiintyä hengitysteiden ärsytystä, silmien ja ihon ärsytystä, päänsärkyä, väsymystä, kuumeilua, hengitystieinfektioita sekä erilaisia pitkäaikaissairauksia kuten astmaa. (11.)

Suomessa on 1990-luvulta lähtien puututtu rakennusten kosteus- ja homevaurioihin. Siitä huolimatta huomattavia kosteusvaurioita on joka kymmenennessä kodissa ja vielä useammassa koulussa ja päiväkodissa. (12, s. 1749.)

Rakennuksissa, joissa on todettu tai epäillään olevan kosteusvaurioita tai sisäilmahaittoja voi kiinteistön käyttäjille kehittyä pitkäaikainen oireiluherkkyys. Henkilö voi kokea oireita muistakin tekijöistä esimerkiksi hajuista, kemikaaleista tai sähkölaitteista. Oireilu voi vaihdella laaja-alaisista iho- ja hengitystieoireista uupumukseen. Oireilu on myös yksilöllistä. Oireiluherkkydessä elimistö oppii reagoimaan vaaraan viittaaviin signaaleihin, jolloin pelko- ja välttämisreaktiot aktivoituvat. Kosteusvauriolle altistuminen voi aiheuttaa tällaisen oireiluherkkyden, mutta asialle ei kuitenkaan ole tieteellistä näyttöä. Oireiluherkkydellä on taipumus kroonistua, mutta oirekuvat ja oireiluherkkyys ovat palautuvia. (13, s. 848 - 854.)

2.5 Mikrobit

Mikrobeilla tarkoitetaan yleensä paljaalla silmällä näkymättömiä pieneliöitä, joita ovat bakteerit, virukset, sienet eli homeet ja hiivat sekä jotkin loiset, kuten alkueläimet. Homeiden ja hiivojen aiheuttamat isot kasvustot on kuitenkin mahdollista erottaa paljain silmin.

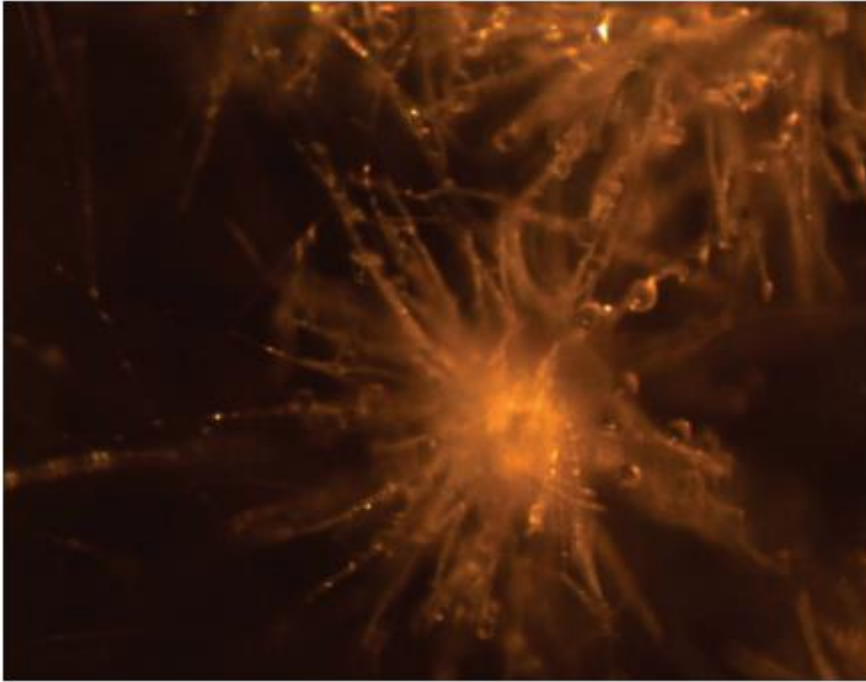
Mikrobeja on kuitenkin kaikkialla, eivätkä kaikki ole haitallisia ihmisille. Mikrobit tarvitsevat kasvaakseen lämpöä, kosteutta ja ravinteita. Homesienet ja mikrobit kasvavat melkein missä tahansa missä niille riittää ravinteita; jopa pinnoilla sijaitseva pöly sisältää riittävästi ravinteita eräiden mikrobien kasvun käynnistymiseen. Tärkein näistä on kuitenkin kosteus, sillä mikrobit eivät kasva kuivissa olosuhteissa. Mikrobikasvustolla tarkoitetaan sitä, että mikrobit alkavat kasvaa ja lisääntyä rakennusmateriaalissa tai sen pinnalla. Mikrobikasvusto tuottaa ympäröivään ilmaan itiöitä ja muita hiukkasia sekä kaasuja. Mikrobien tuottamista yhdisteistä osa on haihtuvia, osa puolihaihtuvia ja osa kiinteitä yhdisteitä. (14, s. 127 - 141.)

Home on rihmastoja muodostava sieni, joka tarvitsee kasvaakseen ravinteita, vettä ja lämpöä. Kosteus on rakenteissa tärkein tekijä, joka vaikuttaa homekasvuston syntyyn. Homekasvustoa ei voi syntyä, jos suhteellinen kosteus on alle 30 % ja taas jos suhteellinen kosteus on yli 70 % on mikrobikasvusto todennäköistä. Home aloittaa kasvamisen itiöstä, joka tarvitsee kosteammat olosuhteet kuin itse homekasvusto. (15, s. 45 - 50.)

Tietyt mikrobit ovat toksiinia tuottavia. Toksiini tarkoittaa sellaista eliön tuottamaa ainetta, joka on myrkyllinen jollekin toiselle eliölle. Mikrobi voidaan tunnistaa toksiinin tuottajaksi tutkimalla, onko sen mikrobimassalla toksisia vaikutuksia. Yksi tutkimustapa on tehdä mikrobimassasta uute ja uutteesta laimennossarja, johon koesoluja altistetaan. Koesoluissa käytetään mm. sian siittiötä, kissan keuhkosoluja, hiiren neuroblastomaa, hiiren haiman beta-soluja, rotan maksan mitokondrioita sekä ihmisen keuhkon karsinomasoluja. Määräisen vaikutusajan jälkeen tutkitaan, onko soluissa tai kudoksissa havaittavissa vaurioita. (16, s. 9 - 10.)

Epäpuhtaudet voivat kulkea ilmassa kaasuna, hiukkasina sekä nesteinä. Kaasumaisten ja haihtuvien aineiden lisäksi mikrobin erittävät haihtumattomia nesteitä. Mikrobien haihtumattomien toksiinien molekyylipaino voi olla 300–2000 g/mol välillä. Ne eivät ole haihtuvia, joten eivät näy VOC-mittauksessa. Haihtumattomat aineet voivat liikkua sisäilmassa aerosolina ja aiheuttaa altistumista hengitysteiden kautta. Rasvaliukoiset aineet liikkuvat vesihöyryyn sitoutuneina. Koneellisen ilmanvaihdon ilmavirran ollessa turbulenttista toksiset pisarat pirstaloituvat ja kulkeutuvat ilmavirran mukana. (16, s. 73 - 79.)

Kuvassa 4 on ilmanvaihtokoneen tuloilmasuodattimesta otettu materiaalinäyte, joka on viljelty laboratoriossa. Kuvasta voidaan huomata kasvuston tuottamaa toksiinia pisaroituneena rihmatoon. Rihmaston tuottamat vesikkelit voivat aerosolisoida, pirstautua pienemmiksi ja kulkeutua rakennuksen käyttäjän hengityselimiin. (16, s. 31). Kuvan rihmasto on homesienisuku, jonka vähimmäiskosteusvaatimus on 80–89 % RH (14).



Kuva 4. Ilmanvaihtokoneen tuloilmasuodattimesta viljelty *Chaetomium* rihmasto (16, s. 31)

Sisäilmaongelman rakennuksen toksinia tuottavia mikrobeja ovat mm. *Trichoderma atroviride*, *Aspergillus versicolor*, *Aspergillus westerdijkiae*, *Aspergillus calidoustus*, *Penicillium expansum*, *Penicillium chrysogenum*, *Paecilomyces variotii* morf ST32, *Chaetomium globosum*, *Chaetomium spp*, *Acrostalagmus luteoalbus*, *Epicoccum spp* sekä *Stachybotrys sp*. Yleisimpiä näistä olivat *Aspergillus*, *Penicillium*, *Paecilomyces*-lajit sekä *Chaetomium*. (16, s. 14, 80.)

Aalto-yliopiston kokeellisessa tutkimuksessa on havaittu kipsilevystä otetun mikrobimassan olevan toksisempaa kuivana kuin vastaavat kosteana pidetyt. Toksisuus mitattiin siittiöllä, hermosoluilla (MNA) ja munuaistubulusten epiteelisoluilla (PK-15). (17.)

Monet kosteusvaurioihin liitetyt mikrobit aiheuttavat vakavia terveyshaittoja. Tiedetyt mikrobit on luokiteltu listalle kosteusvauriota osoittaviksi eli kosteusvaurioindikaattoreiksi. Luokitus perustuu mikrobien kasvuominaisuuksiin tai -olosuhteisiin. (18, s. 74 - 75). Kuvassa 5 ja 6 on kosteusvaurioihin liitetyt mikrobit listattu.

- | | | |
|------------------------------|-----------------|-------------------|
| • Absidia | • Chrysonilia | • Rhinocladiella |
| • Acremonium | • Chrysosporium | • Rhizopus |
| • Aspergillus flavus | • Engyodontium | • Rhodotorula |
| • Aspergillus fumigatus | • Eurotium | • Scopulariopsis |
| • Aspergillus ochraceus | • Fusarium | • Sporobolomyces |
| • Aspergillus penicillioides | • Exophiala | • Sphaeropsidales |
| • Aspergillus sydowii | • Geomyces | • Stachybotrys |
| • Aspergillus terreus | • Memnoniella | • Streptomyces |
| • Aspergillus versicolor | • Mucor | • Trichoderma |
| • Aureobasidium | • Oidiodendron | • Tritirachium |
| • basidiomykeetit | • Paecilomyces | • Ulocladium |
| • Botrytis | • Phialophora | • Wallemia |
| • Chaetomium | • Phoma | |

Kuva 5. Kosteusvaurioindikaattori mikrobit Kuopion aluetyöterveyslaitoksen Ympäristömikrobiologian laboratorion tutkimus- ja palveluaineiston perusteella (19)

Kosteusvaurioindikaattorimikrobi / -mikrobiryhmä	Ryhmään kuuluvia sukuja / lajeja
aktinomykeetit	mm. <i>Streptomyces</i> , <i>Nocardia</i> , <i>Pseudonocardia</i> , <i>Nocardiosis</i>
<i>Acremonium</i> -sukuryhmä	mm. <i>Sarocladium</i> , <i>Gliocladium</i> , <i>Acremonium</i> ; aiemmat <i>Acremonium</i> -lajit
<i>Aspergillus fumigatus</i> -lajiryhmä	<i>A. fumigatus</i> ja lähilajit
<i>Aspergillus ochraceus</i> -lajiryhmä	mm. <i>A. ochraceus</i> , <i>A. westerdijkiae</i> ja lähilajit
<i>Aspergillus restricti</i> -lajiryhmä	<i>Aspergillus</i> sektio <i>restricti</i> mm. <i>A. penicillioides</i> , <i>A. restrictus</i> ja lähilajit
<i>Aspergillus versicolores</i> -lajiryhmä	mm. <i>A. jensenii</i> , <i>A. puulaauensis</i> , <i>A. sydowii</i> , <i>A. versicolor</i> ja lähilajit
<i>Aspergillus terreus</i> -lajiryhmä	<i>A. terreus</i> ja lähilajit
<i>Aspergillus usti</i> -lajiryhmä	<i>A.</i> sektio <i>usti</i> mm. <i>A. ustus</i> , <i>A. puniceus</i>
<i>Aspergillus</i> , <i>Eurotium</i> -lajiryhmä	<i>Aspergillus</i> sektio <i>Aspergillus</i> , aiempi <i>Eurotium</i> -suku
<i>Engyodontium</i> -sukuryhmä	<i>Engyodontium</i> ja <i>Parengyodontium</i>
<i>Chaetomium</i> -sukuryhmä	<i>Chaetomium</i> -tyyppiset homeet; <i>Chaetomiaceae</i> ; mm. <i>Chaetomium</i> , <i>Botryotrichum</i> ja <i>Humicola</i>
<i>Exophiala</i> -sukuryhmä	<i>Exophiala</i> -tyyppiset homeet; mm. <i>Exophiala</i> , <i>Phaeococcomyces</i> , <i>Rhinocladiella</i> , <i>Ramichloridium</i>
<i>Fusarium</i> -sukuryhmä	<i>Fusarium</i> ja <i>Neocosmospora</i>
<i>Geomyces</i> -sukuryhmä	<i>Pseudogymnoascus</i> ja <i>Geomyces</i>
<i>Oidiodendron</i>	<i>Oidiodendron</i>
<i>Paecilomyces</i> , <i>Purpureocillium</i>	<i>Paecilomyces</i> ja suvusta erotettu <i>Purpureocillium</i>
<i>Phialophora</i> -sukuryhmä	mm. <i>Phialophora</i> , <i>Cadophora</i> ja <i>Coniochaeta</i>
<i>Scopulariopsis</i> -sukuryhmä	<i>Scopulariopsis</i> ja <i>Microascus</i>
<i>Sporobolomyces</i>	
<i>Coelomycetes</i> -sukuryhmä	mm. <i>Didymella</i> ja <i>Phoma</i>
<i>Stachybotrys</i> , <i>Memnoniella</i>	<i>Stachybotrys</i> ja <i>Memnoniella</i>
<i>Trichoderma</i>	
<i>Tritirachium</i>	
<i>Alternaria</i> , <i>Ulocladium</i> -lajiryhmä	<i>Alternaria</i> sektiot <i>Ulocladioides</i> , <i>Ulocladium</i> ja <i>Pseudoulocladium</i> ; aiempi <i>Ulocladium</i> -suku
<i>Wallemia</i>	<i>Wallemia</i>

KUVA 6. Kosteusvaurioindikaattori mikrobit (20. s.8 - 9)

Suomessa tavalliset ja tärkeimmät ulkoilmassa esiintyvät sienisuvut ovat *Cladosporium*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Botrytis*, hiivat ja baziomykeetit. Kosteusvauriorakennuksissa näistä ovat yleisiä *Aspergillus* ja *Aureobasidium*. Ulkoilman homesienien itiöiden pitoisuus vaihtelee eri vuodenaikoina. Itiöiden pitoisuus on korkeimmillaan loppukesällä ja syksyllä. Talviaikana itiöiden määrä on lähellä nollaa cfu/m³. (18, s. 62.)

2.6 Ilmavirta suodattimissa

Fysiikan lakien mukaan liikkeellä olevat kappaleet pyrkivät jatkamaan liikettään. Ilmavirran mukana kulkeutuvat pienhiukkaset ja ulkoilman partikkelit pyrkivät jatkamaan suuntaansa, joten ilmansuodattimen pussin perälle kulkeutuu painavimmat hiukkaset. Tämä vaikutus mahdollistaa pussin perän likaantumisen eniten ja ensimmäisenä. Ilman fysikaalisten ominaisuuksien vuoksi ilma menee sieltä mistä helpoiten pääsee. Pussin perän likaantuessa ilmavirta pyrkii kulkemaan puhtaammasta kohdasta suodatinta.

Kun suodattimeen jääneen pölyn määrä kasvaa on mahdollista, että pölyhiukkanen voi sekoittua uudelleen ilmavirtaan. Mikäli saapuva hiukkanen osuu suodatettuun hiukkaseen tai suodatinmateriaalin kanavien läpi kulkeva ilmannonopeus kasvaa suodattimeen kiinni jääneiden hiukkasten viemän tilan vuoksi, voi tällöin hiukkasiin kohdistuva lisääntynyt vetovoima irrottaa hiukkasia takaisin ilmavirtaan. Myös suodatinmateriaalin liikkuminen esimerkiksi ilmanvaihtokoneen komponentin tärinästä ja ilmanvaihtokoneen jaksoittainen käynnistäminen ja sammuttaminen tai ilmavirran nopeuden (nopea/hidas) jaksottaminen mahdollistaa pölyhiukkasten varisemisen suodatinmateriaalista. Tämä vaikutus on alhaisen erotusasteen suodattimilla voimakkaampi kuin korkean erotusasteen suodattimilla. (4. s. 22)

3 TUTKIMUS

Tutkimuksen aineisto kerättiin ilmanvaihtokoneista, joissa käytetään pussisuodattimia. Kyseisten koneiden ilmamäärät vaihtelivat 1–4,5 m³/s. Koneet olivat käyttötarkoitukseltaan toisistaan hyvin erilaisista kiinteistöistä mm. liikerakennuksia, kauppakiinteistöjä, koulurakennuksia sekä palvelutaloja.

Kohteiden ilmanvaihtotapa oli koneellinen poisto- ja tuloilmanvaihto. Kaikissa ilmanvaihtokoneissa oli lämmöntalteenottojärjestelmä. Lämmöntalteenottojärjestelmää ei kohteista erikseen kirjattu, koska tälle ei nähty olevan tarvetta. Lämmöntalteenoton lämmönsiirrin sijaitsi ilmanvaihtokoneessa tuloilmasuodattimen jälkeen, joten sen ei oleteta vaikuttavan tutkimustuloksiin millään tavalla. Tuloilman suodatus oli 1-vaiheinen.

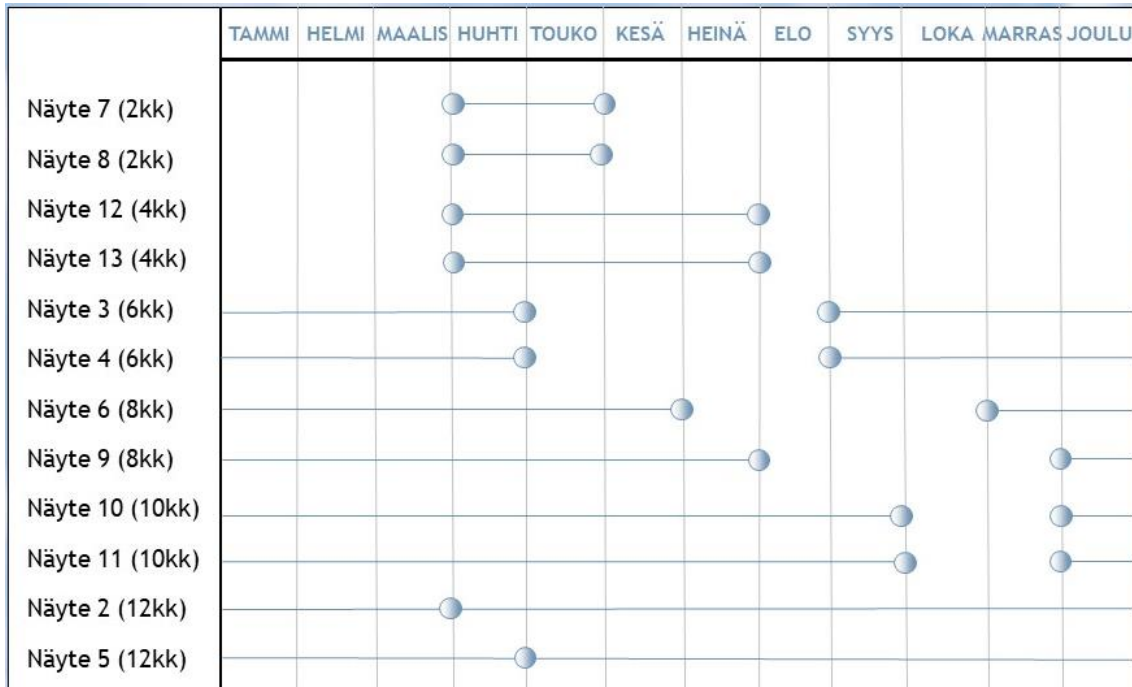
3.1 Tutkimusmateriaali

Tutkimukseen käytettävien materiaalien näytteet otettiin 12:sta eri ilmanvaihtokoneen suodattimesta. Näyte 1 otettiin vertailunäytteeksi puhtaasta suodattimesta.

TAULUKKO 3. Tutkimuksessa käytetyt näytteet

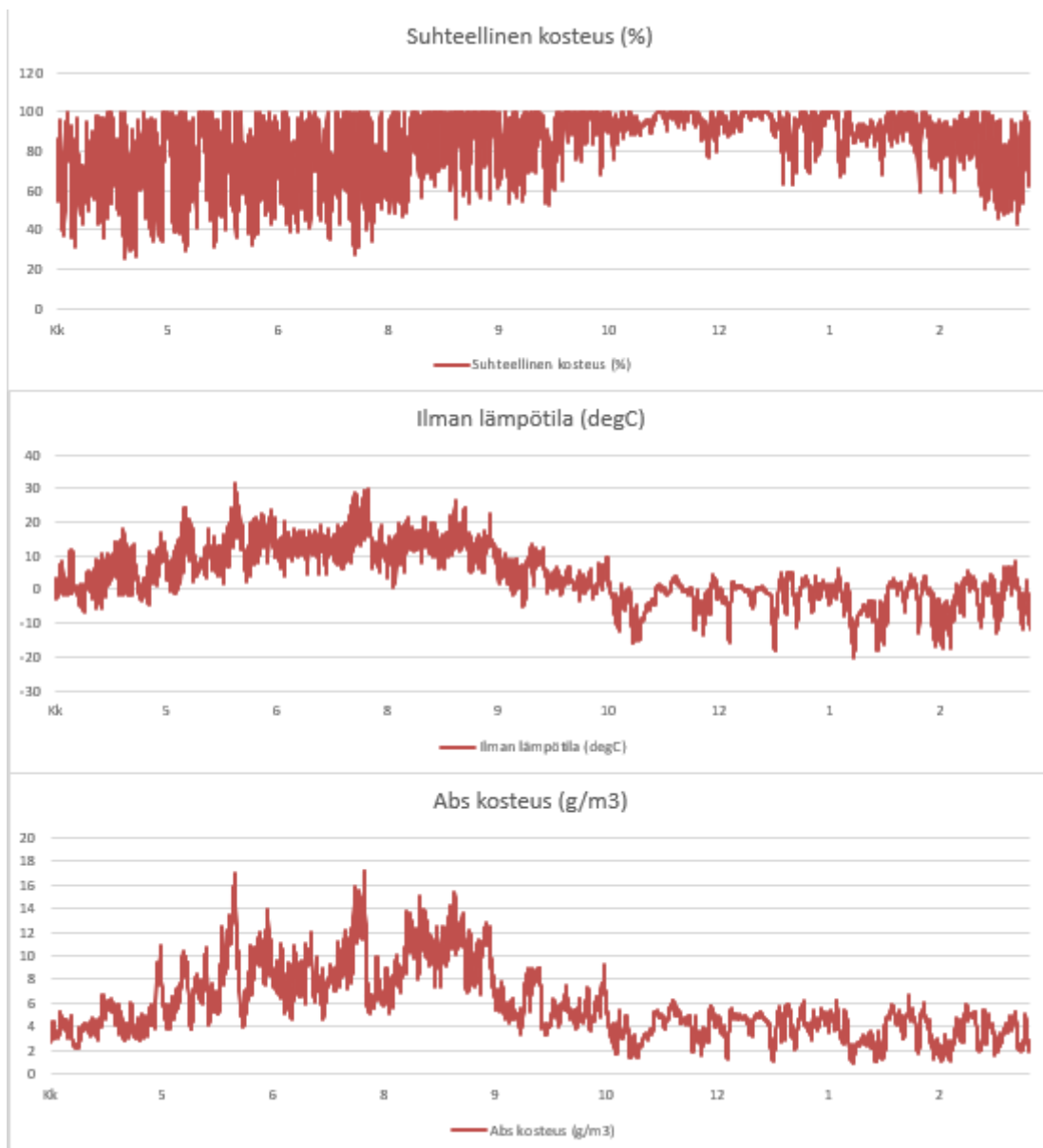
Näyte nro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Käyttää kiertoilmaa				x									
Jaksotettukäyttö.			x				x			x	x		
Käyttöaika (kk)		12	6	6	12	8	2	2	8	10	10	4	4

Materiaalinäytteet otettiin vuodenaikaa ajatellen satunnaisesti, niin että etukäteen asetettu suodattimien paikallaanoloaika täyttyi. Kuvassa 6 on havainnoitu suodattimien käyttöaikaa kuukausitasolla.



KUVA 6. Tutkimuksessa käytettyjen suodattimien käyttöaika

Mikrobien kasvulle on olennaista lämpötila ja kosteusvaikutukset. Kuvassa 7 on havainnoitu käyrälle näytteen 2 vaikuttavat ulkoilmaolosuhteet suodattimen paikallaanoloajalta. Muista näytteistä tiedot löytyvät liitteistä. Jokaisesta materiaalinäytteen suodattimien paikallaanoloajasta on kerätty ulkoilmaolosuhteet käyrälle, jotta voidaan havainnoida tarkemmin suodattimen kosteus- ja lämpöolosuhteita sekä tarkastella olosuhteiden vaikutusta tutkimustuloksiin. Suhteellinen kosteus ja lämpötila on saatu ilmatieteenlaitoksen Oulunsalon Pellonpään havaintoasemalta. Näistä tiedoista laskemalla on saatu absoluuttinen kosteus. Tämä ei ole aivan paikkaansa pitävä tieto suodattimeen kohdistuvan ulkoilman fysikaalisista olosuhteista, koska havaintoasema sijaitsee tutkimuksen kohteena olevien ilmanvaihtokoneiden kanssa viereisellä paikkakunnalla. Tämä on kuitenkin hyvä tuoda esille, mikäli tutkimustuloksia verrataan vastaavaan tutkimukseen vuosien kuluessa sekä tiedoista voidaan arvioida ulkoilman lumipeitteen olemassaolo.



KUVA 7. Näytteen 2 ulkoilmaolosuhteet suodattimen paikallaanoloaikana

Ulkoilman itiöpitoisuus vaihtelee vuorokauden ajan mukaan ja erityisen suurta vaihtelua vuorokauden aika vaikuttaa yksittäisten sienilajien määrään. Päiväaktiiviseksi sieneksi sanotaan *Cladoporium*-homesientä, koska sen itiöiden määrä on pienimillään yöllä ja suurimmillaan päivällä puolen päivän aikoihin. Vuodenajalla on myös suuri vaikutus ulkoilman itiöpitoisuuksiin. Talvella ilma on melkein puhdas itiöistä ja keväällä itiöt nousevat maan sulaessa. Näin itiöpitoisuus noudattaa muun luonnon vuosikiertoa. Maantieteellinen sijainti nousee myös esille

lumettoman ajan ja kasvillisuuden eroissa. Kevon korkeudella itiöpitoisuus on vähemmän kuin Oulun korkeudella, jossa taas niitä on vähemmän kuin Turun korkeudella. (15.)

3.2 Näytteenotto

Ilmanvaihtokoneen tuloilmasuodattimista otetaan materiaalinäyte leikkaamalla suodattimesta osa. Suodatinmateriaalia leikataan steriileillä saksilla ja näyte kuljetetaan laboratorioon puhtaassa suljettavassa muovipussissa. Näytteenottokohdaksi valikoitui suodatinpussin pohja, jota pidettiin likaisimpana kohtana suodattimessa. (Kuva 5.)



KUVA 5. Materiaalinäytteet otettiin pussisuodattimen pussin pohjalta

Näytteenottaja käyttää mikro-organismeilta suojaavia suojakäsineitä. Apuna käytettävien työvälineiden tulee olla puhtaita näytteen saastumisen ehkäisemiseksi. (20.) Jos näytteenottokohdat näyttävät silmin nähden vaurioituneita, on tärkeää käyttää sekä suojavaatetusta että P2-luokan hengityssuojainta. Näyttemäärän tulisi olla n. 10 cm x 10 cm tai n. 1 dl materiaalia.

Kuivien materiaalinäytteiden toimitusaika laboratorioon saa olla enintään 5 vuorokautta. Tämän 5 vuorokauden sisällä toimitettujen näytteiden viiveen ei katsota vaikuttavan tuloksen tulkintaan. (6). Tämä viive ei ylittynyt missään tämän tutkimuksen näytteissä. Pisin viive oli 2 vuorokautta näytteellä numero 6. Muut näytteet kuljetettiin laboratorioon saman vuorokauden aikana näytteenotosta.

3.3 Näytteiden analysointi

Materiaalinäyte kuljetetaan laboratorioon sekä näytteen viljely suoritetaan mahdollisimman pian näytteen ottamisesta, koska säilytys saattaa vaikuttaa analyysitulokseen (20).

Laimennussarjamenetelmässä käytetään sienille M2- ja GD18-kasvualustoja. M2-alusta on hyvä yleisalusta ja DG18-alusta suosii kuivemmassa viihtyviä sieniä. TGH-alustaa käytetään bakteereille. (21, s. 20.)

Rakennusmateriaalinäytteen laimennossarjamenetelmää varten punnitaan 0,5–5 g osanäyte vaurioituneimmalta näyttävästä materiaalista ja siihen lisätään laimennosliuosta osannäytteen painoon ja haluttuun laimennokseen suhteutettu määrä. Näytesuspensio esikäsitellään ultraäänihauteessa 30 minuuttia, jonka jälkeen näytesuspensiota käsitellään ravistelijassa 60 minuuttia. Näytesuspensiosta suositellaan valmistettavan rinnakkaiset laimennossarjat, joista viljellään käytetyille elatusalustoille 0,1 ml laimennosta kasvualustalle. Rinnakkaislaimennoksen käyttö lisää viljelyanalyysin luotettavuutta. Elatusalustat inkuboidaan $+25 \pm 3$ °C:ssa. (21, s. 21 - 24.)

Kasvualustoilta lasketaan pesäkkeiden kokonaislukumäärät 7 ± 1 vuorokautta kasvatuksen jälkeen. Lisäksi sienialustoilta lasketaan ja tunnistetaan homeet ja hiivat vähintään kosteusvaurioindikaattorilistan tasolle. TGH-alustalta lasketaan kaikkien bakteeripesäkkeiden määrä 7 ± 1 vuorokautta kasvatuksen jälkeen, minkä jälkeen kasvatusta vielä jatketaan. Aktinomykeettien kasvu on usein hidasta, joten se vaatii 14 vuorokauden kasvatuksen. Mikäli näyte tulkitaan 7 vuorokauden kohdalla vaurioituneeksi, voi bakteerialustojen toisen luennan jättää tekemättä (14 ± 1). Tällöin mahdollisten aktinomykeettien lukumäärä lasketaan jo

7 vuorokauden kasvatuksen jälkeen. Sienialustoilta suositeltu laskettava määrä on alle 100 ja bakteerialustoilta alle 250. Kasvualustojen ilmoitetaan olevan täynnä, jos määrät ovat tätä suuremmat. Osa nopeakasvuisista homeista voi peittää alleen hitaammin kasvavia pesäkkeitä. Tällaisessa ylikasvun tilanteessa alustan tulos on hylättävä, mikäli pitoisuus voidaan laskea muilta kasvatusalustoilta. Mikäli rinnakkaisella kasvatusalustalla ei kasva kyseistä lajia voidaan laji ilmoittaa tuloksessa ilman pitoisuutta, jos sillä on merkitystä tulkintaan. (21, s.21 - 23.)

Näytteiden analysointiin sisältyy myös homeryhmien, -sukujen ja -lajien tunnistaminen sekä aktinomykeettien erottaminen muista bakteereista. Tunnistus tehdään stereomikroskoopilla sekä valomikroskoopilla. (21, s. 24)

Mikrobipitoisuus lasketaan jakamalla mikrobipesäkemäärien summa viljeltyjen laimennosten summalla. Kokonaismikrobipitoisuudet ilmoitetaan yksikkönä pmy/g eli pesäkkeen muodostavaa yksikköä /gramma. (21, s. 24)

Rakennusmateriaalissa voidaan katsoa esiintyvän mikrobikasvustoa, kun näytteen home- ja hiivasienten pitoisuus on vähintään 10^4 pmy/g tai aktinomykeettien pitoisuus 3000 pmy/g. Aktinomykeettien esiintymistä arvioidaan lisäksi niiden indikaattorimerkityksen avulla, kun niiden pitoisuudet ovat alle 3000 pmy/g. Näytteen bakteeripitoisuus vähintään 10^5 pmy/g viittaa bakteerikasvuun materiaalissa. Sienikasvusto materiaalissa viittaa materiaalissa olevaan kosteus- ja mikrobivaurioon. (20, s. 9 - 10)

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kaikissa materiaalinäytteiden tutkimustuloksissa havaittiin sisäilmaa haittaavia bakteereja, sieniä tai hiivoja. Tuloksista voidaan havaita, että suodattimien mikrobikanta ei kuole kokonaan edes talven aikana. Esimerkiksi näytteessä 2, jonka näytteenottoaika oli talven jälkeen ensimmäisenä, havaittiin siinä myös bakteereja, homeita ja hiivoja.

SFS-standardin (4) ja Aalto-yliopiston tutkimusten (16) perusteella on mahdollista, että suodattimesta kulkeutuva mikrobimassasta irronnut hiukkanen kulkeutuu sisäilmaan tai mikrobien tuottamaa toksista nestettä kulkeutuu sisäilmaa hengittävän keuhkoihin. Tämä irtoavien hiukkasten määrä on ilmeisesti kovin pieni mutta saattaa altistaa rakennuksen käyttäjät, ja sisäilmaongelmille herkistyneet voivat kokea oireilua. Aalto-yliopiston tutkimuksessa kipsilevystä otetun kuivateetun mikrobikasvuston näytteen huomattiin olevan toksisempaa kuin vastaavat kosteana pidetyt. Ilmanvaihtokoneen suodattimen väliaikainen kuivuminen ei näin ollen tarkoita, että se ei voisi aiheuttaa sisäilmalle haitallisia epäpuhtauksia.

Kosteusvaurioindikaattorien esiintyminen mikrobinäytteissä viittaa yleensä kosteusvaurioon rakennusmateriaalinäytteissä ja vaurio on korjattava sekä mikrobivaurioitunut materiaali poistettava. Mikäli tätä samaa noudatettaisiin ilmanvaihtokoneen suodattimissa, pitäisi tämän tutkimuksen perusteella suodattimet vaihtaa 2 kuukauden välein. Ilmayhteys kun sisäilmaan löytyy, tätä ei tarvitse edes merkkiainekokein varmistaa. Vielä ei ole pystytty tutkimuksilla todistamaan mikä tai mitkä homeissa aiheuttavat sisäilmaongelman ja oireilua ihmisille. Näin ollen asumisterveysasetuksessa on määrätty toimenpiderajaksi kaikki kosteus- ja homevauriot.

Puhtaimpina näytteinä nousivat esille talven jälkeen ensimmäiset näytteet. Näytteen 2 sienipitoisuus ylitti raja-arvon vain homesienellä *Penicillium*, joka on tavallinen ulkoilman home. Näytteessä 5 raja-arvon ylitti homeet *Cladosporium*, *Aureobasidium* ja *Aspergillus*. Nämä ovat myös ulkoilman tavanomaisia homeita.

Laboratoriotulosten mukaan homeiden ylikasvua tapahtui jo 2 kuukautta paikoil-
laan olleissa suodattimissa. Näytteissä 2, 3, 4, 5 ja 6 ei toteutunut näytemaljan
ylikasvua. Näistä voidaan nostaa esille näytteet 2, 3, 4 ja 5 joiden näytteet on
otettu huhtikuun aikana. Kyseisenä aikana on ollut yöpakkasia, jotka hillitsevät
ulkoilman homeiden sekoittumista ilmaan.

Vähiten sieniä on näytteessä 4. Sienipitoisuus ei ylitä raja-arvoa 10^4 pmy/g ja
siinä isompina pitoisuuksina esiintyvät *Cladosporium* ja *Penicillium* ovat tavan-
omaisia ulkoilman mikrobeja. Näyte on otettu kohteesta, jossa ilmanvaihtoko-
neessa käytetään kierrätysilmaa, eikä koko ilmamäärä tule tuloilmasuodattimen
kautta. Tämä vähentää ilman kulkua tuloilmasuodattimen lävitse. Kaikista tutki-
musmateriaaliin osallistuneista koneista tämä oli ainut, joka hyödyntää kiertoil-
maa. Tämän näytteen erilaisuus selittynee sillä.

Kesää kohden näytteitä otettiin enemmän ja myös ulkoilman mikrobien määrä
kesällä kasvaa huomattavasti. Tämä vaikeutti tulosten analysointia. Näin ollen
suoraa johtopäätöstä mikrobien kasvuun suodattimien pinnoilla ei pystytä sano-
maan.

Tulokset viittaavat siihen, että tutkittujen ilmanvaihtokoneiden suodattimissa val-
litsi olosuhteet, joissa mikrobit säilyvät hengissä. On mahdollista, että mikrobien
tuottamaa toksinia kulkeutuu sisäilmaan.

5 POHDINTA

Tällä työllä oli tarkoitus selvittää ilmanvaihtokoneen suodattimien mikrobikasvustoa sekä mikrobikasvuston mahdollisia vaikutuksia sisäilmaongelmiin. Tätä aihetta on ilmeisen vähän tutkittu tai ainakaan tutkimustuloksia ei ole julkaistu.

Suodattimien mikrobilajisto oli yllättävän laaja sekä epäjohdonmukainen. Tulosten tulkinnassa tuotti vaikeuksia pohtia, miksi jokin mikrobilajisto ei lisääntynytkään tai yhtä mikrobilajia löytyi vain yhdestä näytteestä, vaikka tutkimuksen kohteet eivät toisistaan merkittävästi eronneet. Ennen tutkimuksen aloittamista oletettiin, että tutkimuksesta saisi helposti selville jonkin mikrobisuvun pitoisuuden kasvavan ajan myötä. Tätä ei kuitenkaan tapahtunut tai ainakaan suoraan ei tuloksista voinut näin päätellä. Tätä oli vaikea ottaa huomioon tutkimussuunnitelmaa tehtäessä, koska käytössä ei ollut aikaisempaa mikrobitutkimusta suodattimista. Mikäli olisi ollut mahdollista, olisi tutkimukseen otettu enemmän näytteitä. Laboratoriotuloksissa tuli huomattava määrä ylikasvu näytetuloksia, jotka voi myös osaltaan vaikuttaa muiden mikrobien havainnointiin.

Tuula Putus, Turun yliopisto, työterveyshuollon ja ympäristölääkätieteen professorin kanssa käymäni sähköposti selvensi suodattimien olleen tutkimuksen alla aikaisemminkin ja on havaittu suodattimissa kasvavan jopa koivun taimia, mikäli suodattimien vaihtoväli on riittävän pitkä.

Olisi mielenkiintoista nähdä tutkimustuloksia ilmanvaihtokoneiden suodattimista, joiden koneet sammutetaan kiinteistön käyttöajan ulkopuoliseksi ajaksi. Tällöin suodattimen lämpötila tasautuu konehuoneen ilmanlämpötilan mukaisesti ja tämä voi edesauttaa mikrobien kasvua.

On selvää, että sisäilmaongelmiin liittyviä tutkimuksia ja uusia näkökulmia tarvitaan. Toivottavasti tätä opinnäytetyötä ja tutkimustuloksia tullaan käyttämään uusissa tutkimuksissa sekä vertailukohtana esimerkiksi miten maantieteellinen sijainti vaikuttaa suodattimien mikrobikasvuston määrää ja laatuun.

LÄHTEET

1. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 2017. Helsinki: Suomen säädöskokoelma.
2. Hyvärinen, Anne & Jalkanen, Kaisa 2017. Mikrobiologiset menetelmät homevaurion toteamisessa. Rakentajain kalenteri 2017. Rakennustieto Oy
3. Painovoimainen ilmanvaihto opas 2018. Ympäristöministeriö.
4. SFS-EN ISO 16890-1:2016. Ilmanvaihdon ilmansuodattimet. Suomen Standardisoimisliitto Ry
5. Linjama, Jukka 2020. Opinnäytetyö. Aluemyyntipäällikkö, Camfil Oy. Sähköpostiviesti 2.4.2020.
6. Seppänen, Olli 1996. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Suomen LVI-liitto ry
7. Ilmatieteenlaitos. Verkkosivu. Saatavilla: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/lampotila-ja-kosteus>. Haettu: 1.4.2020
8. Sisäilmayhdistys Ry. Fysikaaliset tekijät. Verkkosivu. Saatavilla: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Fysikaaliset-tekijat>. Haettu: 29.11.2020
9. Holopainen, Rauno & Reijula Kari 2012. Kosteusvaurioiden vähentäminen rakennuksissa. Työterveyslaitos. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-261-252-6>. Hakupäivä 27.3.2020
10. Björkholtz, Dick 1987. Lämpö ja kosteus: rakennusfysiikka. Helsinki: Rakentajain kustannus 1987
11. Sinkkonen, Minna. Sisäilman vaikutukset terveyteen 2015. Saatavilla: https://www.avi.fi/documents/10191/5147107/2015_AVI_Sis%C3%A4ilma+ja+terveys_MinnaSinkkonen.pdf/d9538c75-2990-4d37-a3c5-a989df95db10. Haettu: 29.11.2020
12. Pekkanen, Juha & Lampi Jussi 2015. Duodecim-lehti, Nro 19.

13. Sainio, Markku & Karvala, Kirsi. Sisäilma ja ympäristöherkkyys. Suomen Lääkärilehti 2017, VSK 72.
14. Pitkäranta, Miia 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4626-8>. Hakupäivä 26.3.2020.
15. Leivo, Virpi. Opas kosteusongelmiin 1998. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.
16. Salkinoja-Salonen, Mirja 2016 Diagnostisia työkaluja rakennusten patologiaan. Helsingin yliopisto.
17. Andersson, Maria – Salo, Johanna – Lipponen, Olli – Salonen, Pauliina – Viljanen, Martti – Ojamo, Heikki – Mikkola, Raimo – Sistonen, Esko – Gasik, Michael – Teplova, Vera V – Salin, Mikko & Salkinoja-Salonen, Mirja 2014. Rakennusten kemikaalien joukossa on myrkyllisiä, herkistäviä ja haittamikrobeja suosivia yhdisteitä. Sisäilmastoseminaari. SIY raportti 32 ss. 371–376.
18. Putus, Tuula. Home ja terveys 2017. Suomen ympäristö ja terveysalan kustannus Oy
19. Katsaus mikrobeihin. Sisäilmayhdistys Ry. Verkkosivu. Saatavilla: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Mikrobit/Katsaus-mikrobeihin>. Haettu: 29.11.2020
20. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. Osa IV 2016. Valvira. Saatavilla: <https://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Asumisterveysasetuksen+soveltamisohje+osa+IV.pdf/cdfaaa39-d2e5-4bd6-b9e9-6d9c0f60bff6>. Hakupäivä: 29.11.2020
21. Pessi, Anna-Mari & Jalkanen, Kaisa. Laboratorio-opas 2018. Suomen ympäristö ja terveysalan kustannus Oy

LIITELUETTELO

Liite 1	Tutkimustulos näytteet 1,2,3,4
Liite 2	Tutkimustulos näyte 5
Liite 3	Tutkimustulos näyte 6
Liite 4	Tutkimustulos näytteet 7,8
Liite 5	Tutkimustulos näytteet 9,10
Liite 6	Tutkimustulos näytteet 11,12,13
Liite 7	Materiaalinäytteiden ulkoilmaolosuhteet

Testausseleste 2020-1251
MATERIAALITUTKIMUS1(3)
21.04.2020**Miettunen Kalle**[REDACTED]
90670 Oulu

Näytetiedot	Näyte	Materiaalinäyte	Näytteen ottaja	Kalle Miettunen
	Näyte otettu	01.04.2020	Näytteen otton syy	Tutkimuspyyntö
	Saapunut	01.04.2020		
	Tutkimus alkoi	01.04.2020		

Näytteenottoaika: [REDACTED]

1251-1: Näytteenottajan havainnot:
Kuiva/märkä: kuiva**1251-2:** Näytteenottajan havainnot:
Kuiva/märkä: kuiva**1251-3:** Näytteenottajan havainnot:
Kuiva/märkä: kuiva**1251-4:** Näytteenottajan havainnot:
Kuiva/märkä: kuiva

Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.

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

Postiosoite: PL 19, 90015 Oulun kaupunki

Käyntiosoite: Tutkijantie 4F, 90590 Oulu


 Testauseloste 2020-1251
 MATERIAALITUTKIMUS

 2(3)
 21.04.2020

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	1251-1 N1, VRT, suodatin	1251-2 N2, suodatin	1251-3 N3, suodatin	1251-4 N4, suodatin
Bakteerit	* Asumisterveysasetuk- sen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, THG	pmy/g	arv 100	arv 500	arv 20 000	41 000
Aktinomykeetit	* Asumisterveysasetuk- sen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, THG	pmy/g	<100	<100	<100	<100
Sienipitoisuus - Hiivat	* * Asumisterveysasetuk- sen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, 2%M	pmy/g	<100	arv 100	arv 3 000	arv 600
- Hiivat	* Asumisterveysasetuk- sen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, DG18	pmy/g	<100	<100	arv 100	arv 600
- Homeet	* Asumisterveysasetuk- sen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, 2%M	pmy/g	<100	17 000	15 000	7 200
- Homeet	* Asumisterveysasetuk- sen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, DG18	pmy/g	arv 100	6 500	20 000	8 000
Homeen tunnist. Aspergillus Aspergillus versicolor Chaetomium Cladosporium Eurotium Paecilomyces Penicillium Phoma sensu lato Steriilejä Trichoderma Tunnistamaton (home-laji)	* Valomikroskopointi		Tunnistettu: arv 100	Tunnistettu: arv 1 000	Tunnistettu: arv 10 000	Tunnistettu: arv 100

*-menetelmä akkreditoitu. Mittausepävarmuus ilmoitetaan pyydetessä, mikäli sitä ei ole ilmoitettu taulukossa. Lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin.

Menetelmä Bakteerit: STM Asumisterveysohje 2003:1 ja Asumisterveysopas 2009 -ohjeiden mukainen laimennosviljelymenetelmä. Kasvatus +25 °C:ssa 7 vrk. Määritysraja 100pmy/g.
 Aktinomykeetit: STM Asumisterveysohje 2003:1 ja Asumisterveysopas 2009 -ohjeiden mukainen laimennosviljelymenetelmä. Kasvatus +25 °C:ssa 14 vrk. Määritysraja 100pmy/g. Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016).
 Sienipitoisuus: STM Asumisterveysohje 2003:1 ja Asumisterveysopas 2009 -ohjeiden mukainen laimennosviljelymenetelmä. Kasvatus +25 °C:ssa 7 vrk. Määritysraja 100pmy/g.
 Trichoderma: Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016). Voi siirtyä sisäilmaan polttopuista.

Analyytitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.

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

Postiosoite: PL 19, 90015 Oulun kaupunki

Käyntiosoite: Tutkijantie 4F, 90590 Oulu

Testausseleoste 2020-1251
MATERIAALITUTKIMUS3(3)
21.04.2020

Paecilomyces: Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016)
Chaetomium: Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016).
Ominaisuuksiensa vuoksi esiintyy sisäilmanäytteissä harvemmin, joten yksittäinenkin pesäkehavainto on tavanomaisesta poikkeava.
Phoma sensu lato: Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016)
Aspergillus versicolor: Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016)
Eurotium: Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016)

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Leena Erkkilä".

Leena Erkkilä, puh 044 7036740
Toimitusjohtaja

Tiedoksi Kalle Miettunen @

Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.
Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on saatava lupa.
Postiosoite: PL 19, 90015 Oulun kaupunki Käyntiosoite: Tutkijantie 4F, 90590 Oulu



Testausseleste 2020-1726
MATERIAALITUTKIMUS

1(2)
18.05.2020

Miettunen Kalle



90670 Oulu

Näytetiedot	Näyte	Materiaalinäyte		
	Näyte otettu	30.04.2020	Näytteen ottaja	Kalle Miettunen
	Saapunut	30.04.2020	Näytteenoton syy	Tutkimuspyyntö
	Tutkimus alkoi	30.04.2020		

Analyyssi	Menetelmä	Yksikkö	1726-1 Suodatin
Bakteerit	* Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, THG	pmy/g	3 800
Aktinomykeetit	* Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, THG	pmy/g	< 100
Sienipitoisuus	*		
- Hiivat	* Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, 2%M	pmy/g	19 000
- Hiivat	* Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, DG18	pmy/g	10 000
- Homeet	* Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, 2%M	pmy/g	110 000
- Homeet	* Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, DG18	pmy/g	100 000
Homeen tunnist.	* Valomikroskopointi		Tunnistettu:
Aspergillus			Arv. 10 000
Aureobasidium			Arv. 10 000
Cladosporium			Arv. 100 000
Eurotium			Arv. 1 000
Penicillium			Arv. 8 100
Steriilejä			Arv. 5 000
Tunnistamaton (homelaji)			Arv. 1 000

*-menetelmä akkreditoitu. Mittausepävarmuus ilmoitetaan pyydettyessä, mikäli sitä ei ole ilmoitettu taulukossa. Lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin.

Menetelmä	
Bakteerit:	STM Asumisterveysohje 2003:1 ja Asumisterveysopas 2009 -ohjeiden mukainen laimennosviljelymenetelmä. Kasvatus +25 °C:ssa 7 vrk. Määritysraja 100pmy/g.
Aktinomykeetit:	STM Asumisterveysohje 2003:1 ja Asumisterveysopas 2009 -ohjeiden mukainen laimennosviljelymenetelmä. Kasvatus +25 °C:ssa 14 vrk. Määritysraja 100pmy/g. Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioidikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016).
Sienipitoisuus:	STM Asumisterveysohje 2003:1 ja Asumisterveysopas 2009 -ohjeiden mukainen laimennosviljelymenetelmä. Kasvatus +25 °C:ssa 7 vrk. Määritysraja 100pmy/g.
Eurotium:	Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioidikaattoreihin

Analyytitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.

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

Postiosoite: PL 19, 90015 Oulun kaupunki

Käyntiosoite: Tutkijantie 4F, 90590 Oulu



Testausseoste 2020-1726
MATERIAALITUTKIMUS

2(2)
18.05.2020

(Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016)

Leena Erkkilä

Leena Erkkilä, puh 044 7036740
Toimitusjohtaja

Tiedoksi Kalle Miettunen @

Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.
Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on saatava lupa.
Postiosoite: PL 19, 90015 Oulun kaupunki Käyntiosoite: Tutkijantie 4F, 90590 Oulu



Testausseleste 2020-2911
MATERIAALITUTKIMUS

1(2)
24.07.2020

Miettunen Kalle



90670 Oulu

Näytetiedot	Näyte	Materiaalinäyte		
	Näyte otettu	01.07.2020	Näytteen ottaja	Kalle Miettunen
	Saapunut	03.07.2020	Näytteenoton syy	Tutkimuspyyntö
	Tutkimus alkoi	03.07.2020		

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	2911-1 Materiaalinäyte Suodatin, näyte 6
Bakteerit	* Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, THG	pmj/g	19 000
Aktinomykeetit	* Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, THG	pmj/g	<100
Sienipitoisuus - Sienet	* Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, 2%M	pmj/g	34 000
- Sienet	* Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, DG18	pmj/g	54 000
Sienien tunnist.	* Valomikroskopointi		Tunnistettu:
Aureobasidium			Arv. 1 800
Cladosporium			Arv. 28 000
Eurotium			Arv. 2 000
Muut hiivat			Arv. 100
Penicillium			Arv. 18 000
Rhizopus			Kts. lausunto
Steriilejä			Arv. 2 700
Trichoderma			Arv. 1 800
Ulocladium			Arv. 1 000

*=menetelmä akkreditoitu. Mittausepävarmuus ilmoitetaan pyydetessä, mikäli sitä ei ole ilmoitettu taulukossa. Lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin.

Menetelmä	
Bakteerit:	STM Asumisterveysohje 2003:1 ja Asumisterveysopas 2009 -ohjeiden mukainen laimennosviljelymenetelmä. Kasvatus +25 °C:ssa 7 vrk. Määritysraja 100pmj/g.
Aktinomykeetit:	STM Asumisterveysohje 2003:1 ja Asumisterveysopas 2009 -ohjeiden mukainen laimennosviljelymenetelmä. Kasvatus +25 °C:ssa 14 vrk. Määritysraja 100pmj/g. Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016).
Sienipitoisuus:	STM Asumisterveysohje 2003:1 ja Asumisterveysopas 2009 -ohjeiden mukainen laimennosviljelymenetelmä. Kasvatus +25 °C:ssa 7 vrk. Määritysraja

Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.

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

Postiosoite: PL 19, 90015 Oulun kaupunki

Käyntiosoite: Tutkijantie 4F, 90590 Oulu

Testausseleste 2020-2911
MATERIAALITUTKIMUS2(2)
24.07.2020

100pmy/g
Trichoderma: Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016). Voi siirtyä sisäilmaan polttopuista.
Ulocladium: Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016)
Eurotium: Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016)
Muut hiivat: Sitsältää muut hiivasienet kuin Sporobolomyces

Lausunto Rhizopus -homesienen tarkkaa pitoisuutta ei pystytty määrittämään sen leviävän kasvutavan vuoksi.

Leena Erkkilä, puh 044 7036740
Toimitusjohtaja

Tiedoksi Kalle Miettunen @



Testausseleste 2020-2319
MATERIAALITUTKIMUS

1(2)
18.06.2020

Miettunen Kalle



90670 Oulu

Näyttiedot	Näyte	Materiaalinäyte	Näytteen ottaja	Kalle Miettunen
	Näyte otettu	02.06.2020	Näytteen ottaja	Kalle Miettunen
	Saapunut	02.06.2020	Näytteenoton syy	Tutkimuspyyntö
	Tutkimus alkoi	03.06.2020		

Näytteet otettu klo. 14.30
Näytteet saapuivat klo. 15.20

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	2319-1 Materiaalinäyte Suodatin, näyte 7	2319-2 Materiaalinäyte Suodatin, näyte 8
Bakteerit	* Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, THG	pmy/g	900	1 300
Aktinomyketit	* Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, THG	pmy/g	<100	<100
Sienipitoisuus	*			
- Sienet	* Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, 2%M	pmy/g	15 000	33 000
- Sienet	* Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, DG18	pmy/g	16 000	40 000
Sienien tunnist.	* Valomikroskopointi		Tunnistettu:	Tunnistettu:
Arthrinium				Kts. lausunto
Aspergillus niger				Arv. 910
Aureobasidium			Arv. 7 000	Arv. 910
Botrytis				Arv. 2 700
Chaetomium				Kts. lausunto
Chrysonilia			kts. lausunto	Kts. lausunto
Cladosporium			Arv. 910	Arv. 17 000
Eurotium				Arv. 910
Mucor			kts. lausunto	
Penicillium			Arv. 4 500	Arv. 11 000
Sterilejä			Arv. 8 200	Arv. 15 000
Tunnistamaton (homelaji)			Arv. 1 000	

*-menetelmä akkreditoitu. Mittausepävarmuus ilmoitetaan pyydettyessä, mikäli sitä ei ole ilmoitettu taulukossa. Lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin.

Menetelmä Bakteerit: STM Asumisterveysohje 2003:1 ja Asumisterveysopas 2009 -ohjeiden mukainen laimennosviljelymenetelmä. Kasvatus +25 °C:ssa 7 vrk. Määrittysraja 100pmy/g.

Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.

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

Postiosoite: PL 19, 90015 Oulun kaupunki

Käyntiosoite: Tutkijantie 4F, 90590 Oulu

Testausseleste 2020-2319
MATERIAALITUTKIMUS2(2)
18.06.2020

Aktinomyketit: STM Asumisterveysohje 2003:1 ja Asumisterveysopas 2009 -ohjeiden mukainen laimennosviljelymenetelmä. Kasvatus +25 °C:ssa 14 vrk. Määritysraja 100pmy/g. Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016).
Sienipitoisuus: STM Asumisterveysohje 2003:1 ja Asumisterveysopas 2009 -ohjeiden mukainen laimennosviljelymenetelmä. Kasvatus +25 °C:ssa 7 vrk. Määritysraja 100pmy/g.
Chaetomium: Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016).
Ominaisuuksiensa vuoksi esiintyy sisäilmanäytteissä harvemmin, joten yksittäinenkin pesäkehavainto on tavanomaisesta poikkeava.
Eurotium: Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016)

Lausunto

2319-1: Chrysonilia ja Mucor -homesienien pitoisuutta ei pystytä määrittämään ylikasvun vuoksi.

2319-2: Arthrimum, Chaetomium ja Chrysonilia -homesienien pitoisuutta ei pystytä määrittämään ylikasvun vuoksi.

Leena Erkkilä, puh 044 7036740
Toimitusjohtaja

Tiedoksi

Kalle Miettunen @



Testausseleste 2020-4084
MATERIAALITUTKIMUS

1(2)
25.09.2020

Miettunen Kalle



90670 Oulu

Näytetiedot

Näyte	Materiaalinäyte		
Näyte otettu	04.09.2020	Näytteen ottaja	Kalle Miettunen
Saapunut	04.09.2020	Näytteenoton syy	Tutkimuspyyntö
Tutkimus alkoi	04.09.2020		

4084-1: Kuiva.

4084-2: Kuiva.

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	4084-1 Materiaalinäyte Suodatin, näyte 11	4084-2 Materiaalinäyte Suodatin, näyte 10
Bakteerit	* Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, THG	pmy/g	45 000	260 000
Aktinomyketit	* Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, THG	pmy/g	6 000	1 000
Sienipitoisuus	*			
- Sienet	* Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, 2%M	pmy/g	3 100 000	3 500 000
- Sienet	* Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, DG18	pmy/g	4 500 000	4 000 000
Sienien tunnist.	* Valomikroskopointi		Tunnistettu:	Tunnistettu:
Arthrinium			Kts. lausunto	Kts. lausunto
Aspergillus			Kts. lausunto	Kts. lausunto
Aspergillus niger			Kts. lausunto	Kts. lausunto
Aureobasidium			Kts. lausunto	Kts. lausunto
Botrytis			Kts. lausunto	Arv. 270 000
Cladosporium			Arv. 3 300 000	Arv. 2 600 000
Eurotium			Kts. lausunto	Kts. lausunto
Muut hiivat			Arv. 820 000	Arv. 820 000
Penicillium			Kts. lausunto	Arv. 180 000
Rhizopus				Kts. lausunto
Sterilejä			Arv. 500 000	Arv. 640 000
Syncephalastrum			Kts. lausunto	
Trichoderma				Kts. lausunto
Tunnistamaton (homelaji)			Kts. lausunto	

*-menetelmä akkreditoitu. Mittausepävarmuus ilmoitetaan pyydettyessä, mikäli sitä ei ole ilmoitettu taulukossa. Lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin.

Menetelmä Bakteerit: STM Asumisterveysohje 2003:1 ja Asumisterveysopas 2009 -ohjeiden mukainen laimennosviljelymenetelmä. Kasvatus +25 °C:ssa 7 vrk. Määritysraja 100pmy/g.

Analyytitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.

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

Postiosoite: PL 19, 90015 Oulun kaupunki

Käyntiosoite: Tutkijantie 4F, 90590 Oulu

Testausseloste 2020-4084
MATERIAALITUTKIMUS2(2)
25.09.2020

Aktinomykeetit: STM Asumisterveysohje 2003:1 ja Asumisterveysopas 2009 -ohjeiden mukainen laimennosviljelymenetelmä. Kasvatus +25 °C:ssa 14 vrk. Määritysraja 100pmy/g. Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016).

Sienipitoisuus: STM Asumisterveysohje 2003:1 ja Asumisterveysopas 2009 -ohjeiden mukainen laimennosviljelymenetelmä. Kasvatus +25 °C:ssa 7 vrk. Määritysraja 100pmy/g.

Trichoderma: Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016). Voi siirtyä sisäilmaan polttopuista.

Eurotium: Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016)

Muut hiivat: Sisältää muut hiivasienet kuin Sporobolomyces

Lausunto Maljojen ylikasvun vuoksi osan homesienien pitoisuutta ei pystytä määrittämään tarkasti.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Leena Erkkilä".

Leena Erkkilä, puh 044 7036740
Toimitusjohtaja

Tiedoksi Kalle Miettunen @

Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.

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

Postiosoite: PL 19, 90015 Oulun kaupunki

Käyntiosoite: Tutkijantie 4F, 90590 Oulu



Testausseleste 2020-3807
MATERIAALITUTKIMUS

1(2)
10.09.2020

Miettunen Kalle



90670 Oulu

Näytetiedot	Näyte	Materiaalinäyte		
	Näyte otettu	17.08.2020	Näytteen ottaja	Kalle Miettunen
	Saapunut	17.08.2020	Näytteenoton syy	Tutkimuspyyntö
	Tutkimus alkoi	18.08.2020		

Näytteet säilytetty laboratorion jääkaapissa yön yli.
Tutkimus sisäpuolelta, ts. likaiselta puolen.

Analyyysi	Menetelmä	Yksikko	3807-1 Materiaalinäyte Suodatin, näyte 9	3807-2 Materiaalinäyte Suodatin, näyte 13	3807-3 Materiaalinäyte Suodatin, näyte 12
Bakteerit	* Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, THG	pmy/g	45 000	3 600	22 000
Aktinomykeetit	* Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, THG	pmy/g	200	200	450
Sienipitoisuus - Sienet	* Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, 2%M	pmy/g	1 000 000	400 000	620 000
- Sienet	* Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV Valvira Ohje 8/2016, DG18	pmy/g	740 000	500 000	1 400 000
Sienien tunnist.	* Valomikroskopiointi		Tunnistettu:	Tunnistettu:	Tunnistettu:
Arthrinium			Kts. lausunto	Kts. lausunto	Kts. lausunto
Aspergillus			Arv. 91 000	Arv. 10 000	
Aspergillus flavus			Kts. lausunto		
Aspergillus fumigatus				Kts. lausunto	
Aspergillus niger			Kts. lausunto		
Aspergillus ochraceus -ryhmä			Kts. lausunto		
Aureobasidium				Kts. lausunto	Arv. 10 000
Botrytis			Arv. 91 000	Arv. 60 000	Kts. lausunto
Cladosporium			Arv. 450 000	Arv. 320 000	Arv. 450 000
Eurotium				Kts. lausunto	
Fusarium			Kts. lausunto	Kts. lausunto	Arv. 10 000
Muut hiivat			Arv. 27 000	Arv. 40 000	Arv. 91 000
Penicillium			Arv. 180 000	Arv. 90 000	Arv. 91 000
Phoma sensu lato			Kts. lausunto	Kts. lausunto	Kts. lausunto
Steriilejä			Arv. 270 000	Arv. 72 000	Arv. 730 000
Trichoderma			Kts. lausunto		
Tunnistamaton			Arv. 360 000	Kts. lausunto	Arv. 200 000

Analyytitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.

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

Postiosoite: PL 19, 90015 Oulun kaupunki

Käyntiosoite: Tutkijantie 4F, 90590 Oulu



Testausseleste 2020-3807
MATERIAALITUTKIMUS

2(2)
10.09.2020

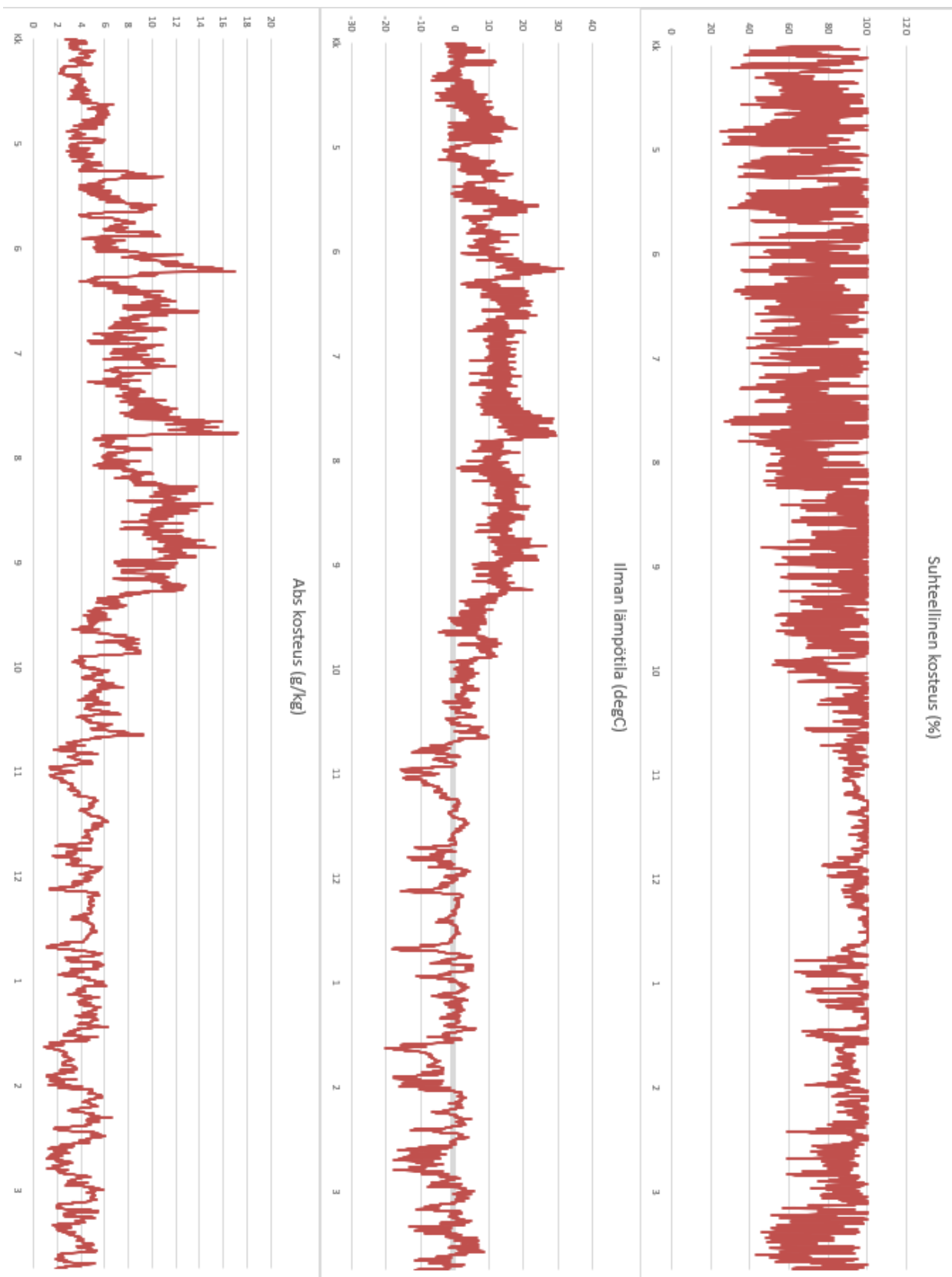
(homelaji)

*-menetelmä akkreditoitu. Mittausepävarmuus ilmoitetaan pyydettyessä, mikäli sitä ei ole ilmoitettu taulukossa. Lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin.

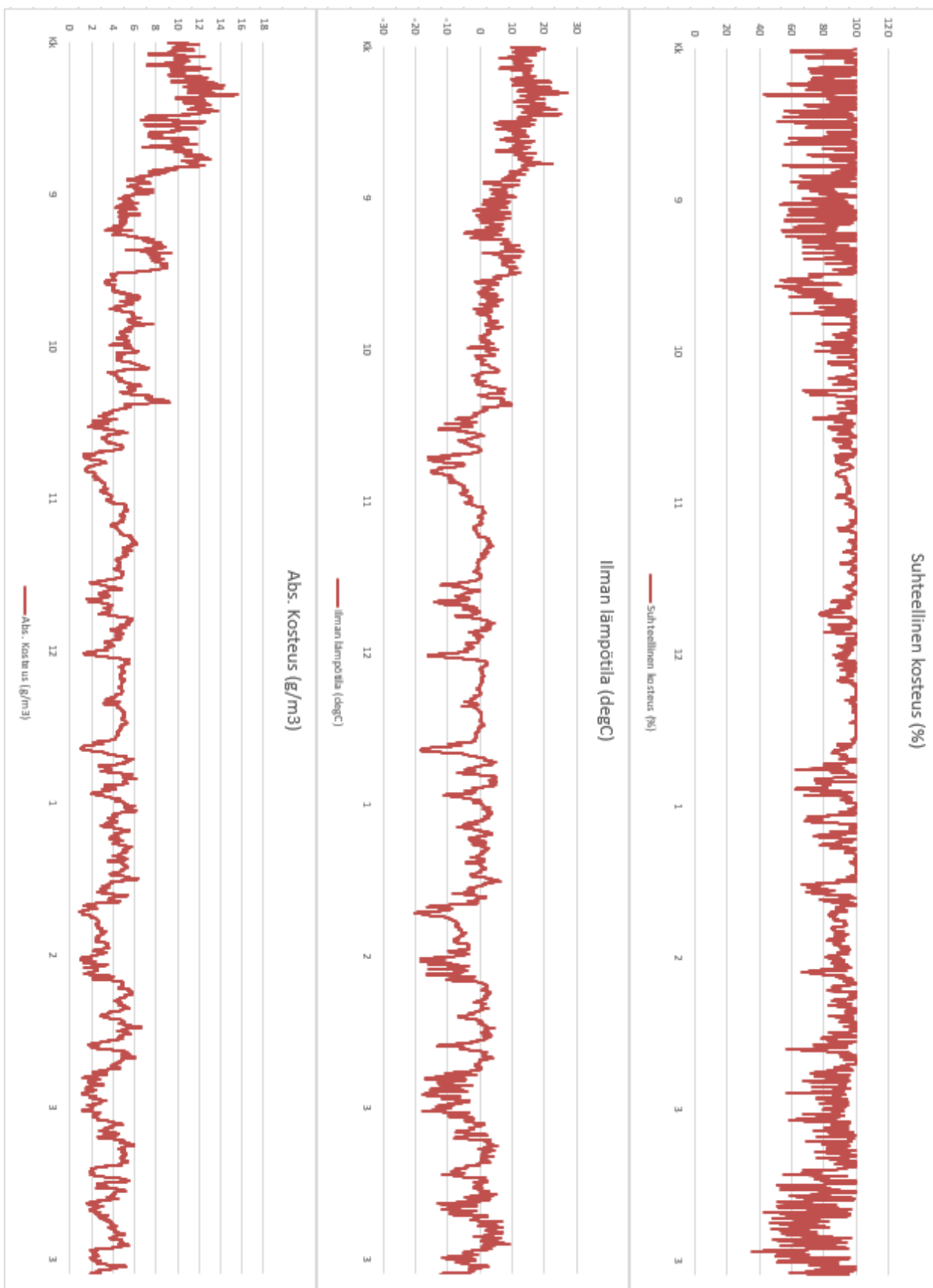
Menetelmä	<p>Bakteerit: STM Asumisterveysohje 2003:1 ja Asumisterveysopas 2009 -ohjeiden mukainen laimennosviljelymenetelmä. Kasvatus +25 °C:ssa 7 vrk. Määritysraja 100pmy/g.</p> <p>Aktinomyketit: STM Asumisterveysohje 2003:1 ja Asumisterveysopas 2009 -ohjeiden mukainen laimennosviljelymenetelmä. Kasvatus +25 °C:ssa 14 vrk. Määritysraja 100pmy/g. Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016).</p> <p>Sienipitoisuus: STM Asumisterveysohje 2003:1 ja Asumisterveysopas 2009 -ohjeiden mukainen laimennosviljelymenetelmä. Kasvatus +25 °C:ssa 7 vrk. Määritysraja 100pmy/g.</p> <p>Trichoderma: Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016). Voi siirtyä sisäilmaan polttopuista.</p> <p>Aspergillus ochraceus -ryhmä: Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016). Ryhmä pitää sisällään mm. A. ochraceus ja A. westerdijkiae -lajit.</p> <p>Phoma sensu lato: Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016)</p> <p>Eurotium: Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016)</p> <p>Fusarium: Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016).</p> <p>Ominaisuuksiensa vuoksi esiintyy sisäilmanäytteessä harvemmin, joten yksittäinenkin pesäkehavainto on tavanomaisesta poikkeava. Voi kulkeutua sisäilmaan maatalousympäristöstä tai talleista.</p> <p>Aspergillus fumigatus: Kuuluu tärkeimpiin home- ja kosteusvaurioindikaattoreihin (Asumisterveysasetuksen soveltamisopas Osa IV Valviran ohje 8/2016). Voi kulkeutua sisäilmaan maatalousympäristöstä tai talleista.</p> <p>Muut hiivat: Sisältää muut hiivasienet kuin Sporobolomyces</p>
Lausunto	<p>Maljojen ylikasvun vuoksi osan homesienien pitoisuutta ei pystytty määrittämään tarkasti.</p> <p><i>Leena Erkkilä</i></p> <p>Leena Erkkilä, puh 044 7036740 Toimitusjohtaja</p>
Tiedoksi	<p>Kalle Miettunen @</p>

Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.
Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on saatava lupa.
Postiosoite: PL 19, 90015 Oulun kaupunki Käyntiosoite: Tutkijantie 4F, 90590 Oulu

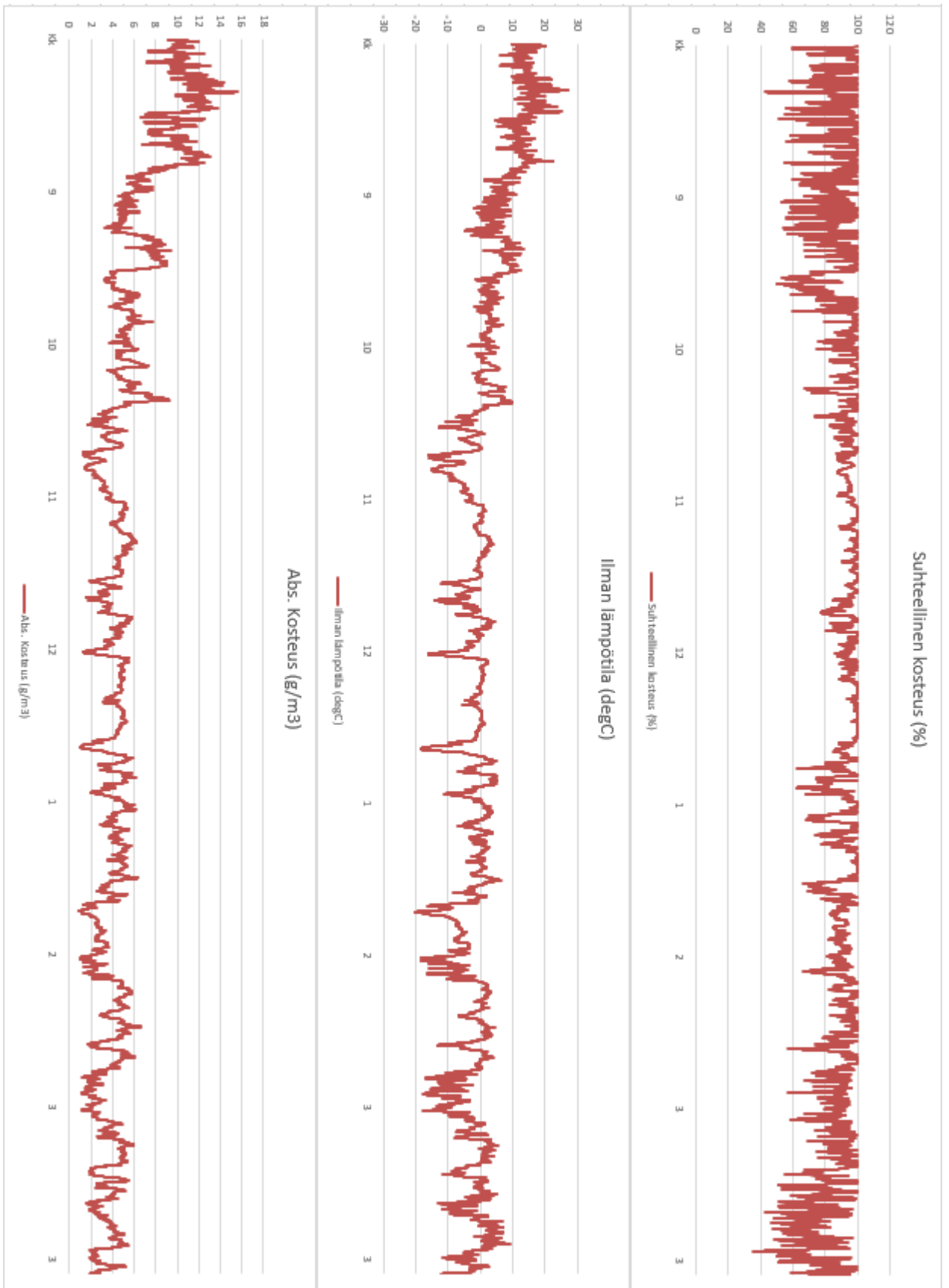
Näyte 2



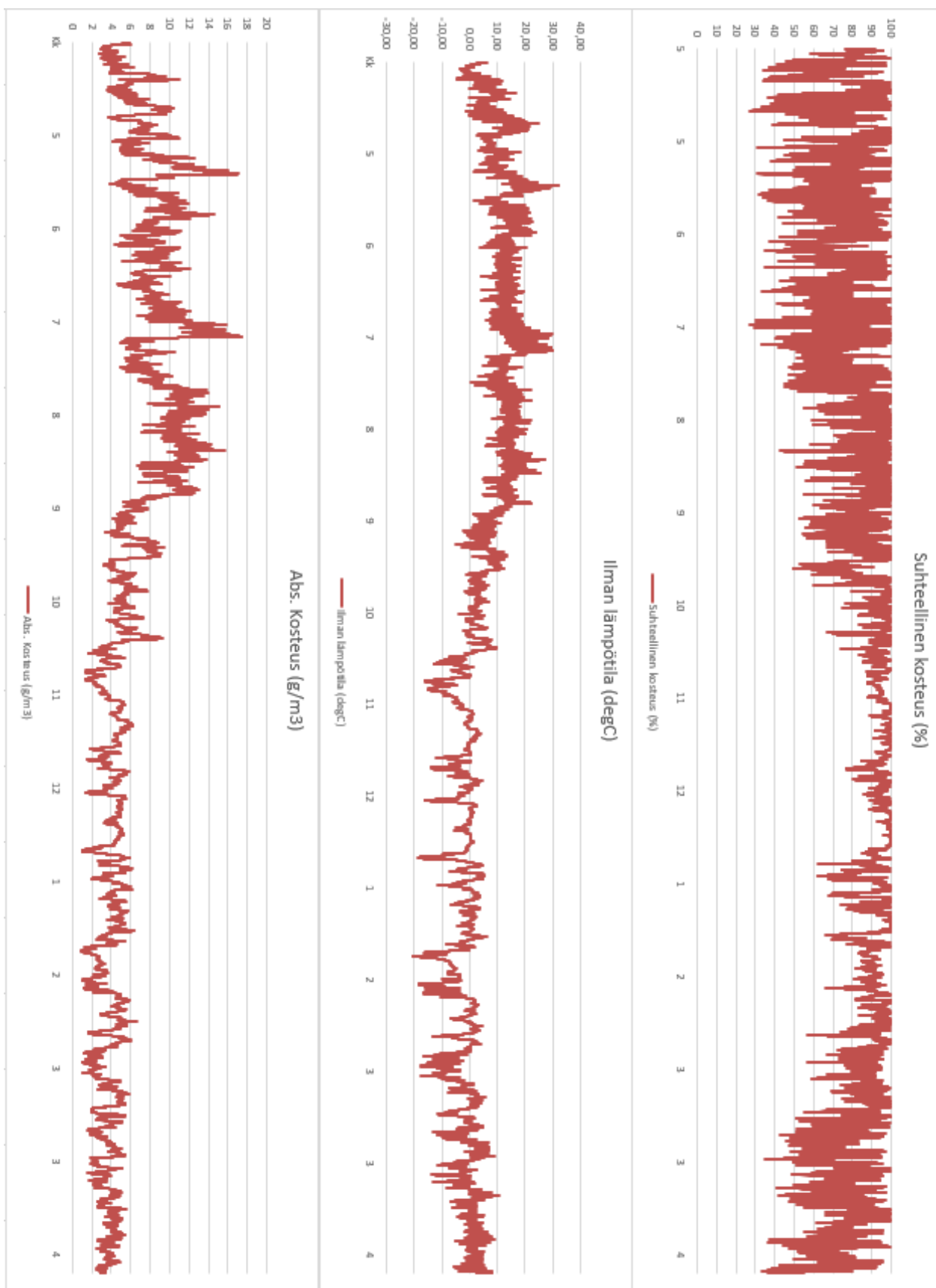
Näyte 3



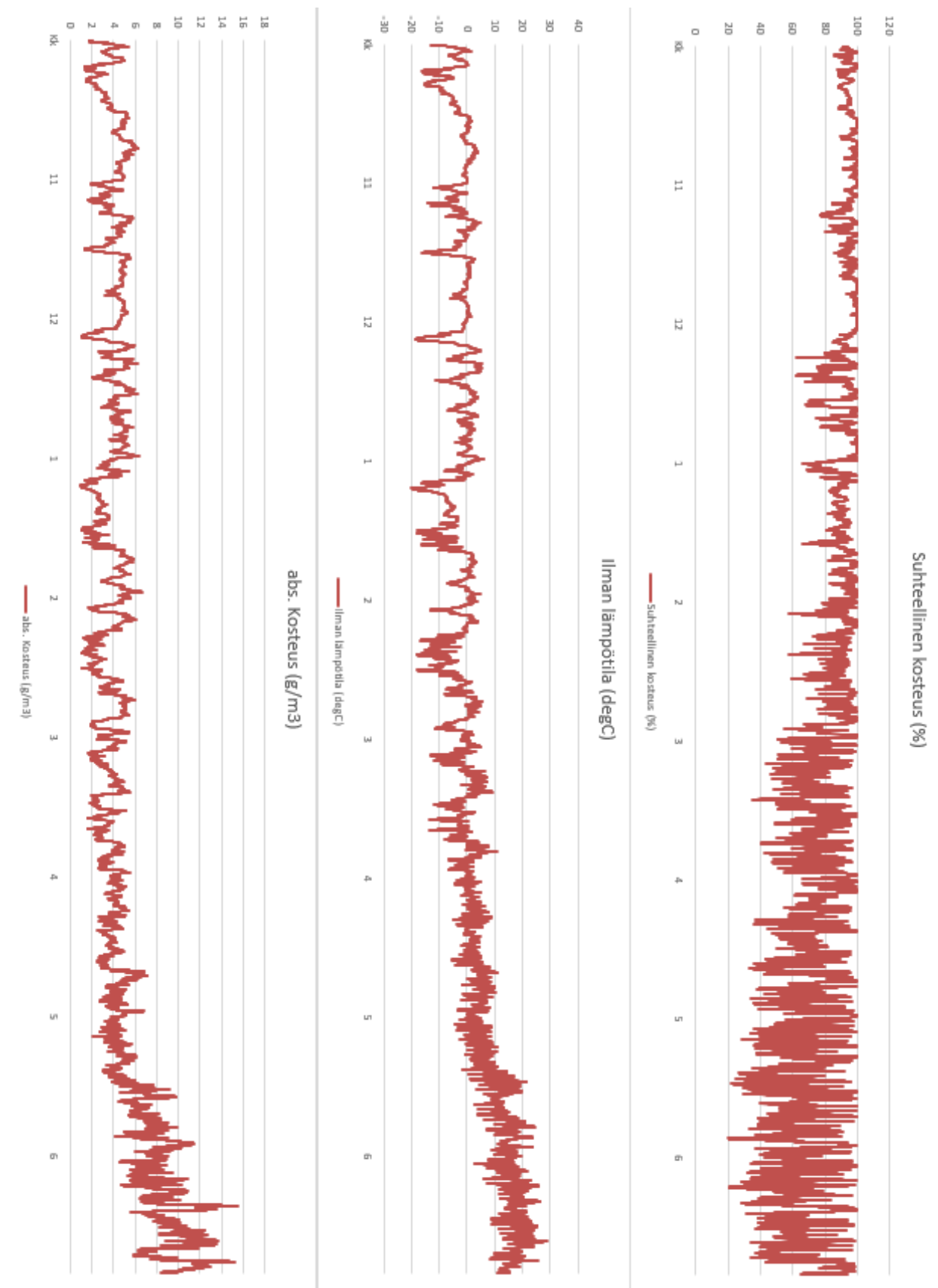
Näyte 4



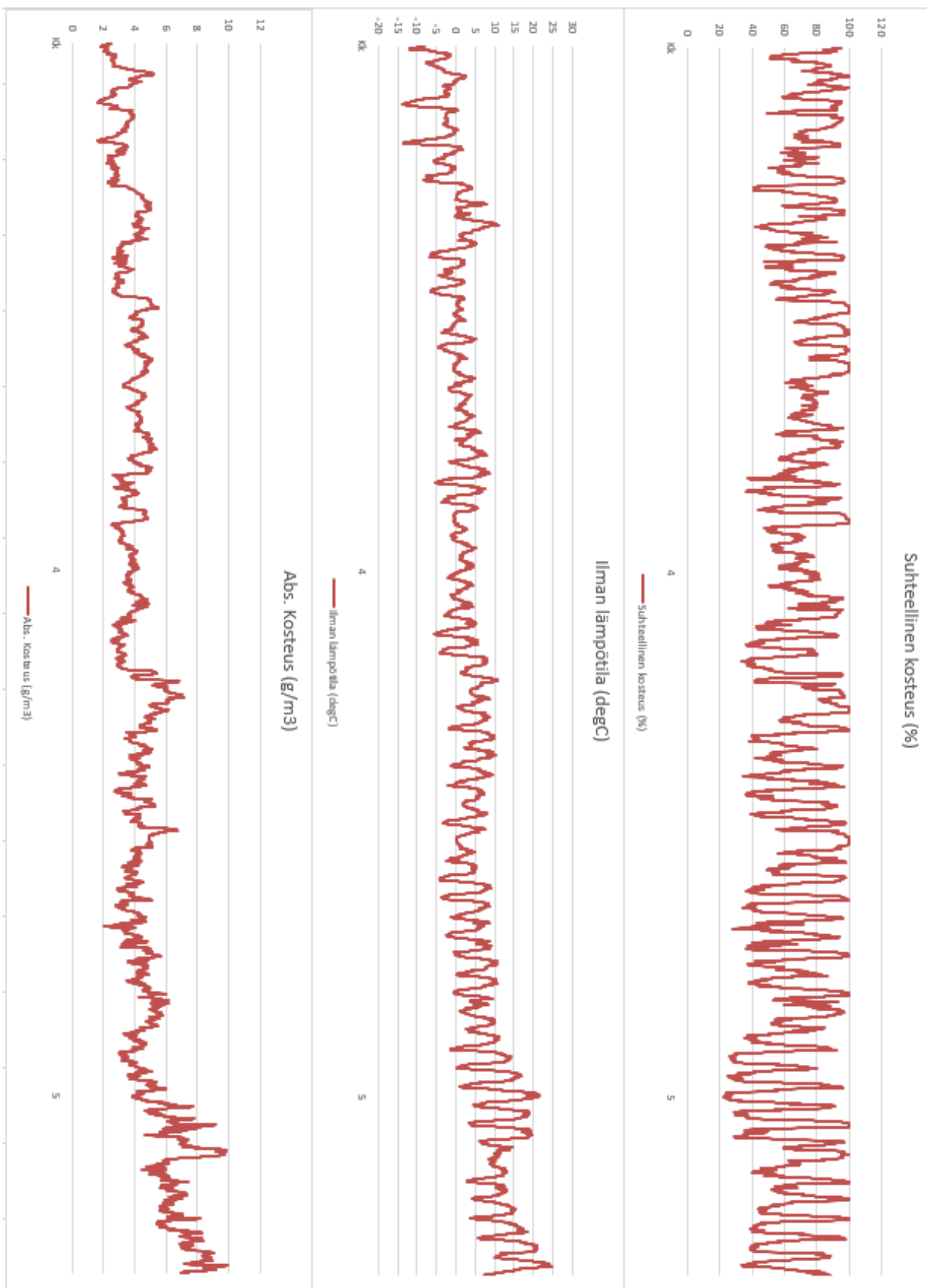
Näyte 5



Näyte 6



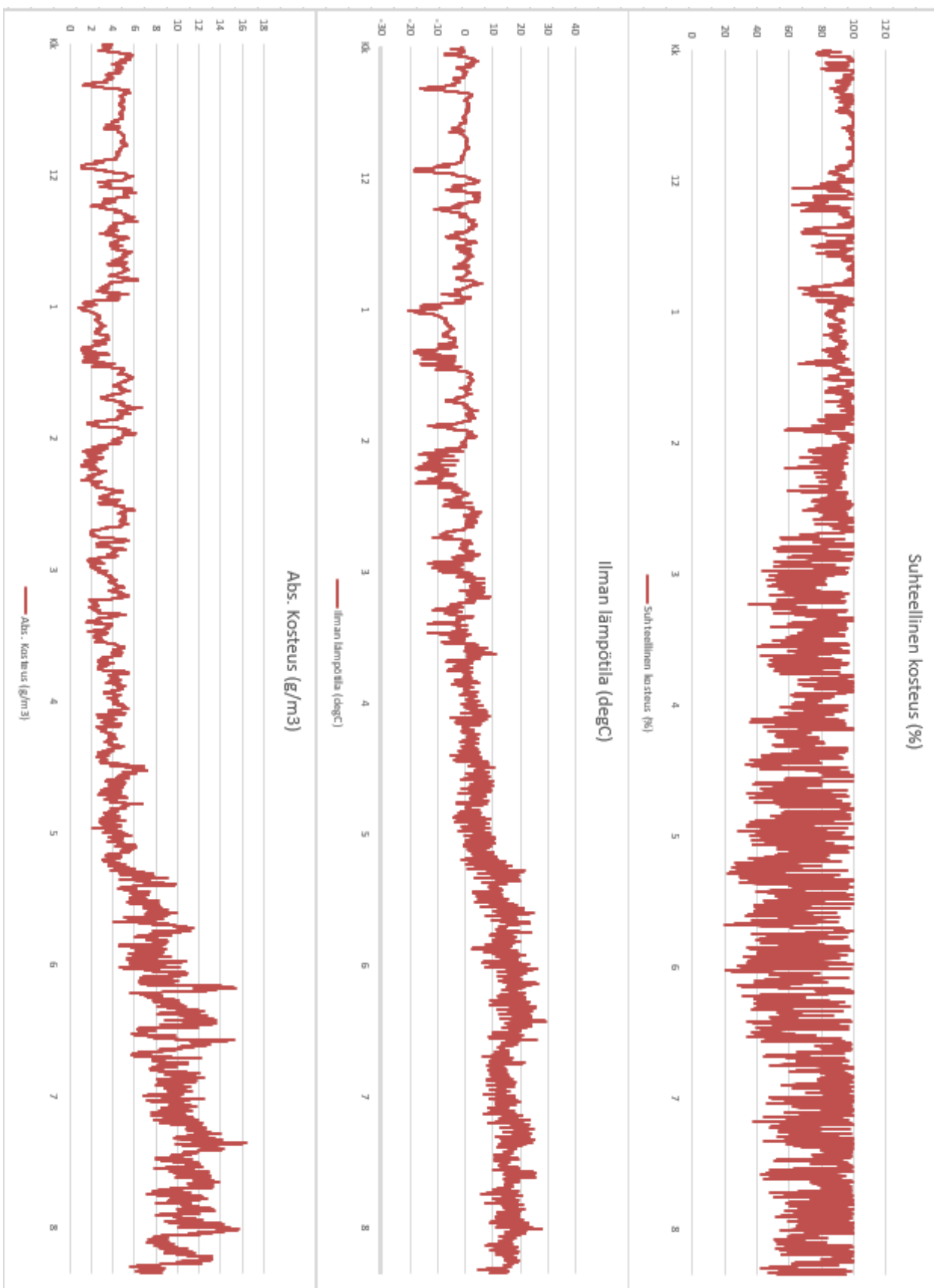
Näyte 7



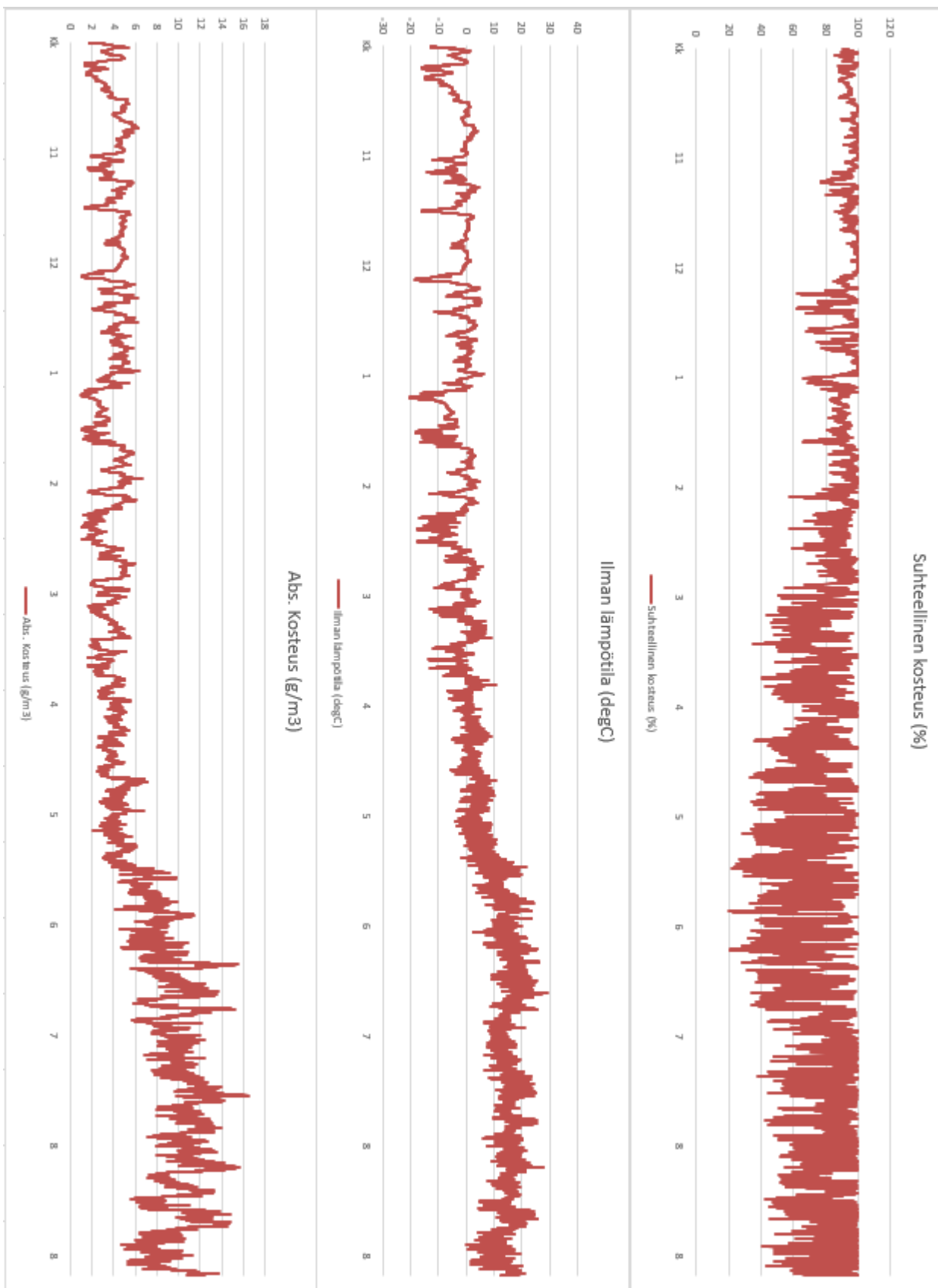
Näyte 8



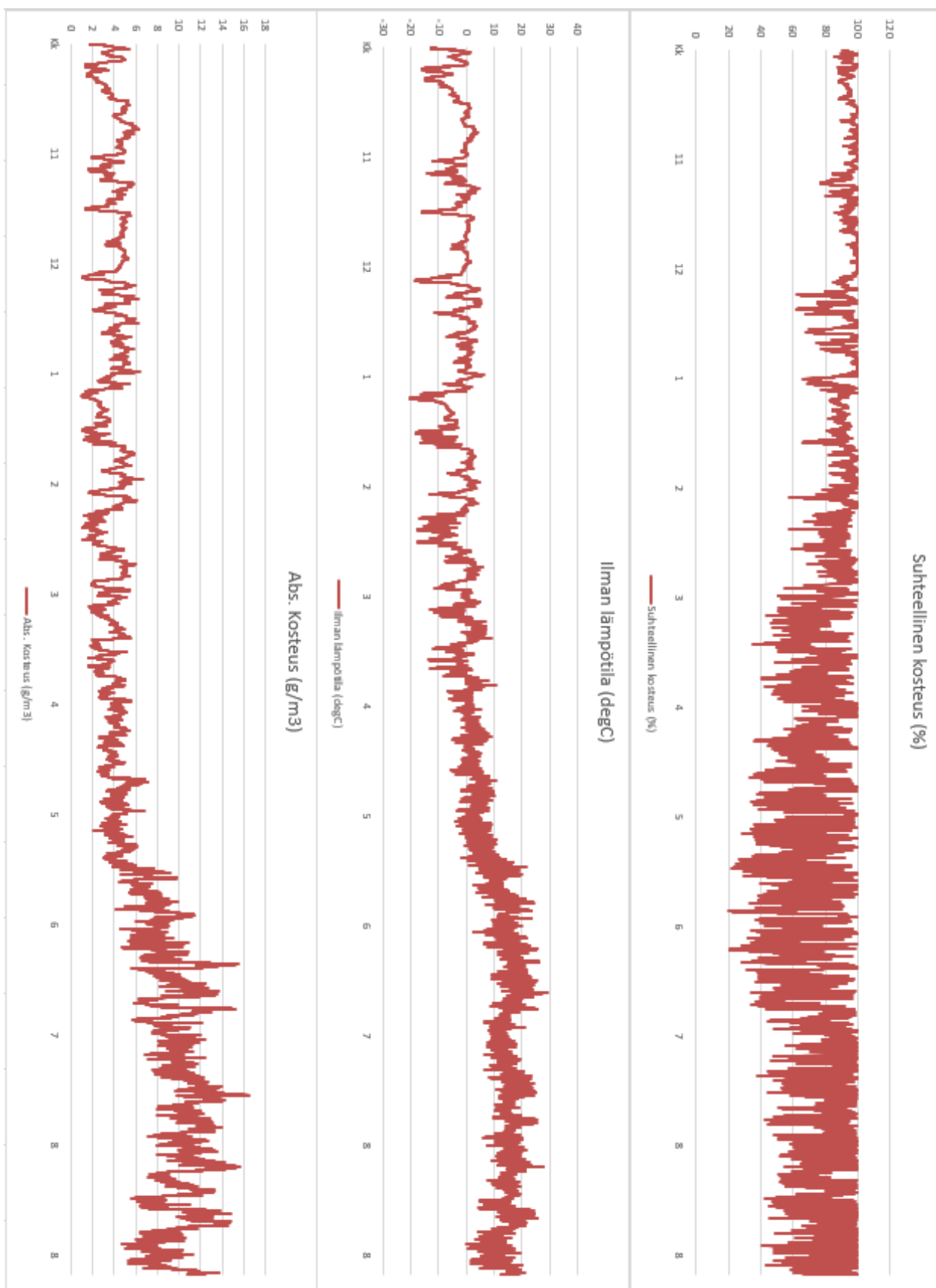
Näyte 9



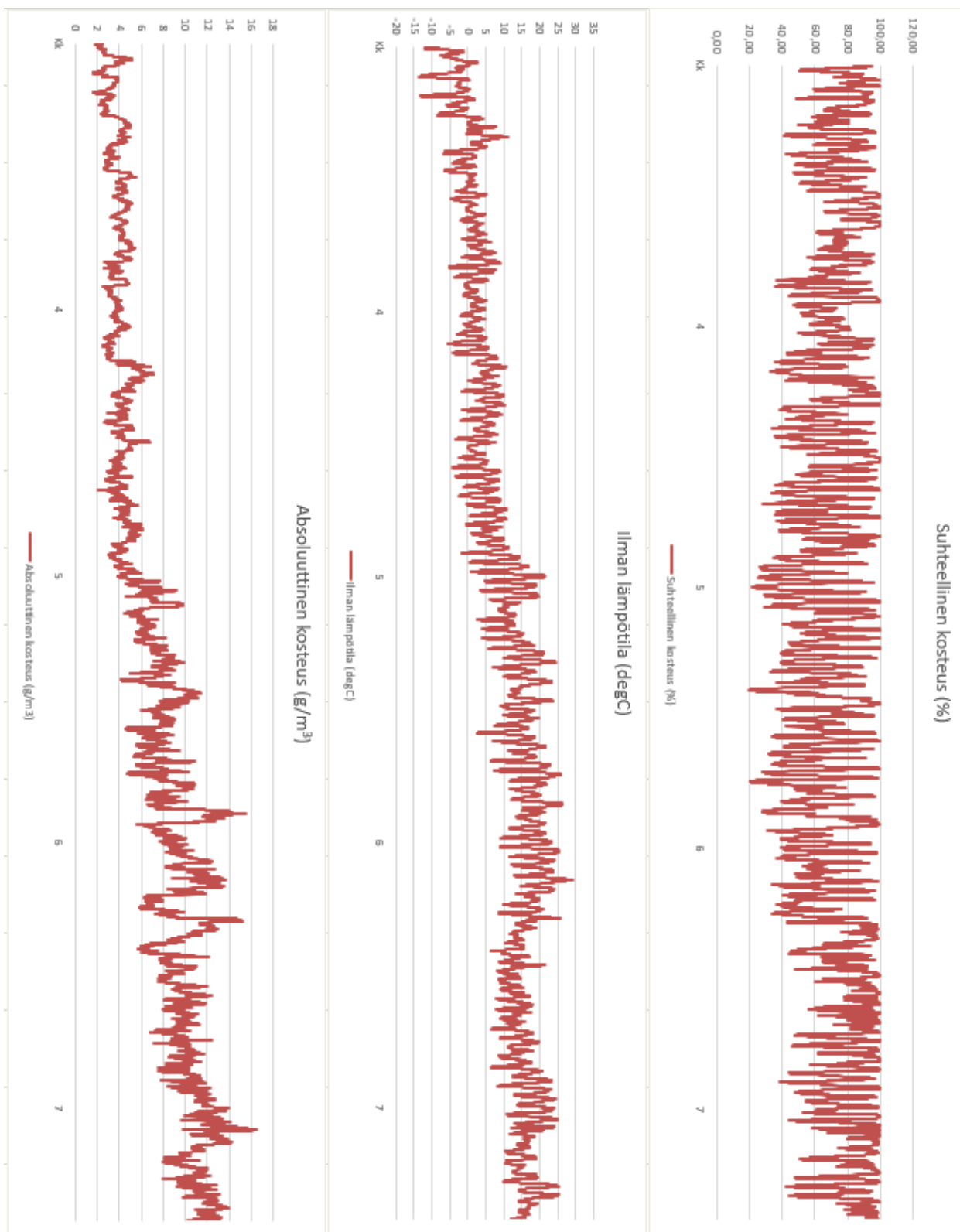
Näyte 10



Näyte 11



Näyte 12



Näyte 13

