

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Kiinteistöjohtaminen

2012

Jan Bergholm

JÄRVIRUO'ON JA MUIDEN RAKENNUSMATERIAALIEN MIKROBIHERKKYYS



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jan Bergholm

JÄRVIRUO'ON JA MUIDEN RAKENNUSMATERIAALIEN MIKROBIHERKKYYS

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin pääasiassa rakennuskäyttöön tarkoitetun järviruo'on ja seitsemän muun yleisesti käytössä olevan rakennusmateriaalin herkkyyttä muodostaa pinnalleen mikrobikasvustoja. Opinnäytetyössä tarkasteltiin, kuinka hyvin järviruoko rakennusmateriaalina suoriutui sääkaappitestistä, kun olosuhteet olivat vakioituina erittäin suotuisiksi homeiden kehittymistä varten. Testausmenetelmänä käytettiin sääylirasitustestausta. Testit pyrittiin tekemään materiaalivalintojen, olosuhteiden ja metodien osalta mahdollisimman yhteneväisiksi toisiinsa verrattuna. Opinnäytetyössä tutkitut rakennusmateriaalit järviruo'on lisäksi olivat mänty, olki, betoni, EPS-levy, kipsilevy, puukuitulevy ja mineraalivilla. Osasta tutkimusmateriaaleista löytyi aikaisemmin tehty verrattavissa oleva tutkimus.

Opinnäytetyössä hyödynnettiin Hannu Viitasen vuonna 1999 luomaa homeindeksointimallia sekä hänen tekemiään hometutkimuksia. Hänen käyttämänsä tutkimusmateriaalit olivat mänty, betoni, puukuitulevy, EPS-levy ja mineraalivilla, joita vastaavasti käytettiin vertailukohteina tässä tutkimuksessa. Ruokomateriaaleihin aiheutuvia visuaalisia muutoksia ei oltu aikaisemmin tutkittu vastaavanlaista sääylirasitustestiä käyttäen.

Tämä opinnäytetyö on osa kansainvälistä COFREEN-hanketta (*Järviruo'on käytön edistäminen paikallisena bioenergianlähteenä ja rakennusaineena*). COFREEN-hakkeessa ovat Suomen lisäksi mukana Viro ja Latvia. Hankkeen tavoitteena on edistää ruo'on hyötykäyttöä.

ASIASANAT:

järviruoko, mikrobikasvusto, homeindeksi

Jan Bergholm

SUSCEPTIBILITY TO MICROBIAL GROWTH OF COMMON REED AND OTHER CONSTRUCTION MATERIALS

This thesis mainly concentrated on common reed (*Phragmites australis*) and seven other commonly used construction materials and their susceptibility to microbial growth on their surface. This study examined how common reed that is used for construction purposes performed in a climatic test chamber while the conditions were stabilized and made favourable for mould growth. Climatic overstress testing (i.e. induced temperature and humidity testing) was used as the method in gathering the results. The tests were made as similar as possible in regard to the choice of materials, the testing conditions as well as the use of analysis methods. In addition to common reed, this study also examined the following construction materials: pine, straw, concrete, EPS plates, gypsum plates, wood fibre boards, and mineral wool. Previous research similar to this work could be found on some of these materials.

This study exploited the mould index model created by Hannu Viitanen in 1999 as a reference point as well as some of the mould studies he has conducted. The research materials used in his studies included pine, concrete, wood fibre boards, EPS plates, and mineral wool. These materials were used as points of comparison in this research. Visual changes in reed material have previously not been analysed by means of similar climatic overstress testing.

This thesis is a part of the international COFREEN project (-Concepts for using reed biomass as local bioenergy and building material). COFREEN is an international project with partners from Finland, Estonia and Latvia. The aim of the project is to increase the utilization of reed materials.

KEYWORDS:

common reed, microbial growth, mould index

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	8
1.1 Työn tavoitteet	8
1.2 Tutkimusmenetelmät	8
2 JÄRVIRUOKO	11
2.1 Yleistä järviruo'osta	11
2.2 Järviruo'on hyötykäyttö	13
2.2.1 Järviruo'on virkistyskäyttö	13
2.2.2 Järviruo'osta tulevaisuuden energiakasvi?	14
2.2.3 Järviruoko rakentamisessa	15
2.3 Järviruo'on homehtuvuus ja allergeenit	15
3 COFREEN-HANKE	17
3.1 Hankkeelle asetetut keskeiset tavoitteet	17
3.2 Hankkeen toteutus eri alueilla	17
4 MIKROBIKASVUSTOT	20
4.1 Mikrobin terveysvaikutukset	20
4.2 Homeen tunnusmerkit	21
4.3 Homeen kasvun kriteerit	21
4.4 Ilmansuunnan vaikutus mikrobikasvustojen syntyyn ruokokatoissa	22
4.5 Homehtumisen herkkyysluokat (HHL)	23
5 HOMETESTI	24
5.1 Homeindeksoinnin esittely	25
5.2 Tutkittavat materiaalit	26
5.3 Tutkimuslaitteisto	28
5.4 Testausolosuhteet	29
5.5 Testin suoritus	30
5.6 Valmistelevat toimenpiteet testien välissä	31
6 TULOKSET JA HOMEINDEKSOINTI	33
6.1 Männyn pintapuu	35
6.2 Männyn sydänpuu	39
6.3 Huokoinen puukuitulevy	42
6.4 Erikoiskova kipsilevy	45
6.5 Mineraalivilla	48
6.6 Ruokolevy	50

6.7 Ruoko Raisiosta	54
6.8 Ruoko Maskun Oukkulanlahdesta	58
6.9 Betoni	62
6.10 Ruisolki	63
6.11 EPS-levy	67
7 TULOKSIEN VERTAILU	68
7.1 Homeindeksien vertailut Viitasen tutkimuksiin	69
7.2 Molemmissa testeissä olleet kappaleet	69
8 YHTEENVETO JA POHDINTA	71
LÄHTEET	73

LIITTEET

Liite 1. Homeindeksoinnin tulokset, sarja 1. Havainnoijat X, Y ja Z. Näytekohtaiset yhteiset keskiarvot.

Liite 2. Homeindeksoinnin tulokset, sarja 2. Havainnoijat X ja Y. Näytekohtaiset yhteiset keskiarvot.

Liite 3. Homeindeksien viikkokohtaiset tulokset, sarja 1. Havainnoija X.

Liite 4. Homeindeksien viikkokohtaiset tulokset, sarja 2. Havainnoija X.

Liite 5. Homeindeksien viikkokohtaiset tulokset, sarja 1. Havainnoija Y.

Liite 6. Homeindeksien viikkokohtaiset tulokset, sarja 2. Havainnoija Y.

Liite 7. Homeindeksien viikkokohtaiset tulokset, sarja 1. Havainnoija Z.

Liite 8. Hannu Viitasen 2004 julkaisema taulukko teoksesta: Betonin ja siihen liittyvien materiaalien homehtumisen kriittiset olosuhteet – betonin homeenkesto.

Liite 9. Juha Vinhan esittelemä taulukko Frame 3 yleisöseminaarissa Helsingissä 1.12. 2011. Rakennusmateriaalien jakautuminen eri homehtumisherkkyyssluokkiin (VTT-TTY homeriskimalli)

KUVAT

Kuva 1. Järviruo'on levinneisyyskartta 2004–2009 (Naturhistoriska riksmuseet 2009).	12
Kuva 2. Materiaalinäytteet (sarja 1) sääkaapissa kokeen aikana.	27
Kuva 3. ARCTEST 1500 -sääkoestuskaappi ja oikealla JUMO DICON 1001 -ohjain.	29
Kuva 4. Materiaalinäytteet valmiina toiseen testisarjaan.	31
Kuva 5. Materiaalinäytteitä.	35
Kuva 6. Testikappaleen 1.1 homehtumisen eteneminen, viikot 1–4.	37
Kuva 7. Testikappaleen 1.1 homehtumisen eteneminen, viikot 5–8.	38
Kuva 8. Testikappaleen 2.2 homehtumisen eteneminen.	41
Kuva 9. Testikappaleen 3.1 homehtumisen eteneminen, viikot 1–4.	43
Kuva 10. Testikappaleen 3.1 homehtumisen eteneminen, viikot 5–8.	44
Kuva 11. Testikappaleen 4.1 homehtumisen eteneminen.	47
Kuva 12. Materiaalinäytteen 5.1 homehtumisen eteneminen.	49
Kuva 13. Materiaalinäytteen 6.1 homehtumisen eteneminen, viikot 1–4.	52
Kuva 14. Materiaalinäytteen 6.1 homehtumisen eteneminen, viikot 5–8.	53
Kuva 15. Materiaalinäytteen 7.1 homehtumisen eteneminen, viikot 1–4.	56
Kuva 16. Materiaalinäytteen 7.1 homehtumisen eteneminen, viikot 5–8.	57

Kuva 17. Materiaalinäytteen 8.1 homehtumisen eteneminen, viikot 1–4.	60
Kuva 18. Materiaalinäytteen 8.1 homehtumisen eteneminen, viikot 5–8.	61
Kuva 19. Testikappaleen 9.1 homehtumisen etenemättömyys.	62
Kuva 20. Materiaalinäytteen 10.1 homehtumisen eteneminen, viikot 1–4.	65
Kuva 21. Materiaalinäytteen 10.1 homehtumisen eteneminen, viikot 5–7.	66
Kuva 22. Testikappaleen 11.1 homehtumisen etenemättömyys.	67

KUVIOT

Kuvio 1. SWOT-analyysi ruo'on energiakäytöstä (Komulainen ym. 2008).	14
Kuvio 2. Sarja 1, männyn pintapuu. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.	36
Kuvio 3. Sarja 2, männyn pintapuu. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.	36
Kuvio 4. Sarja 1, männyn sydänpuu. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.	39
Kuvio 5. Sarja 2, männyn sydänpuu. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.	40
Kuvio 6. Sarjat 1 ja 2, huokoinen puukuitulevy. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.	42
Kuvio 7. Testisarja 1, erikoiskova kipsilevy. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.	45
Kuvio 8. Testisarjat 2, erikoiskova kipsilevy. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.	46
Kuvio 9. Testisarja 1, mineraalivilla. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.	48
Kuvio 10. Testisarja 1, ruokolevy. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.	50
Kuvio 11. Testisarja 2, ruokolevy. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.	51
Kuvio 12. Testisarja 1, ruoko Raisiosta. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.	54
Kuvio 13. Testisarja 2, ruoko Raisiosta. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.	55
Kuvio 14. Testisarja 1, ruoko Maskusta. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.	58
Kuvio 15. Testisarja 2, ruoko Maskusta. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.	59
Kuvio 16. Testisarja 1, ruisolki. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.	63
Kuvio 17. Testisarja 2, ruisolki. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.	64
Kuvio 18. Jatkotutkitut materiaalinäytteet. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.	70

TAULUKOT

Taulukko 1. Homeindeksiluokitukset.	25
-------------------------------------	----

1 JOHDANTO

Tämän päivän rakentamisessa on yhä enemmän pyritty kiinnittämään huomiota ekologisuuteen ja vähäpäästöisyyteen. Energiatodistuksien käyttöönotto uudisrakentamisessa vuonna 2008 on lisännyt rakentajien huomiota näihin seikkoihin, mikä osaltaan on edesauttanut siinä, että taloista tehdään mahdollisimman energiatehokkaita. Myös uusiutuvia rakennusmateriaaleja suositaan. Ruoko on rakentamisessa hyvin ekologinen luonnonmateriaali, jolla on pitkät perinteet. Ruokorakentaminen on kuitenkin Suomessa tällä hetkellä melko harvinainen näky. EU-rahoitteisesti sen monipuolista kehittämistä on tapahtunut vuodesta 2005 alkaen. Vuonna 2010 käynnistyi kolme vuotta kestävä COFREEN-hanke, jonka tarkoituksena on edistää järviruon hyötykäyttöä. Tämä opinnäytetyö on osa COFREEN-hanketta. Yhteistyöhankkeeseen kuuluvat Suomen lisäksi Viro ja Latvia.

1.1 Työn tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, kuinka herkästi rakennuskäyttöön tarkoitettujen järviruokomateriaalien pinnoille muodostuu mikrobikasvustoja. Miten hyvin ruoko kestää poikkeuksellisia sääolosuhteita? Tätä voidaan pitää työn tutkimuskysymyksenä. Työn tarkoituksena ei ollut selvittää, mitkä eri homelajikkeet ruo'ossa esiintyvät, vaan tutkia, kuinka potentiaalinen kasvualusta ruoko on yleensäkin mikrobeille.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin pääasiassa järviruon herkkyyttä muodostaa pinnalleen mikrobikasvustoja. Kysymykseen pyrittiin löytämään vastausta laboratoriokokeilla ja vertailemalla tuloksia aikaisempiin tutkimuksiin. Työssä

käytettiin sääylirasitustestausta, joka valittiin yhdessä Hannu Viitasen kanssa käydyssä puhelinkeskustelussa. Hannu Viitanen on VTT:n erikoistutkija, joka kehitti puumateriaalille homeen kasvun matemaattisen mallin vuonna 1999. Sääylirasitustestillä tarkoitetaan tässä työssä näytekalustoille sääkoestuskaapin avulla suoritettua homehtumisen herkkyytestiä. Tutkimuksessa käytettiin sekä kokeellista että kvantitatiivista tutkimusmenetelmää – kokeet suoritettiin sääkaapissa, jossa olosuhteet olivat vakioituneet, ja näytteistä viikon välein otetut valokuvat arvioitiin ja taulukoitiin homeindeksiluokituksen mukaisesti. Sääylirasitustestit suoritettiin Turun ammattikorkeakoulun rakennuslaboratoriossa sijaitsevalla sääkoestuskaapilla (ks. kuva 3, s. 27).

Työssä tutkittiin, kuinka hyvin järviruoko rakennusmateriaalina suoriutuu sääkaapitestistä, jossa olosuhteet olivat vakioituneet erittäin suotuisiksi homeiden kehittymistä varten. Kaksi oleellista tekijää tässä testissä olivat lämpötila ja suhteellinen kosteus. Lisäksi homeen kehitykseen vaikuttaa pH ja ravinto. Opinnäytetyössä käytettiin myös vertailevaa tutkimusta, jossa tarkasteltiin muiden rakennusmateriaalien sääylirasituskestävyyttä. Ruo'on lisäksi tutkimuksessa käytettiin seitsemää muuta rakennusmateriaalia: mäntyä, olkea, betonia, puukuitulevyä, EPS-levyä, kipsilevyä ja mineraalivillaa. Osasta näistä materiaaleista löytyi aikaisemmin tehty vastaavanlainen tutkimus, jonka avulla voitiin verrata saatuja tuloksia. Materiaalien sääkaapitestaus suoritettiin kahteen kertaan, joista ensimmäinen kesti kahdeksan viikkoa ja toinen 17 viikkoa. Molemmilla testikerroilla testattiin samanaikaisesti kaikkia tutkimuksessa käytettyjä materiaalityyppejä. Testausmenetelmänä käytettiin sääylirasitustestausta. Testit pyrittiin tekemään materiaalivalintojen, olosuhteiden sekä metodien osalta mahdollisimman yhteneväisiksi toisiinsa verrattuna.

Opinnäytetyössä hyödynnettiin Hannu Viitasen luomaa homeindeksointijärjestelmää, jossa tutkitaan materiaalin pinnalle muodostuneen

itiöpeiton suuruusluokkaa viikoittain ja luokitellaan se homeindeksitaulukon mukaisesti. Hannu Viitanen oli aikaisemmin tutkinut viittä kahdeksasta tässä opinnäytetyössä käytetyistä rakennusmateriaaleista samoissa olosuhteissa. Nämä materiaalit olivat mänty, betoni, puukuitulevy, EPS-levy ja mineraalivilla. Ruokomateriaaleihin aiheutuvia muutoksia ei oltu aikaisemmin tutkittu vastaavanlaista sääylirasitustestiä käyttäen.

2 JÄRVIRUOKO

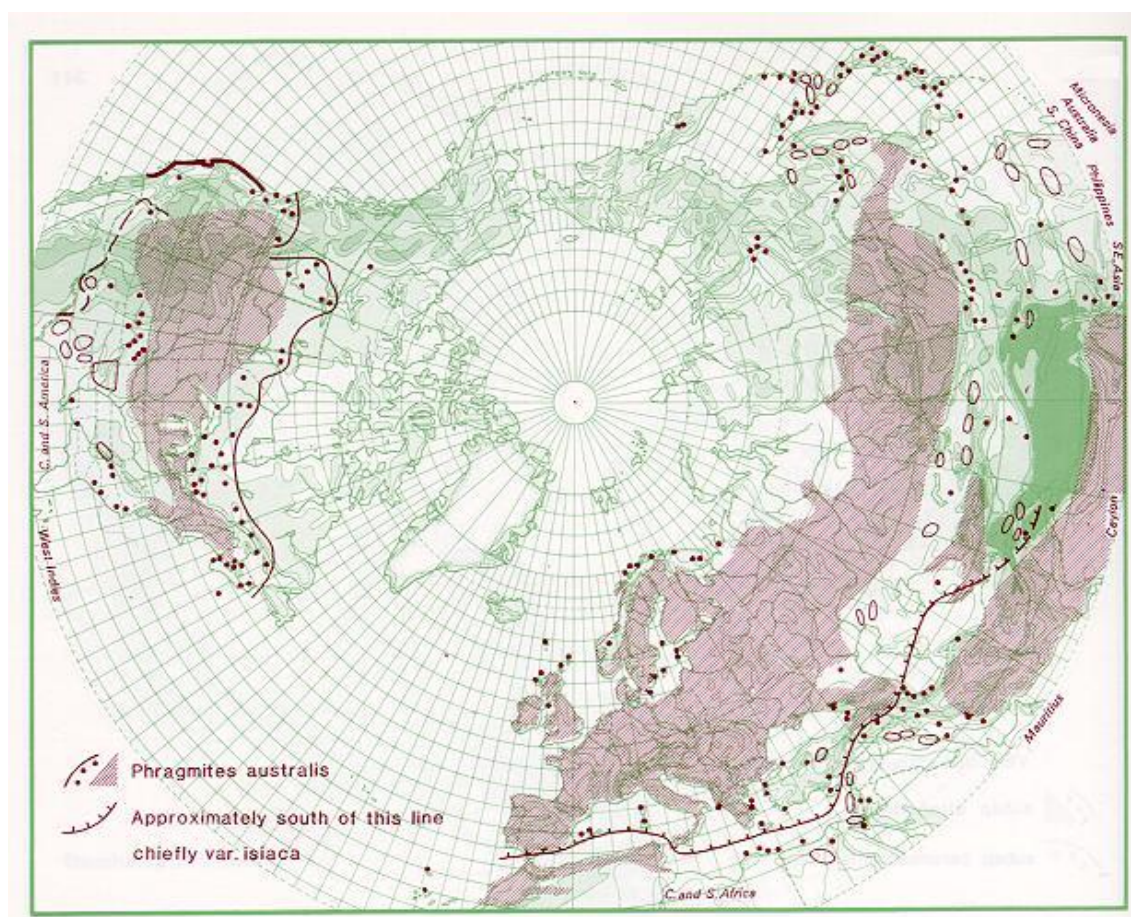
2.1 Yleistä järviruo'osta

Järviruoko (*Phragmites australis*), toiselta nimeltään ryti, on ilmaversoinen vesikasvi. Ruokoa esiintyy miltei joka puolella maapalloa. Ruoko kasvaa järvien ja vähäsuolaisten merien ranta-alueilla. Järviruoko kasvaa myös ojissa ja ravinteikkailla soilla (Heuru, Lundsten & Westermarck 1998, 12). Järviruoko sekoitetaan usein järvikaislaan, mutta järvikaisla on kuitenkin eri laji. Järvikaisla kuuluu sarakasveihin ja järviruoko puolestaan heinäkasveihin. Järviruoko on monivuotinen, ja se kasvaa tavanomaisesti 1–3 metrin korkuiseksi, erittäin suotuisissa olosuhteissa se kasvaa jopa seitsemän metriä pitkäksi. Tämä maksimipituus toteutuu vain lämpimillä alueilla. Suomessa järviruo'on maksimipituus on noin neljän metrin luokkaa. Järviruo'on kärjessä oleva kukinto on tiheä röyhy, joka on noin miehen kämmenen suuruinen. Ruo'on lehdet ovat pitkiä, teräviä ja noin 1–2 senttimetrin levyisiä. (www.wikipedia.org)

Järviruo'olla on hyvin tehokas lisääntymistapa ja se onkin levittäytynyt lähes koko maapallolle (katso kuva 1). Järviruoko leviää tuulipölytyksessä ja juurakoiden kasvun myötä. Uusille alueille ruoko on päässyt lintujen ja ihmisten kuljettamien siementen avulla. Järviruoko saa ravinteita maaperän lisäksi myös vedestä. Vesistöjen rehevöityminen on aikaansaanut ruovikoiden voimakkaan lisääntymisen viimeisten vuosikymmenten aikana, jopa niinkin suureksi, että ruokoa on paikoin jopa riesaksi. Järviruoko vie helposti muiden vesikasvien kasvutilan ja näin vähentää luonnon monimuotoisuutta. (www.wikipedia.org)

Ruovikoitumisen kiihtymisen syitä ovat viime vuosikymmenten aikana olleet mm. laidunnuksen ja niiton loppuminen. Ennen karjan laidunnus piti rannat paikoittain siistinä ja ruokoa kerättiin myös eläinten rehuksi. Suuria määriä ruokoon ja muuhun kasvillisuuteen sitoutuneita ravinteita saatiin näin

maatalouden hyötykäyttöön. Tänä päivänä ruokoa ei enää käytetä maataloudessa hyödyksi. Lisäksi maatalous- ja metsäalueet ovat hyvin ojitettuja, mikä helpottaa ravinteiden siirtymistä rannoille entisestään. Ravinteiden siirtyminen rantavesille on aiheuttanut rehevöitymistä, joka on edesauttanut ruovikoitumista. Muita ruovikoitumisen osasyitä ovat aikaisempaa miedommat jäätalvet ja ruo'on ominaisuus muodostaa entistäkin kilpailukykyisempiä ruokolajikkeita. Ruovikoitumisen voimakkuutta voidaankin pitää rehevöitymisen indikaattorina. (Ikonen & Hagelberg 2008, 8.)



Kuva 1. Järviruo'on levinneisyyskartta 2004–2009 (Naturhistoriska riksmuseet 2009).

2.2 Järviruon hyötykäyttö

Järviruokoa on käytetty hyödyksi hyvin pitkän ajan monipuolisiin käyttötarkoituksiin. Suomessa järviruon käyttö on vähentynyt merkittävästi erityisesti sotien jälkeen. Tärkeimmät käyttökohteet ovat olleet rakentaminen ja karjan rehu. Tänä päivänä ruokoa ei enää käytetä maataloudessa, ja myös rakentamisessa järviruoko on korvattu nykyaikaisemmilla rakennusmateriaaleilla. Ruon pois keruulla on kuitenkin useita sivuhyötyjä liittyen vesiensuojeluun, esteettisyyteen ja biologisen monimuotoisuuden säilyttämiseen. (www.cofreen.eu)

Vesiensuojelun kannalta oikealla tavalla hoidettu ruovikoiden pois kerääminen parantaa veden laatua. Ruovikot sitovat suuria määriä ravinteita vesien rannoilta. Hehtaaria kohden ruovikoiden poisniitolla saadaan noin 4,5 kg fosforia ja 50 kg typpeä talteen. Ruovikoiden hoitamatta jättäminen heikentää vesien laatua, sillä se aiheuttaa vesistöissä happivajetta ja hidastaa veden liikkuvuutta, kun ruovikko pääsee kasvamaan liian tiheäksi. Vuosia hoitamaton ruovikko nostaa vedessä pohjan korkeutta, ja vuosien saatossa pohjalle muodostuu ruokoturvetta kuolleista ruokoversoista. Mätänemisprosessissa ruokoturpeessa syntyy metaania. (Ikonen & Hagelberg 2008, 12.)

2.2.1 Järviruon virkistyskäyttö

Virkistyskäytön kannalta ruovikot koetaan useammin negatiivisena kuin positiivisena. Ruovikot peittävät kauniita maisemia, estävät rannoilla uimisen mahdollisuuden ja aiheuttavat epämiellyttäviä hajuhaittoja lähiympäristöön. Toisaalta ruovikot voivat toimia näkö- ja äänisuojana rantanaapureilta. Ruovikoissa viihtyvät myös useat lintulajit mikä koetaan usein positiivisena asiana. (Ikonen & Hagelberg 2008, 24.)

2.2.2 Järviruo'osta tulevaisuuden energiakasvi?

Suomessa tarvitaan uusiutuvia energianlähteitä ja tulevaisuudessa varmasti entistäkin enemmän. Järviruo'osta saatavissa oleva energia on verrattavissa tuotannossa olevaan ruokohelpeen. Ruokohelpi ei kuitenkaan ole viljelijälle taloudellisesti kannattava vaihtoehto ilman maataloudesta maksettavia tukia. Mikäli järviruo'osta tulisi poliittisesti hyväksytty energiakasvi ja sen kannattavuus turvattaisiin energiatuilla, voisi sen hyötykäyttö energiakasvina olla hyvinkin järkevää. Järviruo'on poiskeruulla olisi myös lukuisia positiivisia ympäristövaikutuksia. (Simi 2007, 65.)

Ruo'on energiakäyttöä on vertailtu kuviossa 1.

<p>VAHYUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> • uusiutuvuus, nopea kasvu, hyvä tuotto • potentiaalisesti suuret hyödynnettävät alat • ei lannoitteita eikä torjunta-aineita • tarjoaa työtä • monet eri käyttötarkoitukset, mm. käyttö vesiensuojelussa ja rakennuskäytössä • non-food sato • ilmasto-neutraali, pl. denitrifikaatio • positiiviset odotukset ja mielikuvat – ”vihreä energia” • monikäyttöinen energialähde (kiinteä, nestemäinen tai kaasu) • teknologiaa on jo saatavilla • paljon potentiaalisia tuottajia • paljon potentiaalisia käyttäjiä • hyvä seospolttoaine • vertautuu monessa ruokohelpeen, josta varsin runsaasti tutkimustietoa 	<p>HEIKKOUEDET</p> <ul style="list-style-type: none"> • monet eri käyttötarkoitukset – eri intressien yhteensovittaminen ja ruokovarojen hallinta haasteellista • korjuulupien saanti voi olla vaikeaa • vuotuinen sato riippuvainen ilmastosta ja jääoloista • taloudellisesti epäennustettava • ei vielä valmiita markkinoita • ei sopivaa korjuukalustoa • korjuu ja kuljetus kallista • poltossa muodostuvan tuhkan suuri määrä • polton päästöjä ei ole tutkittu • leikkuun hiilitasevaikutuksia ei tunneta riittävästi
<p>MAHDOLLISUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> • jätevesien kunnostus • luo työpaikkoja • alueelliset vaikutukset • maatalouskoneet tehokkaampaan käyttöön • kansallinen ja kv-yhteistyö • vihreän energian sertifikaatit • maanviljelijöille uusi aluevaltaus • ei uhkaa ruoantuotantoa • teknologinen kehittyminen • ”vihreän energian” imago • tuhkakäite voidaan käyttää lannoitteena • mahdollisuudet myös vientiin 	<p>UHAT</p> <ul style="list-style-type: none"> • yrittäjien mielipiteet • päättäjien mielipiteet • ilmaston vaikutus satoon – ilmaston lämpeneminen hankaloittaa korjuuta • pienpolton päästöt • lainsäädäntö muuttuu • lainsäädäntö on liian hidas • tuotekehittelyn rahanpuute • kosteikkoalueiden heinäbiomassan bioenergiakäytölle voi tulla EU:sta rajoitteita

Kuvio 1. SWOT-analyysi ruo'on energiakäytöstä (Komulainen ym. 2008).

2.2.3 Järviruoko rakentamisessa

Ruokoa on jo muinaisista ajoista asti käytetty rakentamisessa mm. katemateriaalina, lämmöneristeenä, rappausalustana ja sideaineena (Heuru, Lundsten & Westermarck 1998, 12.). Ensimmäinen merkintä järviruo'on käytöstä katemateriaalina on jo Rooman valtakunnan ajalta vuodelta 66 jKr. Plinius-niminen roomalainen historioitsija on kertonut germaanien rakentavan siitä kestäviä kattoja. (Hyvönen 2007, 23.)

Ruokokatteen elinikään vaikuttaa tekijän ammattitaidon lisäksi kattokaltevuus. Ruokoa käytetään rakentamisessa selkeästi eniten katemateriaalina. Katteiden elinikäarviot ovat hyvin vaihtelevia, yleensä puhutaan noin 40–60 vuodesta. (Anthony 1999, 1346.)

Mekaanisen kestävyuden osalta järviruoko soveltuu sekä katteeksi että eristeeksi. Ruo'on ja myös muiden luonnonmukaisten materiaalien rakennushyötykäyttöön liittyvää kehitystä on rajoittanut tiedon puute, sillä rakennusperinne on useiden tuotteiden osalta keskeytynyt. Ruo'on hyvän saatavuuden ja kestävyuden ansiosta se on säilyttänyt paikkansa vaihtoehtoisena kate- ja eristemateriaalina. Joissakin vauraissa maissa ruokokatosta on tullut tietynlainen statussymboli, jolla halutaan viestittää ekologisuudesta, vauraudesta ja halusta erottua joukosta. (Lautkankare 2007, 73.)

2.3 Järviruo'on homehtuvuus ja allergeenit

Yleisesti on huomattu järviruo'on kestävän suhteellisen hyvin erilaisia sääolosuhteita. Katemateriaalina se kestää noin 70–100 vuotta, kun kate on rakennettu oikeaoppisesti (RT 852.1 1943, 2). Westermarck ym. (1998, 12) ovat jopa havainnoineet, että ”puretuissa vanhoissa rakenteissa ruo'on on havaittu pysyneen muuttumattomana ja pilaantumattomana”. Järviruo'olla on hyvä kosteudensietokyky varsinkin, kun sitä verrataan esimerkiksi olkeen.

Ruo'on korkea mineraalipitoisuus ja piihappopitoisuus ovat edesauttavia tekijöitä sen hyvässä kosteuden sietokyvyssä (Westermarck ym. 1998, 35).

Opinnäytetyössään Holappa haastatteli Allergia- ja astmaliiton sairaanhoitajaa, jonka mukaan järviruo'olla on allergeenisia ominaisuuksia, jotka tulee ottaa huomioon rakentamisessa. Järviruoko luokitellaan helposti allergiaa aiheuttavaksi yleisiltä ominaisuuksiltaan. Heinäallergiasta kärsivällä ihmisellä on 60 %:n mahdollisuus olla allerginen myös järviruo'olle, joka myös kuuluu heinäkasveihin. Sisätiloissa käytettynä ruoko näyttäisi vaativan pinnoitteen, esimerkiksi saven tai kipsilevyn. (Holappa 2005, 11.)

Järviruokomateriaalit on hyvä pinnoittaa siitäkin syystä, että ei ole tutkimustuloksia siitä, mitä pitkäaikainen altistuminen ruo'olle aiheuttaa terveelle ihmiselle. Ulkotiloissa käytettynä allergeenista ongelmaa ei kuitenkaan esiinny järviruo'osta, kun sitä käytetään kate- ja seinämateriaalina. (Mourujärvi 2007, 20.)

3 COFREEN-HANKE

COFREEN-hanke on EU:n Central Baltic Interreg IVA programme 2007–2013 -ohjelman rahoittama yhteistyöhanke, jonka tavoitteena on edistää järviruohon käyttöä paikallisena bioenergialähteenä ja rakennusaineena. Projektissa on mukana yhteistyökumppaneita Suomesta, Virosta ja Latviasta. Pääyhteistyökumppanina toimii Turun ammattikorkeakoulu, ja muita hankkeen yhteistyökumppaneita ovat Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Peimarin koulutuskuntayhtymä, Tallinnan teknillinen yliopisto, Estonian University of Life Sciences ja Valtion osakeyhtiö ”Vides Projekti” Latviasta. (Cofreen 2012.)

3.1 Hankkeelle asetetut keskeiset tavoitteet

Hankkeen tavoitteena on edistää ja kehittää ruokomateriaalien hyötykäyttöä rakennusmateriaalina sekä bioenergian lähteenä. Hanke kohdistuu Etelä-Suomen, Viron ja Latvian rannikkoalueisiin, joissa myös ruokokasvien niitto, prosessointi ja sijoitus tapahtuvat. Hankkeella on myös ekologisia tavoitteita, sillä ruokojen niitto vähentää rantojen rehevöitymistä. Projektin tarkoituksena on lisäksi työllisyyden lisääminen ja uusien yrittäjien edesauttaminen alalle. (Cofreen 2012.)

3.2 Hankkeen toteutus eri alueilla

COFREEN-hanke perustuu kolmeen erilaiseen ruokokylän toimintamalliin ja ruovikoiden hyötykäytön kehittelyyn. Hankkeessa kannustetaan myös yrittäjyyteen ruokoalalle. Etelä-Suomen, Viron ja Latvian rannikkoalueiden neljällä pilotialueella sovelletaan integroivaa rannikkosuunnittelua ja laaditaan modernin ruokokylän mallit eri käyttötarkoituksiin. Näihin malleihin perustuen

paikallista biomassaa käytetään energiantuotantoon ja rakennusmateriaaleihin. Näin erilaiset yhteisöt kuten kunnat voivat kehittää ekologista, taloudellista ja sosiaalista kestävyytään. Huolellisesti laadituilla käyttösuunnitelmilla luodaan kestävä ruovikoiden hyötykäyttö, jolla on paljon positiivisia ympäristövaikutuksia. Tämä kuitenkin vaatii vielä innovatiivisia ratkaisuja ja käytännön työtä. (Cofreen 2012.)

Etelä-Suomessa sijaitsee yksi bioenergiateemaisista pilottialueista. Se toimii Varsinais-Suomen maaseutuoppilaitoksen yhteydessä, jossa on mahdollisuus oman rantaruovikon lisäksi jalostaa lähiympäristöjen Natura-alueiden ruovikot biopolttoaineeksi hakevoimalaan ja biokaasulaitokseen. Niissä tuotetaan sekä sähkö- että lämpöenergiaa oppilaitoksen omaan käyttöön. Tällainen työ edistää samalla myös alueen paikallista yrittäjyyttä, vesiensuojelua, virkistyskäytön mahdollisuuksia ja luonnon monimuotoisuuden säilyttämistä. Parhaimman käytännön löytämiseksi pilotissa tutkitaan järviruo'on logistista ketjua ja sen prosessointia eri muodoiksi. Ruovikoiden laatu paranee muutaman vuoden niiton jälkeen. Näin myös mahdollistetaan ruo'on käyttö kattorakennusmateriaalina tulevaisuudessa. (Cofreen 2012.)

Viron kaksi pilottialuetta sijaitsevat Saaren kunnassa Muhussa ja Värskän alueella Peipsin rannalla. Virossa on olemassa ruovikoiden leikkaukseen tarpeellinen leikkuukalusto, ja leikkuita rakennustarpeiksi on tehty jo vuosikymmeniä. Ongelmana kuitenkin on se, että leikatusta kattomateriaalista jää puhdistuksen jälkeenkin noin puolet hyödyntämättä. Olisikin tärkeää löytää jatkokäsittelyä ajatellen jokin kestävä tapa hyödyntää tätä ylijäämämateriaalia. Materiaalista on valmistettu mm. eristelevyjä. Myös ruokopaalien soveltuvuutta matalaenergiatalojen eristemateriaaliksi ja soveltuvuutta bioenergian lähteeksi tutkitaan Viron partnerien toimesta. (Cofreen 2012.)

Latviassa pilottikohteena toimii Lake Papen Natura 2000 -luonnosuojelualue, jossa ruovikoita leikataan hoitotarkoituksessa. Biomassa jätetään kuitenkin rannalle vailla käyttötarkoitusta. Seurauksena on lisääntynyt rehevöityminen, koska ravinteet pääsevät valumaan takaisin vesistöön. Latvian hankkeessa testataan ruovikon prosessointia bioenergiaksi. Malli soveltuu biomassojen

syntyalueille juurakonpuhdistamoihin tai tavallisiin mökkirantoihin. (Cofreen 2012.)



CENTRAL BALTIC
INTERREG IV A
PROGRAMME
2007-2013



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE

4 MIKROBIKASVUSTOT

Mikrobeja ovat bakteerit, hiivasienet ja homesienet. Mikrobikasvustolla tarkoitetaan rakennuksen materiaalien sisällä, pinnassa tai rakenteiden välissä kasvavia bakteeri-, hiiva- ja homekasvustoja, jotka voidaan todeta joko paljain silmin tai mikrobiologisen analyysin avulla. Kasvustot voidaan yleensä havaita värimuutoksena tai rihmastona, jotka ovat pölymäisiä. Mikrobikasvustot eivät yleensä pääse tiheiden materiaalien pintaa syvemmälle. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 145.)

4.1 Mikrobin terveysvaikutukset

Homeita ja bakteereja tiedetään olevan kaikkialla: luonnossa, ulkona ja rakennuksissa. Kosteusvauriorakennuksessa olevilla ihmisillä ilmenee mikrobeista johtuen erilaisia terveyshaittoja riippuen siitä, kauanko altistumista kestää ja kuinka herkkä altistuja on erilaisille mikrobeille. Lisäksi merkittävä seikka on kosteusvaurion ikä ja senhetkinen mikrobikanta. Lievissä kosteusvauriokohteissa ilmenee haju- ja viihtyvyyshaittoja, ja vaurioiden edetessä homeet alkavat aiheuttaa erilaisia ärsytysoireita ja yleisoireita. Yleisoireina ovat tavanomaisesti kuumeilu, väsymys ja päänsärky. Ärsytysoireina ilmenee silmien ja hengitysteiden ärsytystä, nuhaa, kurkkukipua, kirvelyä ja ihottumaa. Pitkään kestävät altistumiset aiheuttavat herkistymistä ja allergiasairauksia. Näitä ovat allerginen nuha ja erilaiset infektiosairaudet. Terveystila ei välttämättä tule enää paremmaksi, kun rakennuksesta on poistuttu, ja jopa ulkohomeet voivat aiheuttaa altistuneelle henkilölle oireita. Vaikeammissa tapauksissa kosteusvauriokohteet aiheuttavat vakavia sairauksia, kuten astmaa ja alveoliittia. Toksiset mikrobit ja kosteusvaurion loppuvaiheeseen edenneet mikrobit, ts. tertaarivaiheen indikaattorimikrobit, voivat aiheuttaa vakavia yleisoireita, neurologisia oireita, kudos- ja elinvaurioita sekä autoimmuunitauteja. Altistumat ovat voineet kestää tällöin jopa 10–15

vuotta. Valtaosassa tilanteista mikrobit ovat kuitenkin pienissä määrin harmittomia. On sanottu, että maatalousympäristössä esiintymät ovat antaneet jopa suojaa allergikoille ja atopiasairauksista kärsiville. (Putus 2010, 6-15.)

Kosteusvauriokohteessa esiintyy usein rihmamaisia bakteereja. Näitä ovat mm. sädesienet, joita esiintyy tavanomaisesti maatuovassa eloperäisessä materiaalissa. Nämä aikaansaavat erittäin tunkkaisen hajun (Viitanen ym. 1991, 32). Bakteerien vaarallisuus on hyvin vaihtelevaa. On olemassa opportunistibakteereja ja taudinaiheuttajabakteereja. Eri olosuhteissa bakteerien kyky aiheuttaa tauteja vaihtelee. Lisäksi vaikuttavia tekijöitä ovat mahdolliset immunitetit, perussairaudet sekä lääkitykset, jotka määrittelevät kuinka herkästi taudinaiheuttajabakteeri aiheuttaa ihmiselle sairastumisen. Tuoreissa tutkimuksissa on saatu viitteitä siitä, että bakteereilla on rooli kroonisten sairauksien synnyssä, esimerkiksi sepelvaltimotaudissa ja mahahaavassa. Toisten mikrobisukujen tiedetään olevan allergisoivia ja toisten myrkyllisiä. Niillä voi olla yhdessä erilaisia vaikutuksia, mutta joissain tapauksissa ne voivat suojata toisen mikrobikannan haitallisilta seurauksilta. (Putus 2010, 7.)

4.2 Homeen tunnusmerkit

Homeet ovat sienten alaryhmä. Niillä on tehtävänä hajottaa elollista materiaalia, samoin kuin bakteerien. Yleisimpiä homesukuja ovat *Penicillium*, *Aspergillus*, *Chaetomium* ja *Fusarium*.

4.3 Homeen kasvun kriteerit

Jotta mikrobit voivat kasvaa, ne tarvitsevat ravinteita, kosteutta ja oikeanlaisen lämpötilan. Kaikki sienet ja bakteerit eivät kuitenkaan ole kovinkaan vaativia ravinteiden suhteen, sillä jopa kasvun kannalta epäsuotuisan materiaalin pinnalla oleva pöly voi riittää kasvun käynnistymiseen. Mikrobit pystyvät

kasvamaan +5–40 °C:n lämpötilassa, mutta suotuisin kasvulämpötila on +20–30 °C. Rakennuksissa homeen kasvun vaikuttavin tekijä on sen pinnoilla ja rakenteissa esiintyvän kosteuden määrä. Mikrobikasvustojen kehittyminen vaihtelee suuresti. Mikäli olosuhteet ovat kasvun kannalta suotuisat, kasvu voi tapahtua muutamassa päivässä. Huonoissa olosuhteissa kasvuston kehittyminen voi kestää jopa vuosia. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 146.)

Homeen kasvun minimiraja on 80 % ilman suhteellista kosteutta vastaava kosteus (Viitanen 1999, 35.)

4.4 Ilmansuunnan vaikutus mikrobikasvustojen syntyyn ruokokatoissa

Anthony (1999) selvitti tutkimuksessaan ilmansuunnan vaikutuksia ruokokatoissa eläviin mikrobikasvustoihin. Tanskan maaseudulla tehdyssä tutkimuksessa oli mukana 20 järviruokokattoa, joista 12 oli alle 20 vuotta vanhoja ja kahdeksan yli 20 vuotta vanhoja. Katot oli valittu niin, että harjakaton toinen lape osoitti etelään ja toinen pohjoiseen. Jokaisesta lappeesta hän otti kymmenen kortta tutkimuksiinsa. Tutkimuksessa käytetyt korret oli samankokoisia, noin 4,5–6 mm paksuja. Anthony tutki mikroskoopin avulla näitä korsia. (Anthony 1999, 1351.)

Tutkimuksessa todettiin, että yhteinen nimittäjä kaikissa sienikasvustoissa oli se, että niiden tulee kestää epäsuotuisia olosuhteita. *Mycena*-sukuisen sienien todettiin olevan pääasiassa ruo'on rappeuttaja. Tätä kyseistä lajiketta esiintyi koko katon alueella sekä pohjois- että etelälappeissa. *Mycena*-lajikkeen todettiin kuitenkin pystyvän lisääntymään vain pohjoispuoleisella kattolapella, sillä eteläpuoleisen lappeen kasvualusta oli liian kuivaa. (Anthony 1999, 1351.)

Katon rappeutumisenopeus vaihteli suuresti etelä- ja pohjoislappeiden välillä. Etelälappeiden rappeutuminen oli huomattavasti nopeampaa. Tutkimuksessa todettiin tämän luultavasti johtuvan siitä, että eteläpuolella korret altistuvat enemmän auringonvalolle ja UV-säteilylle, minkä lisäksi kosteus- sekä lämpötilavaihtelut haurastuttavat kattomateriaalia. (Anthony 1999, 1351–1352.)

Tutkimuksissaan Anthony valitsi lisäksi kolme saman ikäistä 25-vuotiaasta kattoa, joissa kattokulmat olivat 30, 45 ja 60 astetta. Tutkittavat korret valittiin vain pohjoispuolelta, sillä siellä vallitsivat vakaat olosuhteet mikrobikasvustojen kasvulle. Lämpötila ja kosteusvaihtelut saatiin näin minimalisoiduiksi. Tutkimuksessa kävi ilmi, että 30-asteisissa katoissa rappeutuminen oli huomattavasti nopeampaa kuin jyrkemmissä tutkimuksen kohteena olleissa katoissa. Mutta 45 ja 60 -asteisissa katoissa rappeutumisnopeudessa ei havaittu juurikaan eroavaisuuksia. (Anthony 1999, 1347–1350.)

4.5 Homehtumisen herkkyysluokat (HHL)

Tutkija Juha Vinhan esitteli frame 3 yleisöseminaarissa Helsingissä 2011 eri rakennusmateriaaleille luotua taulukkoa, jossa materiaalit on jaoteltu eri homehtumisherakkyysluokkiin (katso liite 9). Homehtumisherakkyysluokat on jaoteltu neljään osaan:

HHL1 = hyvin herkkä. Esimerkiksi karkeasahattu ja mitallistettu puutavara (mänty ja kuusi), höylätty mänty.

HHL2 = herkkä. Esimerkiksi höylätty kuusi, kipsilevy ja puupohjaiset levyt.

HHL3 = kohtalaisen kestävä. Esimerkiksi mineraalivillat ja vanha karbonatisoitunut betoni

HHL4 = kestävä. Esimerkiksi lasi, metalli ja alkalinen uusi betoni.

5 HOMETESTI

Järviruo'on ja muiden tässä tutkimuksessa mukana olleiden materiaalien mikrobiherkkyyttä pyrittiin selvittämään hometestin avulla. Erilaisten teollisuudessa käytettävien materiaalien sääkoestaminen on yleistä ja tuotekehityksessä tärkeää. Sääkoestuksissa pyritään selvittämään, kuinka erilaiset sääolosuhteet vaikuttavat tutkittaviin materiaaleihin eri aikaväleillä. Materiaaleista pyritään havaitsemaan ympäristöstä aiheutuneita muutoksia, kuten esimerkiksi materiaalin homehtuminen tai kuluminen. Muutoksien kannalta tärkeitä elementtejä ovat vesi, kosteus, lämpötila ja UV-säteily. Sääkoestaminen voidaan suorittaa normaaleissa ulkoilman olosuhteissa sijoittamalla materiaali sille käyttötarkoituksenmukaiseen paikkaan, jolloin tutkittava materiaali käydään määrääjain tarkastamassa. Tämä menettely voi kuitenkin kestää kohtuuttoman kauan, eivätkä luonnon vaihtelevat olosuhteet tee asiaa helpommaksi. Itse kontrolloitu sääkoestus laboratorio-olosuhteissa on toinen vaihtoehto erilaisten materiaalien muutoksien tutkimiseen. Eri olosuhteiden luomiseen ja monipuoliseen säädettävyyteen on kehitetty sääkoestuskaappi, jota myös tässä tutkimuksessa on käytetty.

Ruo'on tutkimiseen sopiva sääkoestusmenetelmä jouduttiin valitsemaan rajoitetun koestamisajan puitteissa. Toinen tämän opinnäytetyön ohjaajista laboratorioinsinööri Rauli Lautkankare kävi maaliskuussa 2011 puhelinkeskustelun yhdessä VTT:n erikoistutkijan Hannu Viitasen kanssa, jolloin tämän työn tutkimusmetodiksi valittiin niin kutsuttu sääylirasitustesti. Viitasen mukaan sääylirasitustestin tarkoituksena on selvittää, kuinka potentiaalinen kasvualusta tutkittava materiaali on mikrobeille.

Tämän opinnäytetyön kammiokokeet suoritettiin Turun ammattikorkeakoulun rakennuslaboratoriossa kontrolloiduissa kosteus- ja lämpötilaoloissa. Materiaalinäytteet altistettiin korkealle kosteudelle ja lämpimälle ilmalle. Näytteistä seurattiin home- ja mikrobikasvua homeindeksin avulla.

5.1 Homeindeksoinnin esittely

Tutkimuksessa käytettiin Hannu Viitasen (1999, 39) luomaa homehtumisen asteittaiseen seuraamiseen numeerisesti luokiteltua kriteeristöä (taulukko 1). Luokittelu jaottuu asteikolla 0–6, missä indeksi 0 tarkoittaa pinnan olevan puhdas eikä homekasvua havaita edes mikroskoopilla. Indeksi 1 tarkoittaa homeen kasvun ensivaihetta, jolloin alkavat homekasvustot ovat mikroskooppisesti havaittavia. Indeksi 3 tarkoittaa, että näytteessä on ensimmäiset paljain silmin havaittavat homeet nähtävissä. Indeksit 5–6 tarkoittavat, että suurin osa tarkasteltavasta pinnasta on homeen peitossa. Korkeat homeindeksit eivät tarkoita homevaurioita, vaan sitä että pinnalla on runsaasti homekasvustoja. Homevauriot tulee päätellä mahdollisista materiaaleissa tapahtuneista muutoksista. (Viitanen 1999, 46.)

Taulukko 1. Homeindeksiluokitukset.

Homeindeksi	Havaittu homekasvu	Huomiot
0	ei kasvua	pinta puhdas
1	mikroskoopilla havaittava kasvu	itiöt itävät, alkavaa homekasvua
2	selvä mikroskoopilla havaittava kasvu	pinnalla melkoisesti rihmastoja, yli 10 %:n peitto tutkittavasta alasta
3	ensimmäiset visuaaliset havainnot	uusia itiöitä alkaa muodostua
4	selvästi silmin havaittava kasvu	10 – 50 %:n peitto tutkittavasta alasta
5	runsaasti silmin havaittava kasvu	yli 50 %:n peitto tutkittavasta alasta
6	erittäin runsas kasvu	lähes 100 %:n peitto tutkittavasta alasta, tiivis kasvusto

5.2 Tutkittavat materiaalit

Sääkaappitestejä suoritettiin kaksi, ensimmäinen aikavälillä 8.4 - 3.6 2011 (8 viikkoa) ja toinen 3.6 - 3.10 2011 (17 viikkoa). Osasta ensimmäisen testin näytteistä tehtiin jatkotutkimuksia toisessa testissä.

Ensimmäisessä testissä mukana olleet materiaalit:

Ruoko 1, ruokolevy, 3 kpl.

Ruoko 2, 3 kpl Raisiosta, niitetty maaliskuussa vuonna 2010.

Ruoko 3, 3 kpl Maskun Oukkulanlahdesta, niitetty 13.-15.3.2011.

Männyn pintapuu, 2 kpl.

Männyn sydänpuu, 2 kpl.

Huokoinen puukuitulevy, 2 kpl.

Mineraalivilla, (kivivillaa) 2 kpl.

Kipsilevy (erikoiskova), 2 kpl.

Betoni, 1 kpl. K30.

Rukiin olkea, 2 kpl. Muinaisruislajike aunus, niitetty elo – syyskuussa vuonna 2010 Korteniemen perinnetilalta Forssasta.

EPS-eriste, 2 kpl. EPS-lyhenne tulee englanninkielisestä sanasta *expanded polystyrene*, eli paisutettu polystyreenimuovi. Sitä käytetään eristemateriaalina pääasiassa seinissä, katoissa ja alapohjissa.



Kuva 2. Materiaalinäytteet (sarja 1) sääkaapissa kokeen aikana.

Toisessa testissä mukana olleet materiaalit:

Ruoko 1, ruokolevy, 3 kpl.

Ruoko 2, 3 kpl Raisiosta, niitetty maaliskuussa vuonna 2010.

Ruoko 3, 3 kpl Maskun Oukkulanlahdesta, niitetty 13.-15.3.2011.

Männyn pintapuu, 2 kpl.

Männyn sydänpuu, 2 kpl. Toinen näytteistä ensimmäisestä testistä.

Huokoinen puukuitulevy, 2 kpl.

Mineraalivilla, (kivivillaa) 2kpl. Toinen näytteistä ensimmäisestä testistä.

Kipsilevy (erikoiskova), 2 kpl. Toinen näytteistä ensimmäisestä testistä.

Betoni, 1 kpl. Lujuus k30. Sama näytekappale ensimmäisestä testistä.

Rukiin olkea, 2 kpl. Muinaisruislajike aunus, niitetty elo – syyskuussa vuonna 2010 Kortenien perinnetilalta Forssasta.

EPS-eriste, 2 kpl. Toinen näytteistä ensimmäisestä testistä.

5.3 Tutkimuslaitteisto

Päätutkimuslaitteena käytettiin ARCTEST 1500 -sääkoestuskaappia, joka ilmenee ovi avoimena kuvassa 2. Kuvassa 3 puolestaan näkyy kaappi ja sen ohjainyksikkö edestä kuvattuna. Sääkoestuskaapilla voidaan simuloida hyvin erilaisia ja vaativiakin käytännön sääilmiöitä tarpeen mukaan (Rannikko 2003, 2). Kaappien kehitys ja yleistyvyys ovat helpottaneet materiaalien testausta ja tätä kautta nopeuttaneet tuotekehitystä merkittävästi aikaisempaan verrattuna.

Sääkoestuskaappi tarvitsee erilaisten sääkoestusohjelmien ajamiseen ohjaimen, joka säätelee mm. kaapin lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Tässä sääkoestuskaapissa oli käytössä JUMO DICON 1001 -ohjain. Tämä ohjain ei ole tarkoitettu yksinomaan vain sääkoestuskaappeihin, vaan se on yleisohjain erilaisissa teollisuuden laitteissa. (Rannikko 2003, 69.)

Tämän lisäksi tutkimuksen apuna käytettiin myös Vaisalan kosteus- ja lämpömittaria, jota käytettiin asetettujen olosuhteiden todentamiseen. Näytteiden tutkimisessa käytössä oli Euromex-mikroskooppi, johon oli kiinnitettynä Nikon E995 -digitaalikamera. Apuna oli myös Euromex fiber optic light source ek-2 -valonlähde. Lisäksi näytteistä otettiin kuvia lähietäisyydeltä ilman mikroskooppia Sony dsc-w210 steadyshot -digitaalikameralla. Kamera oli kiinnitettynä työpöytään jalustan avulla niin, että kuvat otettiin vakioetäisyydeltä.



Kuva 3. ARCTEST 1500 -sääkoestuskaappi ja oikealla JUMO DICON 1001 -ohjain.

5.4 Testausolosuhteet

Ylirasitustestissä käytettiin koko testauksen ajan +22 °C:n lämpötilaa ja 93–95 % suhteellista kosteutta. Olosuhteet olivat siis lämpötilan ja ilman kosteuden kannalta erittäin suotuisat homeen kehittymiselle.

Jos testiolosuhteita verrataan käytännön olosuhteisiin, asuintilassa olevan sisäilman suhteellisen kosteuden tulisi olla 20–60 %. Homeista alkaa syntyä ongelmia, kun ilman suhteellinen kosteus on kauan yli 90 % ja lämpötila välillä +10...+50 °C (Viitanen 1999, 35). Tässä opinnäytetyössä käytettiin sääylirasitustestausta, jossa suhteellinen kosteus oli pääasiassa noin 95 % +22 °C:n lämpötilassa. Tällaisia ilman kosteusmääriä ei käytännössä asuintiloissa pitäisi esiintyä, kuin ehkä hetkellisesti suihkun jälkeen.

5.5 Testin suoritus

Tutkimus suoritettiin sääylirasitustestillä Arctest 1500 -sääkoestuskaapin avulla. Sääkoestuskaappiin sijoitetut eri rakennusmateriaalit altistettiin voimakkaalle ilmankosteudelle useiden viikkojen ajan. Sääylirasitustesti toistettiin kahteen kertaan. Olosuhteet olivat samat, mutta ensimmäisen testisarjan materiaaleista jätettiin muutama näyte toiseen testiin, joissa oli vain vähän tai ei ollenkaan mikrobikasvustoja. Ensimmäinen testisarja kesti kahdeksan viikkoa ja toinen 17 viikkoa. Eri rakennusmateriaaleista tehdyt näytekappaleet, jotka olivat noin 5 cm x 5 cm kokoisia, oli asetettu kukin omaan petrimaljaansa. Ensimmäiseen testiin valmistetut ruokonäytteet oli niputettu rautalangan avulla. Testin aikana yhdessä näytteessä oli havaittu rautalangalle kondensoitunut vesipisara. Tästä syystä toisen testisarjan ruokonäytteet niputettiin kumilangoilla ja nippusiteillä. Sääkoestuskaapissa ylläpidettiin koko testin ajan samaa lämpötilaa (+22 °C) sekä suhteellista kosteutta (sääkaapin antama lukema RH 93–95 %). Vaisalan HMP44 -anturilla seurattiin myös suhteellista kosteutta koko testijakson ajan. Lukemat olivat välillä RH 91 ja 96%:a ja lämpötila +21 ja 22 °C:a.

Ensimmäisen testisarjan näytteet vietiin laboratorioon kuvattavaksi viikon välein. Materiaalien kuljettamisen helpottamiseksi petrimaljat oli asetettu läpinäkyviin muovisiin rasioihin, joista jokaisessa rasiassa oli neljä petrimaljaa. Rasiat pidettiin suljettuina näytteiden siirtojen ajan sekä pyrittiin pitämään suljettuina mahdollisimman paljon näytteiden kuvaamisen aikana, jotta huoneenilma pääsisi vaikuttamaan testituloksiin mahdollisimman vähän. Kuvaus suoritettiin kahdella eri digitaalikameralla, joista ensimmäinen kohdistettiin mikroskoopin lävitse ja kuvattiin vakioetäisyydeltä. Toinen kameroista oli kiinnitettynä alaspäin suuntaavaan jalustaan, jolla otettiin tavallisia kuvia vakioetäisyydeltä. Näytteet oli myös merkattu niin, että eri viikoilla kuvatut näytteet olivat samassa asennossa kuvien tulkinnan helpottamiseksi. Viikoittain suoritettu kuvaus kesti jokaisella kerralla noin 0,5–3 tuntia. Toinen testisarja kesti 17 viikkoa, sen näytteet (kuva 4) kuvattiin tänä aika yhteensä 12 kertaa.



Kuva 4. Materiaalinäytteet valmiina toiseen testisarjaan.

5.6 Valmistelevat toimenpiteet testien välissä

Ensimmäinen testi lopetettiin, kun aikaa oli kulunut kaksi kuukautta testin aloituspäivämäärästä laskettuna. Tässä vaiheessa kaikki ruokonäytteet olivat siinä kunnossa, että suurin osa tarkasteltavasta pinnasta oli homekasvun peitossa. Koska testi pääasiassa keskittyi ruokomateriaalien tutkimiseen, aloitettiin testi tässä vaiheessa alusta. Kuitenkin mm. betoni- sekä EPS-levynäytteet olivat puhtaita mikrobikasvustoista kahden kuukauden sääylirasituksen jälkeen. Niistä materiaalinäytteistä, joissa ei ollut silmämääräisesti havaittavaa (indeksi 0–2) homekasvustoja, otettiin yksi vanha näyte talteen jatkotutkimuksia varten toiseen testisarjaan. Poikkeuksena männyn sydänpuu, joka myös otettiin jatkotutkimuksiin, vaikka sen homeindeksin arvo oli 3. Toiseen testiin otettuja materiaaleja olivat betoni, EPS-

levy, männyn sydänpuu, kipsilevy ja mineraalivilla. Tällä tavalla oli tarkoitus seurata, miten testi vaikuttaa pidemmällä aikavälillä kyseisiin materiaaleihin.

Kun ensimmäinen testi valmistui, sääkaapissa suoritettiin autoklaavaus. Tämän tarkoituksena oli steriloida sääkaappi kaikilta elollisilta mikrobeilta. Autoklaavaus on sääkaapin oma puhdistusmenetelmä, joka tällä kertaa suoritettiin +150 °C:n lämpötilassa, ja samalla kun ilman suhteellinen kosteus oli asetettuna 40 prosenttiin. Autoklaavaus kesti kuusi tuntia. Tänä aikana käytössä olleet petrimaljat tiskattiin sekä muovirasiat puhdistettiin paineilman avulla, jonka lisäksi uusista näytteistä poistettiin pinnoilla oleva pöly paineilmalla. Jokaiseen petrimaljaan liimattiin yksi materiaalinäyte (kuva 4) SuperFix asennusliimalla.

6 TULOKSET JA HOMEINDEKSOINTI

Seuraavassa osiossa on kustakin testatusta materiaalista erikseen käsitelty sääylyrasitustestin tulokset. Molemmat testisarjat on esitetty materiaaliakohtaisesti omassa graafissaan, poikkeuksena huokoinen puukuitulevy, josta on vain yksi graafi. Jokaisen materiaalin yhdestä valitusta näytteestä on esitetty kuvasarjojen muodossa homehtumisen eteneminen. Useimmissa kuvasarjoissa on vierekkäin normaali kuva sekä mikroskooppikuva, jotka ovat aina samalta viikolta. Jokaisessa kuvassa ilmenee montako viikkoa materiaali on ollut altistettuna sääkoestukselle, sekä senhetkinen homeindeksi-arvo. Ensimmäisen testisarjan tulokset on yhdistetty liitteeseen 1 ja toisen testisarjan tulokset liitteeseen 2.

Materiaaleista otettujen digitaalikuvien tulkintaa suoritti itsenäisesti kolme henkilöä, jotta virhemarginaalia saataisiin pienennettyä. Ensimmäistä testisarjaa arvioi jokainen tulkitsija, mutta toista testisarjaa vain kaksi. Tulkinta tehtiin tietokonenäytöltä. Tulkitsijat arvioivat erikseen jokaisen kuvan senhetkisen homeindeksin ja täyttivät sen taulukkoon (liitteet 3–7). Jokainen tulkitsija teki homeindeksointia kuitenkin ensimmäistä kertaa, joten vastaavaa kokemus- tai vertailupohjaa ei kenelläkään ollut. Tästä syystä virhemarginaalina voidaan pitää noin +/- 1 yksikköä. Varsinkin rajatapauksissa, joissa homepeitto on esimerkiksi noin 50 % materiaalin koko pinta-alasta, voi tulkitsija arvioida peiton olevan 40 % tai 60 %. Peiton ollessa 40 % indeksi on 4 ja 60 %:lla 5. Tulkitsijoina toimi kolme henkilöä. Heistä yksi oli rakennustekniikan alan laboratorioinsinööri (ikä 40 vuotta), yksi rakennustekniikan alan aikuisopiskelija (ikä 40 vuotta) ja yksi alan opiskelija (ikä 20 vuotta).

Tulkintaa ensikertalaisilla vaikeutti se, että he eivät tienneet mihin seikkoihin testikuvissa tulisi kiinnittää huomiota. Jotkut näytteet ovat mikroskooppikuvien kautta tutkittuna vaikeaselkoisia, sillä esimerkiksi mineraalivillassa sekä kuiturakenne että kuidun väri hankaloittivat mikrobikasvun havaitsemista. Homerihmasto ei erotu selkeästi kuitutaustaa vasten, jonka lisäksi materiaaliin

muodostuvat pesäkkeet olivat vaaleita vaaleankeltaista taustaa vasten. Tästä syystä homerihmastot ja -pesäkkeet saattoivat jäädä helposti havaitsematta.

Näytteiden homeindekseistä on laskettu keskiarvo, joka on merkitty jokaiseen kuvaan lyhenteellä Hi. 0-6 yhden desimaalin tarkkuudella. Esimerkkilaskumännyn pintapuusta 6.5.2011:

Tulkitsija X: 4

Tulkitsija Y: 3

Tulkitsija Z: 3

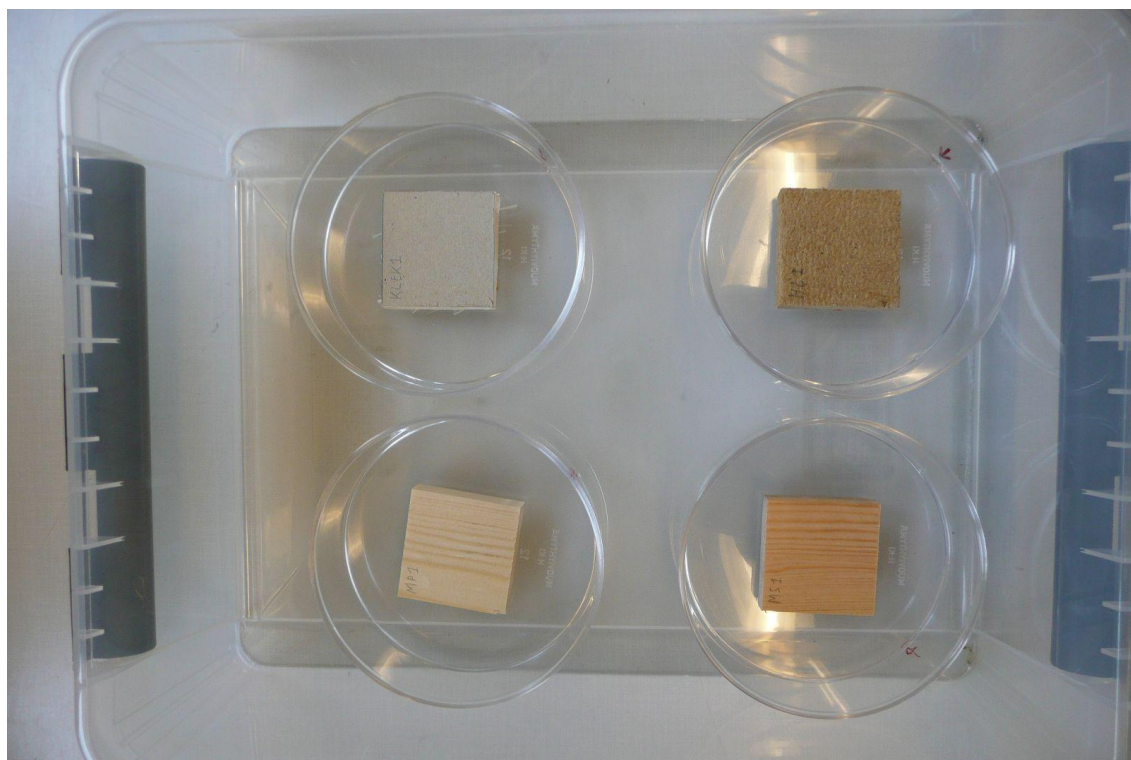
$$Hi = (4+3+3)/3 = 3,3$$

Tulokset ovat seuraavassa järjestyksessä:

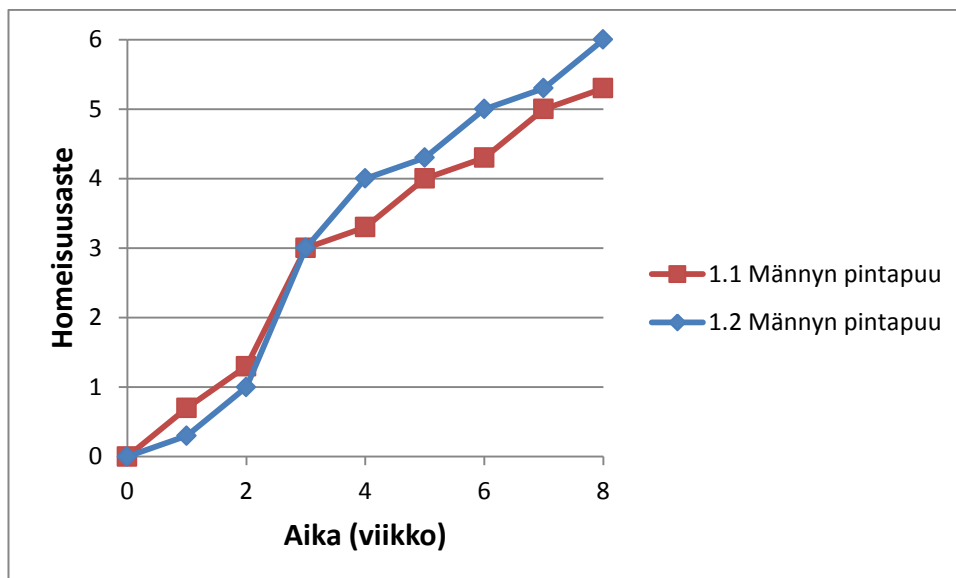
1. Männyn pintapuu
2. Männyn sydänpuu
3. Huokoinen puukuitulevy
4. Kipsilevy erikoiskova (EK)
5. Mineraalivilla
6. Ruokolevy
7. Ruoko Raisiosta
8. Ruoko Maskun Oukkulanlahdesta
9. Betoni K30
10. Ruisolki Forssasta
11. EPS-levy

6.1 Männyn pintapuu

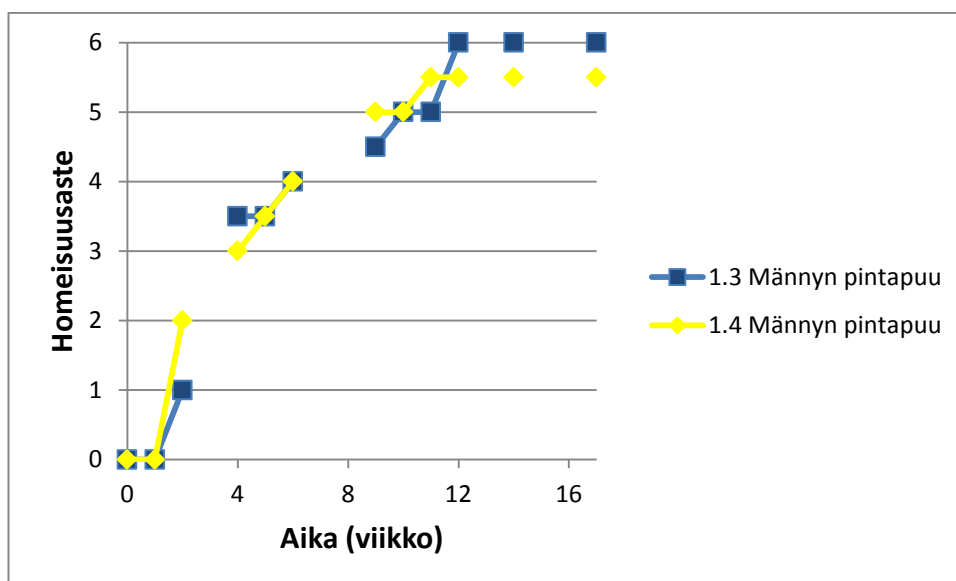
Männyn pintapuun (kuvassa 5 vasemmassa alalaidassa) näytteiden homekasvun indeksit olivat testien jälkeen 5,3 - 6,0, jolloin suurin osa tarkasteltavasta pinnasta oli homekasvuston peitossa. Ensimmäiset silmämääräisesti havaittavat homeet olivat havaittavissa kolmen viikon jälkeen (kuvio 2). Mikroskoopin avulla havaittavat homehtumisen ensiasteet ilmenivät jo ensimmäisellä viikolla. Toisessa testisarjassa (kuvio 3) homeiden kehittyminen oli hieman hitaampaa ensimmäiseen sarjaan verrattuna. Testikappaleen 1.1 homekasvun eteneminen on esitettyä kuvassa 6 ja kuvassa 7. Kuudennelta viikolta ei ole mikroskooppikuvaa.



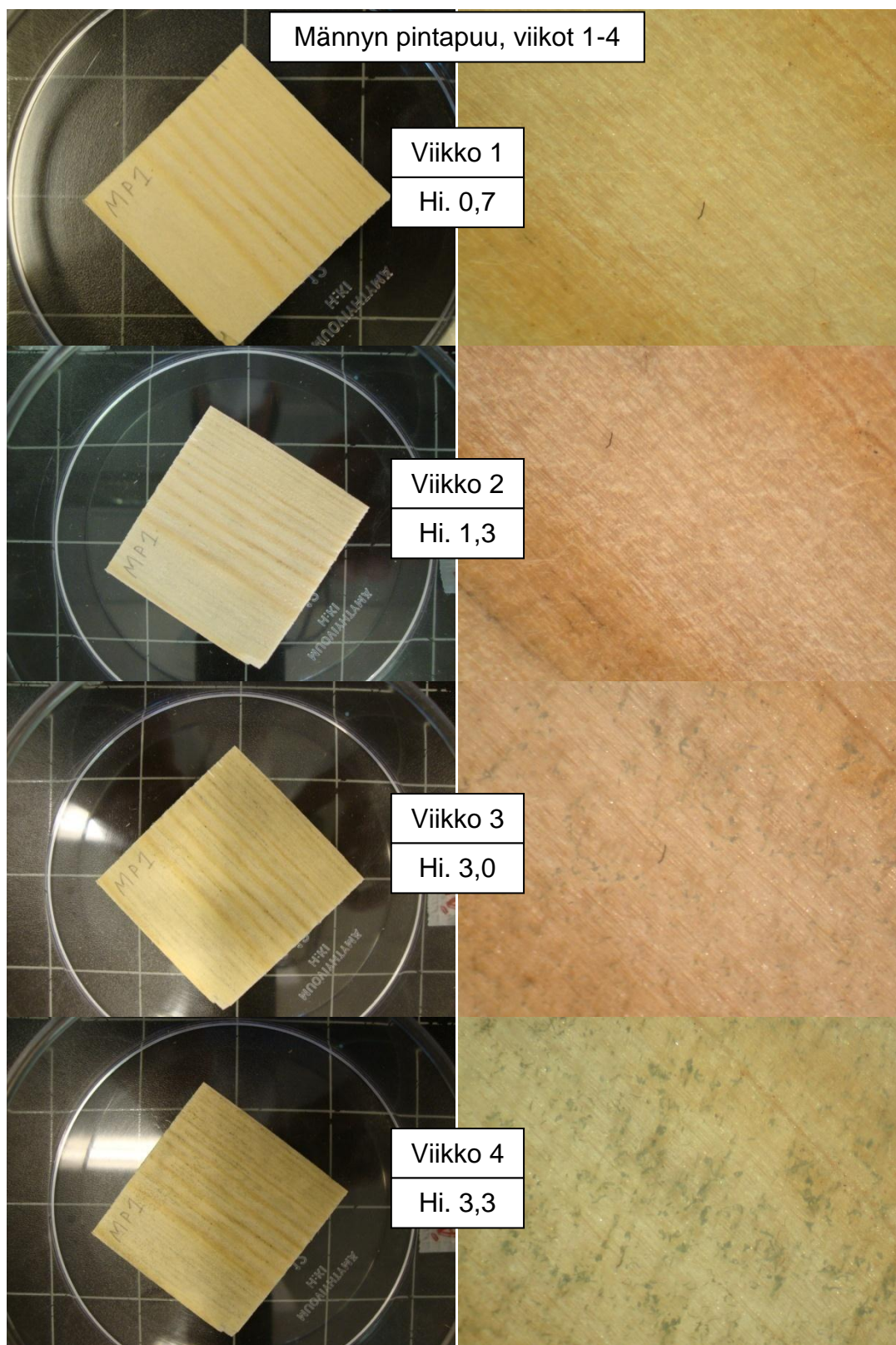
Kuva 5. Materiaalinäytteitä.



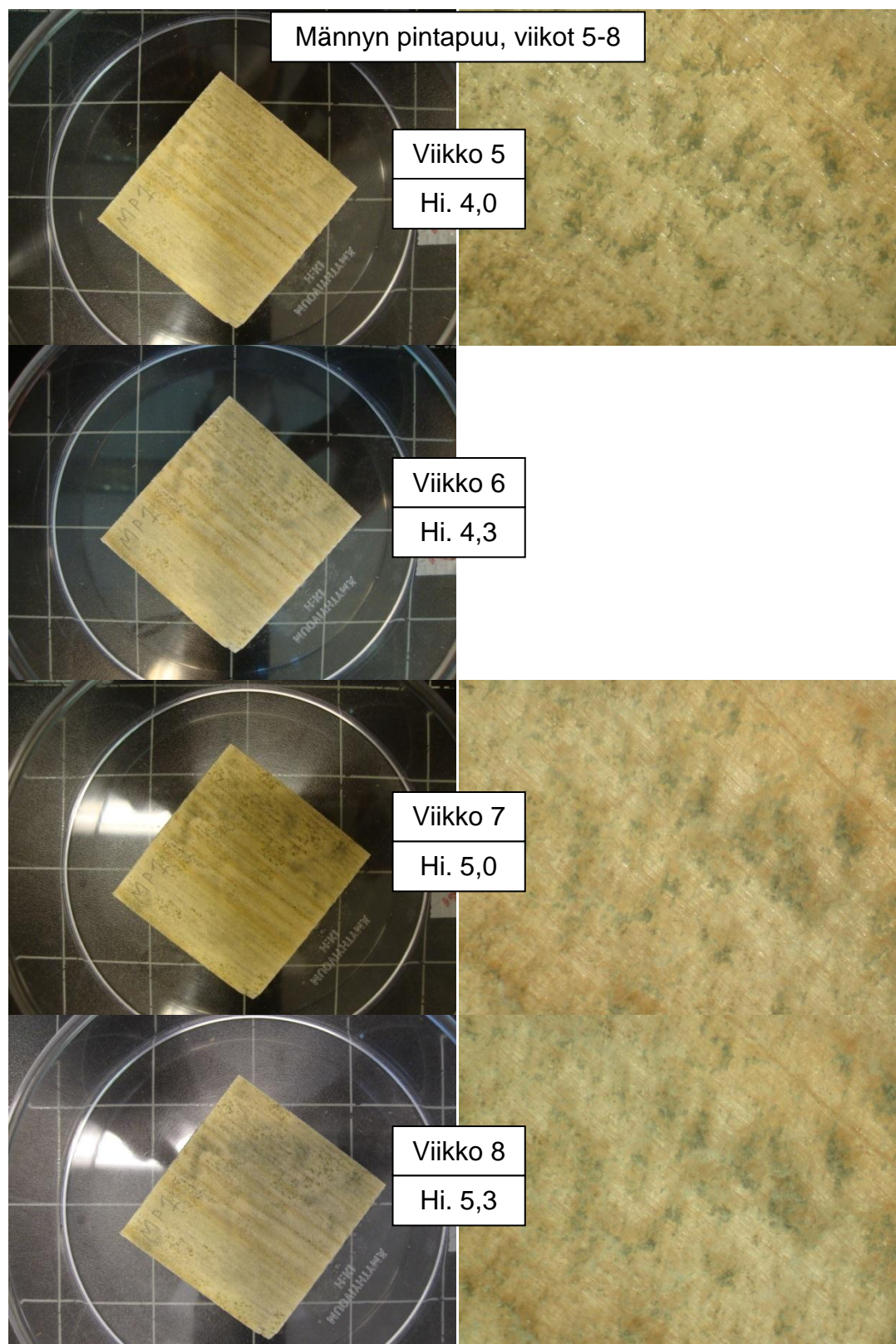
Kuvio 2. Sarja 1, männyn pintapuu. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.



Kuvio 3. Sarja 2, männyn pintapuu. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.



Kuva 6. Testikappaleen 1.1 homehtumisen eteneminen, viikot 1–4.

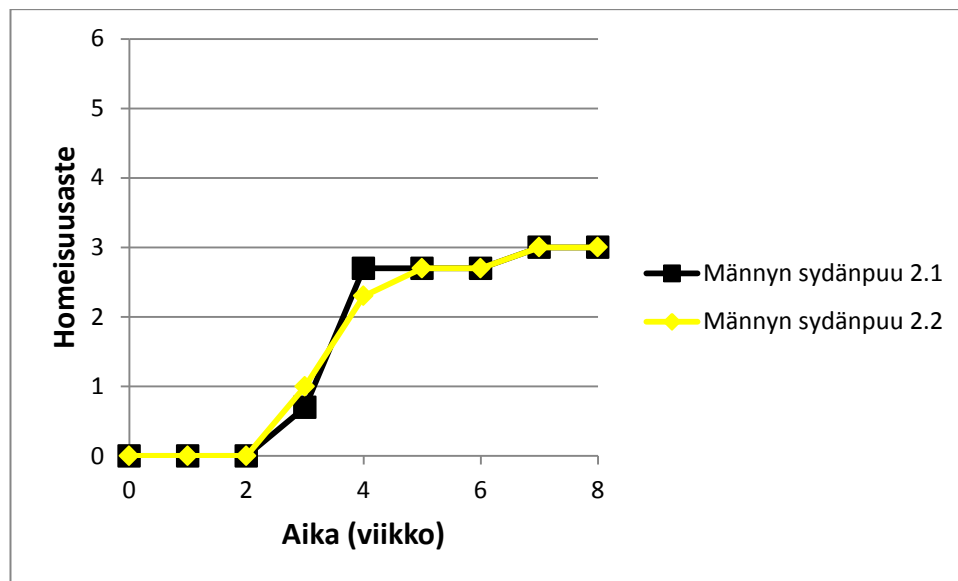


Kuva 7. Testikappaleen 1.1 homehtumisen eteneminen, viikot 5–8.

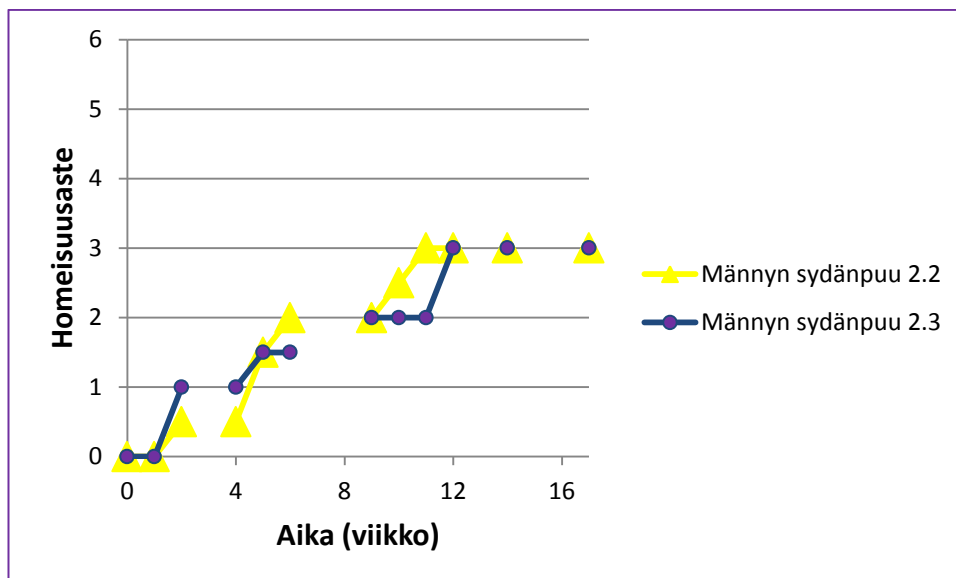
6.2 Männyn sydänpuu

Männyn sydänpuun jokaisen yksittäisen näytteen keskiarvo homekasvun indeksistä oli testien jälkeen 3, jolloin ensimmäiset silmämääräisesti havaittavat homeet oli havaittavissa (kuviot 4 ja 5). Ensimmäiset mikroskoopin avulla havaittavat homeet ilmenivät kolmannella viikolla. Toisessa testisarjassa homeiden kehittyminen oli hieman hitaampaa ensimmäiseen sarjaan verrattuna. Toisen testisarjan viikoista 7, 12, 14 ja 17 homeindeksointiarvioinnit suoritti vain yksi henkilö.

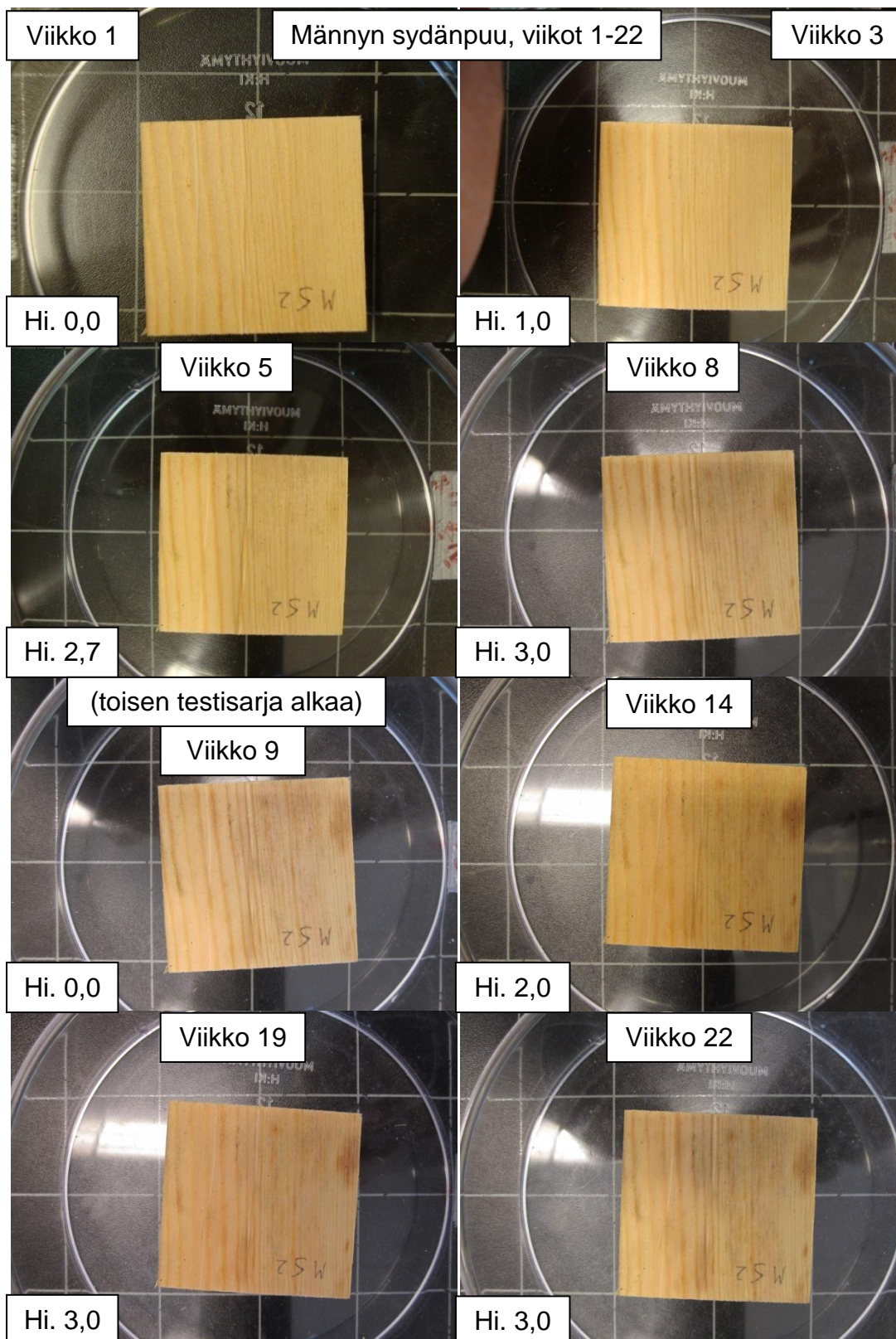
Testikappaleen 2.2 homekasvun kasvun eteneminen on esitettyä kuvassa 8. Kappale 2.2 kävi läpi molemmat sääylyrasitustestit. Siitä ei poistettu ensimmäisestä testisarjasta aiheutuneita homejäämiä. Kappale oli sääylyrasitukselle altistettuna yhteensä 25 viikkoa.



Kuvio 4. Sarja 1, männyn sydänpuu. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.



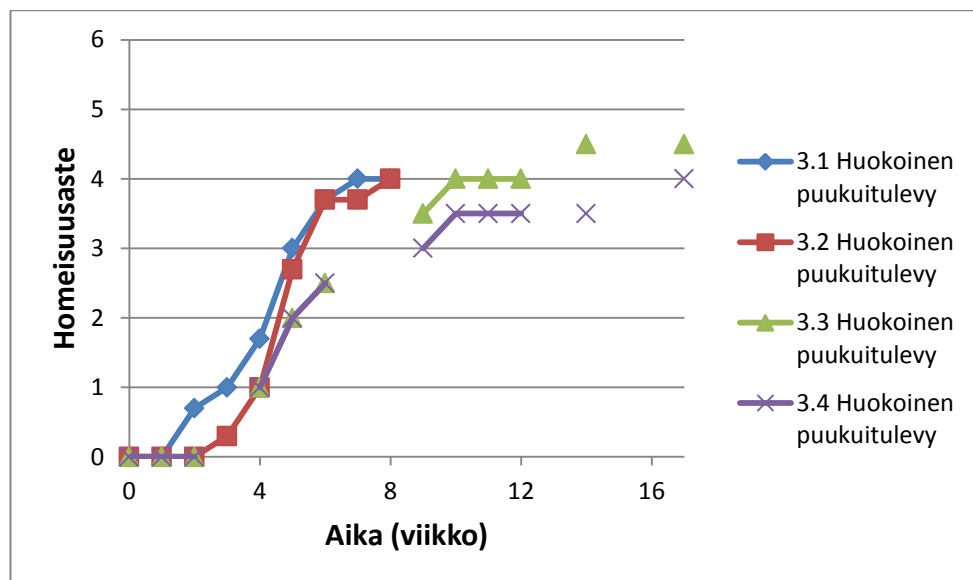
Kuvio 5. Sarja 2, männyn sydänpuu. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.



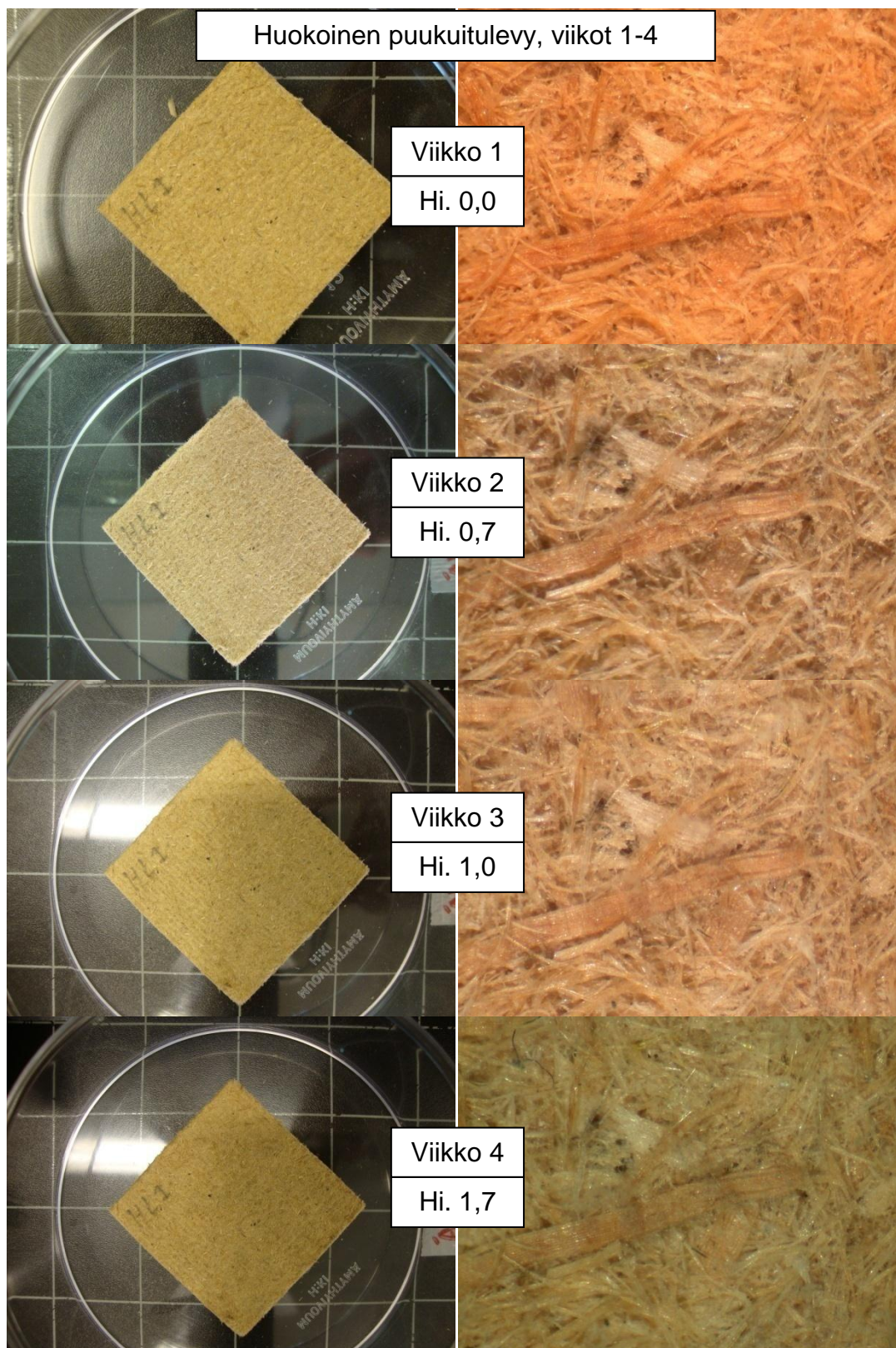
Kuva 8. Testikappaleen 2.2 homehtumisen eteneminen.

6.3 Huokoinen puukuitulevy

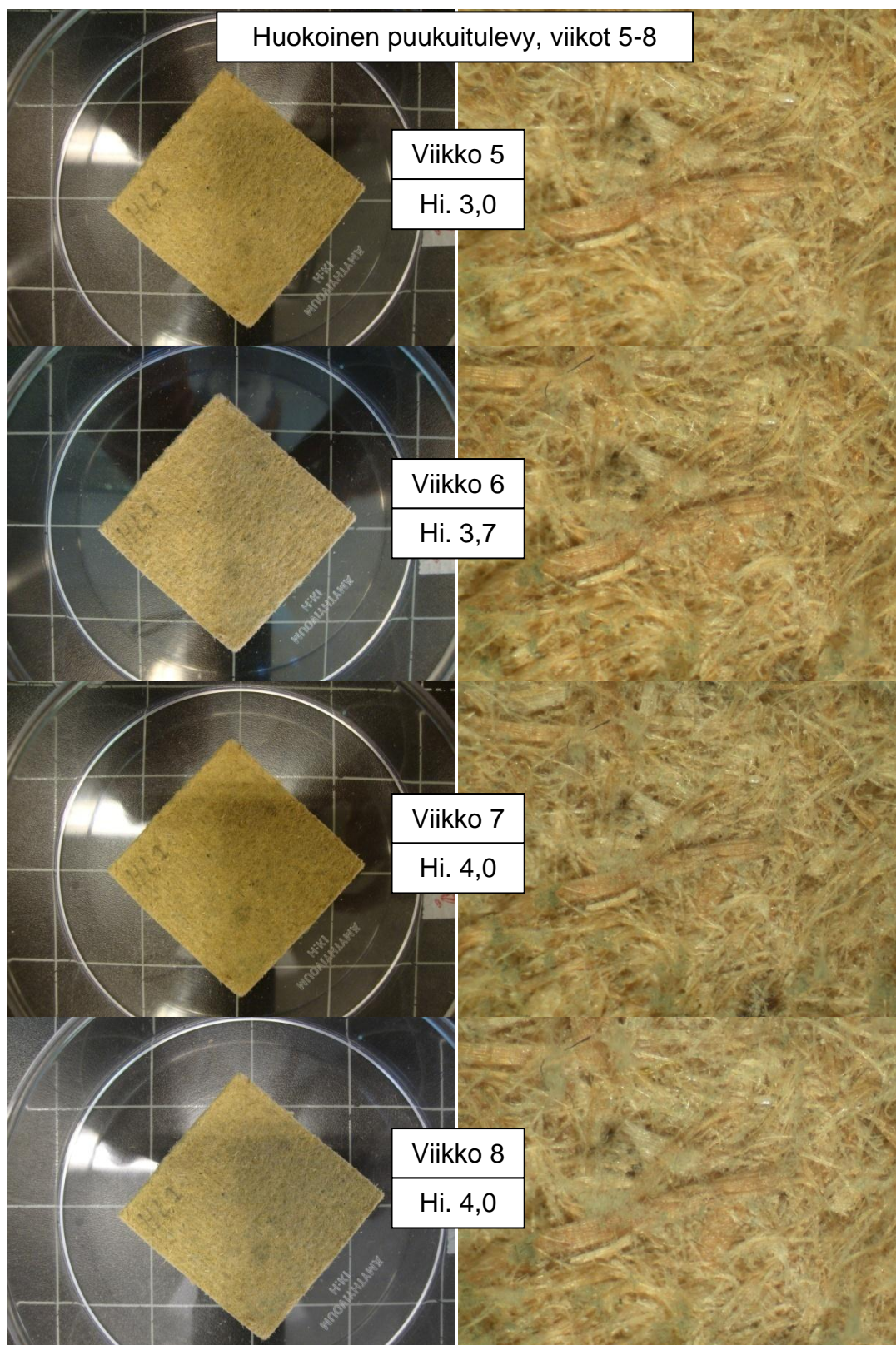
Puukuitulevyssä ensimmäiset mikroskoopin avulla havaittavat homekasvustot ilmenivät kahden viikon jälkeen. Ensimmäiset paljain silmin havaittavat homekasvustot ilmenivät viikolla viisi. Kaikissa kappaleissa ilmeni testien loppuvaiheessa merkittävää paljain silmin havaittavaa homekasvustoa. Huokoisen puukuitulevyn testikappaleet 3.1 ja 3.2 kävivät läpi ensimmäisen testisarjan, joka kesti kahdeksan viikkoa. Kappaleet 3.3 ja 3.4 olivat toisessa testissä, joka kesti 17 viikkoa. Alla olevaan kuvioon 6 on yhdistettynä saadut tulokset eri testeistä vertailun helpottamiseksi. Kappaleen 3.1 homehtumisen eteneminen on esitetty kuvissa 9 ja 10.



Kuvio 6. Sarjat 1 ja 2, huokoinen puukuitulevy. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.



Kuva 9. Testikappaleen 3.1 homehtumisen eteneminen, viikot 1–4.



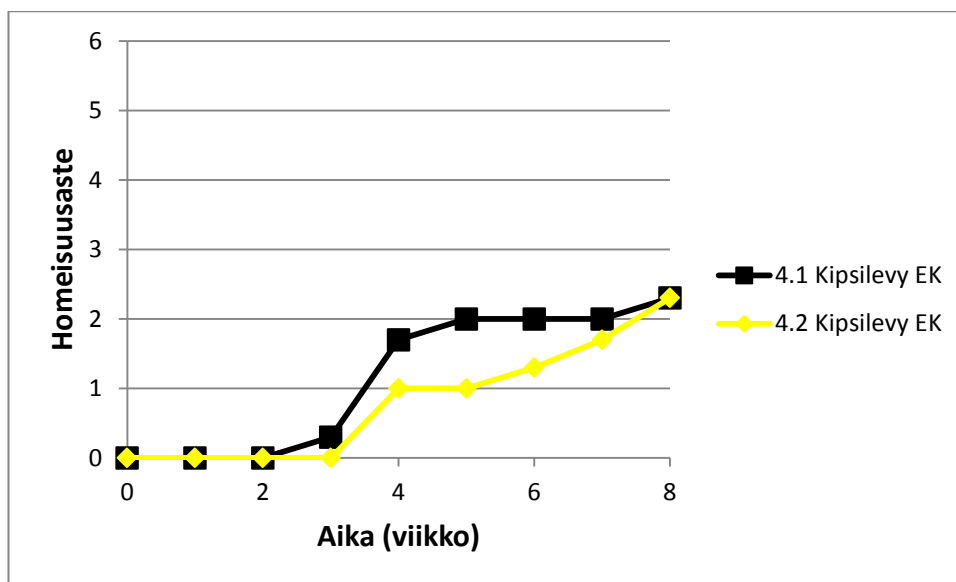
Kuva 10. Testikappaleen 3.1 homehtumisen eteneminen, viikot 5–8.

6.4 Erikoiskova kipsilevy

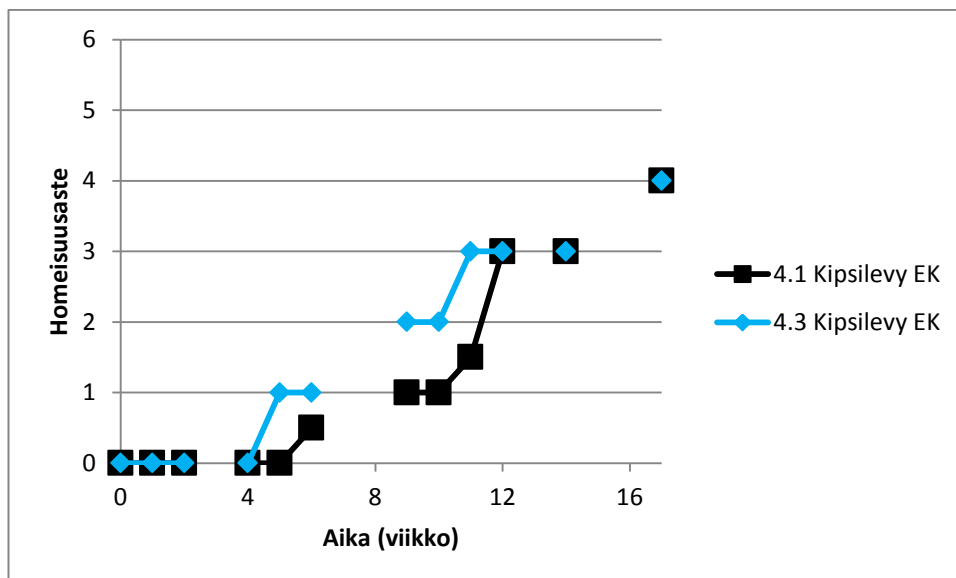
Erikoiskovan kipsilevyn ensimmäisessä testisarjassa (kuvio 7) ilmeni selkeää mikroskoopin avulla havaittavaa homekasvua kuukauden rasituksen jälkeen. Kahden kuukauden rasituksen jälkeen näytteissä oli edelleen vain selkeää mikroskoopin avulla havaittavaa kasvustoa.

Erikoiskovan kipsilevyn toisessa testisarjassa (kuvio 8) ilmeni mikroskoopin avulla havaittavaa alkavaa homekasvua vasta viiden viikon rasituksen jälkeen. Ensimmäiset silmämääräisesti havaittavat homeet olivat havaittavissa 11 viikon altistuksen jälkeen. Viikolla 17 näytteet saavuttivat selvästi silmin havaittavan homekasvuston.

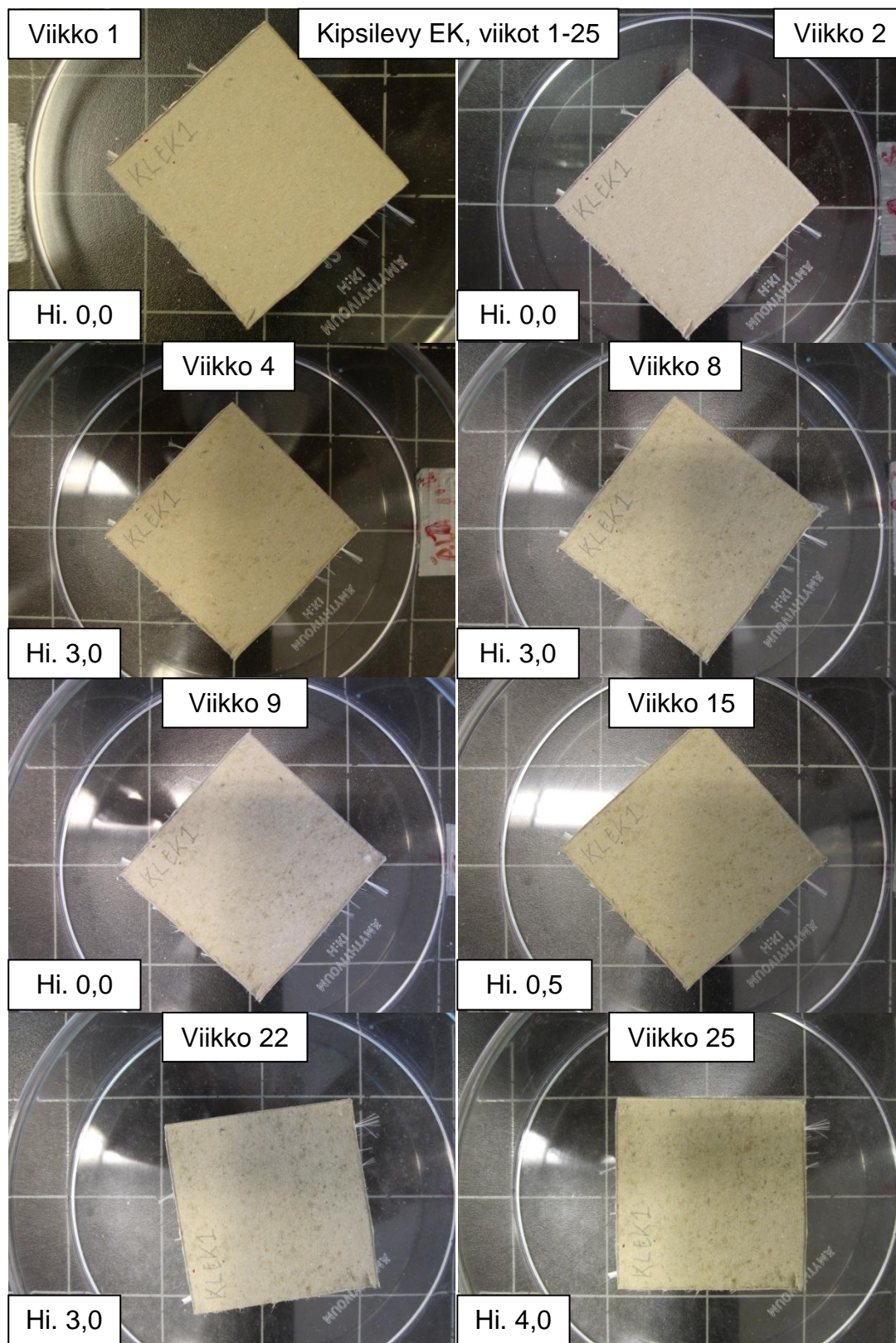
Testikappaleen 4.1 homehtumisen eteneminen on esitetty kuvassa 11. Kappale kävi läpi molemmat sääylierasitustestit. Kappaleesta ei poistettu ensimmäisestä testisarjasta aiheutuneita homejäämiä. Kappale oli sääylierasitukselle altistettuna yhteensä 25 viikkoa.



Kuvio 7. Testisarja 1, erikoiskova kipsilevy. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.



Kuvio 8. Testisarjat 2, erikoiskova kipsilevy. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.



Kuva 11. Testikappaleen 4.1 homehtumisen eteneminen.

6.5 Mineraalivilla

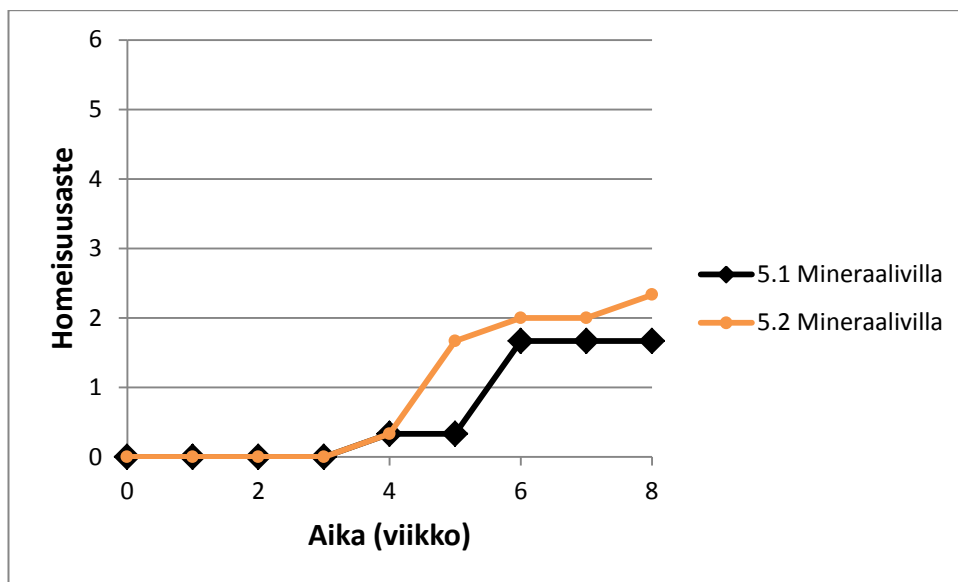
Mineraalivillasta tehtyjä näytteitä oli 3 kpl ja näistä kahdessa esiintyi eriasteista homekasvustoa. Materiaalinäyte 5.1 (kuva 12) oli molemmissa testisarjoissa. Ensimmäiset mikroskoopin avulla tehdyt havainnot homekasvusta löytyivät viikolta neljä (kuvio 9). Toisen testisarjan aikana näytteissä ei havaittu lainkaan hometta. Mineraalivillasta havaituista ensimmäisen testisarjan tuloksista oli tulkitsijoiden välillä hyvin suuria eroja. Esimerkiksi näytteen 5.1 viikolta kuusi saadut tulkinnot:

Tulkitsija X: 2

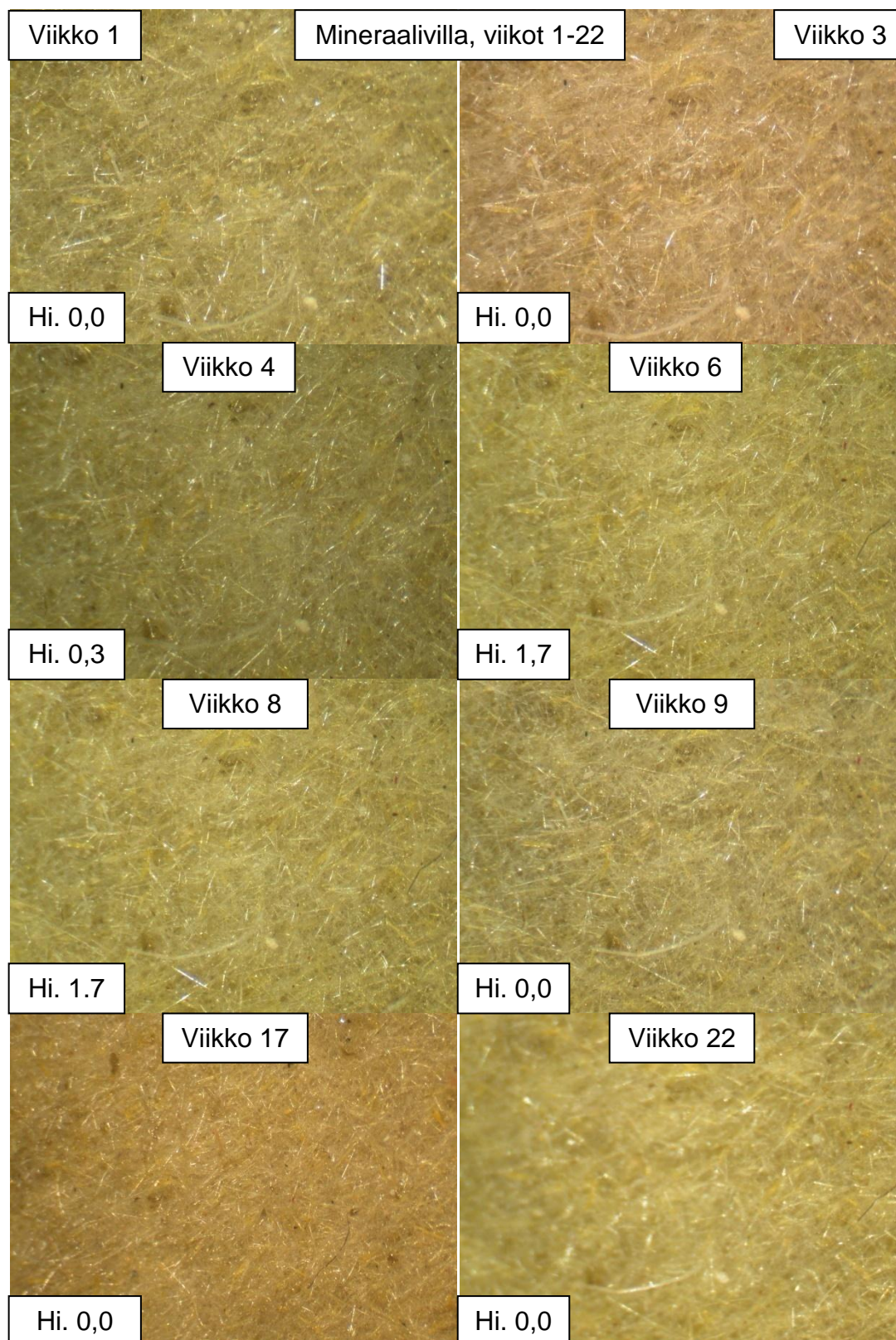
Tulkitsija Y: 0

Tulkitsija Z: 3

$$H_i = (2+0+3)/3 = 1,7$$



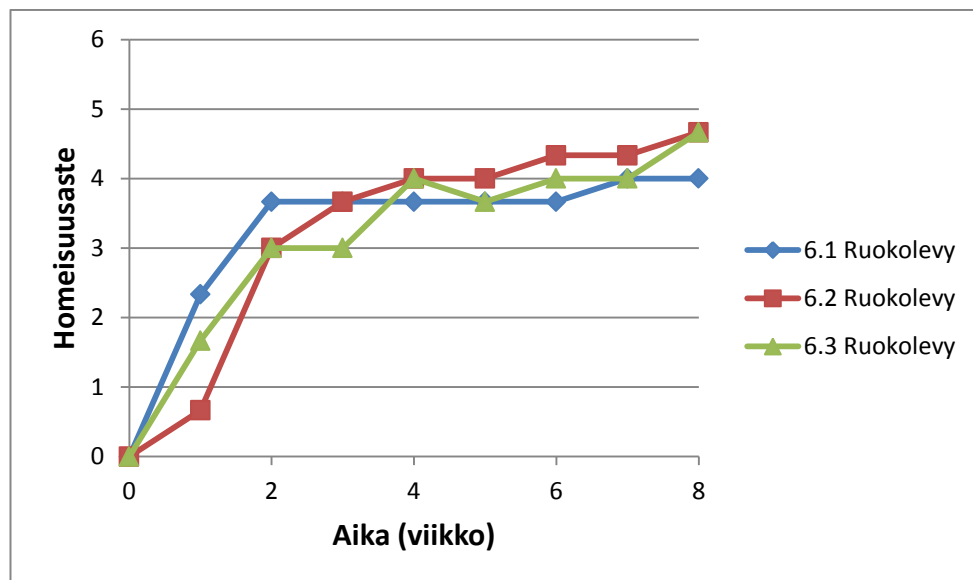
Kuvio 9. Testisarja 1, mineraalivilla. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.



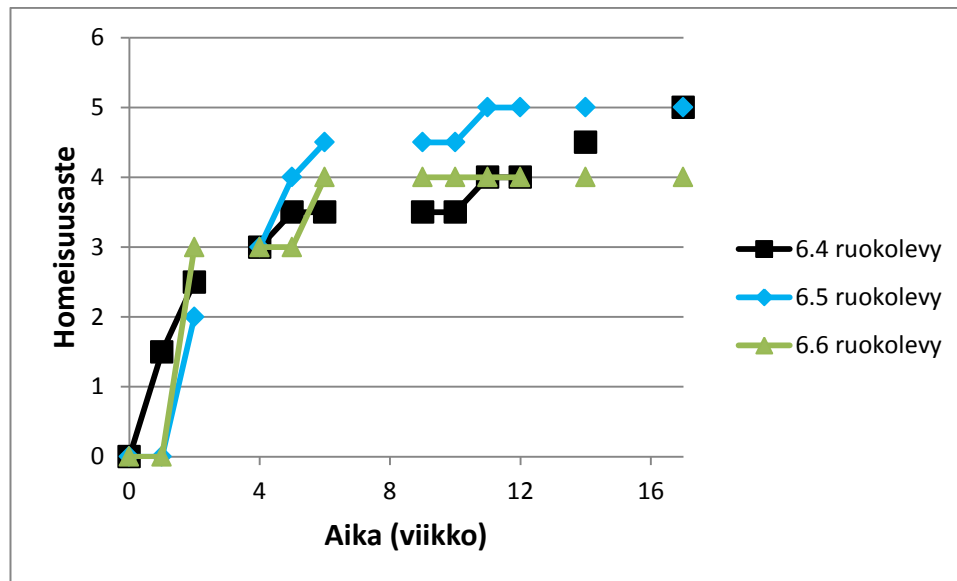
Kuva 12. Materiaalinäytteen 5.1 homehtumisen eteneminen.

6.6 Ruokolevy

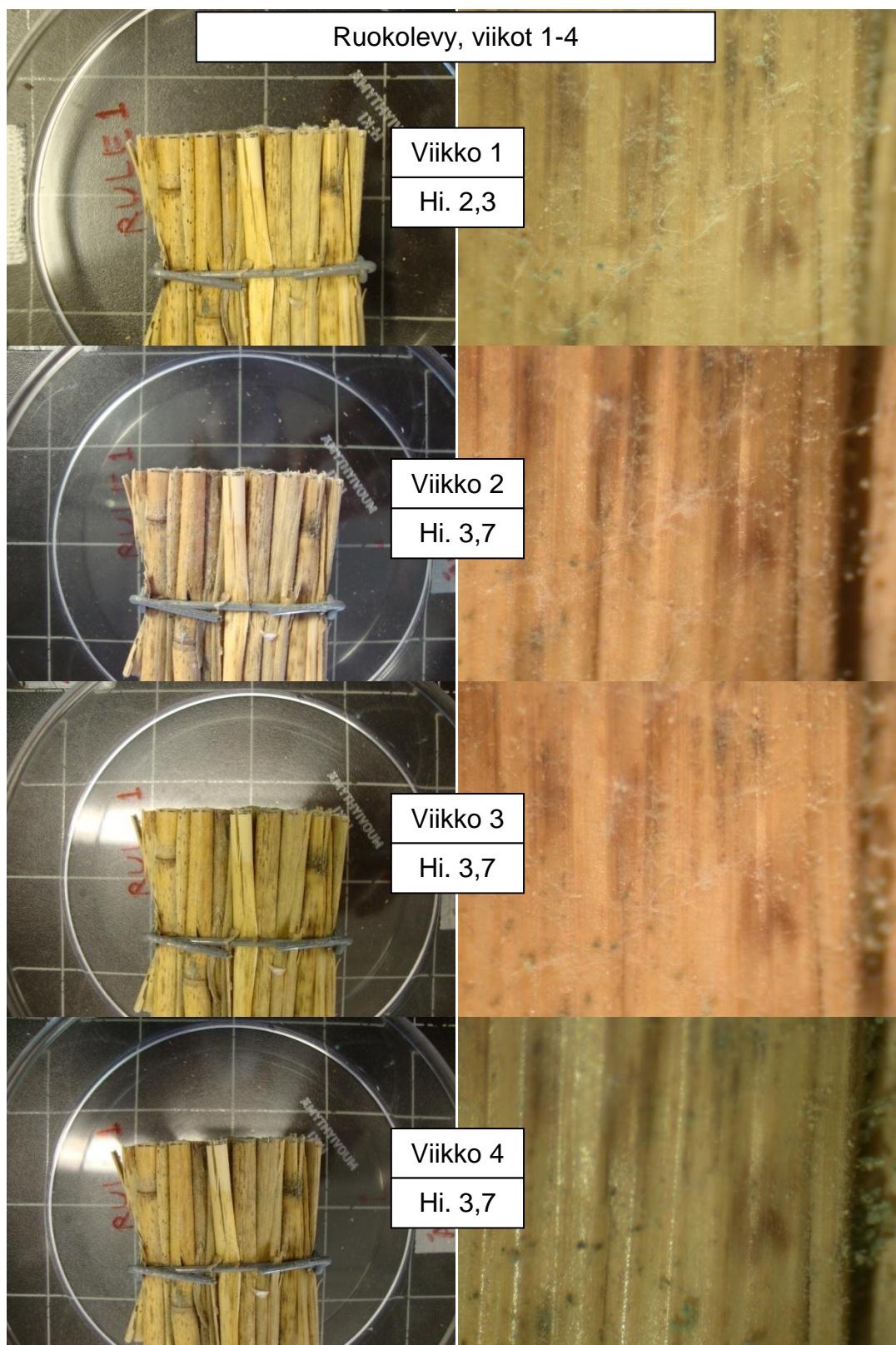
Ruokolevystä tehtyjen näytteiden homekasvun indeksit olivat testien jälkeen 4,0 - 5,0. Näytteitä oli 6 kpl ja näistä neljässä esiintyi ensimmäisellä viikolla mikroskoopin avulla tai paljaalla silmällä havaittavaa homekasvustoa. Toisella viikolla jokaisessa materiaalinäytteessä oli havaittavissa paljaalla silmällä homekasvustoja. Homehtuminen oli runsasta ja nopeaa, mutta yhdessäkään näytteessä ei ollut testin loppuvaiheessa erittäin runsasta homekasvustoa. Ensimmäisen ja toisen testisarjan homeindeksit ovat esitetty kuvioissa 10 ja 11. Materiaalinäytteen 6.1 homehtumisen kehittyminen on esitetty kuvissa 13 ja 14.



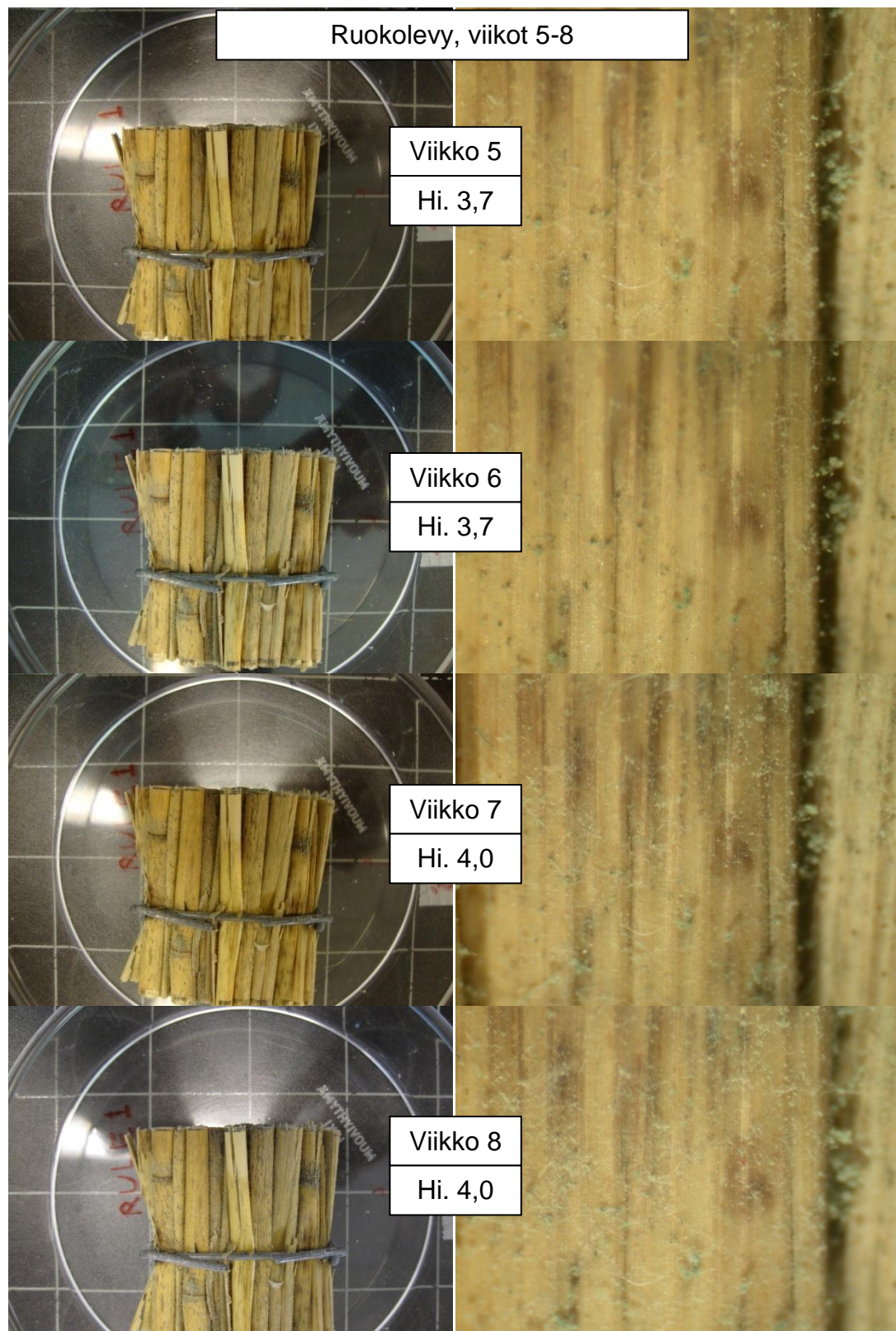
Kuvio 10. Testisarja 1, ruokolevy. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.



Kuvio 11. Testisarja 2, ruokolevy. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.



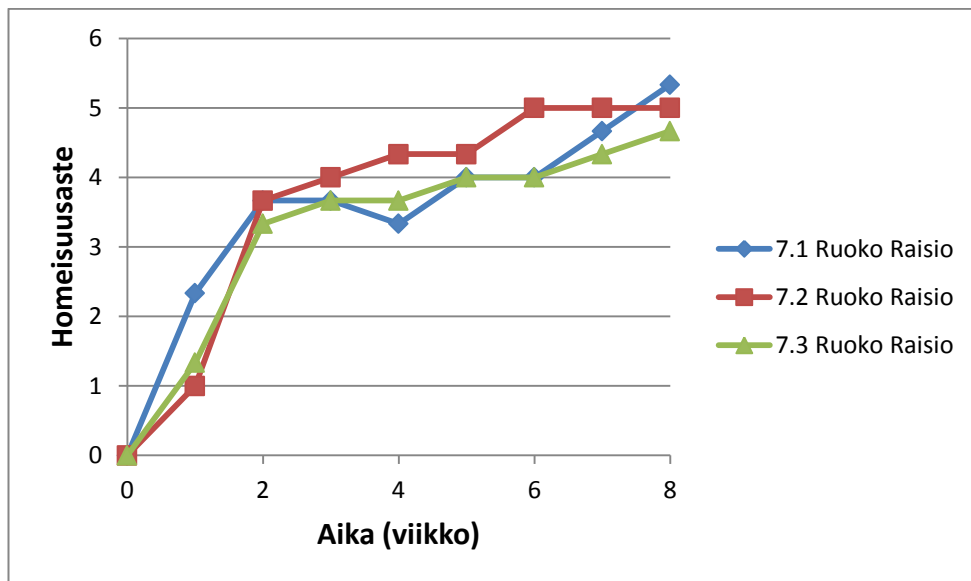
Kuva 13. Materiaalinäytteen 6.1 homehtumisen eteneminen, viikot 1–4.



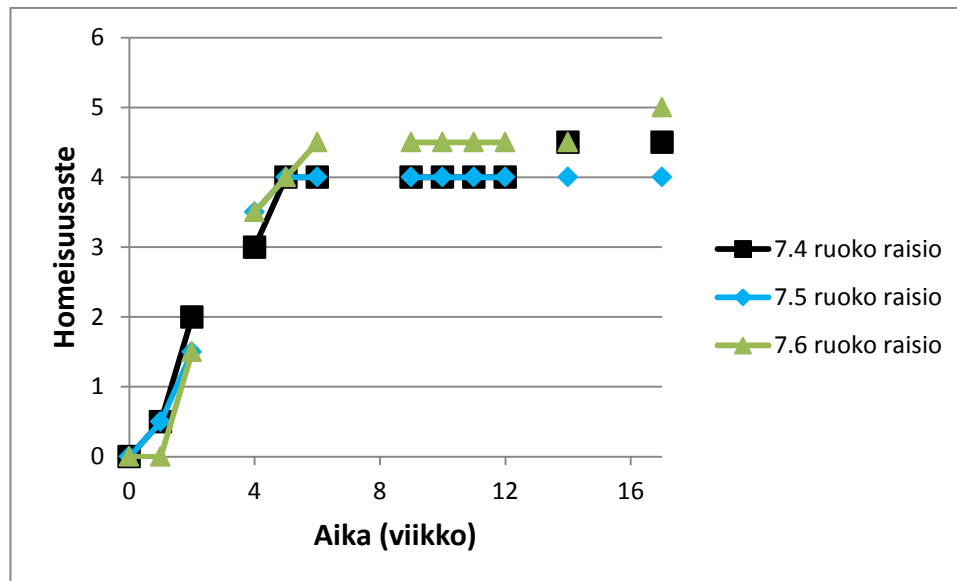
Kuva 14. Materiaalinäytteen 6.1 homehtumisen eteneminen, viikot 5–8.

6.7 Ruoko Raisiosta

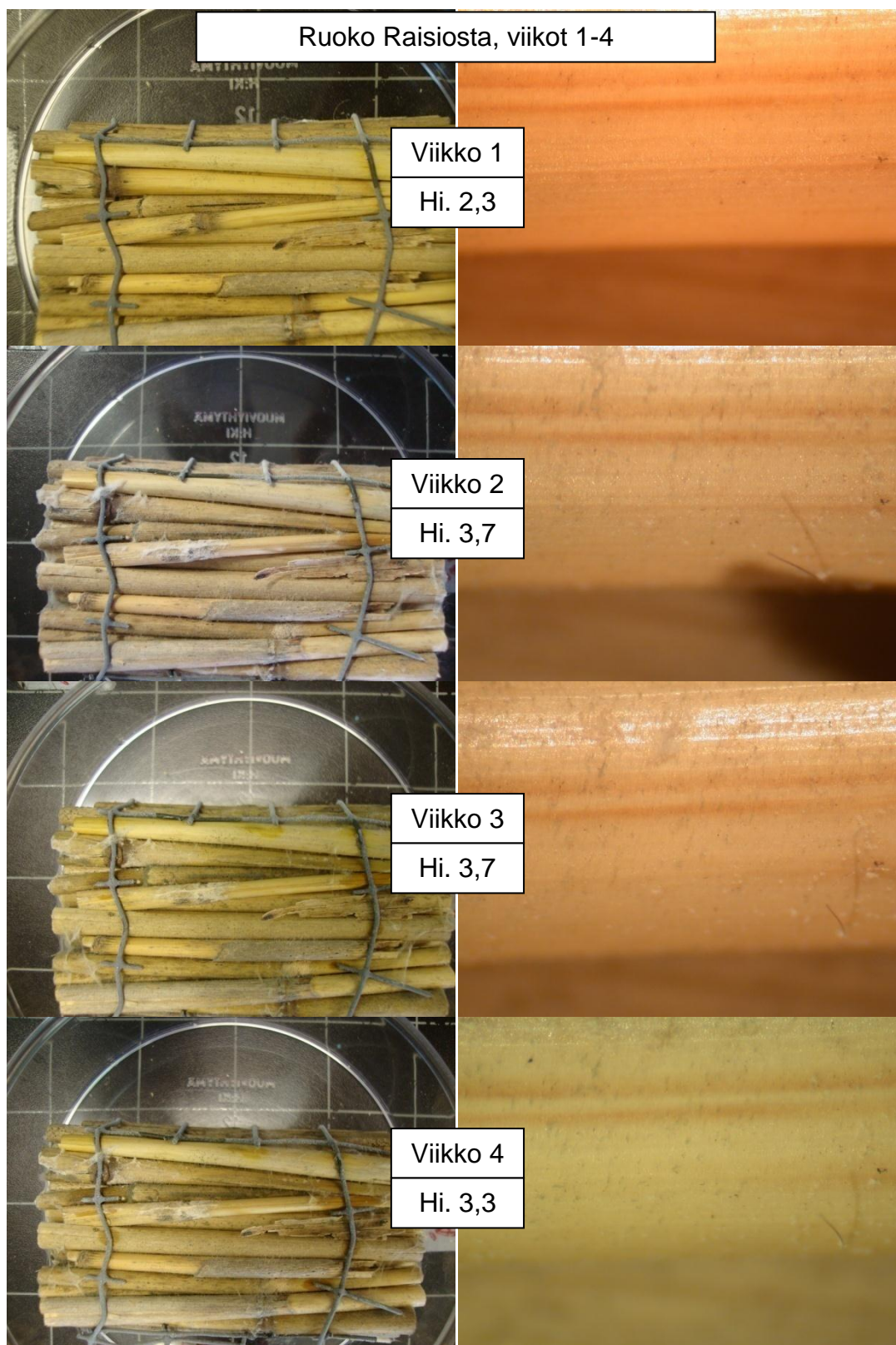
Ruokonäytteiden homekasvun indeksit olivat testien jälkeen 4,0 - 5,3. Näytteitä oli 6 kpl ja näistä viidessä esiintyi ensimmäisellä viikolla mikroskoopin avulla havaittavaa homekasvustoa. Ensimmäisen testin toisella viikolla jokaisessa näytteessä oli havaittavissa paljaalla silmällä homekasvustoja. Homehtuminen oli runsasta ja nopeaa, mutta yhdessäkään näytteessä ei ollut testin loppuvaiheessa erittäin runsasta homekasvustoa. Ensimmäisen ja toisen testisarjan homeindeksit ovat esitetty kuvioissa 12 ja 13. Materiaalinäytteen 7.1 homehtumisen kehittyminen on esitetty kuvissa 15 ja 16.



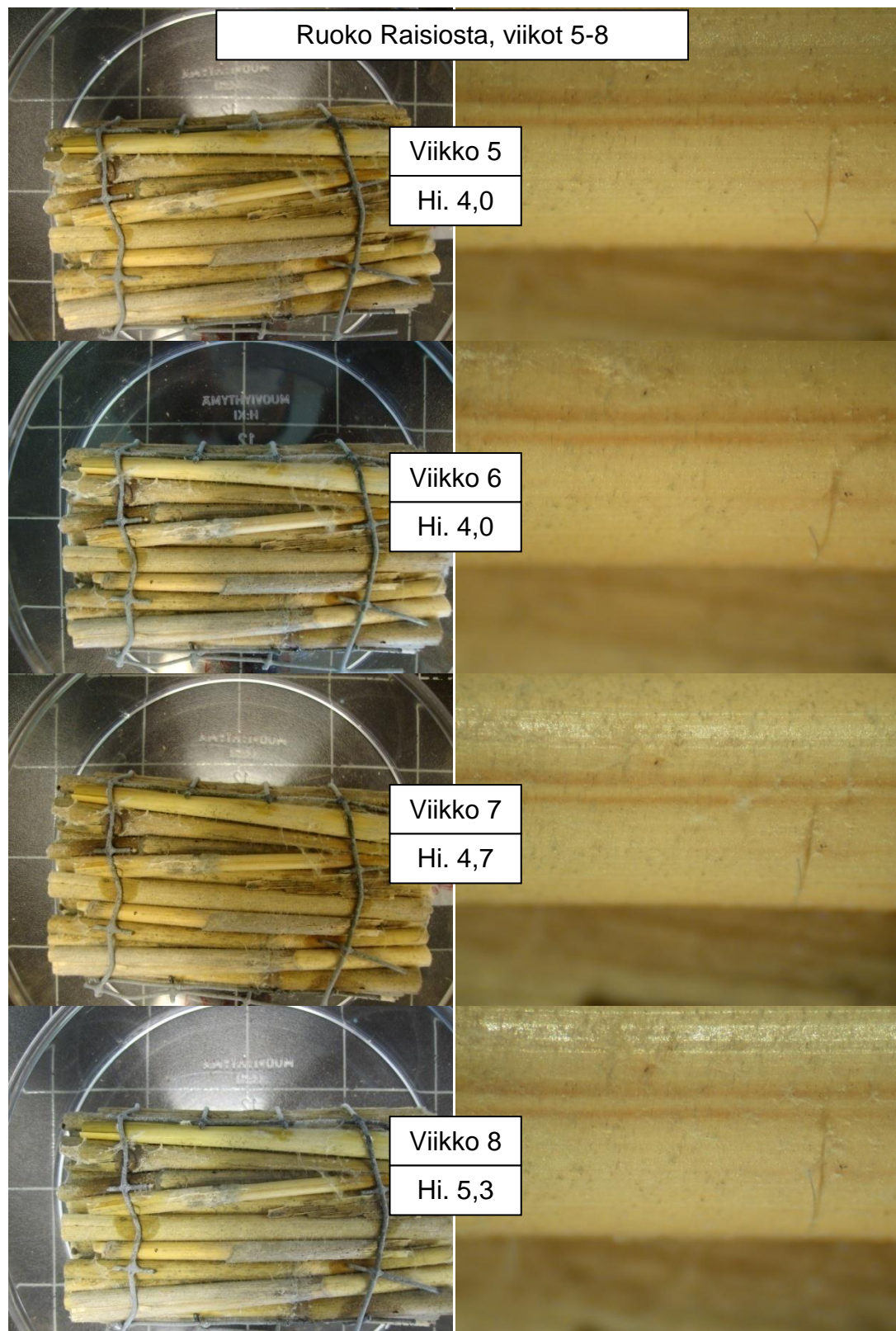
Kuvio 12. Testisarja 1, ruoko Raisiosta. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.



Kuvio 13. Testisarja 2, ruoko Raisiosta. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.



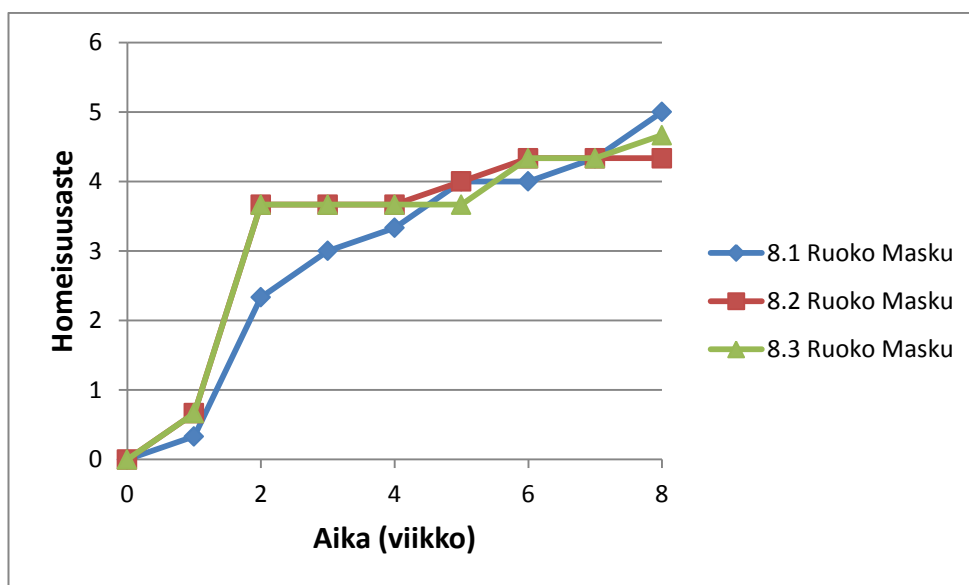
Kuva 15. Materiaalinäytteen 7.1 homehtumisen eteneminen, viikot 1–4.



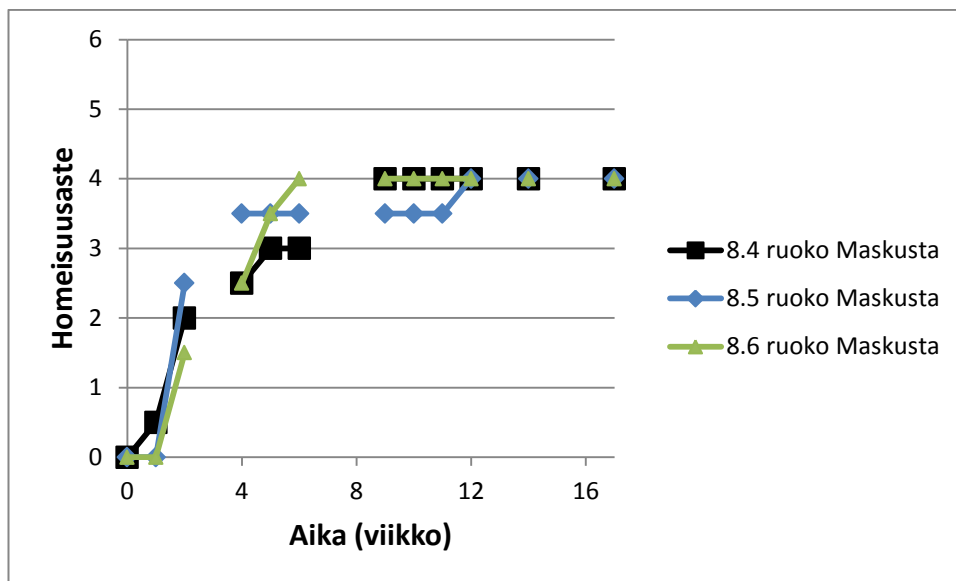
Kuva 16. Materiaalinäytteen 7.1 homehtumisen eteneminen, viikot 5–8.

6.8 Ruoko Maskun Oukkulanlahdesta

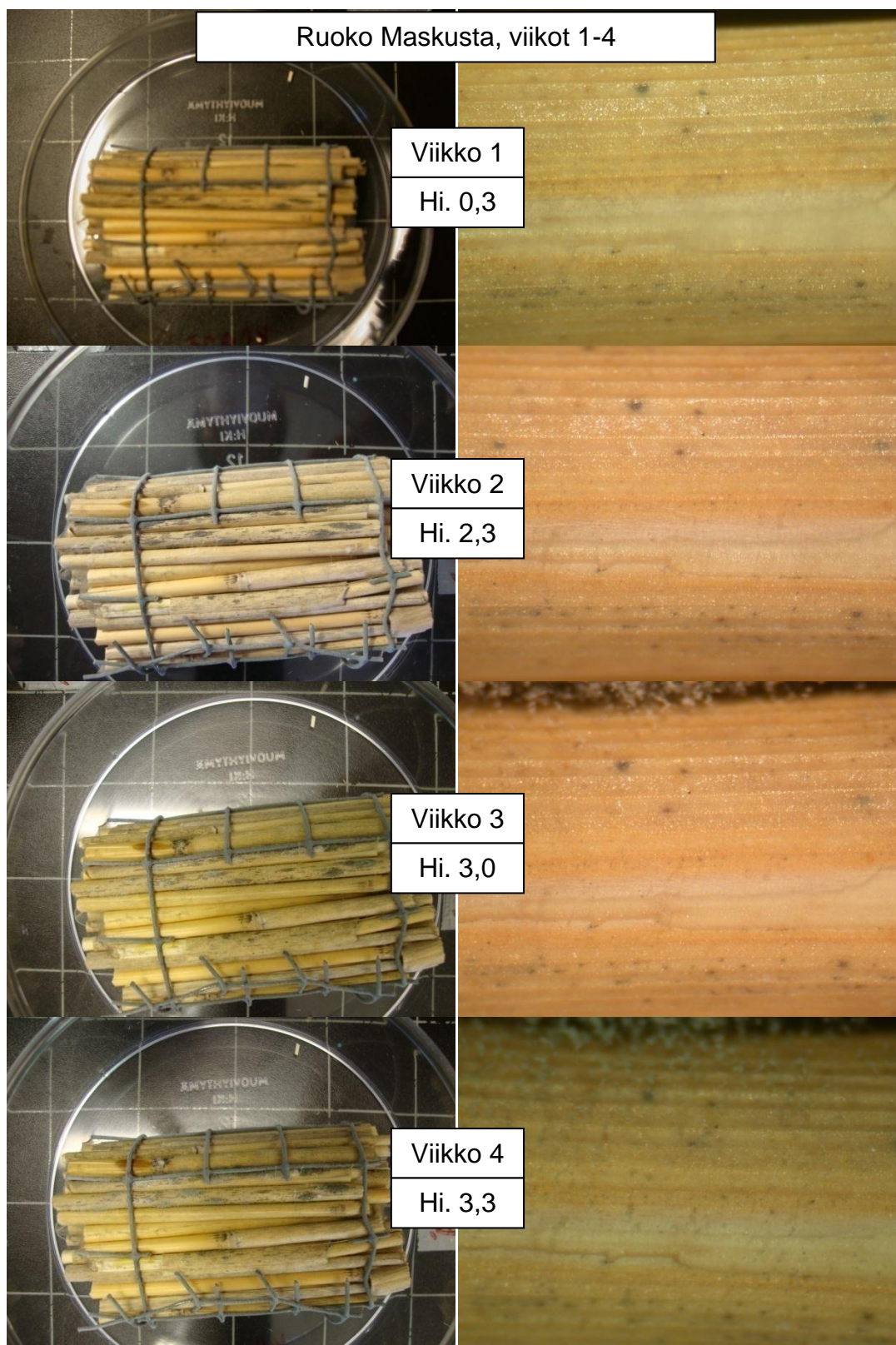
Ruokonäytteiden homekasvun indeksit olivat testien jälkeen 4,0 - 5,0. Näytteitä oli 6 kpl ja näistä neljässä esiintyi ensimmäisellä viikolla mikroskoopin avulla havaittavaa homekasvustoa. Viidennellä viikolla jokaisessa näytekappaleessa oli paljaalla silmällä havaittava homekasvusto. Homehtuminen oli runsasta ja nopeaa, mutta yhdessäkään näytteessä ei ollut testin loppuvaiheessa erittäin runsasta homekasvustoa. Ensimmäisen ja toisen testisarjan homeindeksit ovat esitetty kuvioissa 14 ja 15. Näytteen 8.1 homehtumisen kehittyminen on esitetty kuvissa 17 ja 18.



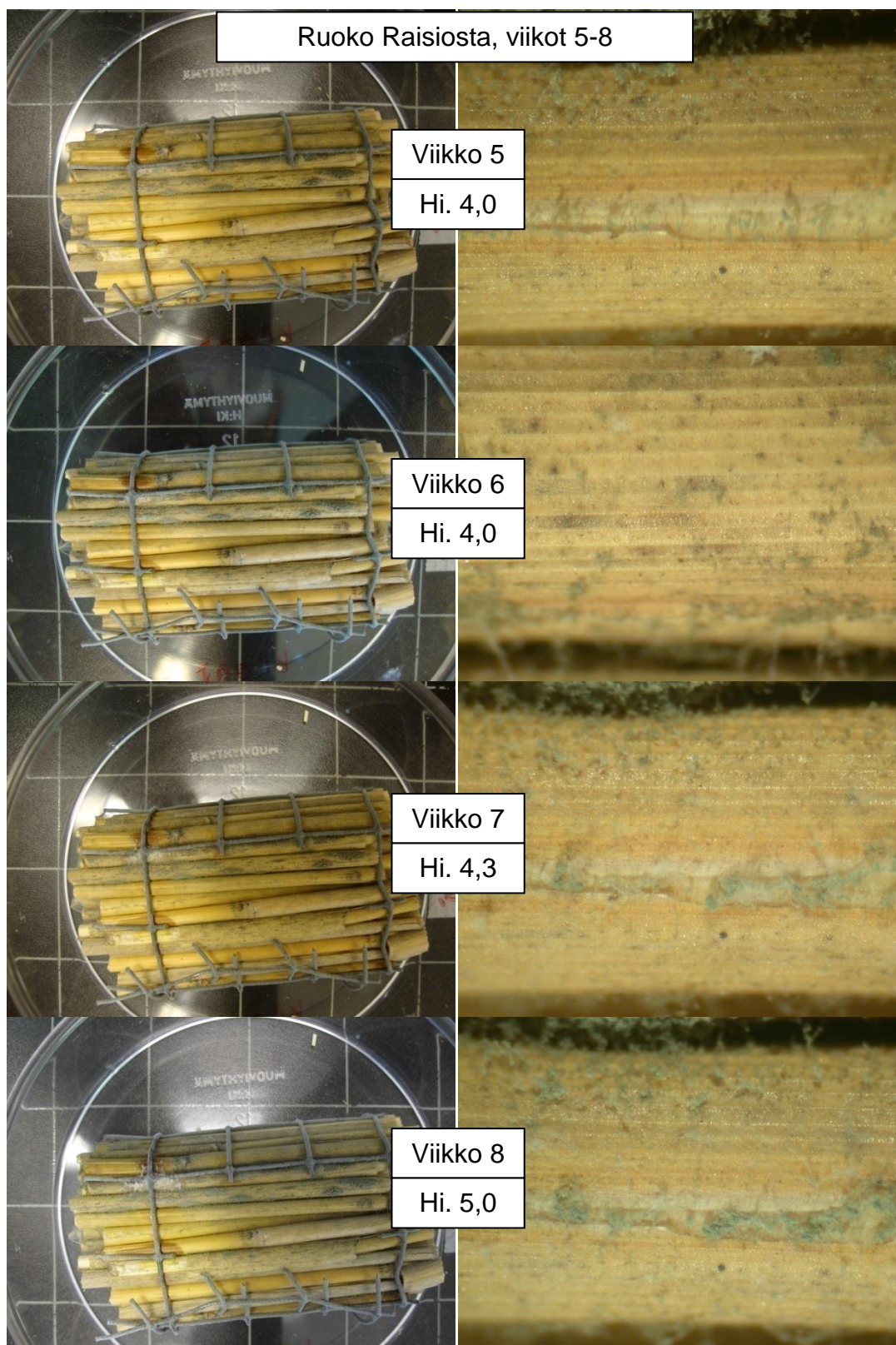
Kuvio 14. Testisarja 1, ruoko Maskusta. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.



Kuvio 15. Testisarja 2, ruoko Maskusta. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.



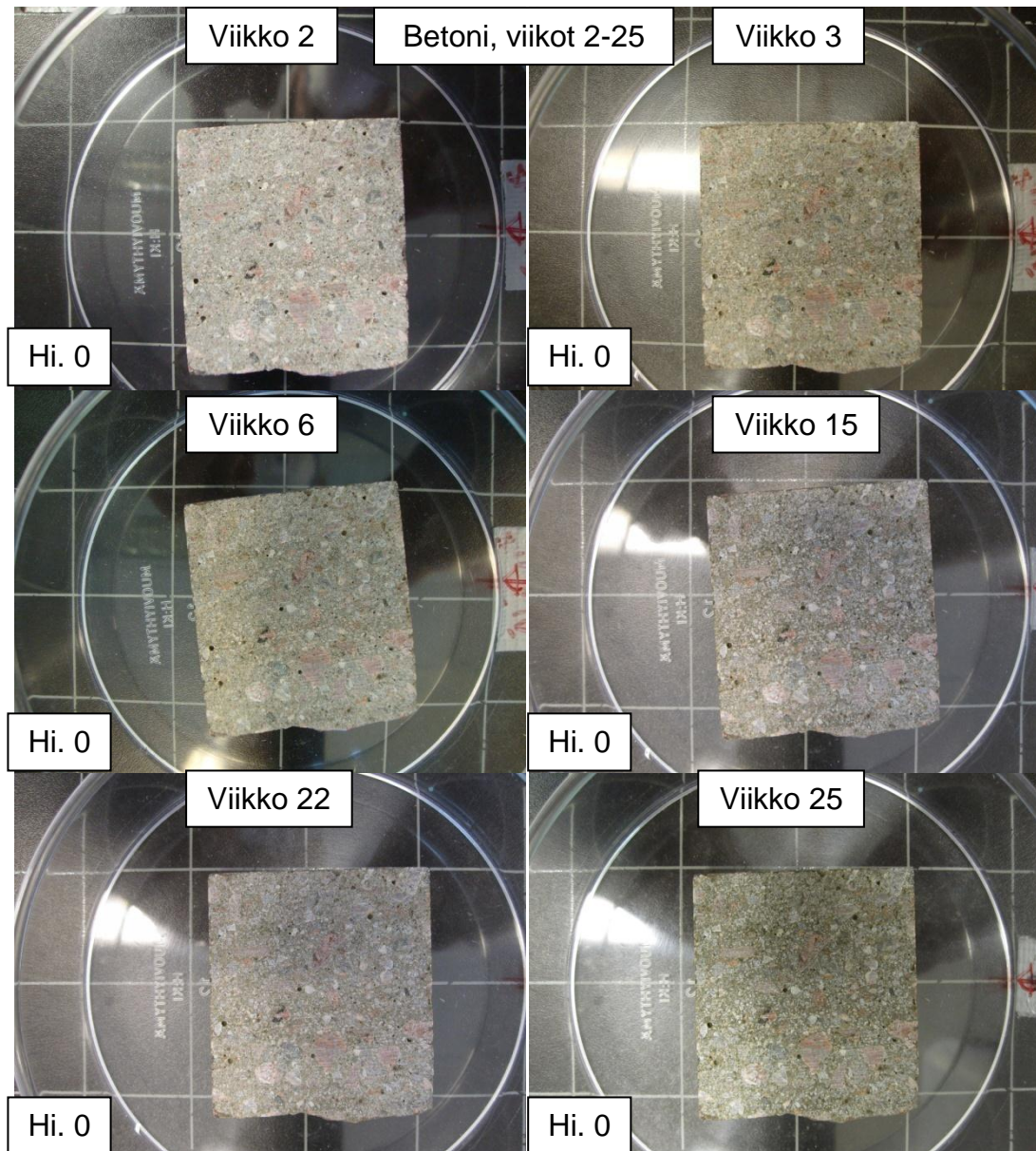
Kuva 17. Materiaalinäytteen 8.1 homehtumisen eteneminen, viikot 1–4.



Kuva 18. Materiaalinäytteen 8.1 homehtumisen eteneminen, viikot 5–8.

6.9 Betoni

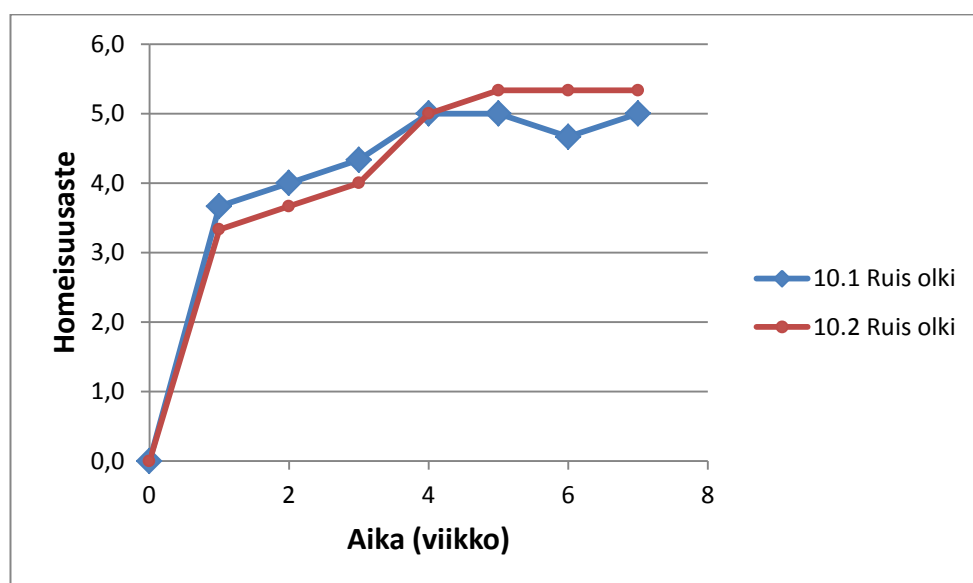
Betonista oli yksi testikappale, joka oli molemmissa testisarjoissa. Betonin homeindeksi oli molempien testien ajan nolla (kuva 19).



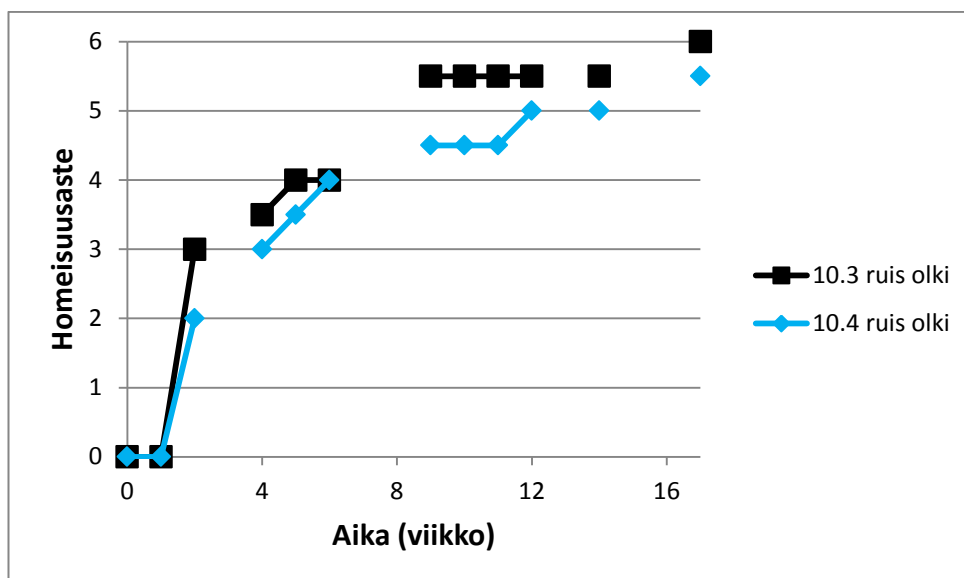
Kuva 19. Testikappaleen 9.1 homehtumisen etenemättömyys.

6.10 Ruisolki

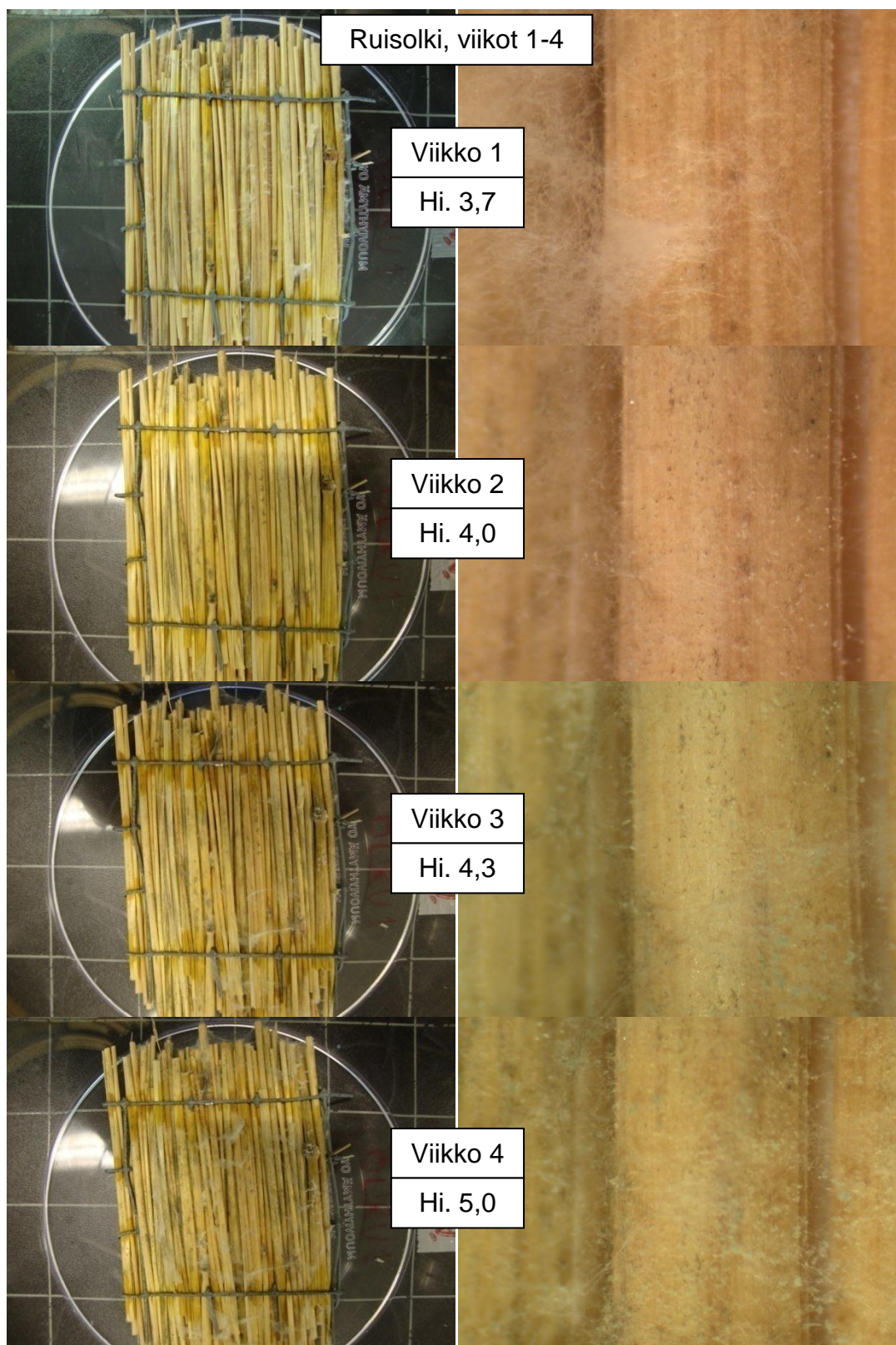
Ruisolkinäytteiden homekasvun indeksit olivat testien jälkeen 5,0 - 6,0. Näytteitä oli 4 kpl ja näistä kahdessa esiintyi jo ensimmäisellä viikolla paljaalla silmällä havaittava homekasvusto. Homehtuminen oli erittäin runsasta ja nopeaa. Ensimmäisen ja toisen testisarjan homeindeksit ovat esitetty kuvioissa 16 ja 17. Näytteen 10.1 homehtumisen kehittyminen on esitetty kuvissa 20 ja 21.



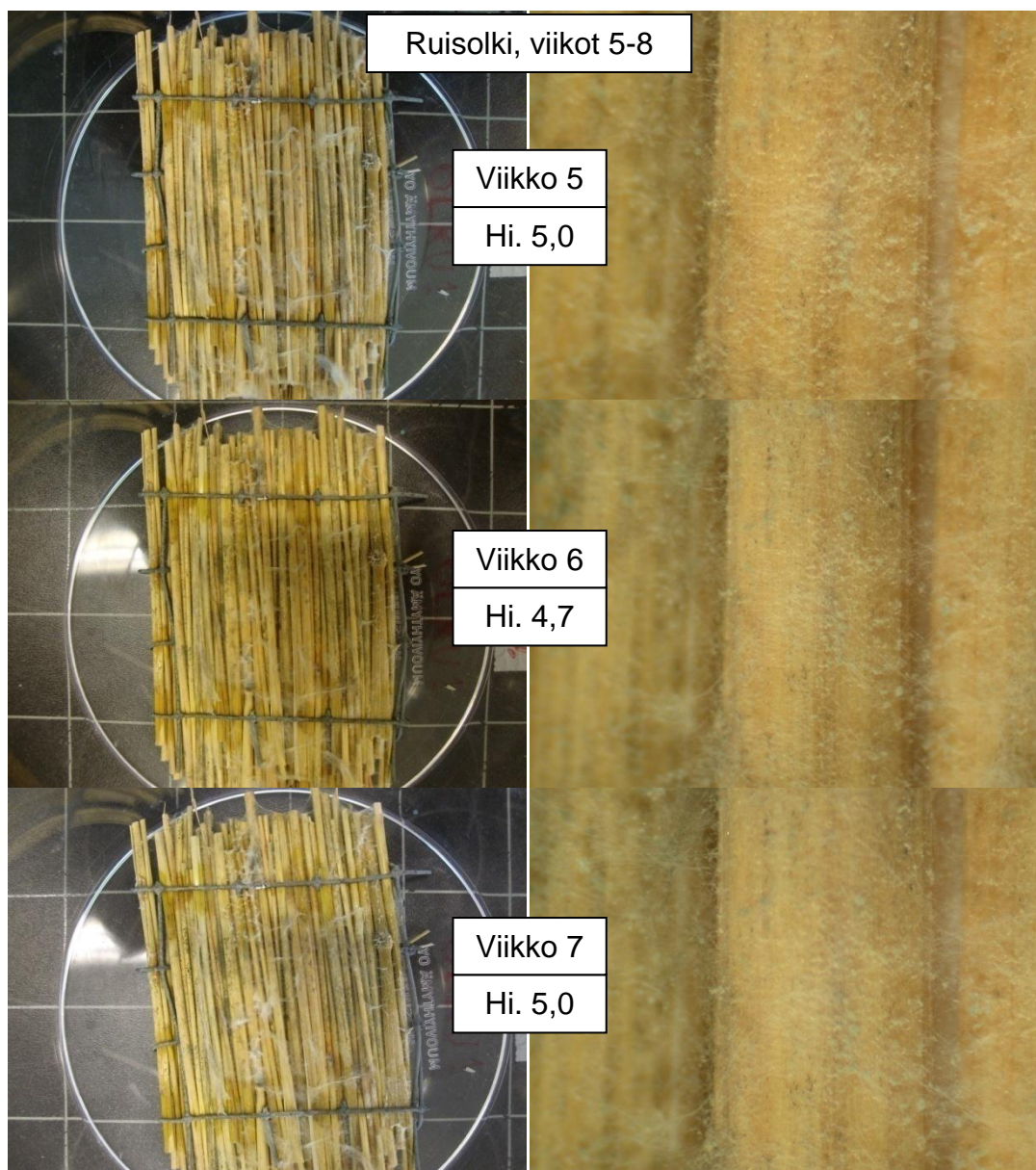
Kuvio 16. Testisarja 1, ruisolki. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.



Kuvio 17. Testisarja 2, ruisolki. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.



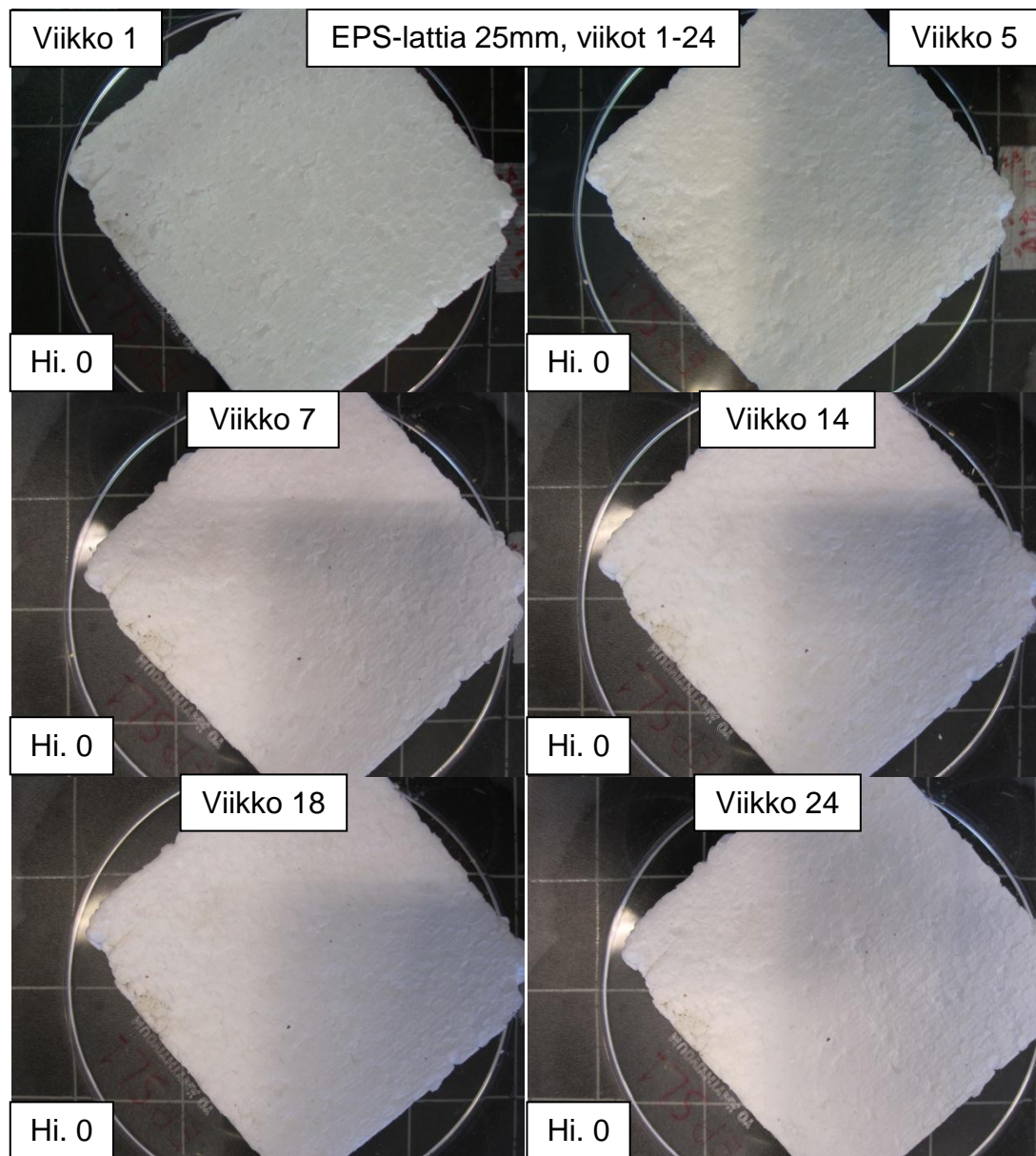
Kuva 20. Materiaalinäytteen 10.1 homehtumisen eteneminen, viikot 1–4.



Kuva 21. Materiaalinäytteen 10.1 homehtumisen eteneminen, viikot 5–7.

6.11 EPS-levy

EPS-levystä oli kaksi testikappaletta, jotka kävivät molemmat testisarjat lävitse. EPS-levyjen homeindeksit pysyivät testien aikana nollassa (kuva 22). Minkäänlaisia merkkejä homeesta ei ollut.



Kuva 22. Testikappaleen 11.1 homehtumisen etenemättömyys.

7 TULOKSIEN VERTAILU

Järviruokonäytteitä oli kaikkiaan 18 kappaletta, joista jokaisessa todettiin vähintään selkeästi paljain silmin havaittavia homekasvustoja. Yhdessäkään ruokonäytteessä ei kuitenkaan ilmennyt lähes 100 %:n peittoa, vaan näytteet saivat indeksin arvoja 4,0 - 5,3. Ruo'on alkuperällä ei näyttänyt olevan merkitystä homeenkeston kannalta. Näytteet pärjäsivät toisiinsa verrattuna tasaisesti. Homehtuminen oli runsasta ja nopeaa. Ruisolkinäytteet, joita oli yhteensä 4 kappaletta, homehtuivat kuitenkin ruokoa nopeammin. Sen lisäksi niissä ilmeni testin lopussa lähes 100 %:n homepeitto. Ruisolkinäytteiden indeksien arvot olivat 5,0 - 6,0.

Järviruo'osta ja männyn pintapuusta saadut tulokset olivat melko lähellä toisiaan ensimmäisen kuuden viikon aikana. Männyn pintapuu homehtui hieman ruokoa hitaammin, mutta yli kahdeksan viikon rasituksen jälkeen männyn pintapuussa oli havaittavissa järviruokoon verrattuna runsaampia homekasvustoja. Männyn pintapuun tulokset testin lopussa olivat 5,3 - 6,0. Osassa näytteistä oli siis lähes 100 %:n homepeitto.

Betoni- ja EPS-levynäytteissä ei havaittu homekasvua.

Huokoisesta puukuitulevystä tehtyjä näytteitä oli yhteensä 4 kappaletta. Niissä ilmeni testin lopussa indeksin arvoja välillä 4,0 - 4,5. Kahdessa näytekappaleessa tulokset ylsivät järviruo'on saamiin indeksin arvoihin, mutta puukuitulevy homehtui ruokomateriaaleja selkeästi hitaammin.

Erikoiskovasta kipsilevystä oli näytteitä neljä kappaletta, joista saatiin tuloksia indeksin arvojen välillä 2,0 ja 4,0. Männyn sydänpuun tapaan se pärjasi testissä keskimukertaisesti. Sydänpuusta valmistetut näytteet saivat kaikki testin lopussa indeksin arvon 3,0.

Mineraalivillasta saadut tulokset olivat hyvin vaihtelevia eri tulkitsijoiden välillä. Mineraalivillasta otettuja näytteitä oli neljä kappaletta. Näistä kahdessa esiintyi eriasteista homekasvustoa. Suurimmillaan näytteissä oli kahden tulkitsijan

mielestä paljain silmin havaittava homekasvusto, kun samalla yksi tulkitsija ei löytänyt siitä edes alkavaa homekasvustoa mikroskoopin avulla. Mineraalivilla jätettiin tästä syystä tarkastelun ulkopuolelle.

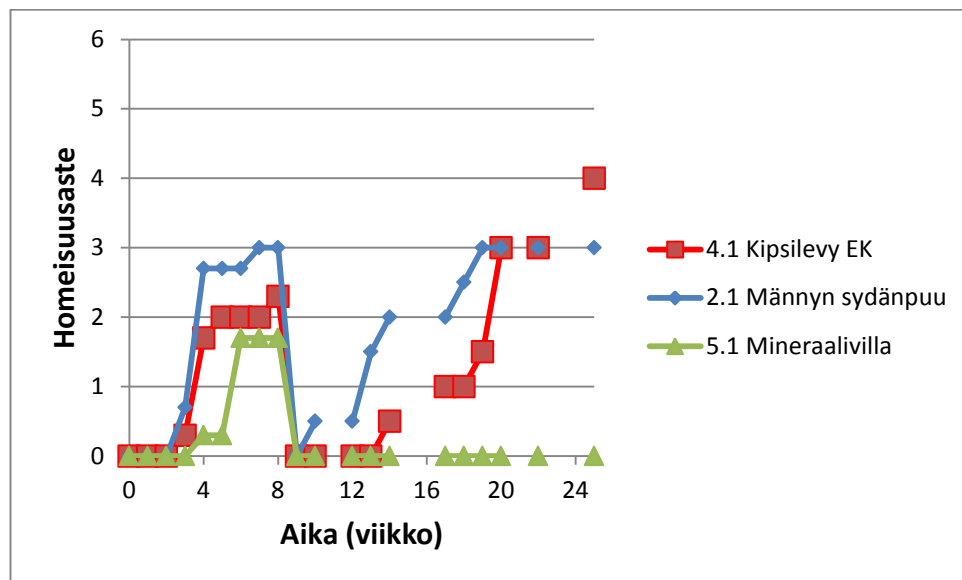
7.1 Homeindeksien vertailut Viitanen tutkimuksiin

VTT:n erikoistutkija Hannu Viitanen tutki 2004 julkaisussaan betonin ja siihen liittyvien materiaalien homeenkestoa samoissa rasitusolosuhteissa. Hän tutki muun muassa betonia, EPS-levyä, mineraalivillaa ja puukutulevyä (liite 8). Betonin ja EPS-levyjen osalta tulokset olivat yhteneviä. Näissä materiaaleissa ei näin lyhyellä rasiuskokeella ilmennyt homeita. Mineraalivillan kohdalla tulokset poikkesivat jonkin verran. Viitanen ei tutkimuksissaan havainnut homekasvustoja lainkaan mineraalivillassa. Tämän tutkimuksen neljästä mineraalivillanäytteestä kahdessa oli kahden tulkitsijan mukaan silmin havaittavaa homekasvustoa. Yksi tulkitsijoista ei kuitenkaan havainnut homeita edes mikroskoopin avulla. Viitanen käytti tutkimuksissaan myös kuitulevyä. Tässä tutkimuksessa käytettiin huokoista puukuitulevyä, joka sai 17 viikon rasituksen jälkeen homeindeksin arvon 4,25. Vastaavassa ajassa Viitanen sai kuitulevylle indeksin arvon 1,3. Voi siis olettaa että kyseessä oli eri materiaali. (Viitanen 2004, 16.)

7.2 Molemmissa testeissä olleet kappaleet

Testikappaleet 2.1, 4.1 sekä 5.1 siirrettiin suoraan ensimmäisen testin jälkeen toiseen testiin jatkotutkimuksiin. Näin kappaleet olivat testausolosuhteissa yhteensä 25 viikkoa. Tulokset eivät kuitenkaan näyttäneet lainkaan siltä, että kappaleet olisivat olleet 25 viikkoa yhtenäisessä testissä. Alla olevasta kuviosta 18 huomaa selkeästi, että testin vaihtuessa ensimmäisestä toiseen, (viikko 8–9) näytekappaleiden homeindeksit romahtavat nollaan. Testien välissä sääkoestuskaappi puhdistettiin autoklaavaamalla, jonka seurauksena kaapin sisällä olleet mikrobit kuolivat. Tänä aikana testikappaleet olivat säilytettyinä

muovisissa rasioissa, mikä on mahdollisesti kuivattanut näytteitä. Näiden toimenpiteiden seurauksena seuraavan viikon tarkasteluhetkenä homeet olivat vähentyneet selkeästi jatkotutkituissa materiaalinäytteessä edelliseen viikkoon verrattuna. Myös EPS-levyä ja betonia jatkotutkittiin, mutta niissä ei ollut merkkejä homekasvustoista.



Kuvio 18. Jatkotutkitut materiaalinäytteet. Vakio-olot RH=95 %, T=22°C.

8 YHTEENVETO JA POHDINTA

Järviruoko ja muut eloperäiset materiaalit pärjäsivät sääylyrasitustestissä (RH = 95 % ja T = 22 °C) odotetusti huonoiten. Materiaalinäytteissä havaitut homeen ensiasteet ilmenivät näissä näytteissä pääasiassa ensimmäisen kahden viikon aikana. Orgaanisissa materiaalinäytteissä homeiden kehitys oli nopeaa, mutta niissäkin oli havaittavissa selkeitä eroja. Kuitenkin noin 2–4 kuukauden altistuksen jälkeen lähes kaikissa orgaanisissa materiaalinäytteissä oli suurin osa tarkasteltavasta pinnasta homekasvuston peitossa. Männyn pintapuu ja ruisolki homehtuivat järviruokoa enemmän. Myös huokoisessa puukuitulevyssä oli nopea homeen kasvu. Ensimmäiset mikroskoopin avulla havaittavat homeet oli nähtävissä kolmannella viikolla. Testin päättyessä näytteissä oli selkeästi paljain silmin havaittava homekasvusto. Täysin orgaanisista materiaaleista erottui joukosta männyn sydänpuu, joka oli muita kestävämpi.

Epäorgaaniset materiaalit kestivät poikkeuksellisia rasitusolosuhteita huomattavasti orgaanisia materiaaleja paremmin. Homeiden suhteen täysin puhtaina säilyivät kaikki betonin ja EPS-levyjen näytekappaleet. Mineraalivillasta otettuja näytteitä oli kolme kappaletta ja näistä kahdessa esiintyi eriasteista homekasvustoa. Jokaisessa kipsilevynäytteessä oli havaittavissa vähintään selkeää homekasvustoa mikroskoopin avulla tarkasteltuna.

Materiaalinäytteiden siirtäminen ensimmäisestä testisarjasta toiseen testisarjaan jatkotutkimuksiin ei näyttänyt antavan haluttuja tuloksia. Sääkaapissa suoritettiin sarjojen välissä puhdistus, joka kesti noin kuusi tuntia. Jatkotutkituissa näytteissä havaittiin selkeää homeisuusasteen vähenemistä seuraavalla viikolla.

Ruokomateriaaleja voisi mielestäni jatkotutkia pienentämällä rasitusvoimakkuutta ja pidentämällä kokeen kestoja. Näin tuloksiin voisi ehkä tulla selkeämpiä eroja. Myös materiaalinäytteiden tulkinta voisi olla hyvä suorittaa tutkimalla näytteitä suoraan mikroskoopin alla, eikä tietokonenäytöltä,

sillä osassa kuvista oli havaittavissa häiritseviä eroja valoisuuden suhteen. Järviruokomateriaalien tutkimusmenetelmää voisi myös kehittää. Näytteitä tutkittaessa voisi olla hyvä kiinnittää huomiota myös mahdolliseen sisäiseen homekasvuun, sillä ontoissa ruokopilleissä saattaa piillä homekasvustoja, joita ei tällä tarkastelumenetelmällä voi selvittää.

Sääylirasitustesti on tutkimusmenetelmä, jolla voidaan selvittää, kuinka potentiaalinen kasvualusta tutkittava materiaali on homeille. Toisin sanoen sillä voidaan selvittää materiaalin homehtumisherkkyttä. Tämän tutkimuksen tulokset viittaavat siihen, että kaikki tässä tutkimuksessa käytetyt eloperäiset materiaalit ovat potentiaalisia kasvualustoja homeille. Järviruoko kuuluu näihin materiaaleihin ja se homehtui varsin herkästi. Materiaalit, jotka eivät sisällä orgaanista materiaalia, näyttävät sietävän poikkeuksellisia rasitusolosuhteita huomattavasti orgaanisia materiaaleja paremmin. Myös näissä materiaaleissa homehtuminen on mahdollista. Esimerkiksi lasivillassa havaittiin positiivisia tuloksia homeen kehittymisen suhteen. Mahdollinen syy tähän saattaa olla lasivillan rakenne, johon voidaan olettaa kertyvän orgaanista materiaalia ilmasta suhteellisen helposti. Jotkin eloperäiset materiaalit näyttävät voivan muodostaa pinnalleen poikkeuksellisissa rasitusolosuhteissa homepeiton jopa yhdessä viikossa. Näin kävi esimerkiksi muutamalle ruisolkinäytteille.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, kuinka herkästi rakennuskäyttöön tarkoitettujen järviruokomateriaalien pinnoille muodostuu mikrobikasvustoja eli miten hyvin ruoko kestää poikkeuksellisia sääolosuhteita. Tutkimuksen tulokset viittaavat siihen, että järviruoko muodostaa pinnalleen varsin herkästi homekasvustoja poikkeuksellisissa rasitusolosuhteissa. Tämän perusteella ei kuitenkaan voi tehdä päätelmiä materiaalin toimimattomuudesta tai elinkaaresta, sillä oikeaoppisesti rakennettujen ruokokatteiden elinikä on jo käytännössä todettu olevan useita kymmeniä vuosia.

LÄHTEET

Kirjallisuus

Anthony, Pia Auri 1999. The macrofungi and decay of roofs thatched with water reed, *Phragmites australis*. Mycological Research 103(10)/1999, 1346–1352.

Holappa Raino 2005. Ruokokaton soveltuvuus Suomeen. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Tekniikan ja liikenteen koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Hyvönen, Markku. 2007. RUOKORAKENTAMISEN HISTORIAA. Teoksessa. Stenman, Helga (toim.) 2007. Rannasta rakennukseen – Ruokorakentamista Itämeren alueella. Turun ammattikorkeakoulun raportteja 60. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.

Ikonen I. & Hagelberg E. 2008. Etelä-Suomen ruovikkostrategia. Esimerkkeinä Halikonlahti ja Turun kaupungin rannikkoalueet. Suomen ympäristö 9/2008. Turku, Lounais-Suomen ympäristökeskus. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=287745&lan=fi>

Lautkankare, Rauli. 2007. RUOKO RAKENNUSMATERIAALINA. Teoksessa. Stenman, Helga (toim.) 2007. Rannasta rakennukseen – Ruokorakentamista Itämeren alueella. Turun ammattikorkeakoulun raportteja 60. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.

Mourujärvi, Jouni 2007. Ruokokaton tuotantoselvitys. Turun ammattikorkeakoulu. Tekniikan ja liikenteen koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Paavilainen, P. 2005. Järviruo'on hyötykäyttö kosteikoissa haja-asutuksen jätevesien ja maatalouden valumavesien puhdistuksessa. 2005. Turun ammattikorkeakoulu. Kestävä kehitys. Opinnäytetyö.

Putus, Tuula. 2010. Home ja terveys. Tammisaari: Suomen Ympäristö- ja Terveysalan Kustannus Oy.

Rannikko Jarno 2003. ARCTEST 1500- SÄÄKOESTUSKAAPIN KÄYTTÖOHJEET JA OHJELMAT. Turun ammattikorkeakoulu. Tekniikan ja liikenteen koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

RT 852.1, Kate, korsi-, Suomen Arkkitehtiliitto. Helsinki. 1943.

Simi Päivi 2007. Järviruoko tulevaisuuden energialähteenä. Turun ammattikorkeakoulu. Tekniikan ja liikenteen koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Sosiaali- ja terveysministeriö. 2009. Asumisterveys Opas. Pori: Ympäristö ja Terveys-lehti.

Tuomela, Outi 2006. Ruoko ja muut röörät. Saatavissa:
<http://www.ruoko.fi/uploads/pdf/KuralaRuokoEsite.pdf>

Valste, Juha (toim.) 2005. Suomen luontotieto A-Kar. Porvoo: WSOY.

Vinha, Juha 2011. HOMEEN KASVUN LASKENTAMALLIN KEHITYSTYÖ. (FRAME 3 yleisöseminaari Helsingissä) Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos.

Viitanen, Hannu 2004. Betonin ja siihen liittyvien materiaalien homehtumisen kriittiset olosuhteet – betonin homeenkesto. VTT Working Papers 6. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT).

Viitanen, H; Kokko, E; Ojanen, T; Salonvaara, M; Hukka, A 1999. Puurakenteiden kosteustekninen toiminta. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT).

Westermarck, Heuru & Lundsten 1998. Luonnonmukaiset rakennusaineet. Teknillinen korkeakoulu, Arkkitehtiosaston julkaisuja. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Sähköiset lähteet

<http://www.ktl.fi/attachments/suomi/julkaisut/kansanterveyslehti/pdf2007/kansanterveys407.pdf>

Cofreen 2012. [Viitattu 07.9.2011] <http://www.cofreen.eu>.

<http://www.rakennustieto.fi/index/rakennustieto/rakennusmateriaalienpaastoluokitus.html>

<http://www.ruoko.fi/uploads/pdf/KuralaRuokoEsite.pdf>

<http://www.vihdinuutiset.fi/artikkeli/60683-jarviruo%E2%80%99on-yleistyminen-rakennusmateriaaliksi-on-kivinen-tie>

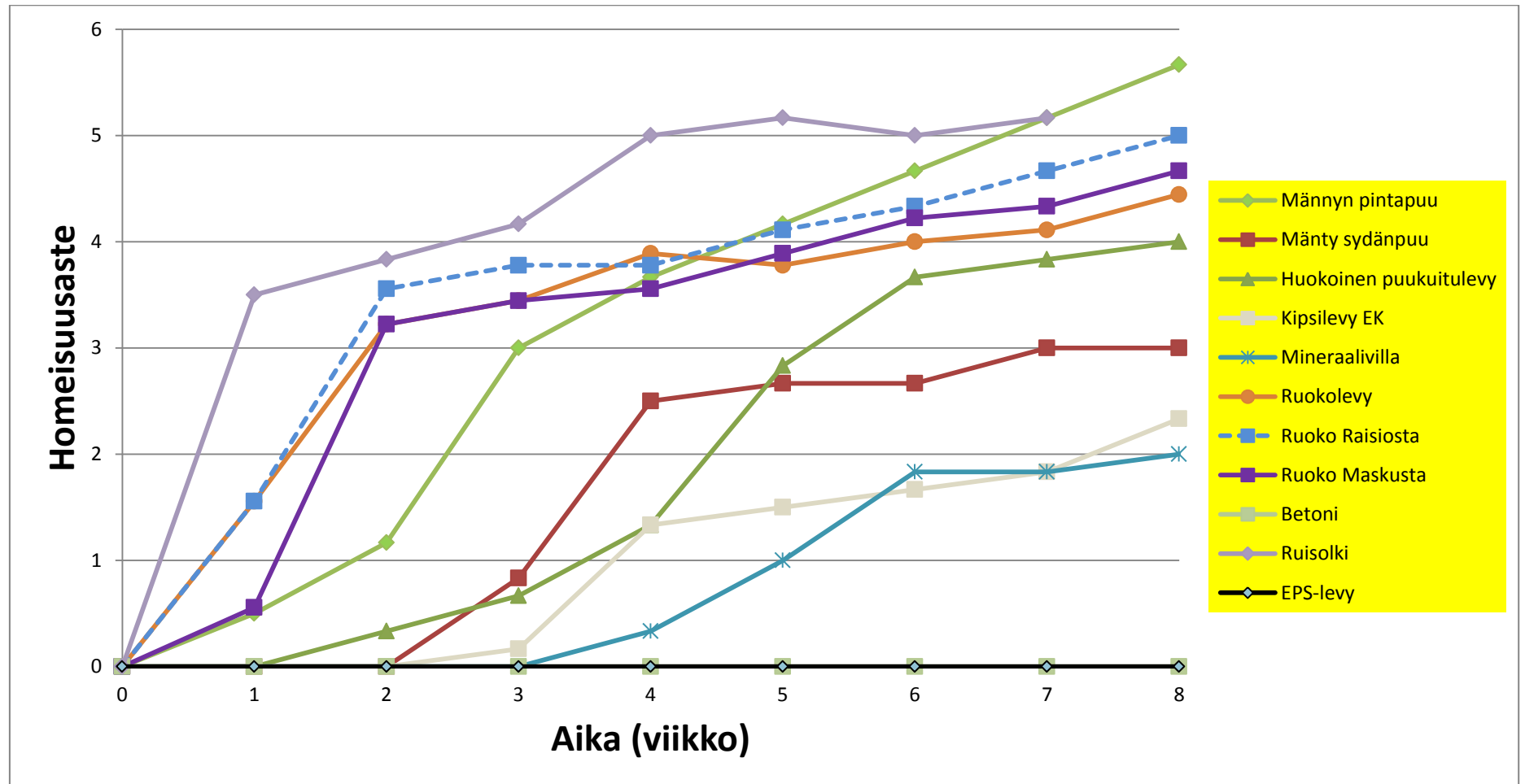
Naturhistoriska riksmuseet 2009. Den virtuella Floran (myös levinneisyyskartta) 2004-2009. [Viitattu 3.9.2011]. Saatavissa: <http://linnaeus.nrm.se/flora/mono/poa/phrag/phraausv.jpg>

Sisäilmayhdistys 2011. Sisäilmaoireet. [Viitattu 15.9.2011]. Saatavissa: http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/terveysvaikutukset/sisailmaoireet/

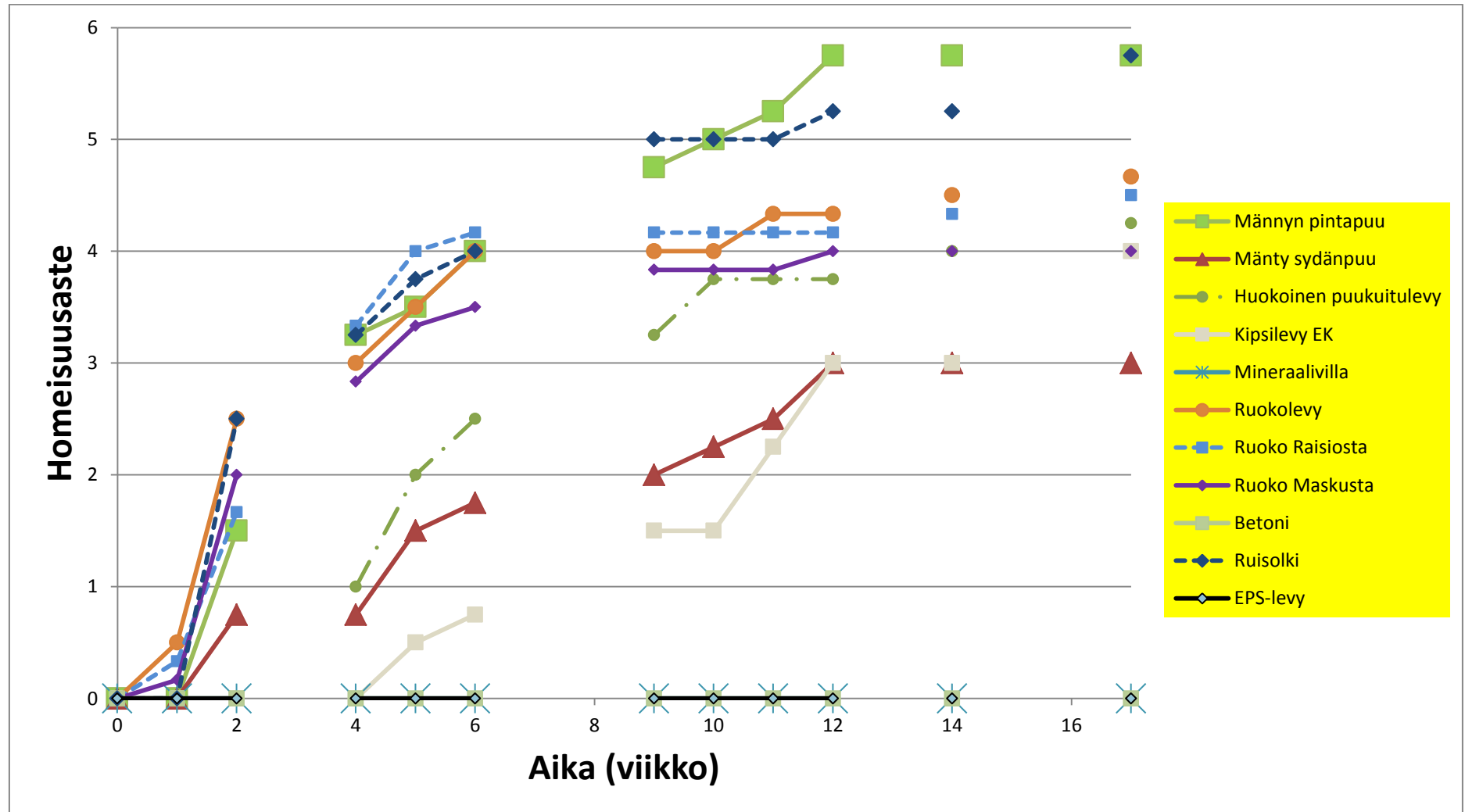
Haastattelut ja henkilökohtaiset tiedonannot

Hannu Viitanen. Erikoistutkija (VTT). Maaliskuu 2011. Puhelinhaastattelu

Homeindeksoinnin tulokset, sarja 1. Havainnoijat X, Y ja Z. Näytekohtaiset yhteiset keskiarvot.



Homeindeksoinnin tulokset, sarja 2. Havainnoijat X ja Y. Näytekohtaiset yhteiset keskiarvot.



Homeindeksien viikkokohtaiset tulokset, sarja 1. Havainnoija X.

Havainnoija X	HOMEISUUSASTEET, SARJA 1, VAKIO-OLOSUHTEET RH= 95 %, T= 22 °C								
	2011								
Näyte	8.4.	15.4.	22.4.	29.4.	6.5.	13.5.	20.5.	27.5.	3.6.
1.1 Männyn pintapuu	0	1	2	3	4	4	4	5	5
1.2 Männyn pintapuu	0	1	2	3	4	4	5	5	6
2.1 Mänty sydänpuu	0	0	0	1	2	2	2	3	3
2.2 Mänty sydänpuu	0	0	0	0	1	2	2	3	3
3.1 Huokoinen puukuitulevy	0	0	1	1	2	3	3	4	4
3.2 Huokoinen puukuitulevy	0	0	0	0	1	2	3	3	4
4.1 Kipsilevy EK	0	0	0	0	1	2	2	2	2
4.2 Kipsilevy EK	0	0	0	0	0	0	0	1	2
5.1 Mineraalivilla	0	0	0	0	1	1	2	2	2
5.2 Mineraalivilla	0	0	0	0	1	1	2	2	3
6.1 Ruokolevy	0	2	4	4	4	4	4	4	4
6.2 Ruokolevy	0	1	2	3	4	4	5	5	5
6.3 Ruokolevy	0	2	3	3	4	3	4	4	5
7.1 Ruoko Raisio	0	1	5	5	3	5	5	5	6
7.2 Ruoko Raisio	0	1	4	4	5	4	5	5	5
7.3 Ruoko Raisio	0	1	4	4	4	4	4	5	5
8.1 Ruoko 3	0	0	1	3	4	4	4	4	5
8.2 Ruoko 3	0	1	4	4	4	4	4	4	4
8.3 Ruoko 3	0	1	4	4	4	4	4	4	5
9.1 Betoni	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.1 Ruisolki		0	4	4	4	5	5	5	5
10.2 Ruisolki		0	3	4	4	5	5	5	5
11.1 EPS-lattia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.2 EPS-lattia	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Liite 4

Homeindeksien viikkokohtaiset tulokset, sarja 2. Havainnoija X.

Havainnoija X
HOMEISUUSASTEET, SARJA 2, VAKIO-OLOSUHTEET
RH= 95 %, T= 22 °C

2011

Näyte	10.6.	17.6.	24.6.	1.7.	8.7.	15.7.	22.7.	29.7.	5.8.	12.8.	19.8.	29.8.	2.9.	9.9.	16.9.	23.9.	3.10.
1.3 mänty pintapuu	0	1		3	3	4	-		4	5	5	6		6			6
1.4 mänty pintapuu	0	1		2	3	3	4		4	4	5	5		5			5
2.1 mänty sydänpuu *	0	1		1	1	1	-		2	2	2	-		-			-
2.2 mänty sydänpuu	0	1		1	2	2	-		2	3	3	-		-			-
3.3 huokoinen puukuitulevy	0	0		1	2	2	-		3	4	4	4		4			4
3.4 huokoinen puukuitulevy	0	0		0	1	2	-		3	4	4	4		4			4
4.1 kipsilevy EK *	0	0		0	0	1	-		1	1	1	Levää?		-			-
4.2 kipsilevy EK	0	0		0	0	0	-		Levää ?	-	-	-		-			-
5.1 mineraalivilla *	0	0		0	0	0	-		0	0	0	0		0			0
5.2 mineraalivilla	0	0		0	0	0	-		0	0	0	0		0			0
6.1 ruokolevy	0	2		2	3	3	-		3	3	4	4		4			-
6.2 ruokolevy	0	1		2	3	4	-		4	4	4	4		4			4
6.3 ruokolevy	0	3		3	3	4	-		4	4	4	4		4			4
7.1 ruoko Raisio	0	1		3	4	4	-		4	4	4	4		5			5
7.2 ruoko Raisio	0	1		3	4	4	-		4	4	4	4		4			4
7.3 ruoko Raisio	0	1		3	4	5	-		5	5	5	5		5			5
8.1 ruoko 3	0	1		2	3	3	-		4	4	4	4		4			4
8.2 ruoko 3	0	3		3	3	3	-		3	3	3	3		3			3
8.3 ruoko 3	0	0		1	3	4	-		4	4	4	4		4			4
9.1 betoni *	0	0		0	0	0	-		0	0	0	0		0			0
10.1 ruisolki	0	3		4	5	5	-		6	6	6	6		6			6
10.2 ruisolki	0	1		2	3	4	-		5	5	5	5		5			6
11.1 EPS-lattia *	0	0		0	0	0	-		0	0	0	0		0			0
11.2 EPS-lattia *	0	0		0	0	0	-		0	0	0	0		0			0

* = Sama testikappale
edellisestä testistä

Huom!

Homeindeksien viikkokohtaiset tulokset, sarja 1. Havainnoija Y.

Näyte	Päivämäärä								
	8.4.	15.4.	22.4.	29.4.	6.5.	13.5.	20.5.	27.5.	3.6.
1.1 Männyn pintapuu	0	0	0	3	3	4	5	5	6
1.2 Männyn pintapuu	0	0	0	3	5	5	5	5	6
2.1 Mänty sydänpuu	0	0	0	0	3	3	3	3	3
2.2 Mänty sydänpuu	0	0	0	0	3	3	3	3	3
3.1 Huokoinen puukuitulevy	0	0	1	2	2	3	4	4	4
3.2 Huokoinen puukuitulevy	0	0	0	1	1	3	4	4	4
4.1 Kipsilevy EK	0	0	0	1	1	1	1	1	2
4.2 Kipsilevy EK	0	0	0	0	0	0	1	1	2
5.1 Mineraalivilla	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.2 Mineraalivilla	0	0	0	0	0	1	1	1	1
6.1 Ruokolevy	0	2	3	3	3	3	3	4	4
6.2 Ruokolevy	0	0	3	4	4	4	4	4	4
6.3 Ruokolevy	0	2	3	3	4	4	4	4	4
7.1 Ruoko Raisio	0	3	3	3	3	3	3	4	4
7.2 Ruoko Raisio	0	1	3	4	4	4	5	5	5
7.3 Ruoko Raisio	0	1	3	3	3	4	4	4	4
8.1 Ruoko 3	0	0	3	3	3	4	4	4	5
8.2 Ruoko 3	0	0	3	3	3	4	4	4	4
8.3 Ruoko 3	0	0	3	3	3	3	4	4	4
9.1 Betoni	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.1 Ruisolki		0	3	4	4	4	4	4	5
10.2 Ruisolki		0	3	3	3	4	5	5	5
11.1 EPS-lattia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.2 EPS-lattia	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Liite 6

Homeindeksien viikkokohtaiset tulokset, sarja 2. Havainnoija Y.

Havainnoija Y

HOMEISUUSASTEET, SARJA 2, VAKIO-OLOSUHTTEET RH= 95 %, T= 22 °C

2011

Näyte	10.6.	17.6.	24.6.	1.7.	8.7.	15.7.	22.7.	29.7.	5.8.	12.8.	19.8.	29.8.	2.9.	9.9.	16.9.	23.9.	3.10.
1.3 mänty pintapuu	0	1		4	4	4	4		5	5	5	6		6			6
1.4 mänty pintapuu	0	3		4	4	5	4		6	6	6	6		6			6
2.1 mänty sydänpuu *	0	1		1	2	2	2		2	2	2	3		3			3
2.2 mänty sydänpuu	0	0		0	1	2	2		2	2	3	3		3			3
3.3 huokoinen puukuitulevy	0	0		1	2	3	3		4	4	4	4		5			5
3.4 huokoinen puukuitulevy	0	0		2	3	3	3		3	3	3	3		3			4
4.1 kipsilevy EK *	0	0		0	0	0	1		1	1	2	3		3			4
4.2 kipsilevy EK	0	0		0	2	2	2		2	2	3	3		3			4
5.1 mineraalivilla *	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0		0			0
5.2 mineraalivilla	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0		0			0
6.1 ruokolevy	3	3		4	4	4	4		4	4	4	4		5			5
6.2 ruokolevy	0	3		4	5	5	5		5	5	6	6		6			6
6.3 ruokolevy																	
7.1 ruoko Raisio	1	3		3	4	4	4		4	4	4	4		4			4
7.2 ruoko Raisio	1	2		4	4	4	4		4	4	4	4		4			4
7.3 ruoko Raisio	0	2		4	4	4	4		4	4	4	4		4			5
8.1 ruoko 3	1	3		3	3	3	4		4	4	4	4		4			4
8.2 ruoko 3	0	2		4	4	4	4		4	4	4	5		5			5
8.3 ruoko 3	0	3		4	4	4	4		4	4	4	4		4			4
9.1 betoni *	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0		0			0
10.1 ruisolki	0	3		3	3	3	3		5	5	5	5		5			6
10.2 ruisolki	0	3		4	4	4	4		4	4	4	5		5			5
11.1 EPS-lattia *	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0		0			0
11.2 EPS-lattia *	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0		0			0

* = Sama testikappale edellisestä testistä

Huom!

Homeindeksien viikkokohtaiset tulokset, sarja 1. Havainnoija Z.

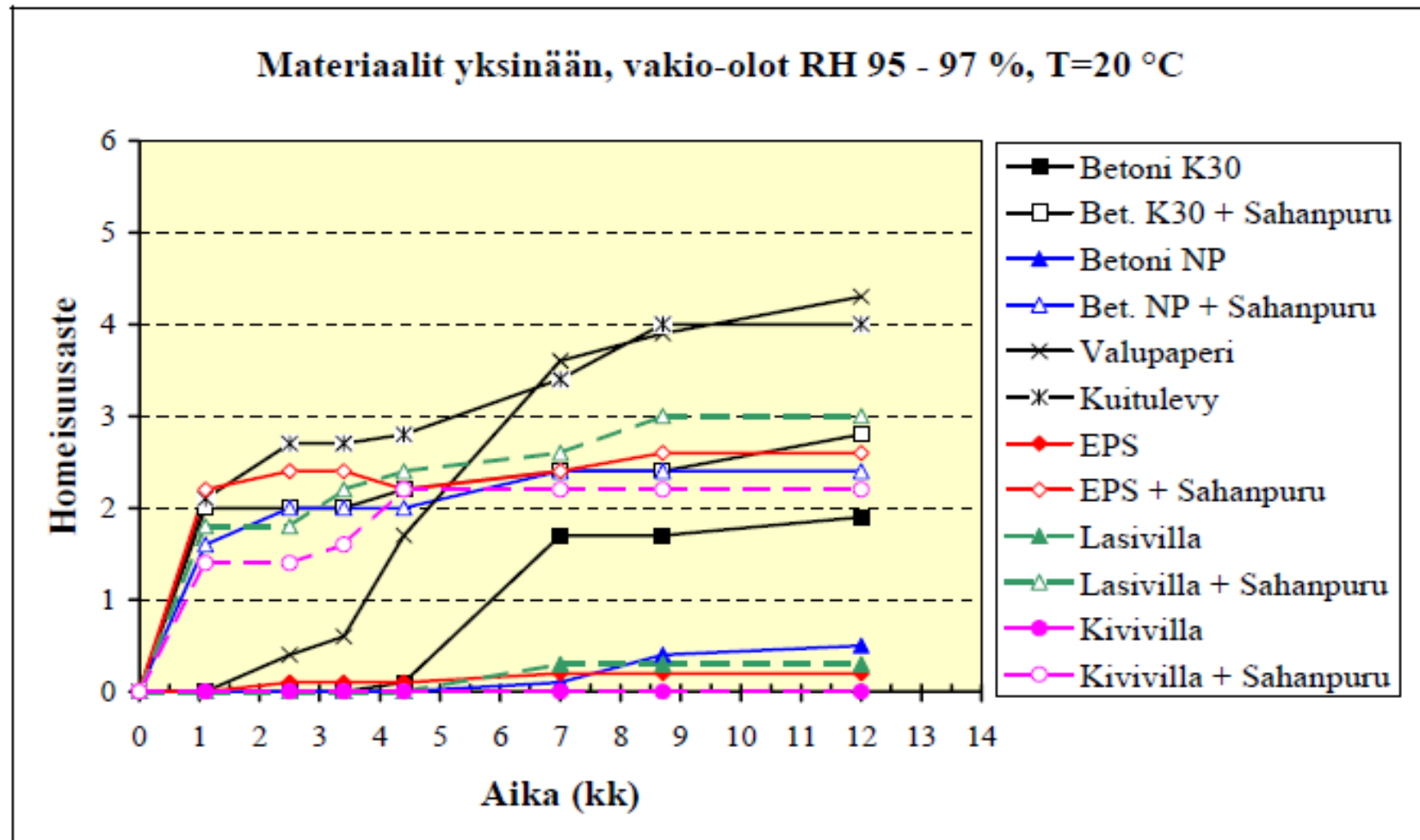
Näyte	Päivämäärä								
	8.4.	15.4.	22.4.	29.4.	6.5.	13.5.	20.5.	27.5.	3.6.
1.1 Männyn pintapuu	0	1	2	3	3	4	4	5	5
1.2 Männyn pintapuu	0	0	1	3	3	4	5	6	6
2.1 Mänty sydänpuu	0	0	0	1	3	3	3	3	3
2.2 Mänty sydänpuu	0	0	0	3	3	3	3	3	3
3.1 Huokoinen puukuitulevy	0	0	0	0	1	3	4	4	4
3.2 Huokoinen puukuitulevy	0	0	0	0	1	3	4	4	4
4.1 Kipsilevy EK	0	0	0	0	3	3	3	3	3
4.2 Kipsilevy EK	0	0	0	0	3	3	3	3	3
5.1 Mineraalivilla	0	0	0	0	0	0	3	3	3
5.2 Mineraalivilla	0	0	0	0	0	3	3	3	3
6.1 Ruokolevy	0	3	4	4	4	4	4	4	4
6.2 Ruokolevy	0	1	4	4	4	4	4	4	5
6.3 Ruokolevy	0	1	3	3	4	4	4	4	5
7.1 Ruoko Raisio	0	3	3	3	4	4	4	5	6
7.2 Ruoko Raisio	0	1	4	4	4	5	5	5	5
7.3 Ruoko Raisio	0	2	3	4	4	4	4	4	5
8.1 Ruoko 3	0	1	3	3	3	4	4	5	5
8.2 Ruoko 3	0	1	4	4	4	4	5	5	5
8.3 Ruoko 3	0	1	4	4	4	4	5	5	5
9.1 Betoni	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.1 Ruisolki		0	4	4	5	6	6	5	5
10.2 Ruisolki		0	4	4	5	6	6	6	6
11.1 EPS-lattia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.2 EPS-lattia	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Siirretty viikolla
eteenpäin
Siirretty viikolla
eteenpäin

5

6

Hannu Viitasen 2004 julkaisema taulukko teoksesta: Betonin ja siihen liittyvien materiaalien homehtumisen kriittiset olosuhteet – betonin homeenkesto.



Juha Vinhan esittelemä taulukko frame 3 yleisöseminaarissa Helsingissä 1.12. 2011. Rakennusmateriaalien jakautuminen eri homeutumisherkeysluokkiin (VTT-TTY homeriskimalli)

Homehtumis-herkeysluokka	Rakennusmateriaalit
Hyvin herkkä HHL 1	karkeasahattu ja mitallistettu puutavara (mänty ja kuusi), höylätty mänty
Herkkä HHL 2	höylätty kuusi, paperipohjaiset tuotteet ja kalvot, puupohjaiset levyt, kipsilevy
Kohtalaisen kestävä HHL 3	mineraalivillat, muovipohjaiset materiaalit, kevytbetoni, kevytsorabetoni, karbonatisoitunut vanha betoni, sementtipohjaiset tuotteet, tiilet
Kestävä HHL 4	lasi ja metallit, alkalinen uusi betoni, tehokkaita homesuoja-aineita sisältävät materiaalit

- Joidenkin yllä olevassa taulukossa esitettyjen materiaalien, kuten esim. erilaisten muovipohjaisten materiaalien ja tiilien kuulumista esitettyyn homeutumisherkeysluokkaan ei ole varmistettu kokeiden avulla.