



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 43/2026

# Broilereiden vaihtoehtoiset kuivikemateriaalit

Turvevapaa ruokaketju –hankkeen tuloksia

Heidi Högel, Samu Palander, Ari-Matti Seppänen, Tomasz Stefanski  
ja Johanna Kivioja

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 43/2026

# **Broilereiden vaihtoehtoiset kuivikemateriaalit**

Turvevapaa ruokaketju –hankkeen tuloksia

**Heidi Högel, Samu Palander, Ari-Matti Seppänen, Tomasz Stefanski  
ja Johanna Kivioja**



**Euroopan unionin  
osarahoittama**

**Viittausohje:**

Högel, H., Palander, S., Seppänen, A-M., Stefanski, T. & Kivioja, J. 2026. Broilereiden vaihtoehtoiset kuivikemateriaalit : Turvevapaa ruokaketju -hankkeen tuloksia. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 43/2026. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 35 s.

Heidi Högel ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0001-6592-5723>



ISBN 978-952-419-199-9 (Verkkójulkaisu)

ISSN 2342-7639 (Verkkójulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-419-199-9>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Heidi Högel, Samu Palander, Ari-Matti Seppänen, Tomasz Stefanski ja  
Johanna Kivioja

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2026

Julkaisuvuosi: 2026

Kannen kuva: Heidi Högel

## Tiivistelmä

Heidi Högel<sup>1</sup>, Samu Palander<sup>2</sup>, Ari-Matti Seppänen<sup>3</sup>, Tomasz Stefanski<sup>1</sup> ja Johanna Kivioja<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Luonnonvarakeskus (Luke), Jokioinen

<sup>2</sup> Seinäjoen ammattikorkeakoulu (SEAMK), Seinäjoki

<sup>3</sup> Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki

Suomessa turve on keskeinen eläinten kuivikemateriaali: sitä käytetään vuosittain noin 1,3 miljoonaa m<sup>3</sup> eri eläinryhmille, joista määrällisesti suurimpia käyttäjiä ovat naudat ja hevoset. Broilerituotannossa kuiviketurpeen merkitys on kuitenkin kriittinen, sillä jopa yhdeksän kymmenestä broileritilasta käyttää yksinomaan turvetta kuivituksessa. Siipikarjatuotannon kasvaessa tarve toimiville, saatavuudeltaan turvatuille ja kustannustehokkaille kuivikemateriaaleille lisääntyy. Turvetta korvaavien vaihtoehtojen käyttöönottoa kuitenkin hidastavat puutteet niiden kuivikeominaisuuksissa ja saatavuudessa sekä niiden turvetta korkeampi hinta. Toimiva kuivitus on kuitenkin niin eläinten hyvinvoinnin ja terveyden kuin tuotannon kustannusten ja ympäristövaikutusten kannalta keskeistä. Aiemmissä tutkimuksissa tarkastellut vaihtoehtoiset kuivikemateriaalit ovat pystyneet turvaamaan broilerituotannon nykyisen tuotannollisen tason, mutta lintujen hyvinvoinnin ylläpitämisen suhteen niissä on ollut merkittäviä puutteita.

Tässä raportissa tarkastellaan turvetta korvaavien kuivikemateriaalien kuivikeominaisuuksia sekä jalostuksen vaikutuksia niihin. Työ on osa Seinäjoen ammattikorkeakoulun (SEAMK), Luonnonvarakeskuksen (Luke) ja Järviseudun ammatti-instituutin (JAMI) toteuttamaa ja EU:n JTF-rahastosta osarahoittamaa Turvevapaa ruokaketju -hanketta. Hankkeessa jatkokehitettäväksi raaka-aineiksi valittiin esiselvityksen perusteella kymmenen biomassaa. Useimpia raaka-aineista oli tutkittu aiemmin, mutta niiden kuivikeominaisuuksissa oli puutteita, joita pyrittiin parantamaan jalostuksen ja seostamisen avulla. Osa materiaaleista tuotettiin hankkeessa Luonnonvarakeskuksessa, osa oli peräisin teollisuuden sivuvirroista ja osa oli kaupallisia tuotteita. Laboratoriomäärytyksiin ja broilereilla toteutettuun kasvatuskokeeseen sisällytettiin lisäksi muita vertailumateriaaleja.

Kasvatuskokeessa havaittiin kuivikemateriaalien välillä eroja broilerin tuotantotuloksissa, hyvinvoinnissa ja puhtaudessa. Tuotantotuloksissa turve tuotti parhaat tulokset: sillä kasvaneet linnut saavuttivat suurimman loppupainon ja päiväkasvun, kun taas olkisilppu jäi heikoimmaksi. Erot rehuhyötysuhteessa olivat vähäisiä, ja pienempi kasvu liittyi suoraan alhaisempaan syöntiin. Lintujen jalkapohjien kunto vaihteli merkittävästi kuivikkeittain. Terveimmät jalkapohjat havaittiin kaurankuoripelletillä sekä puukuitu-kutteri-rahkasammalseoksella kasva-neilla linnuilla, kun taas apilakuitujakeella ja pajukompostilla oli heikoimmat tulokset. Höyhenpeitteen puhtaudessa parhaat tulokset saavutettiin olkipelletillä ja 0-kuitupohjaisella kuivikkeella, kun taas likaisimmat linnut kasvoivat apila- ja säilörehupohjaisilla kuivikemateriaaleilla sekä haposäilötyllä oljella. Tulokset osoittavat, että eri kuivikemateriaalien välillä on huomattavia eroja: kuivikemateriaalilla saattaa olla merkittävä vaikutus tuotantotuloksiin, mutta materiaalivalinta vaikuttaa ennen kaikkea eläinten hyvinvointiin.

**Asiasanat:** biomassaa, kuivikkeet, järviruoko, nurmet, pajut, ruokohelpi, siipikarja, sivuvirrat, turve

## Abstract

Heidi Högel<sup>1</sup>, Samu Palander<sup>2</sup>, Ari-Matti Seppänen<sup>3</sup>, Tomasz Stefanski<sup>1</sup> and Johanna Kivioja<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Natural Resources Institute Finland (Luke), 31600 Jokioinen

<sup>2</sup> Seinäjoki University of Applied Sciences (SEAMK), 60320 Seinäjoki

<sup>3</sup> Natural Resources Institute Finland (Luke), 00790 Helsinki

Peat is a key animal bedding material used in Finland: approximately 1.3 million m<sup>3</sup> are used annually for different animal groups, with cattle and horses being the largest users. In broiler production, however, peat plays a critical role, as up to nine out of ten broiler farms rely exclusively on peat for bedding. As poultry production continues to grow, the demand for functional, readily available, and cost-effective bedding materials is increasing. However, the use of alternatives to peat has not become more common because of deficiencies in their properties and lack of availability, as well as by their higher cost compared to peat. Effective bedding is nevertheless essential for animal welfare and health, as well as for production costs and environmental impacts. Previous studies have shown that alternative bedding materials can maintain the current production performance in broiler farming, but there are significant deficiencies in their properties what it comes to ensuring bird welfare.

In this report the bedding properties of materials intended to replace peat and the effects of processing on these properties are presented. The work is part of the Peat-Free Food Chain project, implemented by Seinäjoki University of Applied Sciences (SEAMK), Natural Resources Institute Finland (Luke), and Järviseuu Vocational Institute (JAMI), and co-funded by the EU Just Transition Fund (JTF). Based on a preliminary assessment, ten types of biomasses were selected as raw materials for further development. Most of these materials had been studied previously, but they showed deficiencies in bedding properties, which were addressed through processing and mixing. Some materials were produced within the project at Luke, while others originated from industrial side streams or were commercial products. Additional materials were included in both laboratory analyses and the broiler trial.

In the broiler trial, differences were observed between bedding materials in terms of broiler performance, welfare, and cleanliness. Peat produced the best performance outcomes: birds reared on peat achieved the highest final body weight and daily weight gain, whereas chopped straw performed the poorest. Differences in feed conversion ratio were small, and lower growth was directly associated with reduced feed intake. The footpad health of the birds varied significantly between beddings. The healthiest footpads were observed in birds reared on oat hull pellets and on a mixture of wood fibre, wood shavings, and sphagnum moss, while clover fibre fractions and willow compost yielded the poorest results. In terms of plumage cleanliness, the best results were achieved with straw pellets and zero fibre-based bedding material, whereas the dirtiest birds were found on clover- and silage-based bedding materials as well as acid-treated straw. The results indicate considerable differences between bedding materials: while bedding choice may significantly affect production performance, it has an even greater impact on animal welfare.

**Keywords:** bedding, biomass, common reed, grasslands, litter, peat, poultry, reed canary grass, side streams, willows

# Sisällys

<b>1. Johdanto .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Kokeellisen työn toteutus .....</b>	<b>8</b>
2.1. Raaka-aineiden valinta ja alkuperä .....	8
2.2. Pelletöintikokeiden lähtökohdat .....	9
2.3. Raaka-ainekohtaiset jatkokäsittelyt .....	9
2.3.1. Vehnän olki .....	9
2.3.2. Ruokohelppi .....	10
2.3.3. Järviruoko .....	10
2.3.4. Osmankäämi .....	10
2.3.5. Kaurankuori .....	11
2.3.6. Kahvipavunkuori .....	11
2.3.7. Koivunkuori .....	11
2.3.8. Vihreät biomassat .....	11
2.4. Laboratoriomääritykset .....	12
2.4.1. Tilavuuspainon määrittäminen .....	12
2.4.2. Kuiva-aineen määrittäminen .....	12
2.4.3. pH:n mittaaminen .....	12
2.4.4. Nesteensidontakyvyn määrittäminen .....	12
2.4.5. Aerobinen stabiilisuus .....	12
2.4.6. Pelletin lujuuden määrittäminen .....	13
2.5. Testaus broilereiden kuivikkeena .....	13
2.5.1. Tuotantoparametrit .....	14
2.5.2. Hyvinvointiparametrit .....	14
<b>3. Kokeellisen työn tulokset .....</b>	<b>15</b>
3.1. Pelletöityjen tuotteiden valmistus ja ominaisuudet .....	15
3.1.1. Materiaalien pelletöitävyys .....	15
3.1.2. Kuivikepellettien aistinvarainen laatu .....	15
3.1.3. Kuivikepellettien lujuus .....	16
3.2. Laboratoriomääritykset .....	16
3.2.1. Tilavuuspaino .....	16
3.2.2. pH .....	17
3.2.3. Nesteensidontakyky .....	17
3.3. Vihreiden biomassojen ominaisuudet .....	19
3.3.1. Kuitujakeen saanto .....	19

3.3.2. Nurmibiomassan aerobinen stabiilisuus.....	20
3.4. Kuivikettestaus broilereilla .....	21
3.4.1. Kasvatusosaston olosuhteet .....	21
3.4.2. Tuotantoparametrit.....	22
3.4.3. Jalkapohjaterveys.....	23
3.4.4. Höyhenpeitteen puhtaus .....	25
3.4.5. Tilaseurantojen tuloksia.....	25
<b>4. Yhteenveto.....</b>	<b>27</b>
4.1. Olki.....	27
4.2. Järviruoko ja ruokohelpi.....	28
4.3. Osmankäämi .....	28
4.4. Kaurankuori .....	29
4.5. Hamppu .....	29
4.6. Pajukomposti.....	30
4.7. Vihreät biomassat .....	30
<b>5. Johtopäätökset.....</b>	<b>32</b>
<b>Viitteet.....</b>	<b>33</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>34</b>

# 1. Johdanto

Suomessa eläinten kuivituksessa hyödynnetään paljon turvetta: kotieläintuotannossa ja hevosstalleilla käytetään kuiviketurvetta yhteensä noin 1,3 miljoonaa m<sup>3</sup> vuodessa (Manni ym. 2023). Määrällisesti kuiviketurvetta käyttävät eniten hevostalous sekä nautakarjatilat (Manni ym. 2023). Broilerituotannossa kuiviketurve on kuitenkin erityisen kriittinen, sillä 90 % broilerintuotantotiloista käyttää kuivituksessaan yksinomaan turvetta. Siipikarjanlihantuotanto on kasvanut tasaisesti ja sen kasvun ennustetaan jatkuvan, joten toimivalle, saatavuudeltaan turvatulle ja kustannustehokkaalle kuivikemateriaalille on kasvava tarve.

Tuotantoeläimillä käytetään kuivikkeena turpeen rinnalla mm. kutteria, olkea ja ruokohelpeä (Manni ym. 2023). Vaatimukset turvetta korvaaville materiaaleille ovat korkeat, ja muiden kuivikemateriaalien kuin turpeen käyttö ei ole yleistynyt odotetusti. Osittain syynä on turpeen edelleen edullinen hinta, mutta myös vaihtoehtoisten materiaalien kuivitusominaisuuksien puutteet sekä saatavuusongelmat. Kuivikkeiden käyttö edistää eläinten puhtautta, hyvinvointia ja terveyttä. Toimiva kuivitus onkin olennainen osa eettistä ja bioturvallista ruokaketjua. Käytetyllä kuivikkeella on suuri vaikutus myös tuotantokustannuksiin, tuotannon ympäristövaikutuksiin sekä tilan yleisiin toimintoihin.

Turvetta korvaaviksi materiaaleiksi tullaan tarvitsemaan useita raaka-aineita ja niiden seoksia (Muilu-Mäkelä ym. 2026). Mikäli vaihtoehtoiset raaka-aineet eivät sovellu sellaisenaan kuiviketyttöön, voidaan niiden soveltuvuutta parantaa jalostamalla. Jalostus ei välttämättä aiheuta merkittävää ilmastokuormaa raaka-aineen tuotantoketjussa (Lehtoranta ym. 2021). Jalostuksella voidaan myös varmistaa materiaalien hygieenisuus ja turvallisuus.

Turvevapaa ruokaketju -hanke on Seinäjoen ammattikorkeakoulun (SEAMK), Luonnonvarakeskuksen (Luke) ja Järviseudun ammatti-instituutin (JAMI) toteuttama ja EU:n JTF-rahastosta osarahoittama hanke, jonka yhtenä tavoitteena oli kehittää turvetta korvaavia ratkaisuja kuiviketutuotantoon. Hankkeessa pyrittiin löytämään turvetta korvaavia ilmastoystävällisiä kuivikemateriaaleja, jotka mahdollistavat turvallisen, eettisen ja kustannustehokkaan eläintuotannon myös tulevaisuudessa. Hankkeen materiaalikartoitustyön tulokset on julkaistu aiemmin (Silvan & Virkkunen (toim.) 2025). Tässä raportissa esitellään laboratoriomittakaavassa tutkittujen potentiaalisten turvetta korvaavien materiaalien kuivikeominaisuuksia. Kuiviketurve oli mukana vertailumateriaalina. Lisäksi käsitellään raaka-aineiden jalostustapoja ja jalostuksen vaikutusta raaka-aineiden kuivikeominaisuuksiin. Lopuksi esitellään tuloksia broilereilla tehdystä kuivikevertailusta, jossa verrattiin 14 erilaista materiaalia kuiviketurpeeseen ja -kutteriin.

## 2. Kokeellisen työn toteutus

### 2.1. Raaka-aineiden valinta ja alkuperä

Kehitettävien kuivikemateriaalien raaka-aineiksi valittiin kymmenen erilaista biomassaa, joissa koettiin hankkeessa tehdyn esiselvityksen perusteella olevan eniten potentiaalia. Useimpia raaka-aineista oli testattu joissain aiemmissa hankkeissa laboratorioissa ja/tai eläimillä, mutta niiden kuivikeominaisuuksissa oli joitain puutteita, joita toivottiin pystyttävän täydentämään ja ratkaisemaan jatkojalostamalla ja/tai seostamalla. Raaka-aineet olivat korsimateriaaleista olki, ruokohelpi, järviruoko, osmankäämi ja hamppu, vihreistä biomassoista nurmi, apila ja säilörehu, ja sivuvirroista nurmen mädätysjäännös sekä kaurankuori.

Materiaaleista osa valmistettiin alusta asti Luonnonvarakeskuksen (Luke) työnä. Olki, nurmi ja apila korjattiin Luken pelloilta Jokioisilta. Ruokohelpi ja järviruoko oli korjattu Luken aiemmissa hankkeissa. Osmankäämi korjattiin Luken Jokioisten kampusta halkovan puron rannasta tammikuussa 2025. Hamppu oli valmista vähittäiskaupasta saatavaa päistärettä (GreenCare), ja kaurankuori oli peräisin A-Rehun kuorintaprosessista Koskenkorvalta sekä Oat Mill Finlandilta. Näistä raaka-aineista valmistettujen materiaalien lisäksi laboratoriomäärityksiin otettiin mukaan tattarin olki, koivunkuori, kahvipavunkuori ja valmis tanskalainen kuiviketuote paju-kompostikuivike. Kahvipavunkuoren toimitti Tampereen paahtimo. Broilereilla tehtyyn kuivikekoekeseen otettiin mukaan myös 0-kuitupohjainen kuivikekuitu.



**Kuva 1.** Materiaaleja kuvina. Vasemmalta ylhäältä lähtien 0-kuitupohjainen kuivikekuitu, tattarin olki ja kaurankuori. Keskellä paperikuitu, hamppu ja jauhettu järviruoko, ja alhaalla ruokohelpi, paju-komposti ja turve-puukuitu-kutteriseos.

## 2.2. Pelletöintikokeiden lähtökohdat

Pelletöintiä varten käytetyt materiaalit hienonnettiin ja niiden kuiva-ainepitoisuus määritettiin. Pelletin halkaisijaksi valittiin 8 mm ja pelletin ominaisuuksille asetettiin tavoitteeksi:

- $>400 \text{ kg/m}^3$  irtotilavuuspaino
- 8–16 mm pituusjakauma
- noin 20 N taittolujuus

Pelletöintiajot aloitettiin kullakin materiaalilla 4:1 puristussuhteen matriisilla ja matriisia vaihdettiin tarvittaessa. Pellettiseoksen kosteutta säädettiin lisäämällä vettä ja juoksevuuutta tarvittaessa lisäämällä rapsiöljyä. Pellettiajojen määrä jouduttiin suhteuttamaan saatavilla olevan materiaalin määrään.

## 2.3. Raaka-ainekohtaiset jatkokäsittelyt

Kokeeseen valittuja raaka-aineita jatkojalostettiin eri tavoin. Yhteenvedo kunkin raaka-aineen jatkojalostus- ja prosessointitavoista sekä kullekin tuotteelle tehdyistä testauksista on esitetty Taulukossa 1. Tarkemmin jatkokäsittelyt on avattu raaka-ainekohtaisesti alla.

**Taulukko 1.** Raaka-aineiden prosessointi- ja jatkokäsittelytavat sekä tuotteiden testaustaso.

Raaka-aine	Jatkojalostus ja prosessointi	Testaus laboratoriossa (L) ja/tai broilereilla (B)
Olki	Seostus rahkasammaleen ja puukuidun kanssa	L, B
	Pelletöinti	L, B
	Silppuaminen	B
	Happosäilöntä	B
Ruokohelppi	Seostaminen osmankäämin kanssa	B
	Pelletöintiprosessin kehittäminen	B
Järviruoko	Pelletöintiprosessin kehittäminen	L
Osmankäämi	Kuivaus, silppuaminen ja jauhatus	L
	Pelletöinti	L
	Seostus ruokohelven kanssa	B
Nurmi	Biojalostamoprosessointi	L
	Biojalostamoprosessointi ja kuivaus	L, B
	Säilöntä, biojalostamoprosessointi ja kuivaus	L, B
Apila	Biojalostamoprosessointi ja kuivaus	L, B
Hamppu	Seostaminen paperikuidun kanssa	L
Mädätysjäännös	Sellaisenaan	L
Kaurankuori	Seostaminen suobiomassan kanssa	L
	Pelletöintiprosessin kehittäminen	L, B

### 2.3.1. Vehnän olki

Vehnän olki korjattiin pyöröpaaleihin, ja tarvittava määrä olkea silputtiin käsin oksasilppurilla noin 3–5 cm pitkäksi silpuksi. Tätä silppua käytettiin broilereilla tehdyssä kuivikekokeessa sellaisenaan.

Happosäilötty olkasilppu saatiin yhteistyötilalta, jossa se oli säilötty laakasiiloon sadonkorjuukaudella 2024. Happosäilötyn oljen hygieeninen laatu varmistettiin (enterokokit, kolimuotoiset bakteerit, salmonella) ennen broilerikokeen aloitusta.

Kokeissa käytettiin kahdenlaista olkipellettiä: laboratoriomäärittelyssä Kronen Premos-laitteistolla pitkistä oljesta tehtyä suurikokoista pellettiä (Kuva 2) ja broilereilla tehdyssä kuivikeko-keessa Baltic Straw:n valmistamaa ja Hankkija Oy:n myymää pienempää kuivikepellettiä.



**Kuva 2.** Kronen Premos-laitteistolla valmistettu olkipelletti.

### **2.3.2. Ruokohelpi**

Materiaali jauhettiin Retsch SM 300 leikkurimyllyllä 10 & 4 mm seuloilla. Seitsemän 1 kg koeerää pelletöitiin Amandus Kahl 14-175 pelletöintilaitteella 4:1 ja 2:1 puristussuhteen matriiseilla apuaineiden kanssa. Massan kosteutta säädettiin vettä lisäämällä ja kitkaa parannettiin rapsiöljyllä.

### **2.3.3. Järviruoko**

Materiaali jauhettiin Retsch SM 300 leikkurimyllyllä 10 & 4 mm seuloilla. Kolme 1 kg näyteerää pelletöitiin Amandus Kahl 14-175 pelletöintilaitteella 4:1 puristussuhteen matriisilla apuaineiden kanssa. Massan kosteutta säädettiin vettä lisäämällä ja kitkaa parannettiin rapsiöljyllä.

### **2.3.4. Osmankäämi**

Osmankäämin korjuun jälkeen varsia ja lehtiä kuivattiin pitkinä korsina huoneenlämmössä puhaltavissa tasokuivureissa harson välissä noin 14 vuorokauden ajan, jonka jälkeen varret silputtiin ensin oksasilppurilla ja sen jälkeen hienonnettiin Retsch SM 300 leikkurimyllyllä 4 mm seulalla. Neljä 1 kg näyteerää pelletöitiin Amandus Kahl 14-175 pelletöintilaitteella 4:1 puristussuhteen matriisilla apuaineiden kanssa. Massan kosteutta säädettiin vettä lisäämällä ja kitkaa parannettiin rapsiöljyllä.

### **2.3.5. Kaurankuori**

Kuusi 1 kg näyte-erää pelletöitiin Amandus Kahl 14-175 pelletöintilaitteella 4:1 puristussuhteen matriisilla apuaineiden kanssa. Suurempi 1 m<sup>3</sup> pellettierä tuotettiin hankeyhteistyössä Ravinteet Rakeiseksi -hankkeen kanssa Biokasvu Oy:n pilottilaitoksen Amandus Kahl 35-780 pelletöintilaitteistolla 3,5:1 puristussuhteen matriisilla.

### **2.3.6. Kahvipavunkuori**

Näytemäärän niukkuudesta johtuen kahvipavunkuorella toteutettiin vain yksi 1 kg pelletöintiajo Amandus Kahl 14-175 pelletöintilaitteella 4:1 puristussuhteen matriisilla.

### **2.3.7. Koivunkuori**

Osana Luken muuta tutkimustoimintaa tuotettu koivunkuoripelletti vaikutti hankkeen näkökulmasta mielenkiintoiselta vaihtoehdolta ja aikaisemmin Luken Biopajan laitteistolla tuotetuista pelleteistä otettiin näytteitä mukaan hankkeen laboratorioanalyysiin.

### **2.3.8. Vihreät biomassat**

Nurmibiojalostamon puristusprosessin sivujakeena saadaan kuituista, hienojakoista materiaalia. Lähtömateriaalina kokeiltiin kahdenlaista nurmea (aikainen ja myöhäinen korjuu), apilaa sekä säilörehua (happosäilötty ~3 kk). Laboratoriomittakaavan prosessissa testattiin yhteensä viittä erilaista puristusprosessimenetelmää kolmelle eri lähtömateriaalille: kahtena eri ajankohtana korjatulle nurmelle sekä apilalle. Standardipuristusmenetelmässä raaka-aine ajettiin läpi ruuvipuristimesta kaksi kertaa. Menetelmässä 2 silputtu raaka-aine sekoitettiin ensin vesimäärän kanssa, joka vastasi määrältään ¼ alkuperäisestä nurmen painosta, jonka jälkeen se ajettiin läpi ruuvipuristimesta. Menetelmässä 3 silputtu raaka-aine sekoitettiin ensin veden kanssa, joka vastasi määrältään ¼ alkuperäisestä nurmen painosta, jonka jälkeen se ajettiin läpi pneumaattisesta puristimesta. Tämän jälkeen kuitujae pestiin kahdesti runsaan veden kanssa (vettä 2× alkuperäinen nurmen tilavuus) ja ajettiin aina pesun jälkeen uudestaan läpi puristimesta. Menetelmässä 4 silputtu raaka-aine ajettiin läpi ruuvipuristimesta, jonka jälkeen neste- ja kuitujae sekoitettiin keskenään ja muodostunut seos ajettiin uudestaan läpi ruuvipuristimesta. Menetelmässä 5 silputtu raaka-aine ajettiin läpi ruuvipuristimesta. Tämän jälkeen kuitujae pestiin kahdesti niukan vesimäärän kanssa, joka vastasi määrältään ¾ alkuperäisestä nurmen painosta ja ajettiin aina pesun jälkeen uudestaan läpi ruuvipuristimesta.

Broilereilla tehtävää kuivikekoetta varten valmistettiin isommat erät kuitujaetta SMICON SP300-ruuvipuristinlaitteistolla ajamalla materiaali puristimesta läpi kolme kertaa. Raaka-aineina käytettiin myöhään korjattua nurmea, apilaa sekä säilörehua. Nurmen ja apilan puristetut kuitujakeet kuivattiin 1–2 vrk tasokuivurissa harson välissä. Säilörehusta puristetusta kuitujakeesta otettiin erikseen kaksi erää, joista toinen kuivattiin kuten nurmen ja apilan kuitujakeet ja toinen säilöttiin uudelleen tynnyriin käyttämällä muurahaishappoa. Uudelleensäilöntä tehtiin, jotta myöhemmin tehtävää broilerikoetta varten saatiin tuoretta materiaalia.

## 2.4. Laboratoriomääritykset

Kuivikemateriaaleista mitattiin kuiva-aine, tilavuuspaino, pH ja vedensidontakyky. Lisäksi tuotettujen pellettien ominaisuuksia määritettiin.

### 2.4.1. Tilavuuspainon määrittäminen

Tilavuuspaino määritettiin käyttämällä 10 litran tilavuusmittaa ja vaakaa. Tilavuusmitta täytettiin tiivistämättä täyteen kuivikemateriaalia, kopautettiin tasoon kolme kertaa, täytettiin uudelleen ja punnittiin. Mittaus toistettiin kolme kertaa ja punnitustulosten keskiarvona laskettiin materiaalin tilavuuspaino ( $\text{kg/m}^3$ ).

### 2.4.2. Kuiva-aineen määrittäminen

Kuivikkeiden kuiva-ainepitoisuus määritettiin kuivaamalla ensin 2 h  $+50^\circ\text{C}$  ja sitten 20 h  $+105^\circ\text{C}$ . Primaarinen kuiva-aine (%) laskettiin materiaalin kuiva-aine jaettuna tuorepainolla kerrottuna sadalla.

### 2.4.3. pH:n mittaaminen

pH mitattiin kuivikemateriaalista tehdystä vesiuutteesta. Vesiuute valmistettiin sekoittamalla 20 g näytettä ja 300 g vettä. Vesiuutetta homogenoitiin sekoittamalla voimakkaasti sekoittajalla  $3 \times 1,5$  min. pH mitattiin pH-mittarilla vesiuutteesta (Mettler Toledo SevenDirect).

### 2.4.4. Nesteensidontakyvyn määrittäminen

Kuivikemateriaalien nesteensidontakyky määritettiin puhtaalla vedellä. Sen oletettiin kuvaavan virtsan ja muiden nesteiden imeytymistä kuivikkeeseen. Jokaista kuivikemateriaalia laitettiin sama tilavuus (yksi litra) vettä läpäisevään pussiin, ja pussi punnittiin. Tämän jälkeen koemateriaaleilla täytetyt pussit laitettiin jokainen omaan astiaansa, johon lisättiin seitsemän kilogrammaa (7 l) vettä. Varmistettiin, että materiaalit pysyvät vedenpinnan alapuolella. Kuivikemateriaaleja liotettiin vedessä vuorokausi. Vuorokauden kuluttua näytepusseja nostettiin astiasta ja vapaan veden annettiin valua 20 minuuttia ennen punnitusta. Myös pelkkä vettä läpäisevä pussi käsiteltiin samalla tavoin kuin kuivikemateriaaleja sisältäneet, jotta siihen pidättyneen veden määrä pystyttiin mittaamaan kuivikemateriaalien nesteensidontakykyä laskettaessa. Nesteensidontakyky laskettiin vähentämällä kuivikemateriaalia sisältäneen pussin liotuksen ja valutuksen jälkeisestä painosta sen paino ennen liotusta, ja siitä edelleen vähennettiin tyhjänä liotetun ja valutetun pussin paino. Kustakin koemateriaalista tehtiin kolme rinnakkaista määrittystä ja tuloksena käytettiin niiden keskiarvoa.

### 2.4.5. Aerobinen stabiilisuus

Nurmibiomassan tuoreita kuitujakeita seurattiin kymmenen vuorokauden ajan pilaantumisen havaitsemiseksi. Vastapuristetusta kuitujakeesta otettiin noin 2,5–3 dl näyte 0,5 litran vetoiseen astiaan kolmena kerranteena. Astia peitettiin kirkkaalla kelmulla, johon tehtiin reikiä hapen kulkeutumisen sallimiseksi. Astiat suojattiin auringonvalolta mustalla muovilla. Kuitujakeen pilaantumista arvioitiin visuaalisesti kerran päivässä ja pilaantumisaste arvioitiin asteikolla 0–3, jossa 0 = ei pilaantumista havaittavissa ja 3 = kauttaaltaan pilaantunut (Kuva 3).



**Kuva 3.** Nurmen kuivajakeen eri pilaantumistasoja. Vasemmalla ylhäällä 0, oikealla ylhäällä 1, vasemmalla alhaalla 2 ja oikealla alhaalla 3.

#### 2.4.6. Pelletin lujuuden määrittäminen

Pellettien lujuutta määritettiin taittolujuuden määrittästyestillä (3-point-bend test) Mecmesin 3 MultiTest 2.5-dV MkII -laitteella. Pelletti asetettiin kahden tukipisteen päälle, jotka oli asetettu pelletin halkaisijaa vastaavalle etäisyydelle toisistaan, tässä tapauksessa 8 mm päähän toisistaan. Pelletti katkasiin keskeltä puristamalla alaspäin ja katkaisemiseen käytetty voima kirjattiin. Näytekohtaisesti toteutettiin kymmenen onnistunutta määrittästyä.

### 2.5. Testaus broilereiden kuivikkeena

Koemateriaaleiksi broilereilla tehtyyn kuivituskokeeseen valittiin 14 erilaista materiaalia: kaurankuoripelletti, kierrätyspaperista valmistettu pelletti, kuivattu nurmen ja apilan kuitujae, tuore ja kuivattu säilörehun kuitujae, 0-kuitupohjainen kuivikekuitu, olkipelletti, ruokohelpipelletti, vehnän olki silputtuna sekä silputtuna ja säilöttynä, osmankäämi-ruokohelpisilppuseos, puukuitu-kutteri-rahkasammalseos sekä tanskalainen pajukompostikuivike. Vertailukuivikkeina mukana olivat lisäksi broilereilla yleisesti tällä hetkellä käytössä olevat kuiviketurve sekä kuivikekutteri.

Kuivikevertailu tehtiin Luken koepaikalla. Kutakin kuivikemateriaalia testattiin 4–5 karsinassa, jotka olivat kooltaan 2 m<sup>2</sup> ja joihin kuhunkin laitettiin kasvamaan 24 untuvikkoa (keskipaino 38 g). Kuivikemateriaaleja levitettiin karsinoihin noin 60 litraa, joka muodosti karsinan pohjalle noin 3 cm:n paksuisen kuivikekerroksen. Poikkeuksena olivat rakeistetut pellettimuotoiset kuivikkeet, joita levitettiin karsinaan noin 30 litraa. Tällöin kuivikekerros juuri ja juuri peitti lattiapinnan. Kuivikkeet levitettiin karsinoihin vuorokautta ennen untuvikkojen saapumista.

Hankkeen osana tehtiin myös tuotantoseurantoja eteläpohjalaisella broileritilalla. Seurantoihin valittiin hankkeen, lihatalon ja sopimustuottajan välisissä keskusteluissa kolme potentiaalista uutta puupohjaista kuivikevaihtoehtoa. Seuranta toteutettiin tilan normaalien tuotantoperiaatteiden mukaisesti vastaavissa kasvatusolosuhteissa ja samoilla kuivikkeen levitysmäärillä kuin turvekuivituksella toimittaessa.

### 2.5.1. Tuotantoparametrit

Kuivikevertailun aikana seurattiin lintujen kasvua ja rehunkulutusta. Jokainen linnuille jaettu rehuerä punnittiin ja paino merkittiin ylös. Linnut punnittiin karsinoittain kokeen alussa, aina rehun vaihtuessa sekä kokeen lopussa. Samalla punnittiin rehuautomaatteihin syömättä jäänyt rehujäännös. Lintujen painon ja rehunkulutuksen perusteella laskettiin rehuhyötysuhde (RHS, kg rehua/kg elopainoa). Kokeen kesto oli 36 päivää, ja se oli jaettu kolmeen rehuvaiheeseen: starttivaihe kattoi kasvatuspäivät 1–10, kasvuvaihe kasvatuspäivät 11–25 ja loppukasvatusvaihe kasvatuspäivät 26–36.

### 2.5.2. Hyvinvointiparametrit

Kokeen aikana kuolleiden ja karsittujen lintujen lukumäärä, arvio kuolinsyystä sekä karsinnan syy merkittiin ylös. Silmämääräisesti tarkkailtiin lintujen käyttäytymistä kuten kylpemistä ja mahdollista kuivikkeen syöntiä. Kasvatusjakson lopussa arvioitiin lintujen höyhenpeitteen puhtaus ja jalkapohjien ihon eheys. Höyhenpeitteen puhtaus pisteytettiin Welfare Quality (WQ) -protokollan mukaan asteikolla 0–3, jossa 0 vastaa puhdasta höyhenpeitettä, luokka 1 vähäistä likaisuutta, luokka 2 paikoin selvää likaisuutta ja luokka 3 erittäin likaista höyhenpeitettä. Jalkapohjien ihotulehduksen vakavuus pisteytettiin vaurion syvyyden ja laajuuden perusteella WQ-protokollan mukaan asteikolla 0–4 ja pisteet muunnettiin 3-portaiselle asteikolle yhdistämällä luokat 1 ja 2 (=2) ja luokat 3 ja 4 (=3). Luokka 0 vastaa tervettä jalkapohjaa, luokka 1 lieviä pinnallisia tulehdusmuutoksia ja luokka 2 syvää tulehdusmuutosta. Jokaisesta karsinasta arvioitiin yhteensä kahdeksan lintua, joista neljä oli kanoja ja neljä kukkoja.

Jalkapohjapisteistä laskettiin myös parvikohtainen FPD (foot pad dermatitis) -indeksi seuraavalla laskukaavalla:

$$\text{FPD-indeksi} = [100 \times (0 \times \text{jalkapohjien lkm luokassa 0} + 0.5 \times \text{jalkapohjien lkm luokassa 1} + 2 \times \text{jalkapohjien lkm luokassa 2})] / (\text{arvioitujen jalkapohjien kokonaislkm}).$$

Indeksissä alle 20 pistettä vastaa erinomaista jalkapohjaterveyttä, alle 40 pistettä indikoi hyvää jalkapohjaterveyttä, 40–80 pistettä kertoo havaituista tulehdusmuutoksista jalkapohjissa ja yli 80 pistettä voimakkaista tulehdusmuutoksista. Teurastamalla havaittu 80 pistettä ylittävä indeksiluku johtaa tarkastuseläinlääkärin ilmoitukseen tuottajalle ja aluehallintovirastolle toimenpiteitä varten (ETT ry).

## 3. Kokeellisen työn tulokset

### 3.1. Pelletöityjen tuotteiden valmistus ja ominaisuudet

#### 3.1.1. Materiaalien pelletitöitävyys

Osmankäämi, järviruoko ja ruokohelpi olivat sellaisenaan haastavia materiaaleja pelletöidä. Vaikka kosteus säädettiin pelletöinnin ylärajalle (15 %) nämä materiaalit aiheuttivat tukkeutumista ja huomattavaa rasitusta laitteelle. Rapsiöljyn lisäys auttoi tilanteeseen ja osmankäämi pelletöityi onnistuneesti 10 %, järviruoko 5 % ja ruokohelpi 5 % rapsiöljyseoksella. Kaurankuoren pelletöinnissä haasteena ei ollut kovuus ja tukkeutuminen, vaan pelletin muodostuminen. Tämä onnistui kosteutta lisäämällä ja parhaiten tavoitteita vastaava lopputulos saavutettiin säätämällä kosteus 14 %:iin. Kahvipavunkuoren pelletöinti onnistui ensimmäisellä yrittämällä säätäen kosteus 15 %:iin, mutta materiaalin vähyyden vuoksi koeajot jäivät yhteen.

#### 3.1.2. Kuivikepellettien aistinvarainen laatu

Tuotetut pellettierät poikkesivat toisistaan ulkoisesti (Kuva 4). Osa pelleteistä (osmankäämi) oli myös huomattavasti pölyävämpiä kuin toiset (ruokohelpi). Toiset pelletit olivat sormituntumalta hyvin kevyitä ja hauraita (kaurankuori) ja toiset lujia ja tiiviitä (ruokohelpi). Näiden tuosten ja saatavilla olevien materiaalimäärien perusteella tuotetuista pelleteistä broilerikokeeseen valikoitui kaurankuoripelletti.



**Kuva 4.** Tuotetut kuivikepelletit poikkesivat toisistaan ulkoisesti. Kuvan pelletit järjestyksessä vasemmalta ylhäältä alkaen: järviruoko, osmankäämi ja kaurankuori, sekä alarivissä vasemmalta alkaen ruokohelpi, koivunkuori ja kahvipavunkuori.

### 3.1.3. Kuivikepellettien lujuus

Hankkeessa tuotetuista potentiaalisimmista sekä broilerikokeisiin valikoiduista kaupallisista pellettikuivikkeista määritettiin taittolujuudet. Näiden mittausten tulokset on esitetty Taulukossa 2. Taittolujuuden osalta kaupalliset tuotteet olkipelletti ja kierrätyspaperipelletti ovat huomattavasti lujempia kuin hankkeessa tuotetut ruokohelpi- ja kaurankuoripelletit. Tätä eroa selittää ennen pelletöintiä asetettu tavoite tuottaa suhteellisen pehmeää pellettiä, joka pysyy koossa, mutta hajoaisi helpommin kevyiden lintujen alla. Ruokohelven osalta hankkeesakin tuotettu pelletti jäi lujaksi. Olkipelletti oli testatuista pelleteistä selvästi kovin (83,6 N) ja kaurankuoripelletti pehmein (11,2 N).

**Taulukko 2.** Kuivikepellettien taittolujuus.

Materiaali	Taittolujuus, N
Kaurankuoripelletti	11,2 ± 3,4
Kierrätyspaperipelletti	45,6 ± 21,7
Olkipelletti	83,6 ± 34,7
Osmankäämpelletti	19,4 ± 12,8
Ruokohelpipelletti	47,3 ± 16,3

## 3.2. Laboratoriomääritykset

### 3.2.1. Tilavuuspaino

Tilavuuspainon mittauksella määritetään materiaalien paino tilavuusmittaa kohti. Yleensä käytetään mittana kilogrammoja kuutiometriä kohti ( $\text{kg/m}^3$ ). Tilavuuspainon suuruuteen vaikuttavat etenkin materiaalin olomuoto, hienojakoisuus sekä kosteus. Esimerkiksi pitkäkortinen kuiva olki on huomattavasti kevyempää kuin märkä hienojakoinen hiekka samassa tilavuudessa. Taulukossa 3 on esitetty koemateriaalien tilavuuspainot kilogrammoina kuutiota kohti. Materiaalikuution painotieto auttaa hahmottamaan mm. materiaalin varasto- ja kuljetustilantarvetta.

Tilavuuspainot vaihtelivat koemateriaaleissa  $40\text{--}590 \text{ kg/m}^3$  välillä (Taulukko 3). Materiaalien välinen vaihtelu oli siis suurta. Painavimpia olivat pellettimuotiset materiaalit, joiden tilavuuspaino vaihteli  $470\text{--}590 \text{ kg/m}^3$  välillä ja kevyimpiä kuivatut nurmipohjaiset materiaalit ( $40\text{--}50 \text{ kg/m}^3$ ), paperikuitu ( $50 \text{ kg/m}^3$ ) sekä tattarin olki ( $40 \text{ kg/m}^3$ ).

Kuivämädätysprosessin nurmiperäinen jäännös otettiin mukaan laboratoriomittauksiin ajatuksena sen potentiaalin selvittäminen kuivikemateriaalina. Mädätysjäännöksen kuiva-ainepitoisuus oli kuitenkin vain 25 %, joten sen testaamista ei jatkettu. Materiaali vaatisi esimerkiksi separoinnin kosteuspitoisuuden laskemiseksi ennen varsinaista kuivikekäyttöä.

**Taulukko 3.** Eri kuivikemateriaalien ja materiaaliseosten ominaisuuksia.

Materiaali	Kuiva-aine, %	Tilavuuspaino, kg/m <sup>3</sup>	pH
Turve	54	140	4,0
Osmankäämisilppu	90	110	6,6
Osmankäämpelletti	91	-	6,5
Järviruokosilppu, hieno	92	170	6,2
Järviruokopelletti	94	480	6,1
Puukuitu-kutteri-sammal	55	96	4,9
Puukuitu-sammal	49	117	4,7
Puukuitu-sammal-kutteri	34	77	4,9
Turve-puukuitu-kutteri	65	146	4,2
Olkipelletti, Krone	88	476	7,2
Koivunkuoripelletti	93	-	6,9
Kaurankuoripelletti	89	470	7,8
Pajukompostikuivike	44	288	6,6
Nurmimädäte	25	323	9,0
Kierrätyspaperikuitu	92	50	8,2
Kierrätyspaperipelletti	91	582	8,1
Tattarin olki, silputtu	89	40	7,2
Suobiomassa, kuivattu	88	100	4,2
Suobiomassa-tattarinolki	87	75	4,5
Suobiomassa-hamppu	87	85	4,6
Suobiomassa-kaurankuori	89	100	4,9
Paperikuitu-hamppu	87	60	7,2
Kahvipavunkuori	89	90	-
Kuivattu nurmikuitujae	91	40	6,5
Kuivattu apilakuitujae	90	50	5,7
Kuivattu säilörehukuitujae	90	45	4,2

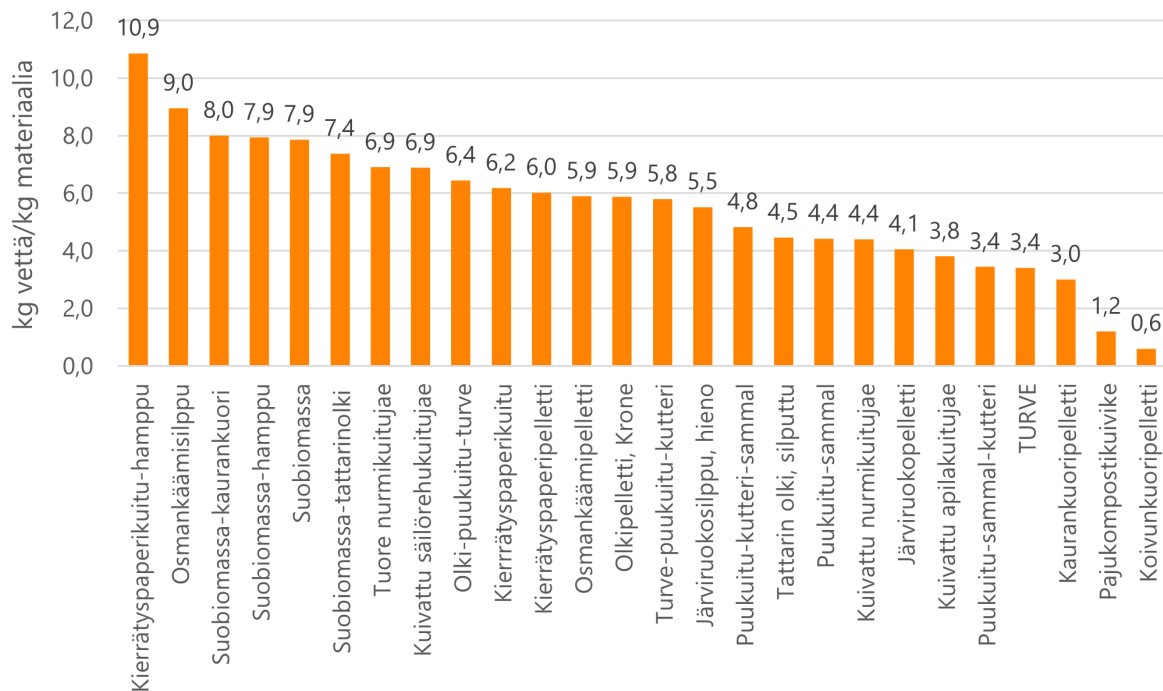
### 3.2.2. pH

Kuivikemateriaalien pH vaihteli turpeen 4,0 ja nurmimädätteen 9,0 välillä. Suurin osa materiaaleista asettui välille 4,2–7,2 (Taulukko 3). Happamimpia olivat turvetta, sammalta ja suobiomassaa sisältävät materiaaliseokset, kun taas paperipohjaiset materiaalit olivat hiukan emäksisiä.

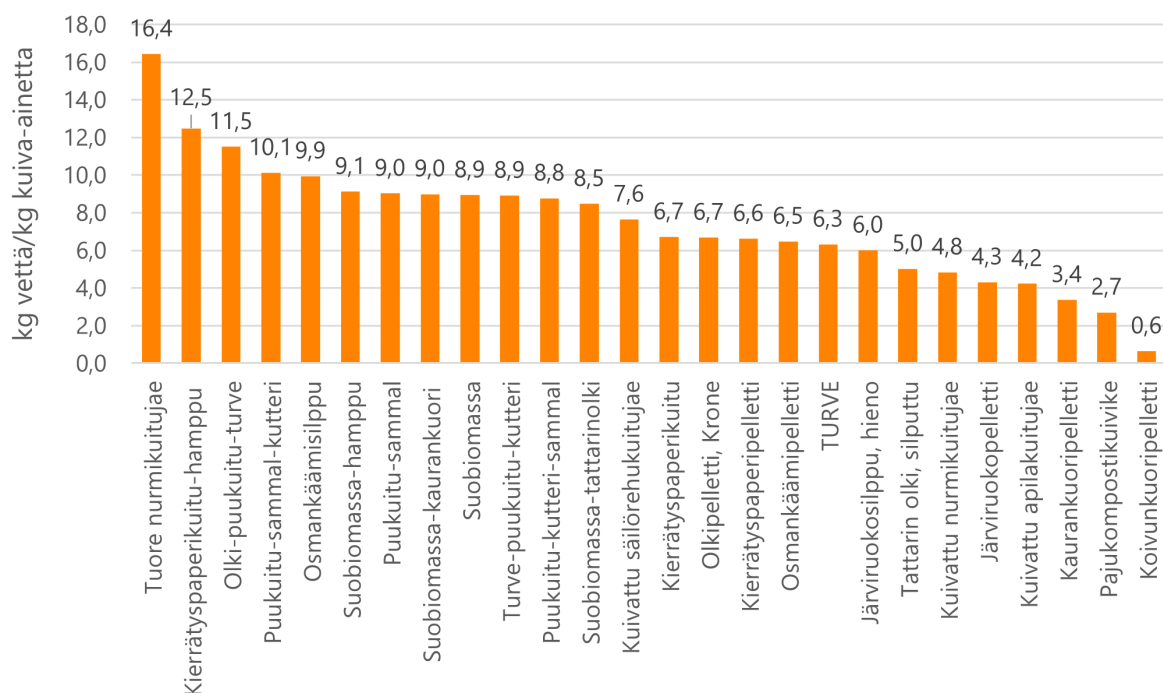
### 3.2.3. Nesteensidontakyky

Nesteensidontakyky vaihteli koemateriaaleissa 0,6–10,86 kg vettä/kg kuivikemateriaalia välillä, kun tarkasteltiin sidontakykyä tuoretta kuivikemateriaalia kohti (Kuva 5). Vaihtelu materiaalien välillä oli siis suurta. Eniten vettä sitoi paperikuitu-hamppuseos (10,9 kg vettä/kg materiaalia) ja vähiten koivunkuoripelletti (0,6 kg vettä/kg materiaalia). Nesteensidontakyky voidaan laskea myös materiaalin kuiva-ainekiloja kohti, jolloin laskennassa huomioidaan se, että materiaalit ovat kosteuspitoisuudeltaan erilaisia ja samankin materiaalin kosteuspitoisuus voi vaihdella eräkohtaisesti. Kuiva-ainekiloja kohti laskettu nesteensidontakyky on esitetty kuvassa 6. Kuiva-ainetta kohti laskettuna suurin nesteensidontakyky oli tuoreella nurmikuitujakeella (16,4 kg vettä/kg ka) ja heikoin jälleen koivunkuoripelletillä (0,6 kg vettä/kg ka). Kun tarkasteltiin nesteensidontakykyä tilavuusmittaa kohti, suurin sidontakyky oli paperipelletillä, joka sitoi

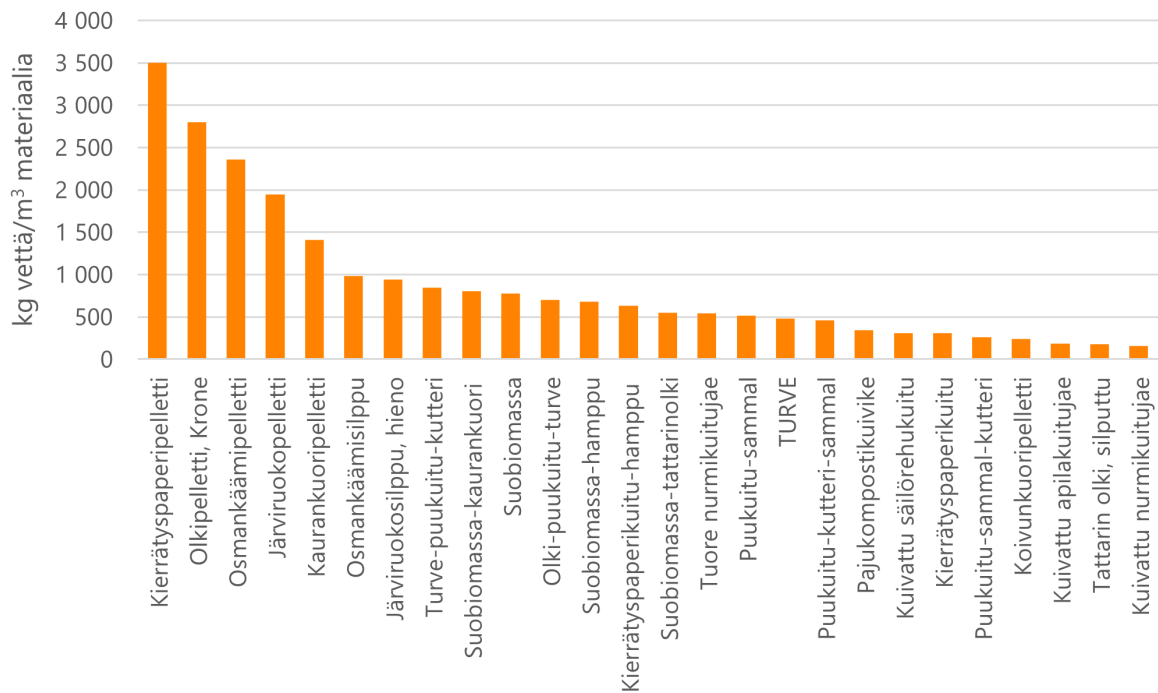
nestettä 3 504 kg/m<sup>3</sup> kohti ja pienin kuivatulla nurmikuitujakeella, joka sitoi nestettä 158 kg/m<sup>3</sup> kohti (Kuva 7). Tämä tarkoittaa, että näitä materiaaleja tarvittaisiin käytännössä kuivittamiseen hyvin erilaiset määrät saman imukyvyyn saavuttamiseksi. Pellettimuotoisten materiaalien korkeat nesteensidontakykyluvut kuutiota kohti selittyvät niiden korkeilla tilavuuspainoilla, mutta myös toisaalta niiden hyvillä nesteensidontaominaisuuksilla.



**Kuva 5.** Materiaalien nesteensidontakyky esitettynä suurimmasta pienimpään. Yksikkönä kg vettä/kg tuotetta materiaalia.



**Kuva 6.** Materiaalien nesteensidontakyky kuiva-ainekiloja kohti (kg vettä/kg kuiva-ainetta) esitettynä suurimmasta pienimpään.



**Kuva 7.** Materiaalien nesteensidontakyky tilavuusyksikköä kohti (kg vettä/m<sup>3</sup> materiaalia) esitettyä suurimmasta pienimpään.

### 3.3. Vihreiden biomassojen ominaisuudet

#### 3.3.1. Kuitujakeen saanto

Vihreitä biomassoja valmistettiin pienet erät laboratoriomäärytyksiä varten eri menetelmiä käyttäen sekä isommat erät broilereilla tehtyä testausta varten. Pienten erien valmistuksen yhteydessä tutkittiin myös lähtömateriaalin korjuuajan sekä käytetyn puristusmenetelmän vaikutusta kuitujakeen saantoon, kuiva-aineeseen sekä nesteensidontakykyyn. Lähtömateriaalina olleen tuoreen nurmen kuiva-ainepitoisuus oli noin 16 %. Aikainen korjuu suoritettiin kesäkuussa juhannusta edeltävällä viikolla ja myöhäinen korjuu elokuun puolen välin jälkeen.

**Taulukko 4.** Nurmibiomassasta puristetun kuitujakeen saannot eri menetelmillä.

Materiaali	Menetelmä	Tuoresaanto, %	Kuiva-ainesaanto, %
Tuore nurmi, aikainen korjuu	1	29	12
	2	23	10
	3	56	11
	4	25	11
	5	35	11

Puristusmenetelmän vaikutusta kuitujakeen saantoon tutkittiin käyttämällä lähtömateriaalina aikaisin korjattua nurmea. Tutkituista puristusmenetelmistä selvästi paras kokonaissaanto (56 %) saatiin menetelmällä 3, jossa kuitujae erotettiin puristamalla kahdesti pneumaattisella puristimella (ks. kohta 2.3.8). Toiseksi paras kokonaissaanto (35 %) saatiin menetelmällä 5, jossa käytettiin sekä pneumaattista puristinta että ruuvipuristinta (ks. kohta 2.3.8).

Menetelmillä 1, 2 ja 4 kokonaissaanto oli 23–29 % (Taulukko 4). Kun saanto laskettiin eristetyn kuivajakeen kuiva-ainetta kohti, erot menetelmien välillä kuitenkin pienuivat ja saanto oli kaikilla menetelmillä 10–12 % (Taulukko 4).

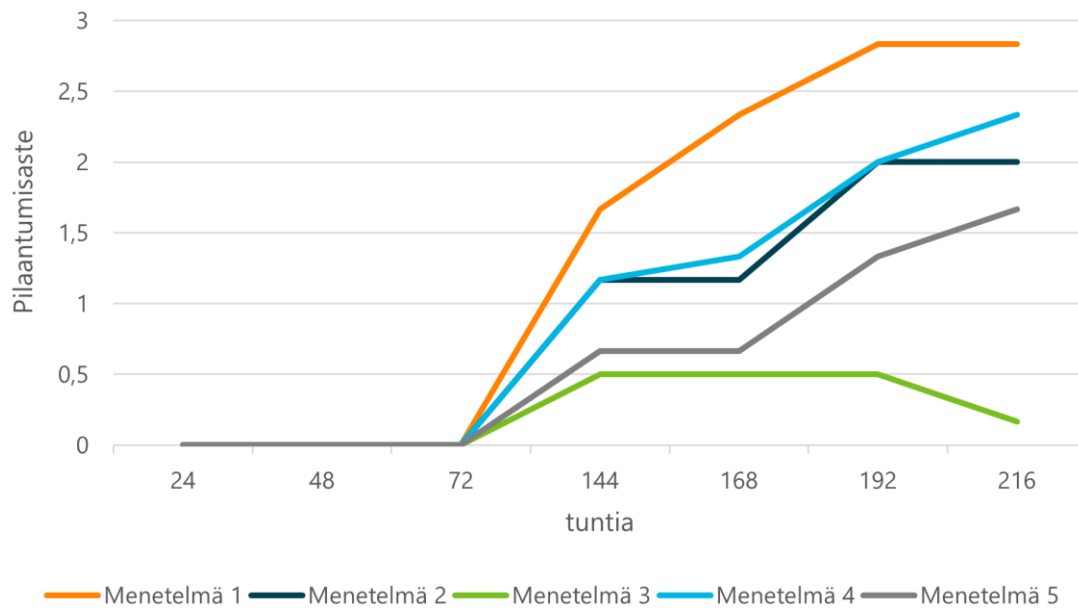
Valmistettujen erilaisten nurmikuitujakeiden kuivikeominaisuuksia määritettiin laboratoriossa ja ne on esitetty Taulukossa 5. Myöhään korjatun nurmen oletettiin olevan kortisempaan ja siten siitä saatavan kuitujakeen olevan erilaista aikaisemmin korjattuun nurmeen verrattuna. Kuiva-aineeltaan myöhemmin korjatusta nurmesta puristetut kuivajakeet olivat jonkun verran korkeampia menetelmällä 5 valmistettua jätettä lukuun ottamatta (Taulukko 5). pH määritettiin vain aikaisen korjuun nurmesta tehdyistä materiaaleista ja se oli kaikissa kuitujakeissa välillä 6,1–6,6 eli hiukan happaman puolella. Nesteensidontakyky oli aikaisen korjuun nurmesta puristetuilla materiaaleilla parempi kuin myöhäisen korjuun materiaaleilla menetelmien 1 ja 2 osalta, kun taas myöhäisen korjuun nurmesta puristetuilla materiaaleilla nesteensidontakyky oli parempi menetelmien 3 ja 5 osalta. Kun nesteensidontakykyä tarkasteltiin kuiva-ainekiloja kohti, ainoa myöhäisen korjuun nurmesta valmistettu kuitujae, jolla oli aikaisin korjattua nurmea parempi nesteensidontakyky, oli menetelmällä 5 valmistettu kuitujae (Taulukko 5). Yleisesti ottaen kuitujakeilla oli hyvä tai erinomainen nesteensidontakyky (Kuvat 4–6).

**Taulukko 5.** Vihreistä biomassoista puristettujen kuivajakeiden kuivikeominaisuuksia.

Materiaali	Menetelmä	Kuiva- aine, %	pH	Nesteensidontakyky, kg vettä/kg materiaalia	Nesteensidontakyky, kg vettä/kg kuiva-ainetta
Tuore nurmi, aikainen korjuu	1	42	6,1	6,9	16,4
	2	42	6,3	7,3	17,3
	3	19	6,6	3,1	17,4
	4	46	6,3	6,0	13,0
	5	31	6,4	3,9	12,6
Tuore nurmi, myöhäinen korjuu	1	49	-	6,3	12,9
	2	47	-	6,6	14,0
	3	28	-	3,9	13,9
	5	30	-	5,3	17,8

### 3.3.2. Nurmibiomassan aerobinen stabiilisuus

Nurmikuitujakeen aerobista stabiilisuutta eli pilaantumista seurattiin kymmenen päivän ajan. Seurannan tulokset on esitetty kuvaajina Kuvassa 8. Menetelmissä havaittiin jonkin verran eroja: ns. standardimenetelmällä puristettu kuitujae pilaantui suhteellisen lineaarisesti ajan suhteen, ja viikon kuluttua näytteet olivat jo lähes kauttaaltaan pilaantuneet. Menetelmällä 3 puristetussa kuitujakeessa ei taas juurikaan havaittu pilaantumista edes seurannan lopussa.

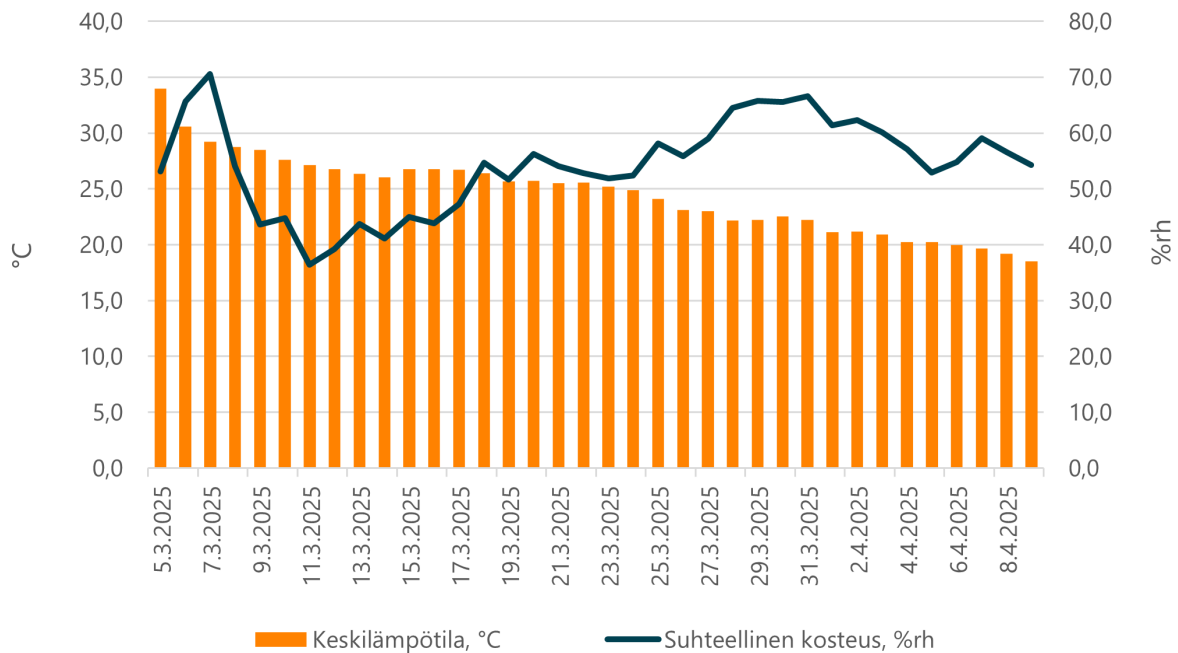


**Kuva 8.** Nurmikuitujakeiden aerobinen stabiilisuus ajan funktiona.

### 3.4. Kuiviketestausta broilereilla

#### 3.4.1. Kasvatusolosuhteet

Kasvatusolosuhteissa oli kokeen aikana haasteita ilmanvaihdon tason ja sopivan kosteuden ylläpidon kanssa. Kokeen alussa lämpötila ja suhteellinen ilmankosteus olivat eläinaineksen jalostajan suosituksen mukaiset eli reilut 30°C ja 60–70 % (Aviagen, 2025). Jalostajan suositusten mukaan ilmankosteuden tulisi ensimmäisten päivien korkeamman tason jälkeen olla noin 50 %. Kasvatusolosuhteissa suhteellinen ilmankosteus oli alkukasvatuksen ajan 40–50 %, mutta pääsi nousemaan kasvatuspäivänä 23 yli 60 %, jossa se pysyi viikon ajan (Kuva 9). Tämän jälkeenkin kosteus pysyi suhteellisen korkealla ollen reilusti yli 50 %. Syynä tapahtuneeseen oli todennäköisesti ilmanvaihdon hidas reagointi ulkolämpötilan nopeaan nousuun kyseisenä ajankohtana (vrt. Liite 1). Tämä aiheutti kuivikemateriaaleille lisäpainetta, ja monet materiaaleista vettyivät. Tässä kasvatuksen vaiheessa linnut ovat jo suhteellisen suuria ja siten erityisen alttiita jalkapohjien ihon tulehdusmuutoksille. Tilannetta pyrittiin korjaamaan vaihtamalla osa kuivikemateriaalista erityisen pahoin vettyneiden materiaalien eli apila-, nurmi- ja säilörehukuitujakeen osalta. Myös 0-kuitupohjaista kuiviketta lisättiin karsinoiniin. Kuitujakeilla kuivitetuihin karsinoiniin kuiviketta lisättiin 20 litraa/karsina eli noin kolmasosa alkuperäisestä karsinaan laitetusta kuivikemäärästä ja 0-kuitupohjaisella kuivikkeella kuivitetuihin karsinoiniin 10 litraa/karsina.



**Kuva 9.** Kasvatusosaston keskilämpötila ja ilman suhteellinen kosteus kasvatuksen aikana.

### 3.4.2. Tuotantoparametrit

Eri kuivikemateriaaleilla kasvaneiden lintujen tuotantoparametreissa havaittiin joitain eroja (Taulukko 6, Liite 2). Taulukon kirjaimet kertovat tilastollisesti merkitsevistä eroista saman sarakkeen sisällä eli eri kirjaimella merkittyjen lukujen välillä on tilastollisesti merkitsevä ero ( $p < 0,05$ ). Tarkasteltaessa koko kasvatusjaksoa tilastollisesti merkitseviä eroja havaittiin loppuelopainossa ja päiväkasvussa sekä rehunkulutuksessa turpeen ja olkisilpun välillä. Painoltaan suurimmat linnut olivat kasvaneet turpeella ja pienimmät olkisilpulla, mikä näkyi myös erona päiväkasvussa. Kaurankuoripelletillä ja olkisilpulla kasvaneiden lintujen rehunkulutus oli pienempi kuin muilla kuivikkeilla kasvaneilla linnuilla (Taulukko 6). Kaurankuoripelletillä kasvaneiden lintujen havaittiin syöväen kuivikepellettejä, mikä todennäköisesti vaikutti vähentävästi rehunkulutukseen. Kasvuun tämä ei kuitenkaan vaikuttanut kuin alkukasvatusvaiheessa, jonka päättyessä kaurankuoripelletillä kasvaneet linnut olivat pienempiä kuin useimmilla muilla kuivikkeilla kasvaneet linnut (Liite 2). Rehuhyötysuhteessa ei havaittu eroja kuivikkeiden välillä vaan pienempi elopaino oli suoraan yhteydessä heikompaan syöntiin.

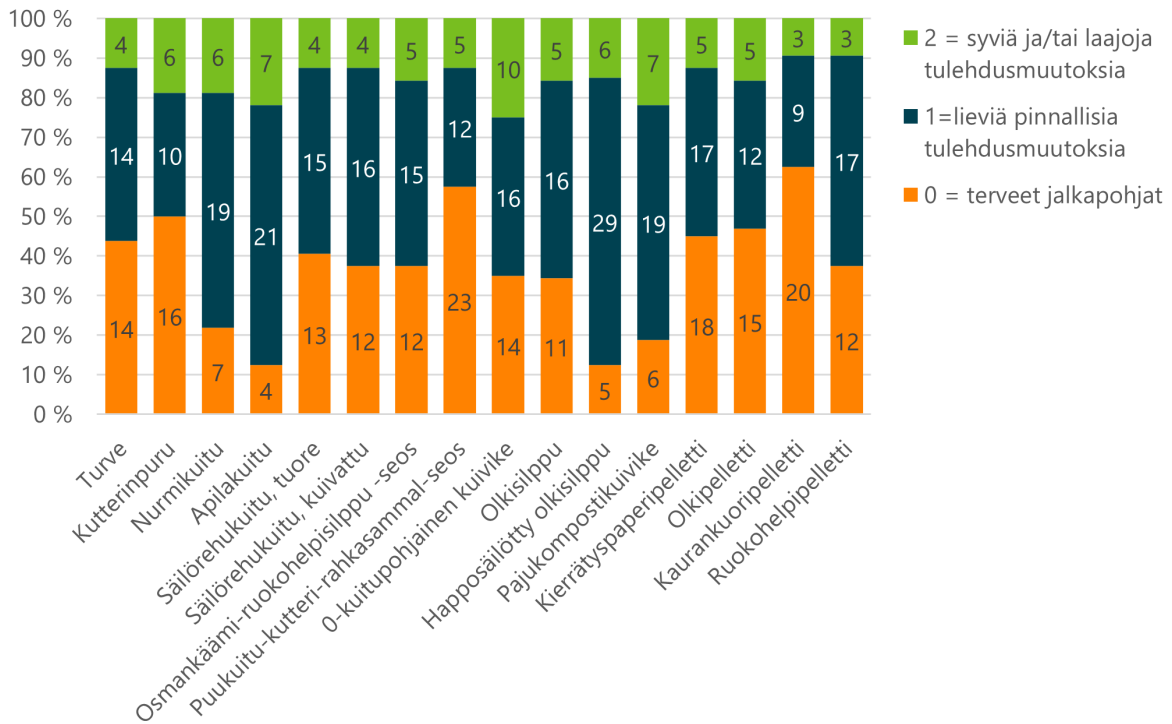
**Taulukko 6.** Broilerikokeen tuotantotulokset koko kasvatuksen ajalta eri kuivikkeilla.

Kuivikemateriaali	Loppuelopaino, g <sup>1</sup>	Päiväkasvu, g/pvä <sup>1</sup>	Rehunkulutus, g/pvä <sup>1</sup>	RMS, kg rehua/kg elopainon kasvua
Turve	2 270a	61,7a	95,0a	1,54
Kutterinpuru	2 073ab	55,7ab	87,1abc	1,57
Nurmikuitujae, kuivattu	2 179ab	58,6ab	91,1abc	1,56
Apilakuitujae, kuivattu	2 082ab	56,4ab	87,5abc	1,55
Säilörehukuitujae, tuore	2 102ab	55,3ab	86,9abc	1,57
Säilörehukuitujae, kuivattu	2 165ab	58,7ab	91,1abc	1,55
Osmankäämi-ruokohelpisilppuseos	2 115ab	56,7ab	88,3abc	1,56
Puukuitu-kutteri-rahkasammalseos	2 139ab	56,9ab	88,8abc	1,56
Nollakuitupohjainen kuivike	2 144ab	56,9ab	89,4abc	1,57
Olkisilppu	1 989b	52,2b	82,9bc	1,59
Happosäilötty olkisilppu	2 108ab	56,1ab	87,6abc	1,56
Pajukompostikuivike	2 139ab	57,8ab	90,6abc	1,57
Kierrätyspaperipelletti	2 231ab	59,7ab	93,7ab	1,57
Olkipelletti	2 172ab	59,1ab	91,7abc	1,55
Kaurankuoripelletti	2 012ab	53,3ab	82,0c	1,54
Ruokohelpipelletti	2 246ab	59,8ab	94,3ab	1,58
SEM (pooled SEM, olettaen n=4)	55,0	1,68	2,31	0,0214
p-arvo	<0,05	<0,05	<0,01	ns.

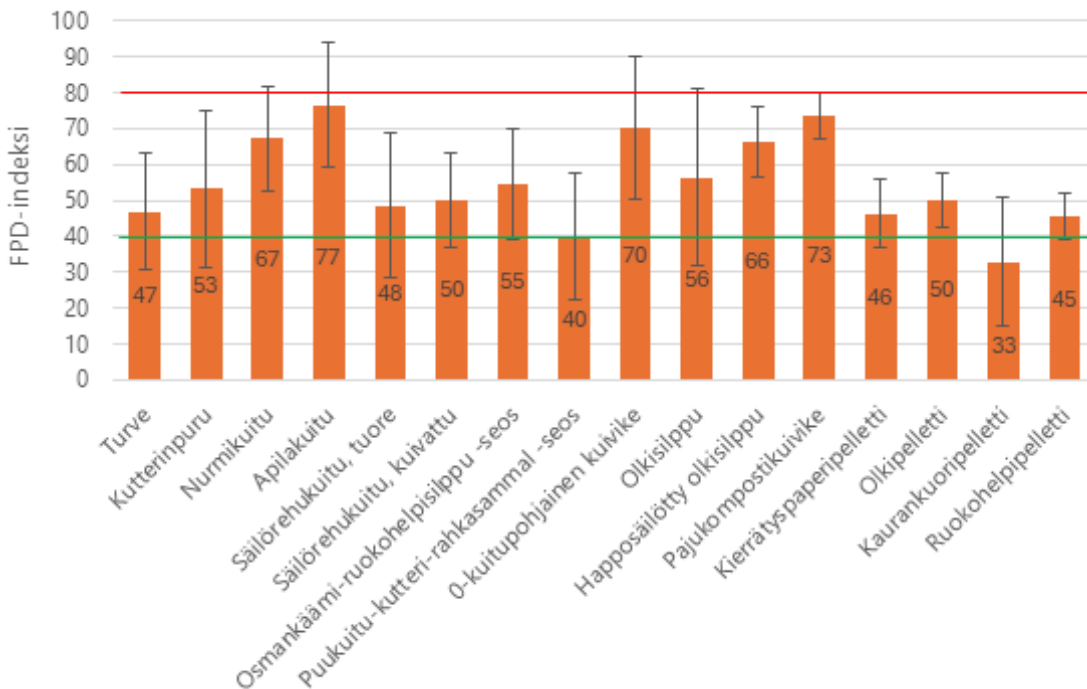
<sup>1</sup> Sarakkeen sisällä luvut, joilla on eri kirjain, eroavat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan.

### 3.4.3. Jalkapohjaterveys

Olosuhteiden hallinnan haasteiden vuoksi lintujen jalkapohjissa havaittiin huomattavasti normaalia enemmän ihon tulehdusmuutoksia myös turvekuivituksella kasvaneilla linnuilla (Kuvat 10 ja 11). Tästä huolimatta niin jalkapohjien terveydessä kuin höyhenpeitteen puhtaudessa nähtiin eroja eri kuivikemateriaaleilla kasvaneiden lintujen välillä. Terveimmät jalkapohjat olivat kaurankuoripelletillä ja puukuitu-kutteri-rahkasammalseoksella kasvaneilla linnuilla, ja ne olivat myös ainoat testatuista kuivikkeista, joiden jalkapohjaindeksi jäi alle 40 pisteen (Kuva 11). Jalkapohjaterveys oli kohtuullinen myös turpeella, olki- ja ruokohelpipelletillä, kierrätyspaperipelletillä sekä kuivatulla ja tuoreella säilörehukuidulla kasvaneilla linnuilla, joilla jalkapohjaindeksi oli 40–50 pistettä. Heikoimmat jalkapohjapisteet olivat linnuilla, jotka kasvoivat apilankuitujakeella tai pajukompostilla. Näiden kahden kuivikkeen osalta jalkapohjaindeksi oli lähellä 80 pistettä, mikä kertoo voimakkaista havaituista tulehdusmuutoksista (Kuva 11). Myös nurmikuidulla, happosäilötyllä oljella ja 0-kuitupohjaisella kuivikkeella kasvaneilla linnuilla oli selvästi heikentynyt jalkapohjaterveys.



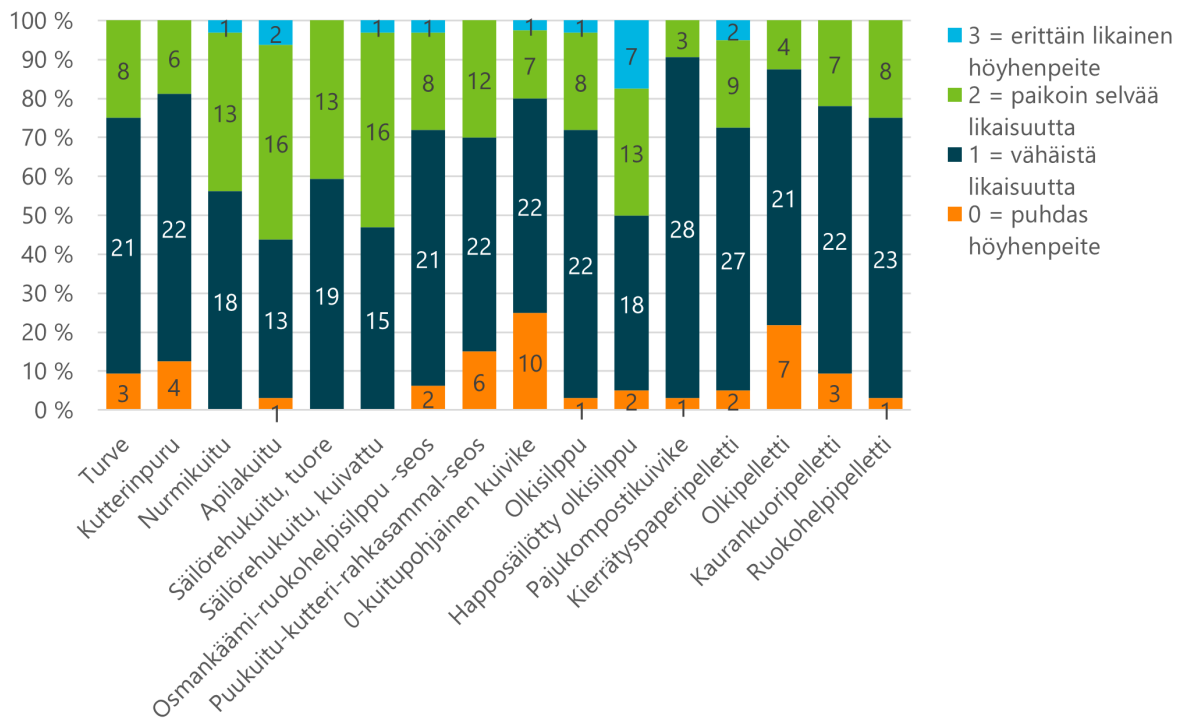
**Kuva 10.** Eri kuivikkeilla kasvaneiden lintujen jalkapohjapisteiden jakauma.



**Kuva 11.** Jalkapohjapisteistä laskettu FPD-indeksi eri kuivikkeilla kasvaneille linnuille. Kuvaan on merkitty hyvän indeksin raja 40 vihreällä ja huomautusraja 80 punaisella.

### 3.4.4. Höyhenpeitteen puhtaus

Olosuhteiden haastavuus kasvatushallissa heijastui myös lintujen höyhenpeitteen puhtauteen, mikä näkyi puhtaiden höyhenpeitteiden vähäisenä määränä vertailussa (Kuva 12). Vertailussa menestyivät parhaiten olkipelletti ja 0-kuitupohjainen kuivike (Kuva 12). Näillä kuivikkeilla kaikkien arvioitujen höyhenpeitteiden pisteiden keskiarvo jäi alle yhden. Hyvin vertailussa pärjäsivät myös kutterinpuru ja pajukomposti sekä turve, kaurankuoripelletti ja puukuitu-kutteri-rahkasammalseos. Likaisimmat linnut olivat kasvaneet happosäilötyllä oljella, apilan kuitujakeella tai kuivatulla säilörehun kuitujakeella. Likaisia olivat myös nurmikuitujakeella ja tuoreella säilörehun kuitujakeella kasvaneet linnut.



**Kuva 12.** Eri kuivikkeilla kasvaneiden lintujen höyhenpeitteen puhtauden pistejakauma.

### 3.4.5. Tilaseurantojen tuloksia

Tilaseurannoissa kaksi kuiviketestauksista jouduttiin keskeyttämään kuivikkeen liiallisen vettyneisyyden ja kuorettumisen vuoksi lisäämällä kasvatustilaan kuivikekutteria, ja vain yksi kuivikkeista, kierrätyspaperipelletti, onnistuttiin tekemään seurannan loppuun asti. Taulukossa 7 on esitetty tulokset kierrätyspaperipelletin osalta sekä vertailuna tilan keskimääräiset tuotantotulokset, kun kuivikkeena on ollut turve. Vertailuarvot laskettiin käyttämällä tuotantotuloksia edellisen yhdeksän kuukauden osalta samasta ja toisesta samanlaisesta ja -kokoisesta kasvatustamon osastosta. On huomioitava, että vertailutiedot on laskettu usean parven keskiarvona, kun taas koekuivikkeen osalta esitetään vain yhden parven tiedot. Teuraspainossa ja päiväkasvussa ei ollut juurikaan eroa kuivikkeiden välillä, mutta jalkapohjaindeksi oli heikompi kierrätyspaperipelletillä kasvaneella parvella. Indeksit olivat kuitenkin selvästi alle 20 pistettä eli parven jalkapohjaterveys oli erinomainen (Taulukko 7). Karsinnan tai teurashylkäyksen syissä ei myöskään havaittu eroja kuivikkeiden välillä.

**Taulukko 7.** Tuotantoparametrit tilaseurannasta. Vertailuna keskimääräiset tulokset turvekui-  
vituksella yhdeksän kuukauden osalta samasta ja toisesta samanlaisesta ja -kokoisesta kasvat-  
tamon osastosta.

	Turve, keskiarvo	Kierrätyspaperipelletti
Teuraspaino, kg	1,80	1,81
Kasvatusaika, päivä	36,8	36,1
Päiväkasvu, g	49,0	50,2
Jalkapohjapisteet	5,55	11,5
Poistuma, %	3,28	2,09
Hylkäykset, %	2,52	2,29

## 4. Yhteenveto

Hankkeessa määritettiin useiden kuivikemateriaalien ominaisuuksia erilaisin kokein ja mitauksin. Eräitä keskeisiä määrittämiä ovat materiaalin kuiva-aine sekä tilavuuspaino. Materiaalin kuiva-ainepitoisuus on yhteydessä sen vedensidontakykyyn ja se vaikuttaa myös materiaalin tilavuuspainoon. Tilavuuspaino taas kertoo materiaalin käsiteltävyydestä: kuinka painavaa se on kuljettaa ja liikutella ja kuinka paljon se vaatii tilaa niin kuljetuksessa kuin varastoinnissa. Materiaaleista mitattiin myös pH vesiuuton avulla. pH kertoo osittain materiaalien antimikrobisuudesta: mm. turpeen matala pH estää tehokkaasti haitallisten mikrobien kasvua. Kuivikemateriaalin tehtävä on nimensä mukaisesti huolehtia makuualustan kuivuudesta, joten materiaalin kyky sitoa ja pidättää nesteitä kuten virtsaa ja eläinsuojan kosteutta on yksi tärkeimmistä kuivikemateriaalien ominaisuuksista. Vedensidontakäytännöllä määritetään materiaalien kykyä sitoa itseensä vettä. Nesteen sitoutumiseen materiaaliin vaikuttaa imeytymispinnan määrä sekä se, hylkiikö materiaali nestettä. Raportin tuloksissa on esitetty kuivikemateriaalien nesteensidontakäytännöllä kolmella eri laskentatavalla: tuore- ja kuiva-ainekilogrammaa kohti sekä kuutiota tuoretta kuivikemateriaalia kohti. Esitystavoista nesteensidontakäytännöllä materiaali kuutiota kohti ilmaisee materiaalitarpeen tietyn nesteensidontakapasiteetin saavuttamiseksi tilavuusmittana ja antaa siten käsityksen käyttömäärästä ja varastointitarpeista.

Seuraavissa kappaleissa on lyhyesti vedetty yhteen raaka-ainekohtaisesti tämän raportin eri osioissa esitetyt tutkimustulokset, ja peilattu näitä tuloksia aiempien tutkimusten tuloksiin.

### 4.1. Olki

Tässä hankkeessa oljen kuivikeominaisuuksia testattiin laboratoriossa pellettinä. Olkipelletin ( $480 \text{ kg/m}^3$ ) nesteensidontakäytännöllä oli  $5,9 \text{ kg vettä/kg materiaalia}$  ja noin  $2\,800 \text{ kg vettä/m}^3$  materiaalia. Kuiva-ainetta kohti nesteensidontakäytännöllä oli  $6,7 \text{ kg/kg ka}$ . Nesteensidontakäytännöllään se oli siis hyvä ja vertailussa materiaalien keskivaiheilla. Olkipelletin pH oli neutraali (7,2). Laboratoriomittauksissa mukana ollut pelletti oli Suomessa markkinoilla olevaa kuivikepellettiä huomattavasti suurempi kooltaan: sen pituus oli 20–40 mm ja halkaisija noin 15 mm. Kronen Premos-laitteistolla pelletti voidaan tehdä suoraan pellolta pitkästä oljesta, kun pelletti perinteisesti valmistetaan hienoksi silputusta materiaalista.

Broilereilla tehdyssä kasvatuskokeessa testattiin olkea kolmessa muodossa: olkisilppua, happosäilöttyä olkisilppua sekä markkinoilla saatavilla olevaa olkipellettiä (valmistaja Baltic Straw, jälleenmyyjä Hankkija Oy). Näistä vertailussa selvisi parhaiten olkipelletti. Sillä kasvaneiden lintujen jalkapohjaterveys oli hiukan heikentynyt (jalkapohjaindeksi 50 pistettä), mutta se oli kuitenkin parempi kuin olkisilpulla tai happosäilötyllä oljella kasvaneilla linnuilla. Höyhenpeitteeltään olkipelletillä kasvaneet linnut olivat vertailun puhtaimmat.

Happosäilötyn oljen valmistamista varten korjuuketjut ja toimintamallit ovat olemassa säilörehua tai -heinää valmistavilla tiloilla. Broileritiloilla tällaisia koneketjuja ja tiloja säilömiseen (laakasiilot) tai paalien varastointiin ei välttämättä ole, vaan tämä vaatisi tilojen välistä yhteistyötä ja siten hyvin tarkkaa hygieniaseurantaa. Olkipelletti olisi kuivikemateriaalina mielenkiintoinen ja siinä saattaisi olla potentiaalia myös broilereiden kuivikkeena, mutta markkinoilta sitä on saatavilla vain tuontitavarana, sillä kotimaista tuotantoa ei tällä hetkellä ole.

## 4.2. Järviruoko ja ruokohelpi

Järviruokoa on aiemmin testattu broilereilla, mutta sen kuivikeominaisuuksien ei katsottu riittävän: broilereiden jalkapohjapisteet heikentyivät merkittävästi ja höyhenpeite likaantui (Manni ym. 2022). Tässä hankkeessa kehitettiin järviruo'on pelletöintiprosessia ja määritettiin pelletin kuivikeominaisuuksia laboratoriossa. Pelletöintiprosessissa hienonnetun järviruo'on tilavuuspaino nousi hienonnetun massan  $170 \text{ g/m}^3$  lähes kolminkertaiseksi  $480 \text{ g/m}^3$ . Nesteensidontakyky oli pelletöidyllä materiaalilla noin kaksi kertaa suurempi kuin hienonnetulla ( $938$  vs.  $1944 \text{ kg vettä/m}^3$ ), mutta kuiva-ainetta kohti hienonnettu järviruoko sitoi nestettä hiukan pellettiä enemmän ( $6,0$  vs.  $4,3 \text{ kg vettä/kg ka}$ ).

Ruokohelpeä on testattu aikaisemmin broilereiden kuivikemateriaalina silppuna yksinään (Da Silva Viana ym. 2022) ja seoksena rahkasammaleen kanssa (Manni ym. 2023). Ruokohelven kuivikeominaisuuksien on havaittu olevan riittämättömät broilereiden yksinomaisena kuivikeena, mutta Luken testauksessa lyhyempänä silppuna rahkasammaleen kanssa seostettuna ( $50:50 \text{ v/v}$ ) broilereiden höyhenpeitteen puhtaus ja jalkapohjapisteet olivat kohtuullisen hyvällä tasolla. Tässä hankkeessa testattiin ruokohelpisilpun seostamista osmankäämin kanssa ( $50:50 \text{ v/v}$ ) sekä markkinoilla olevaa ruokohelpipellettiä (Penerg Oy). Ruokohelpipelletti toimi broilereiden kuivikkeena yllättävän hyvin: sillä kasvaneiden lintujen höyhenpeitteessä havaittiin olevan pääosin vain vähäistä likaisuutta, linnut olivat keskipainoltaan suurimpien joukossa, ja lintujen jalkapohjaindeksi oli verrattavissa turpeeseen ( $45$  vs.  $47$  pistettä).

## 4.3. Osmankäämi

Osmankäämin kuivikeominaisuuksia on testattu aiemmin laboratoriomittakaavassa (Saastamoinen ym. 2022). Osmankäämille oli aiemmassa tutkimuksessa saatu kohtalainen nesteensidontakyky ( $3,1 \text{ kg vettä/kg}$  kuivikemateriaalia). Tällöin määrityksissä käytetyn osmankäämin tilavuuspaino oli kuitenkin huomattavasti pienempi kuin nyt tässä raportoitavassa tutkimuksessa ( $39$  vs.  $110 \text{ kg/m}^3$ ), mikä tarkoittaa sen olleen todennäköisesti karkeampaa ja pidempikortista silppua. Tässä tutkimuksessa hienonnetun osmankäämin nesteensidontakyvyksi saatiin noin  $9 \text{ kg vettä/kg}$  materiaalia, mikä vastasi noin  $10 \text{ kg vettä/m}^3$  materiaalia. Hankkeessa keuhkettiin myös osmankäämin pelletöimistä. Osmankäämpelletin nesteensidontakyky oli  $5,9 \text{ kg vettä/kg}$  materiaalia ja noin  $2\,360 \text{ kg vettä/m}^3$  materiaalia. Kuiva-ainetta kohti hienonnettu osmankäämi sitoi nestettä enemmän kuin pelletöity materiaali ( $9,9$  vs.  $6,5 \text{ kg vettä/kg ka}$ ).

Tietääksemme osmankäämiä ei ole aikaisemmin vielä lainkaan testattu käytössä eläimillä, joten testasimme broilereilla hienonnettua osmankäämiä seoksessa karkeamman ruokohelpisilpun kanssa ( $50:50 \text{ v/v}$ ). Jalkapohjapisteiden osalta seos ei erottunut materiaalien joukosta erityisen huonona, mutta ei hyvänkään (jalkapohjaindeksi  $55$ ). Myös höyhenpeitteen puhtaudessa se sijoittui materiaalien toimivuudessa materiaalien joukossa keskivaiheille. Osmankäämi siis vaikutti parantavan ruokohelven kuivikeominaisuuksia, mutta materiaali vaatisi kuitenkin vielä jatkokehittelyä ollakseen toimiva kuiviketuoite.

#### 4.4. Kaurankuori

Kaurankuoren kuivikeominaisuuksia on kartoitettu aikaisemmin laboratoriomittauksin (Saastamoinen ym. 2022). Näissä mittauksissa sen nesteensidontakyky oli heikko (1,3 kg/kg ka). Kaurankuoripellettiä on tuotettu pääasiassa polttolaitoksia varten, mutta sillä on tehty myös joitain kuivikekokeiluja naudoilla (Mäki-Ranta 2016).

Tässä hankkeessa kaurankuorta testattiin sellaisenaan seoksissa suobiomassan kanssa ja siitä tehtiin pellettiä. Kaurankuoret ovat suhteellisen painavia, joten seoksissa haasteena on lajittuminen. Suobiomassan kanssa kaurankuoria seostettiin eri seossuhteilla ja seos, jossa kaurankuorta oli  $\frac{1}{4}$  osa seosta, otettiin mukaan laboratoriomäärytyksiin. Tällä seossuhteella kaurankuori ei juurikaan vaikuttanut suobiomassan kuivikeominaisuuksiin, vaan niin tilavuuspaino kuin nesteensidontakyky pysyivät seoksella pelkän suobiomassan tasalla. Seoksissa käytetty suobiomassa oli kuivattua ja hienonnettua, ja seostaminen kosteamman biomassan kanssa saattaa vaikuttaa muodostuvan seoksen ominaisuuksiin eri tavalla. Kaurankuoren pelletöinti vaikutti toimivan suhteellisen hyvin: pelletin nesteensidontakyky oli 3 kg vettä/kg materiaalia, mikä oli noin puolet parempi kuin pelletöimättömällä kaurankuorella.

Kaurankuoripellettiä testattiin myös broilereiden kuivikkeena. Broilerit vaikuttivat syövän pellettiä jonkun verran, mikä vaikutti niiden kasvuun etenkin alkukasvatusvaiheessa. Kasvatuksen lopussa lintujen painossa ei kuitenkaan havaittu enää tilastollisesti merkitsevää eroa, mutta rehunkulutus jäi tilastollisesti hiukan pienemmäksi kuin muilla kuivikkeilla kasvaneilla linnuilla. Lintujen höyhenpeitteessä havaittiin pääosin vähäistä likaantumista. Jalkapohjaterveys oli kaurankuorella kasvaneilla linnuilla hyvä ja jalkapohjapisteet olivat alle 40. Osasyynä tähän saattoi olla lintujen hieman pienempi koko.

#### 4.5. Hamppu

Hamppua on aiemmissa hankkeissa testattu broilereilla ainoana materiaalina sekä seoksessa kutterin kanssa (Manni ym. 2023). Hamppukuivikkeella kasvaneilla linnuilla höyhenpeitteen likaisuus lisääntyi ja jalkapohjapisteet olivat heikot. Seostaminen kuivikekutterin kanssa (50:50 v/v) toi hiukan parannusta hampun kuivikeominaisuuksiin, mutta seossuhteet vaatisivat vielä lisää kokeiluja ja optimointia.

Aiemmassa tutkimuksissa silputulle kuituhampulle oli määritetty nesteensidontakyvyksi 3,7 kg vettä/kg materiaalia ja 465 kg vettä/m<sup>3</sup> materiaalia (Saastamoinen ym. 2022). Tässä hankkeessa hamppua seostettiin suobiomassan sekä kierrätyspaperikuidun kanssa, ja seosten kuivikeominaisuuksia määritettiin laboratoriossa. Seoksissa hampun osuus oli suhteessa suobiomassaan  $\frac{1}{3}$  seoksesta ja kierrätyspaperikuidun kanssa  $\frac{1}{2}$  seoksesta. Valmistettujen seosten nesteensidontakyky oli huomattavasti korkeampi kuin pelkän hampun: suobiomassa-hampuseoksen nesteensidontakyky oli 7,9 kg vettä/kg materiaalia ja 678 kg vettä/m<sup>3</sup> materiaalia ja kierrätyspaperikuitu-hampuseoksen 10,9 kg vettä/kg materiaalia ja 635 kg vettä/m<sup>3</sup> materiaalia. Erityisesti seostaminen kierrätyspaperikuidun kanssa vaikutti parantavan molempien lähtömateriaalien ominaisuuksia (vrt. pelkkä kierrätyspaperikuitu 6,2 kg vettä/kg materiaalia ja 307 kg vettä/m<sup>3</sup> materiaalia). Hampun lisääminen seoksiin vaikutti hieman lähtömateriaalien tilavuuspainoon: suobiomassan kanssa seostaminen laski hiukan tilavuuspainoa (vrt. pelkkä suobiomassa 100 kg/m<sup>3</sup>, seos 85 kg/m<sup>3</sup>), kun taas seostaminen paperikuidun kanssa nosti tilavuuspainoa (vrt. pelkkä paperikuitu 50 kg/m<sup>3</sup>, seos 60 kg/m<sup>3</sup>).

Hamppua sisältävien seosten kehittäminen edelleen ja vieminen testaukseen eläimillä olisivat jatkotutkimuksen arvoisia, sillä Luken muissa hankkeissa toteuttamien kuivikkeita koskevien kyselyjen mukaan hamppu kiinnostaa materiaalina kuivikkeiden käyttäjiä.

## 4.6. Pajukomposti

Paju on kiinnostava materiaali sen nopeakasvuisuuden ja siten hyvän biomassan tuotantopotentiaalin vuoksi, mutta myös sen sisältämien antimikrobisten yhdisteiden vuoksi. Pajua on aiemmin testattu broilereiden kuivikkeena hakkeena. Lisäksi broilereilla on tutkittu paju-uutteen lisäämisen vaikutusta 0-kuitupohjaiseen kuivikkeeseen. Pajuhakkeella kasvaneiden lintujen tuotantotuloksissa ei havaittu eroa muihin materiaaleihin verrattuna, mutta lintujen jalkapohjaterveys heikentyi ja lintujen höyhenpeite oli myös likaisempi kuin turpeella kasvaneilla linnuilla (Manni ym. 2023). Tanskalainen NyVraa markkinoi kuiviketta, joka on valmistettu pajuhakkeesta kompostoimalla. Tuote kuulosti kiinnostavalta, joten pyysimme tuotetta kokeiluun. Saimme hanketta varten kahdenlaista kuiviketuetta: karkeampaa ja hienojakoisempaa, joista karkeampaa testattiin laboratorioissa sekä broilereilla ja hienojakoista vain broilereilla.

Aiemmissä hankkeissa pajuhakkeen pH:ksi on mitattu 5,76 (Saastamoinen ym. 2022). Kaupallisen pajukompostin pH oli hiukan korkeampi, 6,6. Komposti oli huomattavasti haketta kosteampaa (hakkeen kuiva-aine 80 % & vs. kompostin kuiva-aine 44 %), mikä vaikutti myös tilavuuspainoon (hake 190 kg/m<sup>3</sup> vs. komposti 290 kg/m<sup>3</sup>). Aiemmassa hankkeessa pajuhakkeelle mitattiin nesteensidontakyvyksi 1,1 kg vettä/kg materiaalia, mikä vastasi 1,3 kg vettä/kg ka ja 199 kg vettä/m<sup>3</sup> materiaalia (Saastamoinen ym. 2022). Kompostin nesteensidontakyky oli parempi, sillä se satoi 2,7 kg vettä/kg ka ja 343 kg/m<sup>3</sup> materiaalia. Tuoreita kuivikekiloja kohti nesteensidontakyky oli kuitenkin hakkeella ja kompostilla lähes täysin sama.

Pajukompostikuivike otettiin mukaan myös broilereilla toteutettuun kuivikekokeeseen. Kasvatuksen lopussa pajukompostilla kasvaneiden lintujen tuotantoparametreissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja muilla kuivikkeilla kasvaneisiin lintuihin verrattuna. Lintujen höyhenpeitteen puhtaudessa pajukompostikuivike pärjäsikin hyvin suhteessa muihin kuivikkeisiin. Pajukompostilla kasvaneilla linnuilla jalkapohjaindeksi oli kuitenkin lähellä 80 pistettä, mikä kertoo voimakkaista havaituista tulehdusmuutoksista ja lintujen hyvinvoinnin vaarantumisesta.

## 4.7. Vihreät biomassat

Nurmibiojalostamo on konsepti, jonka potentiaalia vihreiden biomassojen hyödyntämisessä on tutkittu Lukessa paljon. Prosessissa muodostuu nestejaetta, joka sisältää mm. valkuaista sekä kuitujaetta. Hankkeessa haluttiin tutkia tämän kuitujakeen soveltuvuutta kuivikemateriaaliksi. Kuitujaetta valmistettiin useilla erilaisilla menetelmillä neljästä eri lähtömateriaalista: kahdesta eri aikaan korjatusta nurmesta, apilasta sekä säilörehusta. Kuitujakeiden kuivikeominaisuuksia tutkittiin laboratorioissa sekä osaa myös broilereiden kuivikkeena.

Kaikkien kuitujakeiden pH oli lievästi hapan (6,1–6,6) ja niiden tilavuuspainot vaihtelivat 40–80 kg/m<sup>3</sup> välillä sen mukaan, olivatko materiaalit kuivattuja vai tuoreita. Kaikkien kuitujakeiden nesteensidontakyky oli hyvä tai erinomainen vaihdellen 3,1–7,3 kg vettä/kg materiaalia välillä. Eläinkokeissa havaittiin, että kaikki kuitujakeet lisäsivät lintujen höyhenpeitteen likaisuutta. Lintujen jalkapohjaterveys oli kohtuullinen kuivatulla ja tuoreella säilörehukuidulla

kasvaneilla linnuilla, jolloin jalkapohjaindeksi oli 40–50. Jalkapohjaterveys kuitenkin heikkeni voimakkaasti apilakuitujakeella kasvatetuilla linnuilla, joilla jalkapohjaindeksi oli lähellä 80. Myös nurmikuitujakeella kasvatetuilla linnuilla jalkapohjaterveys oli heikentynyt.

Vihreistä biomassoista puristetuilla kuitujakeilla havaittiin olevan hyvät tekniset kuivikeominaisuudet ja etenkin nesteensidontakyky oli hyvä, mutta käytännön eläinkokeissa havaittiin merkittäviä eroja eri kuitutyypin välillä ja erityisesti apilakuitu suoriutui heikosti. Kuitujakeissa voisi siis olla merkittävää potentiaalia, mutta materiaalit vaativat vielä lisäkehittämistä. Kokeilemisen arvoista voisi olla esimerkiksi pelletöidyn tuotteen kehittäminen, sillä lähtömaterialiaali on hyvin kevyttä ja ilmavaa.

## 5. Johtopäätökset

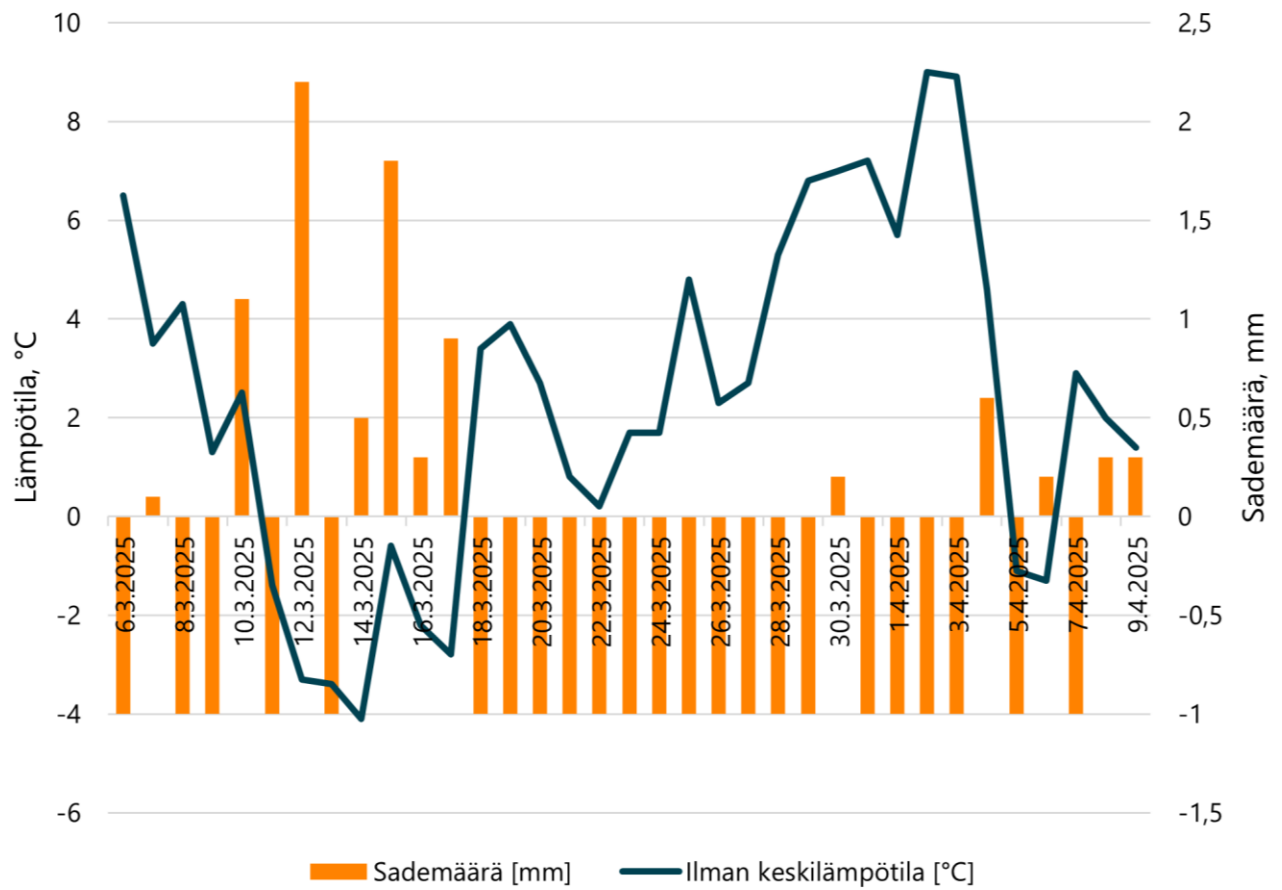
Kuiviketurvetta voidaan pyrkiä korvaamaan useilla vaihtoehtoisilla raaka-aineilla ja niiden seoksilla, joiden ominaisuuksia voidaan tarvittaessa parantaa jalostuksen avulla. Jalostuksella voidaan lisäksi varmistaa materiaalien hygieenisuus ja turvallisuus. Tämän tutkimuksen perusteella useat tarkastellut materiaalit tai niiden seokset osoittautuivat käyttökelpoisiksi kuivike-materiaaleiksi eikä niiden käytöllä havaittu vaikutusta broilereiden tuotantotuloksiin. Sen sijaan erot jalkapohjaterveydessä ja höyhenpeitteen puhtaudessa korostavat kuivikemateriaalin merkitystä eläinten hyvinvoinnille ja kuivikevaihtoehdon huolellista harkintaa. Optimaalisten materiaalien seossuhteiden ja käyttötapojen kuten käyttömäärien löytäminen vaatii vielä lisätutkimusta ja -kehittämistä, jotta broilereille saataisiin markkinoille kuivikevaihtoehto, joka turvaisi vähintään nykyisen tasoisen broilereiden hyvinvoinnin, ja olisi myös taloudellisesti ja tuotannollisesti kestävä vaihtoehto kuiviketurpeelle.

## Viitteet

- Da Silva Viana, G. Högel, H., Manni, K. & Hellstedt, M. 2022. Kuivikemateriaalien vertailu broilereilla. Julkaisussa: Manni, K. (toim.). Turvetta korvaavat uusiutuvat kuivikemateriaalit. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 9/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 36–49.
- Manni, K., Högel, H., Saastamoinen, M., Frondelius, L. & Huuskonen, A. 2023. Kuivikeselvitys: Kuiviketilan nykytilan tarkastelu ja lähitulevaisuuden kehitysnäkymien arviointi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 85/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 97 s.
- Muilu-Mäkelä, R., Manni, K., Högel, H., Silvenius, F., Näkkilä, J., Finni, S., Kotilainen, T. & Silvan, N. 2026. Kuivike- ja kasvualustatuotannon tiekartta: Tarkastelujakso 2026–2040. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 20/2026. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 101 s.
- Mäki-Ranta, M. 2016. Kaurankuoripelletin käyttö kuivikkeena naudoille. Opinnäytetyö, agrobiologi (AMK) tutkinto-ohjelma. Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Elintarvike ja maatalous, kevät 2016. 59 s.
- Saastamoinen, M., Manni, K. & Hellstedt, M. 2022. Kuivikemateriaalien ominaisuuksien vertailu. Julkaisussa: Manni, K. (toim.). Turvetta korvaavat uusiutuvat kuivikemateriaalit. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 9/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 11–35.
- Silvan, N. & Virkkunen, E. (toim.) 2025. Turvetta korvaavat vaihtoehtoiset kasvualusta- ja kuivikemateriaalit: Esiselvitys. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 85/2025. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 61 s.

## Liitteet

**Liite 1.** Ilmatieteenlaitoksen havainnot Jokioisten Ilmalan havaintopaikalla kokeen suorituksen aikana. Lähde: Ilmatieteenlaitokset tilastot 2026



**Liite 2.** Tuotantoparametrit rehuvaiheittain.

Kuivikemateriaali	Elopaino, g	Päiväkasvu, g/pvä	Rehunkulutus, g/pvä	RHS, kg rehua/kg
<b>Alkukasvatusvaihe, pvät 0–10</b>				
Turve	285a	24,7a	31,3a	1,264
Kutterinpuru	266ab	22,8ab	28,8a	1,261
Nurmikuitujae, kuivattu	283a	24,0a	30,1a	1,253
Apilakuitujae, kuivattu	278a	24,0a	30,6a	1,277
Säilörehukuitujae, tuore	283a	24,4a	30,9a	1,262
Säilörehukuitujae, kuivattu	285a	24,7a	31,0a	1,256
Osmankäämi-ruokohelpisilppu –seos	274a	23,6a	29,7a	1,257
Puukuitu-kutteri-rahkasammal –seos	280a	24,2a	30,5a	1,260
0-kuitupohjainen kuivike	279a	23,8a	30,4a	1,274
Olkisilppu	270ab	23,0ab	28,5a	1,239
Happosäilötty olkisilppu	272a	22,8ab	29,1a	1,278
Pajukompostikuivike	270ab	23,1ab	30,3a	1,310
Kierrätyspaperipelletti	276a	23,6a	30,3a	1,283
Olkipelletti	285a	24,6a	30,8a	1,250
Kaurankuoripelletti	247b	20,8b	25,6b	1,233
Ruokohelpipelletti	285a	24,6a	31,1a	1,267
<i>p-arvo</i>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<i>n.s.</i>
<b>Kasvatusvaihe, pvät 11–24</b>				
Turve	1 158a	62,8a	89,1a	1,418
Kutterinpuru	1 047ab	55,7ab	80,8ab	1,452
Nurmikuitujae, kuivattu	1 137ab	60,5ab	85,7ab	1,415
Apilakuitujae, kuivattu	1 070ab	56,9ab	80,8ab	1,421
Säilörehukuitujae, tuore	1 087ab	57,1ab	82,1ab	1,437
Säilörehukuitujae, kuivattu	1 107ab	58,5ab	84,4ab	1,442
Osmankäämi-ruokohelpisilppu –seos	1 099ab	58,2ab	83,2ab	1,431
Puukuitu-kutteri-rahkasammal –seos	1 099ab	58,0ab	83,4ab	1,440
0-kuitupohjainen kuivike	1 112ab	59,4ab	85,2ab	1,434
Olkisilppu	1 012b	51,8b	76,5b	1,480
Happosäilötty olkisilppu	1 082ab	57,2ab	81,7ab	1,429
Pajukompostikuivike	1 104ab	58,8ab	84,6ab	1,441
Kierrätyspaperipelletti	1 138ab	60,4ab	86,3ab	1,431
Olkipelletti	1 106ab	58,7ab	84,5ab	1,440
Kaurankuoripelletti	1 012ab	53,2ab	75,4b	1,427
Ruokohelpipelletti	1 164a	62,8a	90,0a	1,434
<i>p-arvo</i>	0,021	0,017	0,004	<i>n.s.</i>
<b>Loppukasvatusvaihe, pvät 25–36</b>				
Turve	2 270a	92,0	155,2	1,688
Kutterinpuru	2 073ab	85,4	144,6	1,694
Nurmikuitujae, kuivattu	2 179ab	86,8	150,2	1,730
Apilakuitujae, kuivattu	2 082ab	84,3	143,4	1,701
Säilörehukuitujae, tuore	2 103ab	82,2	142,4	1,734
Säilörehukuitujae, kuivattu	2 165ab	88,5	150,6	1,702
Osmankäämi-ruokohelpisilppu –seos	2 115ab	84,1	144,8	1,721
Puukuitu-kutteri-rahkasammal –seos	2 139ab	86,1	146,1	1,698
0-kuitupohjainen kuivike	2 144ab	84,0	146,4	1,754
Olkisilppu	1 989b	80,9	138,7	1,716
Happosäilötty olkisilppu	2 108ab	85,4	146,4	1,713
Pajukompostikuivike	2 139ab	86,3	148,8	1,725
Kierrätyspaperipelletti	2 231ab	91,5	157,6	1,722
Olkipelletti	2 172ab	88,4	151,2	1,711
Kaurankuoripelletti	2 012ab	82,9	139,3	1,682
Ruokohelpipelletti	2 246ab	89,4	154,9	1,732
<i>p-arvo</i>	0,032	<i>n.s.</i>	0,032	<i>n.s.</i>



## **Löydät meidät verkosta**

**luke.fi**



Luonnonvarakeskus (Luke) Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki