

# **TEURASSIVUTUOTTEIDEN HYÖTYKÄYTÖN TEHOSTAMINEN**

Syötäväksi kelpaamattomat jakeet



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Bio- ja elintarviketekniikan koulutusohjelma

Visamäki, 14.5.2010

Suvi Aalto

---

Bio- ja elintarviketekniikan koulutusohjelma  
Hämeenlinna

Työn nimi                      Teurassivutuotteiden hyötykäytön tehostaminen, syötäväksi  
kelpaamattomat jakeet

Tekijä                              Suvi Aalto

Ohjaava opettaja              Maritta Kymäläinen

Hyväksytty                      \_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_.20\_\_\_\_

Hyväksyjä

VISAMÄKI

Bio- ja elintarviketekniikan koulutusohjelma

Ympäristöbioteknologia

---

<b>Tekijä</b>	Suvi Aalto	<b>Vuosi</b>	2010
<b>Työn nimi</b>	Teurassivutuotteiden hyötykäytön tehostaminen, syötäväksi kelpaamattomat jakeet		

---

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö tehtiin osana Hämeen ammattikorkeakoulussa käynnissä olevaa Tekesin rahoittamaa Hyötyteuras-hanketta. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää teurastamoteollisuudesta syntyvien syötäväksi kelpaamattomien sivutuotejakeiden, luiden ja keratiinipitoisen aineksen koostumus ja ominaisuudet sekä kartoittaa niiden nykyiset käyttökohteet ja tuotteet sekä selvittää uusia hyötykäyttömahdollisuuksia.

Suomessa syntyy vuosittain yli 200 000 tonnia teurastamo- ja lihateollisuuden sivutuotteita, joista suurin osa on syötäväksi kelpaamattomia ruhonosia ja jätteitä, jotka ohjataan pääasiassa joko destruktiolaitokseen tai turkiseläinrehuksi. Turkiseläinrehuksi menevän jakeen määrä kuitenkin vähenee tulevaisuudessa, joten sivutuotteille on löydettävä uusia käyttömahdollisuuksia.

Työssä käytettyjä tietolähteitä olivat mm. asiantuntijahaastattelut, patentti- ja tutkimusjulkaisutietokannat, lehtiartikkelit, liha-alan kirjallisuus ja Internet. Projektin aikana ilmeni, että teurassivutuotteita ja niiden hyötykäyttöä on käsitelty melko vähän kirjallisuudessa ja liha-alan konferensseissa. Myös tutkimuksia aiheesta on tehty niukasti.

Opinnäytetyössä todettiin, että syötäväksi kelpaamattomat teurassivutuotteet sisältävät arvokkaita komponentteja, joilla on merkittävää jatkojalostusarvoa ja potentiaalisia hyötykäyttökohteita. Suurin hyötykäyttöpotentiaali on luiden sisältämässä fosforissa. Koska fosfori on rajallinen luonnonvara, teollisen prosessin kehittäminen puhtaan fosforijakeen erottamiseksi luista olisi tärkeää. Yleisesti, bulkkisivutuotteiden käyttö energiana, biopoltoainetuotannossa, on maailmalla lisääntymässä, mutta näiden sovellusten tarkastelu oli rajattu tämän työn ulkopuolelle.

**Avainsanat** Teurassivutuote, syötäväksi kelpaamaton, luu, keratiinipitoinen aines, fosfori

**Sivut** 44 s. + liitteet 22 s.

VISAMÄKI

Degree Programme in Biotechnology and Food Engineering

Environmental Biotechnology

---

**Author** Suvi Aalto **Year** 2010

**Subject of Bachelor's thesis** Enhanced Utilization of Animal By-Products, Inedible Fractions

---

ABSTRACT

This thesis was a part of the ongoing project called Hyötyteuras-hanke in HAMK University of Applied Sciences. The project is financed by The Finnish Funding Agency for Technology and Innovation. The aim of this thesis was to find out the composition and properties of inedible by-product fractions, bone and keratin-rich material produced by the meat industry. The aim was also to find out the present applications, products and the new utilization possibilities.

In Finland the slaughterhouses and the meat industry produce annually over 200 000 tons of animal by-products and most of them are inedible parts of carcasses or wastes, which are mainly channeled to destruction plants or used as fur animal feed. The amount of the fraction that is used as fur animal feed is decreasing in the future, therefore new possibilities must be found to utilize animal by-products.

The sources of information that were used in this thesis were expert interviews, patent and research release databases, journal articles, literature of meat field and Internet. During the thesis project it became clear that the animal by-products and their utilization are quite rare subjects in the literature, researches and conferences in the meat field.

As a result of the study it can be stated that the inedible by-products contain valuable components that have a significant value of upgrading and potential recovery targets. The largest utilization potential is in the phosphorus contained in the bones. Because phosphorus is a limited natural resource, it would be important to develop an industrial method for extracting a pure fraction of phosphorus from bones. Generally, the usage of bulk animal by-products as energy, in biofuel production is increasing worldwide but the review of these applications was limited outside of the study.

**Keywords** Animal by-product, inedible, bone, keratin-rich material, phosphorus

**Pages** 44 p. + appendices 22 p.

---

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	1
2	TEURASSIVUTUOTTEIDEN NYKYTILANNE SUOMESSA .....	4
2.1	Sivutuotteiden käsittelyä ja käyttöä ohjaava lainsäädäntö .....	4
2.1.1	EU:n sivutuoteasetus.....	5
2.2	Määrät ja käyttökohteet .....	6
2.2.1	Tekninen käyttö .....	9
2.2.2	Rehukäyttö .....	13
2.3	Sivutuotteiden käsittely .....	13
2.3.1	Sivutuotteiden käsittelyvaatimukset .....	13
2.3.2	Sivutuotteiden destruktiivokäsittely .....	17
2.3.3	Muut käsittelymenetelmät .....	22
2.4	Keskeiset syötäväksi kelpaamattomat sivutuotejakeet.....	22
2.4.1	Luut .....	22
2.4.2	Keratiinipitoinen aines .....	25
3	SYÖTÄVÄKSI KELPAAMATTOMAN AINEKSEN PROSESSOINTIVAIHTOEHDOT .....	27
3.1	Luut .....	27
3.1.1	Lihaluujauho.....	27
3.1.2	Fosfori .....	28
3.1.3	Kollageeni .....	29
3.2	Keratiinipitoinen aines .....	30
4	LUUN FOSFORI JA SEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET .....	32
4.1	Yleistä fosforista .....	32
4.2	Fosforikierto .....	32
4.3	Suomen tilanne .....	34
5	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	36
	LÄHTEET .....	39

## LIITTEET

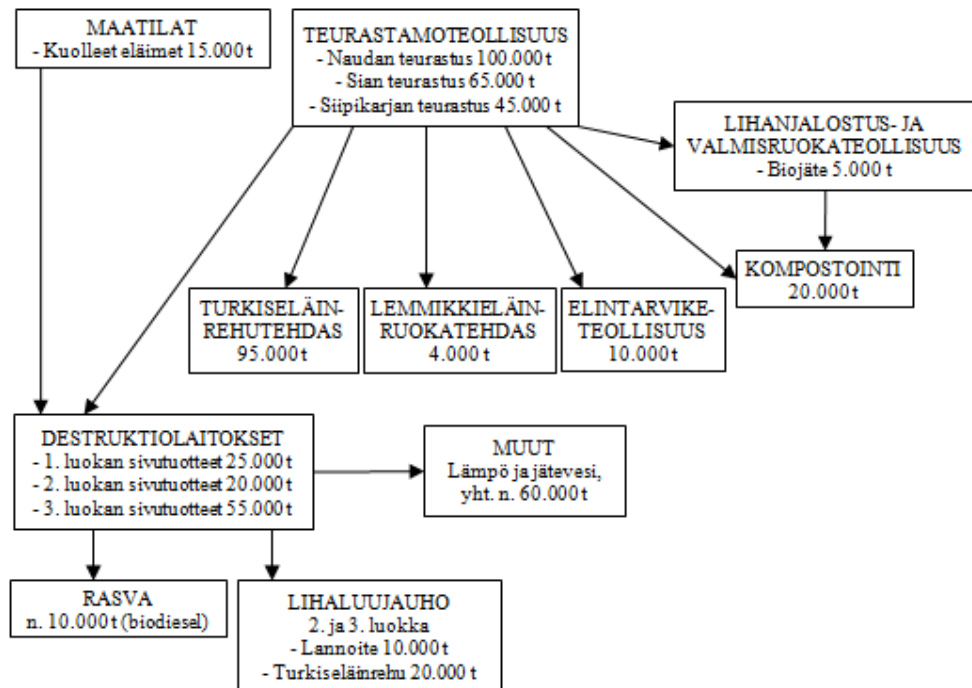
- LIITE 1 Asiantuntijahaastattelu: Prof. Eero Puolanne, Helsingin yliopisto
- LIITE 2 Asiantuntijahaastattelu: Erikoistutkija Raija Lantto, VTT
- LIITE 3 Asiantuntijahaastattelu: Toimitusjohtaja Kari Valkosalo, Honkajoki Oy
- LIITE 4 Luun käsittelyyn liittyviä patenteja
- LIITE 5 Keratiinipitoisen aineksen käsittelyyn liittyviä patenteja

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on syötäväksi kelpaamattomien teurassivutuotteiden hyötykäytön tehostaminen. Opinnäytetyö on osa Tekesin rahoittamaa Hyötyteuras-hanketta, jonka tavoitteena on löytää ja kehittää uusia taloudellisesti kannattavia teurassivutuotteiden hyödyntämistapoja ja niiden vaatimia kustannustehokkaita prosessointimenetelmiä. Sivutuotteista fraktioitavien eri hyötyjakeiden käyttökohteita haetaan paitsi elintarvike-, myös lääke-, lannoite- ja kemianteollisuudesta.

Hyötyteuras-hanke tehdään yhteistyössä Maa- ja elintarviketeollisuuden tutkimuskeskuksen (MTT), Hämeen ammattikorkeakoulun (HAMK) ja Lihateollisuuden tutkimuskeskuksen (LTK) kesken. Projektissa mukana olevia yrityksiä ovat Honkajoki Oy, Atria Oyj, HK Ruokatalo Oy, Neste Jacobs Oy (ent. Rintekno Oy) sekä BioTrim (Agropolis Oy). Lisäksi hankkeessa hyödynnetään kansainvälistä yhteistyötä tutkijavaihdon muodossa. Hankkeen toteutus ajoittuu vuosille 2009 – 2011.

Suomessa syntyy vuosittain teurastamoteollisuuden sivutuotteita yli 200 000 tonnia. Teurastamot tuottavat runsaasti sivutuotteita, sillä huomattava määrä elävän eläimen painosta on erilaisia sivutuotteita. Suurin osa teurastamo- ja lihateollisuuden sivutuotteista on syötäväksi kelpaamattomia ruhonosia ja jätteitä, jotka ohjataan pääasiassa joko destruktiolaitokseen tai turkiseläinrehuksi. (Heinänen, Niemistö & Raevuori 2007, 2) Teurastamo- ja lihateollisuuden nykyiset sivuvirrat on esitetty kuvassa 1.



KUVA 1 Teurastamo- ja lihateollisuuden nykyiset sivuvirrat (Mukailtu lähteestä Heinänen ym. 2007, 2)

Opinnäytetyön aihe on ajankohtainen, sillä turkiseläinrehuksi menevän jakeen määrä on vähentynyt Suomessa viime vuosina. Vielä 1980-luvun alkupuolella Suomi oli turkistuotannon suurvalta ja suomalaiset turkistilalliset tuottivat 60 % maailman ketunnahoista ja 20 % minkinnahoista. Tästä lähtien Suomen osuus maailman tuotannosta on laskenut tasaisesti. (Latukka, Karhula & Rekilä 2008, 9)

Turkiseläinrehuksi menevän jakeen odotetaan vähentyvän edelleen lähivuosina, kun suuret ikäluokat lopettavat turkistuotannon ja siirtyvät eläkkeelle. Noin viidesosa tuottajista on ilmoittanut aikovansa lopettaa turkistuotannon kokonaan. Lopettamisen tärkeimmät syyt ovat tulevat investointitarpeet turkiseläinten häkkitilavaatimusten takia siirtymäkauden päättyessä vuoden 2010 lopussa sekä tuottajien korkea ikä ja tuotannon jatkajien puute. Suomen Turkiseläinten Kasvattajain Liiton teettämän kyselytutkimuksen tulosten mukaan suomalaisten turkistuottajien ikärakenne on vinoutunut, turkistuottajista noin 40 % on yli 50-vuotiaita ja vain noin 10 % on alle 35-vuotiaita. (Latukka ym. 2008, 33)

Suomessa suoranaisia uhkia alalle ovat turkistuottajien korkean iän, turkistuottajien nopean eläköitymisen sekä tuotannon jatkajien puutteen lisäksi tuottajien mielestä alan heikko kannattavuus. Myös lainsäädäntö koetaan tiukaksi. Lisäksi Suomessa turkistaloutta ei tueta, muutoin kuin rakennetukien muodossa. Uhkia luovat myös kansainväliset tekijät, alan markkinariippuvuus, lainsäädäntö, kuluttajien suhtautuminen turkiksiin ja eläinaktivismi. (Latukka ym. 2008, 7)

Turkiselinkeinon supistuminen aiheuttaa ongelmia myös lihateollisuudelle. Nykyään lihateollisuus toimittaa turkiseläinrehutehtaille raaka-ainetta noin 95 000 tonnia vuodessa, josta saadaan tuloja arviolta noin 3 miljoonaa euroa. Jos merkittävä osa tästä jakeesta joudutaankin ohjaamaan destruktiolaitokselle tai bioenergiaksi, rahavirta muuttuu negatiiviseksi, sillä silloin raaka-aineesta joudutaan maksamaan käsittely- ja kuljetusmaksu. Siksi on tärkeää, että nykyään turkiseläinrehuksi menevälle teurassivutuotejakeelle voidaan nopeasti löytää uusia taloudellisesti kannattavia käyttökohteita. Teurassivutuotteet sisältävät useita arvokkaita komponentteja, joilla voisi olla merkittävä jalostusarvo. (Pihlanto, Kymäläinen & Niemistö 2009, 3)

Hyötyteuras-hankkeen alustavaan tarkasteluun valittiin luut, veri, keratiinipitoinen aines sekä sisäelimet. Nämä ovat suurimmat jakeet nykyään turkiseläinrehuksi menevistä sivutuotejakeista. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin luiden ja keratiinipitoisen aineksen eli sivutuotteista saatavien syötäväksi kelpaamattomien fraktioiden hyötykäyttöön. Veren ja sisäelinten eli sivutuotteista saatavien syötäväksi kelpaavien fraktioiden hyötykäyttöä ja jalostusta tarkastellaan lähemmin toisessa Hyötyteuras-hankkeeseen kuuluvassa opinnäytetyössä (Tikka, M. 2010). Teurassivutuotteiden hyödyntäminen energiakäytössä on rajattu Hyötyteuras-hankkeen ja täten myös tämän opinnäytetyön ulkopuolelle.

Opinnäytetyön keskeisenä tavoitteena oli selvittää ja kartoittaa sivutuotejakeiden koostumus ja ominaisuudet sekä nykyiset käyttökohteet ja tuotteet. Lisäksi haluttiin selvittää uusia hyödyntämismahdollisuuksia, niiden vaatimia prosessointimenetelmiä sekä millaisia tuotteita prosesseista saadaan ja mitkä ovat niiden käyttömahdollisuudet.

Suurimpana kiinnostuksen kohteena syötäväksi kelpaamattomista sivutuotteista tässä työssä olivat luut. Teurastamoteollisuudessa syntyvistä sivutuotteista luiden osuus on noin 20 %. Luista suurin osa menee käsiteltäväksi destruktiolaitokselle tai turkiseläinrehuksi. Vain vajaa 10 % luista hyödynnetään kastiketeollisuudessa.

Luut sisältävät paljon fosforia ja kalsiumia, joiden tarkempi hyötykäyttö on kiinnostuksen kohteena. Tässä työssä tarkasteltiin erityisesti luun sisältämää fosforia. Fosforin tehokkaampi hyödyntäminen on tärkeää koska se on rajallinen luonnonvara. Tässä työssä haluttiin selvittää millaisella prosessilla luista saadaan erotettua fosforia ja miten tätä fosforia voitaisiin hyödyntää.



## 2 TEURASSIVUTUOTTEIDEN NYKYTILANNE SUOMESSA

Teurassivutuotteet ovat eläinperäisiä eli eläimistä saatavia sivutuotteita. Eläimistä saatavilla sivutuotteilla tarkoitetaan eläinten kokoruhoja tai ruhonosia ja mitä tahansa muuta eläinperäistä ainetta, jota ei ole tarkoitettu ihmisravinnoksi, mukaan lukien munasolut, alkiot ja siemenneste. (Elintarviketurvallisuusvirasto, eläimistä saatavat sivutuotteet n.d.)

Syötävän käsite määrittyy hyvin pitkälti esimerkiksi kuluttajahyväksynnän, taloudellisuuden, hygienian, lainsäädännön, perinteiden ja uskonnon pohjalta. Esimerkiksi joissakin osissa Eurooppaa lehmän kieliä pidetään herkullisina, ja niissä kyseistä lehmän ruhon osaa saatetaan pitää lihana. Muualla lehmän kielille ei ole kysyntää, joten niitä pidetään sivutuotteina. Eläintuotteista tulee sivutuotteita, kun päätetään, että niitä ei käytetä ihmisravinnoksi. (Dutson & Pearson 1992, 2; Euroopan komissio 2004, 4)

Kyse voi olla myös pelkästään kysynnästä, jolloin kaikkia ihmisravinnoksi kelpaavaa lihaa ei valmistetakaan ihmisravinnoksi, jolloin myös ihmisravinnoksi kelpaavasta ylijäämälihasta syntyy sivutuotetta. Muita mahdollisia sivutuotteita ovat mm. untuvavalmisteet, sarvituotteet, nahkatuotteet ym. (Agropolis Oy n.d., 3)

Teurastamoteollisuudessa eläinperäisiä sivutuotteita syntyy esimerkiksi teurastamoissa, lihanleikkaamoissa sekä maataloilla. Niitä syntyy lisäksi myös jatkokäsittelyssä, sairasteurastamoissa, varastossa, autopesussa ja jätevedenpuhdistamossa. Suurin osa teurastamoteollisuuden sivutuotteista ei ole elintarvikekelpoisia. Sivutuoteasetuksen mukaiset syötäväksi kelpaamattomat eläinperäiset sivutuotteet käsitellään pääasiassa destruktiolaitoksissa tai turkiseläinrehutehtailla.

Sivuvirtojen kokonaismääriä Suomessa on arvioitu LTK:n projektissa vuonna 2007. Selvityksen mukaiset sivutuotemäärät on esitetty kuvassa 1.

### 2.1 Sivutuotteiden käsittelyä ja käyttöä ohjaava lainsäädäntö

Naudan BSE-kriisin (Bovine Spongiform Encephalopathy) johdosta sivutuotteiden käytön säätely on tiukkaa EU:n alueella ja Suomessakin tarkan valvonnan alla. Tiedon lisääntyessä Euroopan Unionissa on vuodesta 1990 lähtien jatkuvasti tiukennettu BSE-taudin ehkäisemiseen liittyviä säännöksiä ja suojaustoimenpiteitä.

BSE diagnosoitiin ensimmäisen kerran lokakuussa 1986 Englannissa. Nykykäsityksen mukaan BSE leviää pääasiassa märehitjäperäisen lihaluujauhon saastuttaman rehun välityksellä. Epidemiologiset tutkimukset osoittivat, että taudin lähteenä oli todennäköisesti scrapieta sairastaneiden lampaiden teurasjätteestä valmistettu lihaluujauho, jota oli syötetty karjalle. Tartunnan saaneen karjan määrä lisääntyi ja myös BSE-karjan teurasjätettä joutui lihaluujauhon valmistukseen, mikä edelleen lisäsi infektionopeutta. Suomessa kiellettiin 1990 märehitjien rehuksi ulkomaisen liha- ja luujauhon käyttö. 1994 Suomessa kiellettiin lihaa sisältävien ruokajätteiden

käyttö märehitjoiden ruokintaan. Kotimaisen märehitjöstä peräisin olevan liha- ja luujauhon käyttö märehitjölle kiellettiin 1995. Käyttökielto laajennettiin koskemaan märehitjoiden rehujen lisäksi myös muiden elintarviketuotantoon tarkoitettujen eläinten, kuten sikojen ja siipikarjan rehuja vuonna 2001. Tarkoituksena on poistaa rehujen ristikontaminaation vaara. (Sihvonen 1996; Elintarviketurvallisuusvirasto, BSE n.d.)

Eläimistä saatavien sivutuotteiden käsittelystä säädetään EU:n sivutuoteasetuksella. Sivutuoteasetuksella vahvistetaan eläinperäisten sivutuotteiden käyttöä koskevat tiukat terveyssäännöt terveyden ja turvallisuuden korkean tason takaamiseksi sillä sivutuotteissa saattaa olla taudinaiheuttajia tai kemiallisia saastumistekijöitä, jotka voivat levitessään eläinten ruokinnassa olla haitallisia eläimille sekä vaarantaa myös ihmisten terveyden. Kun sivutuotteet käsitellään oikein, vaaraa ihmisten tai eläinten terveydelle ei aiheudu. (Elintarviketurvallisuusvirasto, eläimistä saatavat sivutuotteet n.d.)

### 2.1.1 EU:n sivutuoteasetus

EU:n sivutuoteasetuksessa eli Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksessa muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden terveyssäännöistä, (EY) N:o 1774/2002, säädetään sivutuotteiden keräämisestä, kuljetuksesta, varastoinnista, esikäsittelystä, käsittelystä, käytöstä, hävittämisestä, markkinoille saattamisesta, tuonnista, viennistä ja kauttakuljetuksesta. (Elintarviketurvallisuusvirasto, eläimistä saatavat sivutuotteet n.d.)

Nykyisen sivutuoteasetuksen (N:o 1774/2002) tulee korvaamaan uusi sivutuoteasetus (N:o 1069/2009), jota sovelletaan 11. päivästä maaliskuuta 2011 lähtien.

EU:n sivutuoteasetuksen mukaan sivutuotteet jaetaan kolmeen luokkaan niiden ihmisille ja eläimille aiheuttaman tautiriskin perusteella. Suurin riski on luokan 1 sivutuotteilla ja matalin luokan 3 sivutuotteilla. Luokan 1 sivutuotteet on hävitettävä. 2 luokan sivutuotteet voivat päätyä eläinten rehuksi, hävitettäväksi tai lantana käsiteltäväksi. 3 luokan jäte ei saa päätyä ihmisravinnoksi. Käyttömahdollisuudet kasvavat riskittömämpiin luokkiin mentäessä. (Finfood –Suomen Ruokatieto ry n.d.)

Luokan 1 sivutuotteet (suuren riskin eläinjätteet):

- sivutuotteet, joissa on tarttuvien spongiformisten enkefalopatioiden (TSE) riski, kuten BSE
- sivutuotteet, joissa on kiellettyjä aineita; esim. hormonit
- sivutuotteet, joissa on ympäristömyrkyjä lainsäädännön ylittävä määrä esim. dioksiineja
- luonnonvaraiset riistaeläimet, jos niiden epäillään sairastavan ihmisiin tai eläimiin tarttuvaa tautia, esim. suu- ja sorkkatautia
- lemmikkieläimet, koe-eläimet, eläintarhaeläimet

- jätevedestä erotettu eläinperäinen aines
- kansainvälisesti toimivista liikennevälineistä peräisin oleva ruokajäte. (Finfood –Suomen Ruokatieto ry n.d.)

Luokan 2 sivutuotteet (suuren riskin eläinjätteet):

- muut itsestään kuolleet tai lopetetut eläimet kuin luokkaan 1 kuuluvat (eli mm. siat, siipikarja, hevoset ja porot)
- sivutuotteet, joissa on antibioottien tai muiden eläinlääkkeiden jäämiä yli lainsäädännössä sallitun tason
- lihantarkastuksessa hylätyt ruhon osat, joissa on merkkejä ihmisiin tai eläimiin tarttuvista taudeista
- lanta ja ruuansulatuskanavan sisältö
- sivutuotteet jotka eivät kuulu luokkiin 1 tai 3 sekä luokan 2 ja 3 sivutuotteiden seokset. (Finfood –Suomen Ruokatieto ry n.d.)

Luokan 3 sivutuotteet (vähäisen riskin eläinjätteet):

- ihmisravinnoksi hyväksytyistä eläimistä saatavat sivutuotteet, joita ei kuitenkaan käytetä elintarvikkeeksi, esim. keuhkot, mahat ja vertymät
- elävänä tarkastuksessa hyväksytyjen eläimien veri, vuodat, nahat, sorkat, sarvet, höyhenet ja sulat
- ruokajäte, kun se on tarkoitettu käsiteltäväksi biokaasu- tai kompostilaitoksessa
- entiset eläinperäiset elintarvikkeet, joita ei ole enää tarkoitettu ihmisravinnoksi kaupallisista syistä tai sellaisenaan valmistuksessa tai pakkauksessa esiintyneiden ongelmien vuoksi ja jotka eivät aiheuta vaaraa ihmisille tai eläimille
- elintarvikkeiden käsittelyssä ja valmistuksessa syntyvät sivutuotteet tuoreet kalasta saatavat sivutuotteet, joita saadaan kalatuotteita ihmisravinnoksi valmistavilta laitoksilta. (Finfood –Suomen Ruokatieto ry n.d.)

## 2.2 Määrät ja käyttökohteet

Suomessa syntyy vuosittain teurastamoteollisuuden sivutuotteita yli 200 000 tonnia. Teurastamot tuottavat runsaasti sivutuotteita, sillä huomattava määrä elävän eläimen painosta on erilaisia sivutuotteita. Myös osa ruhosta, lähinnä luut, päätyvät muualle kuin elintarvikkeeksi. Naudalla sivutuotteiden osuus elopainosta on keskimäärin 46 %, siialla 38 % ja broilerilläkin keskimäärin 32 %. Suurin osa teurastamo- ja lihateollisuuden sivutuotteista on syötäväksi kelpaamattomia ruhonosia ja jätteitä, jotka ohjataan pääasiassa joko destruktiolaitokseen tai turkiseläinrehuksi. (UKRA n.d.)

Suoraan turkiseläinrehuksi hapotuskäsittelyn jälkeen teurastamoilta menee vuodessa keskimäärin 95 000 tonnia eläinperäisiä sivutuotteita. (K. Valkosalu, haastattelu 11.2.2010)

Vuosittain noin 90 000 tonnia eläinperäisiä sivutuotteita menee käsiteltäväksi destruktiolaitokseen, jossa ne prosessoidaan lihaluujauhoksi (kuva 2). Lihaluujauhoa valmistavat Suomessa tällä hetkellä Honkajoella sijaitseva Honkajoki Oy ja Kaustisilla sijaitseva Findest Protein Oy. Lihaluujauhoa Honkajoki Oy valmistaa vuodessa noin 30 000 tonnia eli käsiteltävästä eläinperäisten sivutuotteiden määrästä noin yksi kolmasosa menee lihaluujauhoksi. Sivutuotteista saadaan rasvaa noin 12 % ja loput on jätettä, energiaa sekä lämpöä. (K. Valkosalo, haastattelu 11.2.2010; Kirkkari, Kivelä, Laukkanen & Maasola 2005, 5)



KUVA 2 Lihaluujauhoa (China Top Supplier n.d.)

Luut ja keratiinipitoinen aines, joita tässä työssä tarkasteltiin, hyödynnetään pääasiassa joko turkiseläinrehuna tai prosessoidaan lihaluujauhoksi. Luita syntyy lihanjalostusteollisuuden sivutuotteena noin 40 000 tonnia vuodessa (kuva 3). Suurin osa luista menee käsiteltäväksi destruktiolaitokselle, jossa niistä prosessoidaan lihaluujauhoa. Osa luista menee hapotuksen jälkeen suoraan teurastamolta turkiseläinrehukäyttöön muun aineksen seassa. Vain pieni osa luista, lähinnä naudan luut (noin 3000 tonnia), hyödynnetään kastiketeollisuudessa.



KUVA 3 Luita (Kajo 2009)

Keratiinipitoista ainesta kertyy vuosittain noin 18 000 tonnia. Naudan teurastuksesta keratiinipitoista ainesta kertyy vuodessa noin 7000 tonnia (sorkat, sarvet), sian teurastuksesta noin 4000 tonnia (karvat, sorkat) sekä siipikarjan teurastuksesta noin 7000 tonnia (pääasiassa höyhenet, kuva 4). Nämä kaikki menevät pääasiassa destruktiolaitokselle käsiteltäväksi.



KUVA 4 Siipikarjan höyheniä (EcoFriend 2009)

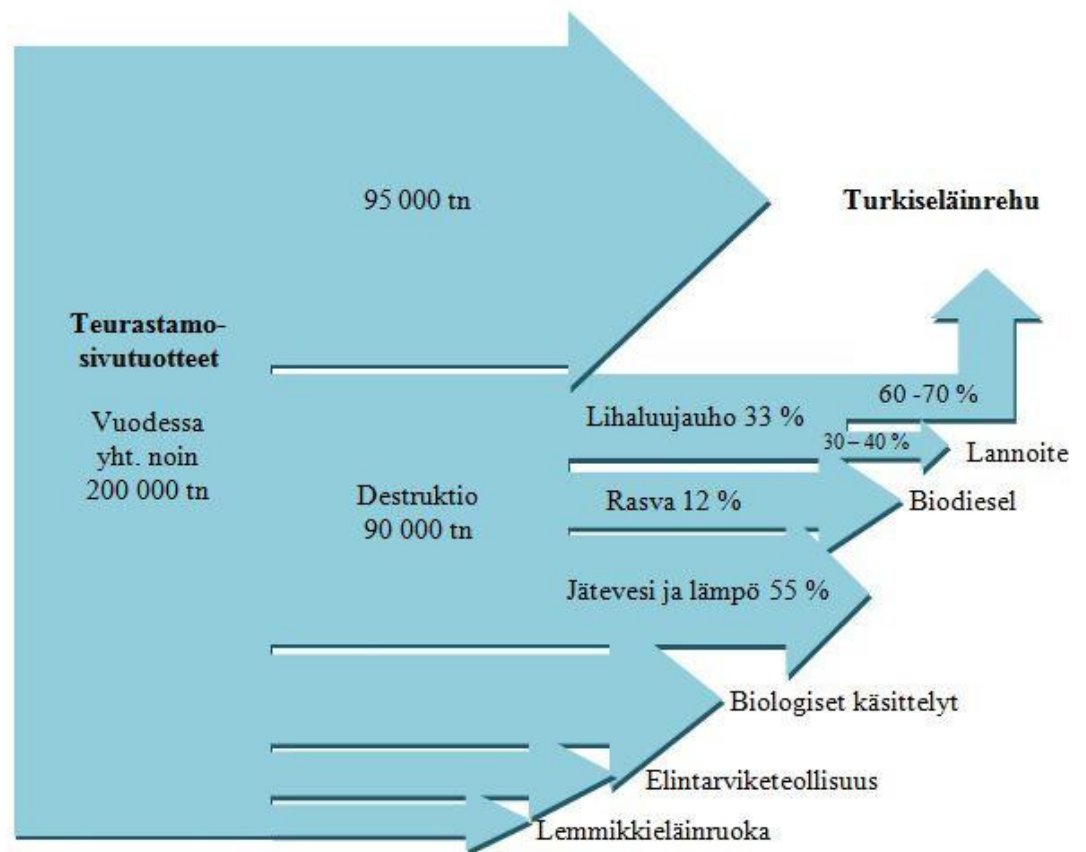
Käsiteltävien eläinperäisten sivutuotteiden määrät ovat lisääntyneet EU:n sivutuoteasetuksen määräysten vuoksi. Nykyään eläintiehillä alueilla ei saa enää haudata itsestään kuolleita eläimiä, vaan raadot on kerättävä jäteidenkäsittelylaitoksiin. Honkajoelle toimitetaan vuodessa noin 15 000 tonnia kuolleiden nautojen ruhoja (ei päitä mukana) eli keskimäärin noin 35 000 nautaa vuodessa eli noin 100 nautaa päivässä. (K. Valkosalo, haastattelu 11.2.2010; Kirkkari ym. 2005, 6)

EU:n BSE-taudin vastustamiseen liittyvien suojatoimenpiteiden johdosta Suomessa on vuodesta 2000 alkaen syntynyt myös erityistä 1. luokkaan kuuluvaa korkean riskin TSE-materiaalia. Tätä riskimateriaalia syntyy, kun naudoilta poistetaan teurastuksen yhteydessä erikseen määriteltyjä ruhon osia TSE-tautien leviämisen estämisen varmistamiseksi. TSE-riskimateriaalia syntyy vuosittain yhteensä lähes 25 000 tonnia ja se käsitellään Honkajoki Oy:n destruktiolaitoksessa. (Kirkkari ym. 2005, 5)

Yleisimpiä teurassivutuotteista saatavia lopputuotteita ovat siis 1. luokkaan kuuluvat esikäsitelty TSE-riskiaines ja TSE-eläinrasva, 2. luokkaan kuuluvat lihaluujauho, eläinrasva ja tali, sekä kaukolämpö lämmön talteenotosta. (Finfood –Suomen Ruokatieto ry n.d.)

Esikäsitelty TSE-riskiaines ja TSE-eläinrasva hävitetään polttamalla eli niitä käytetään polttoaineena energiantuotannossa sekä sementtiteollisuudessa polttoaineena sementin valmistuksessa (Finnsementti Oy). 2. luokan

lihaluujuuhosta suurin osa eli noin 60 – 70 % käytetään turkiseläinten ruokintaan sekä loput noin 30 – 40 % käytetään lannoitteena. Eläinrasvaa ja talia käytetään polttoaineena Honkajoki Oy:n omassa energiantuotannossa sekä raaka-aineena biodieselin valmistuksessa (Neste Oil). Eläinrasva on uusiutuva polttoaine eli se lasketaan biopolttoaineeksi joka on päästökaupan ulkopuolella ja se korvaa raskasta polttoöljyä. Eläinrasvan lämpöarvo on 96 % raskaan polttoöljyn lämpöarvosta. Raaka-aineena se on puhdasta, koska se ei sisällä rikkiä. Talteen otettua kaukolämpöä hyödynnetään Honkajoki Oy:n läheisissä kasvipuutarhoissa, joita ovat mm. Hevi-kolmiot Oy, Honkatarhat Oy sekä KKK-Vihannes Oy, joissa kasvatetaan mm. ruukkusalaattia, tomaattia sekä kurkkua. (Finfood –Suomen Ruokatieto ry n.d.; K. Valkosalo, haastattelu 11.2.2010). Teurassivutuotteiden nykykäyttökohteita on esitetty kuvassa 5.



KUVA 5 Sivutuotteiden nykykäyttö Suomessa (K. Valkosalo, haastattelu 11.2.2010)

## 2.2.1 Tekninen käyttö

### 2.2.1.1 Yleistä

Teknisiä tuotteita valmistetaan eläinperäisistä sivutuotteista teknisissä laitoksissa. Sivutuoteasetuksen mukaisen sivutuoteluokittelun mukaan teknisissä laitoksissa käsiteltävät sivutuotteet kuuluvat suurimmaksi osaksi luokkaan 3. Tästä on kuitenkin joitakin poikkeuksia. Luokkiin 1 ja 2 kuu-

luvut eläinperäiset sivutuotteet on pääsääntöisesti ensin käsiteltävä käsitteilylaitoksessa, minkä jälkeen ne voidaan käsitellä teknisessä laitoksessa. Tekninen laitos valmistaa sivutuotteista teknisiä tuotteita, jotka ovat eläimistä saatavista tietyistä sivutuotteista suoraan johdettuja tuotteita, joita ei ole tarkoitettu ihmisten tai eläinten ruoaksi. Teknisiä tuotteita ovat esimerkiksi parkitut ja käsitellyt vuodat ja nahat, metsästystrofeet, käsitelty villa, karva, harjakset, sulat ja höyhenet sekä niiden osat, hevoseläinten seerumi, verituotteet, lääkevalmisteet, lääkinnälliset laitteet, kosmeettiset valmisteet, luutuotteet posliinitavaroita varten, gelatiini ja liima, renderöidyt rasvat, rasvojen johdannaiset, maito ja maitopohjaiset tuotteet sekä eloperäiset lannoitevalmisteet ja maanparannusaineet. (Lehto 2008, 13; Elintarviketurvallisuusvirasto, teknisten tuotteiden valmistus n.d.)

#### 2.2.1.2 Lannoitekäyttö ja siihen liittyvä lainsäädäntö

Vuosittain lannoitekäyttöön menee Suomessa noin 10 000 tonnia lihaluujauhoa eli noin yksi kolmasosa vuosittain destruktiolaitoksilla tuotetusta noin 30 000 lihaluujauhotonnista.

Lihaluujauhon käyttö märehitijöiden ruokinnassa kiellettiin EU:ssa vuonna 1995, kun todettiin, että naudan BSE-epidemia levisi eikä sitä saatu pysäytettyä koska BSE-tartunnan saaneista naudoista peräisin olevaa ainesta kierrätettiin lihaluujauholla ruokkimisen kautta. BSE-suojatoimenpiteiden takia lihaluujauhon hyötykäyttö on jatkuvasti vähentynyt ja hakenut uusia kohteita, kun sen käyttö kiellettiin EU:ssa vuoden 2001 alusta myös sikojen ja siipikarjan ruokinnassa. (Eläinjättestrategia vuoteen 2007; Euroopan komissio 2004, 13)

BSE-suojatoimenpiteiden vuoksi myös lihaluujauhon lannoitekäyttö kiellettiin EU:ssa 2001 mutta vapautettiin uudestaan vuonna 2006 ja sitä on saanut 1.4.2006 alkaen käyttää lannoitteena. Lisäksi EU:n luomuasetus antaa luvan käyttää lihaluujauhoa lannoitteena eli lihaluujauho soveltuu käytettäväksi myös luomutuotannossa. (Palkitut innovaatiot. Satakunnan yrittäjä 9/2009, 14)

Lihaluujauho sopii viljojen, öljykasvien, perunan ja puutarhakasvien lannoitukseen. Sitä voidaan käyttää myös nurmikasvien lannoitukseen käyttörajoitukset huomioon ottaen. Lihaluujauholla lannoitettua aluetta ei saa laiduntaa eikä siitä saa korjata satoa lannoitusta seuraavien 21 vuorokauden kuluessa. Kielto on yhdenmukainen lihaluujauholla ruokintaa koskevan kiellon kanssa, ja sen tarkoituksena on välttää riskit, jotka saattavat liittyä tuotantoeläinten luonnonlaiduntamiseen tai ruohon käyttöön säiliörehuna tai heinäna, jos ruoho on saatu laitumelta, jossa saattaa olla lihaluujauhoa. (K. Valkosalo, haastattelu 11.2.2010; Euroopan komissio 2004, 9)

Lihaluujauho kuuluu orgaanisiin eläinperäisiin seoslannoitteisiin. Suomessa lihaluujauhon käyttö on sallittu orgaanisena P- tai NP-lannoitteena eikä lihaluujauhoa tuoda Suomeen lannoitekäyttöön. Lihaluujauhollannoitteen NP-koostumus on 8-6. Lihaluujauhon lannoitevaikutus perustuu lähinnä sen sisältämään hidasliukoiseen tyypeen ja fosforiin. Lisäksi lihaluujauho

sisältää runsaasti kalsiumia ja se vastaa noin yhtä kolmasosaa maatalouskalkin kalkitusvaikutuksesta. Lihaluujauhon lannoitusvaikutus riippuu lannoitettavan maan ominaisuuksista; sen kosteudesta, orgaanisen aineksen määrästä, pieneliötoiminnan tehosta ja maan hyvästä huokosrakenteesta. (Kirkkari ym. 2005, 11; Maa- ja metsätalousministeriö 2002, 20)

Orgaanista eläinperäistä lannoitetta valmistavat Suomessa mm. Botnia Grain Oy, Biolan, Kekkilä ja Elosato. Esimerkkinä orgaanisesta eläinperäisestä lannoitetuotteesta voidaan mainita Elosaton valmistamat orgaaniset Viljo-luomulannoitteet. Kuvassa 6 on esitetty Viljo-luomulannoitteiden logo.



KUVA 6 Viljo-luomulannoitteiden logo (Valkosalo 2008)

Esimerkiksi Aito Viljo 8-5-1 sisältää seuraavia ravinteita:

**Pääravinnepitoisuudet**  
(% kuiva-aineesta)

Typpi (N)	8 %
Typpi (N) vesiliuk.	2,5 %
Fosfori (P)	5 %
Fosfori (P) vesiliuk.	0,15 %
Kalium (K)	1 %

**Sivuravinteet**  
(% kuiva-aineesta)

Kalsium (Ca)	12 %
Magnesium (Mg)	0,8 %
Rikki (S)	0,5 %
Natrium (Na)	0,5 %

Kosteuspitoisuus 6 %, Orgaanista ainesta 65 %

**Hivenravinteet:** Boori (B) 25 mg/kg, koboltti (Co) 0,15 mg/kg, kupari (Cu) 3,9 mg/kg, rauta (Fe) 58 mg/kg, mangaani (Mn) 4 mg/kg, sinkki (Zn) 55 mg/kg, seleeni (Se) 0,19 mg/kg



Muita eläinperäisiä orgaanisia lannoitteita lihaluujauhon lisäksi ovat mm. luu-, karva- ja höyhenjauho sekä sarvilastu. Niitä käytetään lähinnä varsinaisina lannoitteina luonnonmukaisessa tuotannossa sekä kompostien raaka-aineena. Suomessa luonnonmukaisen viljelyn osuus kokonaisviljelyalasta oli noin 6,5 % vuonna 2007, eli orgaanisten lannoitteiden kulutus on melko vähäistä. Verrattuna muuhun Eurooppaan on luonnonmukaisesti viljellyn peltoalan osuus Suomessa kuitenkin korkea ja sen osuuden on ennakoitu edelleen kasvavan. (Maa- ja metsätalousministeriö 2002, 20; Rajala n.d.)

Suomessa maa- ja metsätalousministeriö (MMM) ohjaa yleisesti lannoitevalmisteiden valmistusta ja markkinointia sekä niiden valvontaa ja Elintarviketurvallisuusvirasto puolestaan valvoo valmistusta, markkinointia ja maahantuontia sekä lannoitevalmistelain (539/2006) ja sen nojalla annettujen maa- ja metsätalousministeriön asetusten noudattamista. Lannoitevalmistevalvonnan tarkoituksena on varmistua markkinoille saatettujen lannoitevalmisteiden vaatimustenmukaisuudesta sekä turvallisuudesta siten, ettei lannoitevalmisteiden käytöllä lisätä suomalaisen viljelysmaan tai muun ympäristön raskasmetallikertymää eikä aiheuteta ihmisille, eläimille eikä kasveille terveydellistä haittaa. (Elintarviketurvallisuusvirasto. Lannoitevalmisteiden valvonta n.d.)

Keskeiseen eläinperäisistä sivutuotteista valmistettuja lannoitevalmisteita koskevaan lainsäädäntöön kuuluu EU:n sivutuoteasetus eli Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden terveyssäännöistä, (EY) N:o 1774/2002 sekä lannoitevalmistelaki (539/2006).

EU:n sivutuoteasetus (EY) N:o 1774/2002 asettaa suuntaviivat myös lihaluujauhon lannoitekäytölle. Käyttö ei saa aiheuttaa ihmisille eikä eläimille minkäänlaista terveysriskiä. Sivutuoteasetus edellyttää, että eläinperäisiä sivutuotteita käsittelevät tuotantolaitokset ovat tarkastettuja ja hyväksytyjä. Suomessa on saanut 1.9.2004 jälkeen markkinoille saattaa ainoastaan sellaisia eläinperäisiä sivutuotteita raaka-aineenaan sisältäviä lannoitevalmisteita, jotka on tuotettu hyväksytyissä laitoksissa. Sivutuoteasetuksen edellyttämän laitoshyväksynnän lisäksi toiminnan ja lannoitevalmisteen tulee täyttää lannoitevalmistelaissa asetetut vaatimukset. (Elintarviketurvallisuusvirasto. Eläimistä saatavia sivutuotteita sisältävät lannoitevalmisteet n.d.)

Lannoitevalmistelaki 539/2006 astui voimaan 1.7.2006. Lannoitevalmistelain tavoitteena on, että Suomessa markkinoille saatettavat lannoitevalmisteet ovat turvallisia ja tasalaatuisia sekä kasvintuotantoon sopivia ja niiden tulee täyttää lannoiteasetuksessa, sivutuoteasetuksessa ja lannoitevalmistelaissa 539/2006 sekä sen nojalla annetuissa säädöksissä asetetut vaatimukset. Lain tarkoituksena on lisäksi edistää lannoitevalmisteiksi soveltuvien sivutuotteiden hyötykäyttöä silloin, kun ne eivät aiheuta vaaraa tai haittaa ihmisille, eläimille, kasveille tai ympäristölle ja niillä on positiivisia vaikutuksia kasvien kasvuun. Tätä lakia sovelletaan lannoitevalmisteiden ja soveltuvien osin niiden raaka-aineiden valmistukseen markkinoille saatta-

mista varten, markkinoille saattamiseen, käyttöön, kuljettamiseen, maahantuontiin sekä maastavientiin. Tätä lakia sovelletaan myös lannoitteista annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 2003/2003, eli niin kutsutun lannoiteasetuksen valvontaan ja muuhun sen edellyttämään täytäntöönpanoon. Tätä lakia sovelletaan EU:n sivutuoteasetuksen (EY) N:o 1774/2002 valvontaan ja muuhun sen edellyttämään täytäntöönpanoon siltä osin kuin se koskee lannoitevalmisteita. Lannoitevalmistelaisissa määritellään lannoitevalmisteiksi lannoitteet, kalkitusaineet, maanparannusaineet, kasvualustat, mikrobivalmisteet, lannoitevalmisteena sellaisenaan käytettävät sivutuotteet. (Lannoitevalmistelaki 539/2006 2§; Elintarviketurvallisuusvirasto. Lannoitevalmisteet n.d.)

## 2.2.2 Rehukäyttö

Naudan BSE-epidemian takia EU:n sivutuoteasetuksessa lihaluujauhon käyttö märehittijöiden ruokinnassa on ollut kielletty EU:ssa vuodesta 1995 lähtien, sekä sikojen ja siipikarjan ruokinnassa vuoden 2001 alusta lähtien. (Maa- ja metsätalousministeriö 2002, 36)

Sivutuoteasetuksen tavoitteena on estää kiellettyjen käsiteltyjen eläinproteiinien syöttäminen elintarviketuotannossa käytettäville eläimille, turvata riittävä hygieniataso tautivaarallisten mikrobien leviämisen ehkäisemiseksi sekä varmistaa sivutuotteiden tunnistettavuus ja jäljitettävyyden kaikissa vaiheissa. Muille kuin elintarviketuotantoon käytettäville eläimille tarkoitetut rehuseokset, jotka sisältävät esim. lihaluujauhoa, tulee valmistaa eri tuotantolaitoksessa kuin elintarviketuotannossa käytettäville eläimille tarkoitetut rehuseokset. Tiettyjen eläimistä saatavien sivutuotteiden käyttö lemmikkieläinten, turkiseläinten, tarhakoirien ja kalansyötiksi tarkoitettujen toukkien ruokintaan on sallittua. (Elintarviketurvallisuusvirasto. Eläimistä saatavien sivutuotteiden rehukäyttö n.d.)

Eläinperäisten sivutuotteiden rehukäyttöä on tarkasteltu lähemmin toisessa Hyötyteuras-hankkeeseen liittyvässä opinnäytetyössä (Tikka, M. 2010).

## 2.3 Sivutuotteiden käsittely

Tässä osiossa käsitellään sivutuotteiden käsittelyvaatimuksia menetelmien osalta. Destruktiokäsittely on nykyisin pääasiallinen menetelmä luiden ja keratiinipitoisen aineksen prosessoinnissa, joten sitä käsitellään tarkemmin luvussa 2.3.2.

### 2.3.1 Sivutuotteiden käsittelyvaatimukset

EU:n sivutuoteasetuksessa (EY) N:o 1774/2002 on määritelty eläinperäisiä sivutuotteita koskevat käsittelyvaatimukset sekä seitsemän eri käsittelymenetelmää sivutuotteille.

Sivutuotteiden käsittely riippuu siitä, mihin luokkaan aines on luokiteltu.

Luokan 1 aines on käsiteltävä hyväksytyssä luokan 1 käsittelylaitoksessa (Suomessa Honkajoki Oy) tai hyväksytyssä polttolaitoksessa. Kansainvälinen ruokajäte on haudattava hyväksytylle kaatopaikalle. Nautojen, lampaiden ja vuohien hautaaminen on sallittua syrjäisillä alueilla (Lappi).

Luokan 2 aines on käsiteltävä hyväksytyssä luokan 1 tai 2 käsittelylaitoksessa (Honkajoki Oy tai Findest Protein Oy). Lanta tai ruuansulatuskanavan sisältö on käytettävä raaka-aineena hyväksytyssä biokaasu- ja kompostointilaitoksessa tai käsiteltävä hyväksytyssä teknisessä laitoksessa tai se voidaan levittää maahan, mikäli paikallinen viranomainen ei epäile vakavan tartuntataudin leviämiskä. Osaa luokan 2 aineksesta voidaan käyttää myös turkiseläinten rehuksi käsittelyn (esim. hapotus) jälkeen. Osaa luokan 2 aineksesta voidaan käyttää eläintarhaeläinten, sirkuseläinten, matelijoiden, luonnonvaraisten eläinten, hyväksytyjen kenneleiden koirien, ajokoirien tai kalansyötiksi kasvatettujen toukkien ruokintaan. Hautaaminen on sallittua eläinlajikohtaisesti ja tietyistä tuotantolaitoksista saatavien sivutuotteiden osalta erikseen määritetyillä syrjäisillä alueilla.

Luokan 3 aines on joko käsiteltävä hyväksytyssä luokan 1, 2 tai 3 käsittelylaitoksessa (Honkajoki Oy tai Findest Protein Oy), muunnettava hyväksytyssä teknisessä laitoksessa, käytettävä raaka-aineena hyväksytyssä lemmikkieläinten ruokia ja muiden eläinten rehuja valmistavassa laitoksessa tai muunnettava biokaasu- tai kompostointilaitoksessa. Osaa aineksesta voidaan käyttää myös turkiseläinten rehuksi käsittelyn (esim. hapotus) jälkeen. Osaa aineksesta voidaan käyttää eläintarhaeläinten, sirkuseläinten, matelijoiden, luonnonvaraisten eläinten, hyväksytyjen kenneleiden koirien, ajokoirien tai kalansyötiksi kasvatettujen toukkien ruokintaan. Hautaaminen on sallittua tietyistä tuotantolaitoksista saatavien sivutuotteiden osalta erikseen määritetyillä syrjäisillä alueilla. (Maa- ja metsätalousministeriö 2000)

Käytössä olevat käsittelymenetelmät määritellään eläimistä saatavien sivutuotteiden luokan mukaan ja ne vaihtelevat raaka-aineen partikkelikoon, lämpökäsittelyssä saavutetun lämpötilan, prosessin keston ja siinä käytetyn paineen mukaan. Yksi menetelmästä koskee erityisesti kaloista saatavia sivutuotteita.

Ensimmäistä käsittelymenetelmää sovelletaan silloin, kun kyseessä on lantaa, ruuansulatuskanavan sisältöä, maitoa ja ternimaitoa lukuun ottamatta luokkaan 2 kuuluva aines, joka on tarkoitettu biokaasu- tai kompostointilaitokseen tai käytettäväksi eloperäisenä lannoitteena tai maanparannusaineena. Ensimmäistä käsittelymenetelmää sovelletaan myös silloin, kun kyseessä on luokkaan 1 ja luokkaan 2 kuuluva aines, joka on tarkoitettu kaatopaikalle tai nisäkkäistä peräisin olevat käsitellyt valkuaisaineet.

Jotakin 1.–5. käsittelymenetelmästä on käytettävä, kun kyseessä on luokkaan 2 kuuluva raaka-aine, joka käsittelyn jälkeen on tarkoitettu poltettavaksi tai luokkaan 1 tai luokkaan 2 kuuluva aines, joka on tarkoitettu poltettavaksi.

### Ensimmäinen menetelmä

Käsiteltävien eläimistä saatavien sivutuotteiden partikkelikoko saa olla enintään 50 millimetriä. Sivutuotteet on kuumennettava keskeytyksettä yli 133 °C:n sisälämpötilaan vähintään 20 minuutin ajaksi vähintään 3 baarin absoluuttisessa paineessa, joka on tuotettu kyllästetyllä höyryllä. Prosessointi voidaan suorittaa panosprosessina tai jatkuvana prosessina.

### Toinen menetelmä

Käsiteltävien eläimistä saatavien sivutuotteiden partikkelikoko saa olla enintään 150 millimetriä. Sivutuotteet on lämmitettävä yli 100 °C:n sisälämpötilaan vähintään 125 minuutin ajaksi, yli 110 °C:n sisälämpötilaan vähintään 120 minuutin ajaksi ja yli 120 °C:n sisälämpötilaan vähintään 50 minuutin ajaksi. Prosessointi on suoritettava panosprosessina. Eläinten sivutuotteet voidaan keittää siten, että aika- ja lämpötilavaatimukset saavutetaan samanaikaisesti.

### Kolmas menetelmä

Käsiteltävien eläimistä saatavien sivutuotteiden partikkelikoko saa olla enintään 30 millimetriä. Sivutuotteet on lämmitettävä yli 100 °C:n sisälämpötilaan vähintään 95 minuutin ajaksi, yli 110 °C:n sisälämpötilaan vähintään 55 minuutin ajaksi ja yli 120 °C:n sisälämpötilaan vähintään 13 minuutin ajaksi. Prosessointi voidaan suorittaa panosprosessina tai jatkuvana prosessina. Eläinten sivutuotteet voidaan keittää siten, että aika- ja lämpötilavaatimukset saavutetaan samanaikaisesti.

### Neljäs menetelmä

Käsiteltävien eläimistä saatavien sivutuotteiden partikkelikoko saa olla enintään 30 millimetriä. Sivutuotteet on laitettava astiaan, johon lisätään rasva, ja lämmitettävä yli 100 °C:n sisälämpötilaan vähintään 16 minuutin ajaksi, yli 110 °C:n sisälämpötilaan vähintään 13 minuutin ajaksi, yli 120 °C:n sisälämpötilaan vähintään 8 minuutin ajaksi ja yli 130 °C:n sisälämpötilaan vähintään 3 minuutin ajaksi. Prosessointi voidaan suorittaa panosprosessina tai jatkuvana prosessina. Eläinten sivutuotteet voidaan keittää siten, että aika- ja lämpötilavaatimukset saavutetaan samanaikaisesti.

### Viides menetelmä

Käsiteltävien eläimistä saatavien sivutuotteiden partikkelikoko saa olla enintään 20 millimetriä. Sivutuotteita on lämmitettävä niin kauan, että ne hyytyvät, minkä jälkeen niitä on puristettava, jotta rasva ja vesi poistuvat valkuaispitoisesta aineksestä. Valkuaispitoinen aine on lämmitettävä tämän jälkeen yli 80 °C:n sisälämpötilaan vähintään 120 minuutin ajaksi ja yli 100 °C:n sisälämpötilaan vähintään 60 minuutin ajaksi. Prosessointi voidaan suorittaa panosprosessina tai jatkuvana prosessina. Eläinten sivutuotteet voidaan keittää siten, että aika- ja lämpötilavaatimukset saavutetaan samanaikaisesti.

Kuudes menetelmä (Ainoastaan luokkaan 3 kuuluvat kalaperäiset eläimistä saatavat sivutuotteet)

1. Eläinten sivutuotteet on hienonnettava vähintään
  - a) 50 millimetriin tehtäessä lämpökäsittely kohdan 3. a) mukaisesti, tai
  - b) 30 millimetriin tehtäessä lämpökäsittely kohdan 3. b) mukaisesti.
2. Tämän jälkeen niihin on lisättävä muurahaishappoa pH-arvon alentamiseksi pysyvästi enintään pH 4:ään. Seos on varastoitava vähintään 24 tunniksi ennen uutta käsittelyä.
3. Seos on lämmitettävä
  - a) vähintään 90 °C:n sisälämpötilaan vähintään 60 minuutin ajaksi, tai
  - b) vähintään 70 °C:n sisälämpötilaan vähintään 60 minuutin ajaksi.Jatkuvaa lämpövirtaa käytettäessä tuotteen siirtymistä lämpömuuntimen läpi on valvottava mekaanisilla käskyillä, jotka rajoittavat sen siirtymistä niin, että lämpökäsittelyn loputtua tuote on käynyt läpi ajallisesti ja lämpötilan kannalta riittävän prosessin.

Seitsemäs menetelmä

1. Mikä tahansa toimivaltaisen viranomaisen hyväksymä menetelmä, jos toimivaltaiselle viranomaiselle on osoitettu, että lopputuotteesta on otettu päivittäin näytteitä yhden kuukauden ajan seuraavia mikrobiologisia vaatimuksia noudattaen:
  - a) Heti lämpökäsittelyn jälkeen aineksesta otetut näytteet:
    - 1 gramma tuotetta ei saa sisältää *Clostridium perfringens* -bakteeria.
  - b) Käsittelylaitoksessa varastoinnin aikana tai varastosta poiston yhteydessä aineksesta otetut näytteet:
    - Salmonella: ei esiinny 25 grammassa, viisi näytettä
    - Enterobakteerit: viisi näytettä, joissa bakteerimäärä korkeintaan 10 kappaletta yhtä grammaa kohden, kuitenkin kahdessa näytteessä bakteerimäärä saa olla korkeintaan 300 kappaletta yhdessä grammassa.
2. Tiedot kriittisistä valvontapisteistä, joita noudattaen jokainen käsittelylaitos täyttää tyydyttävästi mikrobiologiset vaatimukset, on talletettava ja säilytettävä siten, että omistaja, toiminnanharjoittaja tai näiden edustaja ja toimivaltainen viranomainen voi valvoa kyseisen käsittelylaitoksen toimintaa. Talletettavat ja valvottavat tiedot ovat partikkelikoko, kriittinen lämpötila ja tapauksen mukaan käsittelyn ehdoton kesto, paineprofiili, raaka-aineiden syöttönopeus ja rasvan uudelleenkierrätysnopeus. (Elintarviketurvallisuusvirasto 2010, 6-7)

Edellä mainitut menetelmät ovat esikäsittelymenetelmiä silloin, kun kyseessä on TSE-riskiaines. TSE-riskiaines tuhoetaan esikäsittelyn jälkeen vielä polttamalla se hyväksytyssä polttolaitoksessa asetettujen vaatimusten mukaisesti.

### 2.3.2 Sivutuotteiden destruktiokäsittely

Eläinperäiset sivutuotteet käsitellään hyväksytyssä luokan 1, 2 tai 3 käsittelylaitoksessa, muunnetaan hyväksytyssä teknisessä laitoksessa, käyteen raaka-aineena hyväksytyssä lemmikkieläinten ruokia ja muiden eläinten rehuja valmistavassa laitoksessa tai muunnetaan biokaasu- tai kompostointilaitoksessa.

Suomessa on vain yksi hyväksytty luokkaan 1 kuuluvan suurriskisen tuotantoeläinjätteen käsittelylaitos, Honkajoki Oy. Luokan 1 käsittelylaitos käsittelee luokkaan 1 kuluva aineesta ennen sen lopullista hävittämistä. Luokkaan 2 kuuluvan tuotantoeläinjätteen käsittelylaitoksia Suomessa on kaksi, Honkajoki Oy sekä Findest Protein Oy.

Tässä työssä tarkasteltavat suurimmat syötäväksi kelpaamattomat sivutuotejakeet eli luut ja keratiinipitoinen aines käsitellään pääasiassa destruktiolaitoksessa renderöimällä.

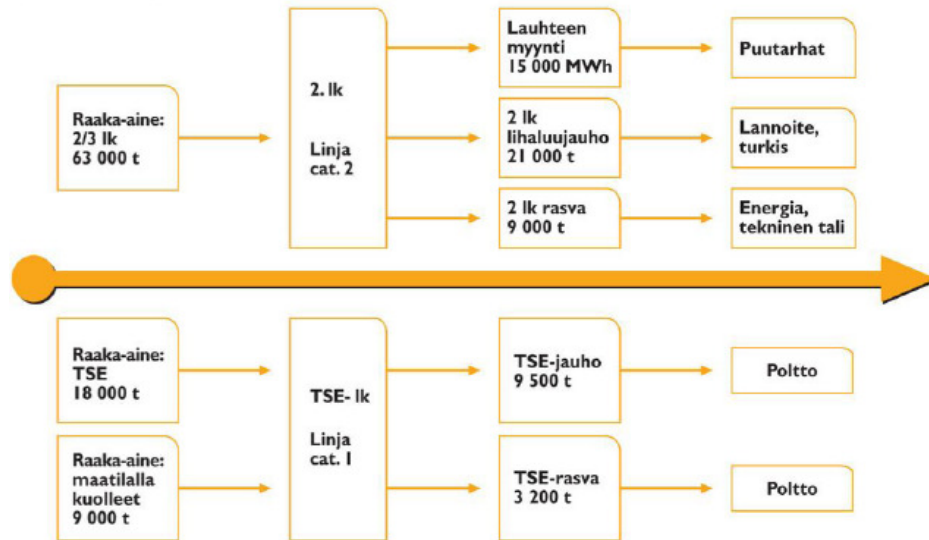
Syötäväksi kelpaamattomien teurassivutuotteiden destruktiio toteutetaan tavallisesti polttamalla, renderöimällä ne destruktiolaitoksessa tai näiden yhdistelmällä.

Suomessa on kaksi destruktiolaitosta, Honkajoki Oy ja Findest Protein Oy. Honkajoki Oy on perustettu vuonna 1967 ja on toiminut koko historiansa ajan Honkajoella Satakunnassa. Honkajoki Oy:n omistajia ovat Atria Oyj, HK-Ruokatalo Oy sekä Järvi-Suomen Portti osuuskunta. Honkajoki Oy:n tehdas on hyväksytty korkeariskisen eläinjätteen käsittelylaitokseksi ja se käsittelee teollisuudesta peräisin olevia eläinperäisiä sivutuotteita. Destruktiolaitoksella on nykyisellään kaksi käsittelylinjaa, jotka on täysin erotettu toisistaan. Tällä hetkellä lihaluujauholinjalla käsitellään sekä luokkaan 2 että luokkaan 3 kuuluvia sivutuotteita ja TSE-linjalla käsitellään pelkästään luokkaan 1 kuuluvaa TSE-riskiainesta sekä tilalla kuolleita tuotantoeläimiä.

Honkajoki Oy jatkojalostaa luokan 2 ja 3 sivutuotteita, joista saatavia päätuotteita ovat turkiseläinrehu, lannoitteet, eläinrasva ja kaukolämpöenergia. Luokan 1 sivutuotteet, jotka voivat sisältää TSE-riskiainesta, käsitellään polttokelpoiseen muotoon. Yhtiö vastaa myös valtakunnallisesti TSE-riskiaineiden sekä tilalla kuolleiden tuotantoeläinten keräilystä ja käsittelystä. Honkajoella käsitellään lähinnä nauta-, lammas ja vuohiraatoja sekä niistä peräisin olevaa TSE-riskimateriaalia. Nykyinen destruktiolaitos on vuodelta 1985 ja sen käsittelymäärä on noin 90 000 tonnia vuodessa. Honkajoki Oy käsittelee kotimaan lihateollisuudesta tulevaa suurriskistä luokkaan 1 kuuluvaa eläinjätettä vuosittain noin 25 000 tonnia. (K. Valkosalu, haastattelu 11.2.2010; Kirkkari ym. 2005, 5; Honkajoki Oy 2010). Materiaalin kulku Honkajoki Oy:n linjastoilla on esitetty kuvassa 7.

## Materiaalin kulku konsernin linjastoilla:

(yht. 90 000 t)



KUVA 7 Materiaalin kulku Honkajoki Oy:n linjastoilla (Valkosalo 2008)

Honkajoki Oy:llä on vireillä renderöintilaitoksen laajennus- ja kehittämishanke. Laitokselle on suunnitteilla luujauholinja, verilinja, höyhenlinja, ja jatkuvatoiminen rasvankeittolinja. Honkajoki Oy:n suunnitteilla olevat prosessit on kuvattu tarkemmin toisessa Hyötyteuras-hankkeeseen liittyvässä opinnäytetyössä (Tikka, M. 2010). Tarkoituksena on myös rakentaa erilliset käsittelyprosessit sivutuoteasetuksen luokittelun mukaan luokan 1. ja 2. sekä luokan 3. materiaalille. Nykyinen laitos on tarkoitus saneerata 1. ja 2. luokan sivutuotteiden käsittelyyn, jossa luokkiin 1 ja 2 kuuluvat eläinperäiset sivutuotteet käsitellään samassa, koska 2. luokkaan kuuluvia sivutuotteita eli hylkyruhoja ja kuolleita eläimiä tulee niin vähäisiä määriä. Syntyvä esikäsitelty TSE-riskiaines menee Finnsementti Oy:lle polttoon. Uusi laajennusosa rakennetaan 3. luokan laitokseksi, jonka lopputuotteena voidaan tuottaa raaka-aineita lannoitteiden, biodieselin ja mahdollisesti lemmikkieläinrehujen valmistukseen. Hankkeessa kasvatetaan Honkajoki Oy:n eläinperäisten sivutuotteiden käsittelykapasiteettia nykyisestä 85 000 tonnista enintään 236 000 tonniin vuodessa. Toiminnan laajentamiselle on tarvetta lisääntyvien raaka-ainevirtojen vuoksi. (K. Valkosalo, haastattelu 11.2.2010; Honkajoki Oy 2009)

Toinen Suomessa sijaitseva destruktiolaitos on Kaustisilla sijaitseva Honkajoki Oy:n tytäryhtiö Findest Protein Oy, joka on aloittanut toimintansa vuonna 1994 ja se on samassa omistuksessa Honkajoki Oy:n kanssa. Findest Protein Oy on eläinperäisen jätteen käsittelylaitos, joka käsittelee tällä hetkellä luokan 3 sivutuotteita jalostaen ne turkiseläinten valkuaisrehuksi, sen raaka-aineeksi tai lannoitteeksi sekä eläinrasvaksi. Lisäksi yritys vastaa valtakunnallisesti tilalla kuolleiden sika- ja siipikarjaeläinten keräilystä ja käsittelystä. Findest Protein Oy:n käsittelymäärä on kotimaisen tuotannon osalta yhteensä noin 15 000 tonnia vuodessa ja ulkomaisen eläinjätteen tuonnin osalta noin 15 000 tonnia vuodessa. (Kirkkari ym. 2005, 6; Tenhunen 2006)

### 2.3.2.1 Renderöinti

Destruktiolaitoksissa sivutuotteiden destruktio toteutetaan renderöimällä. Renderöinti on erotteluprosessi, joka käsittää erilaisia käsittelyvaiheita eläinperäisten sivutuotteiden prosessoinnille materiaalin talteen ottamiseksi. Renderöintiprosessissa käsitellään vuotia, nahkoja, höyheniä, elimiä, luita, nesteitä ja rasvoja korkeassa lämpötilassa kosteuden poistamiseksi, bakteerien tappamiseksi sekä rasvan ja proteiinien erottelemiseksi. Prosessista tuotteena saadaan puhdistettua rasvaa ja proteiinipitoista jauhetta eli esimerkiksi lihaluujauhoa. Yleensä renderöintiprosessi käsittää sivutuotteiden murskauksen, jauhamisen ja niitä seuraavan lämpökäsittelyn. (UKRA n.d.)

Suomessa kaikki destruktiolaitoksilla käsiteltävät eläinperäiset sivutuotteet käsitellään autoklaaveissa 133 °C:n lämpötilassa, 3 bar:n paineessa 20 minuutin ajan. Tämä on niin sanottu ykkös menetelmä kappaleessa 2.3.2 kuvatuista seitsemästä eri sivutuotteiden käsittelymenetelmästä. Yksi syy tähän on se, että lannoiteasetuksen mukaan destruktiolaitoksessa tuotettu lihaluujauho käsiteltävä ykkös menetelmän mukaisesti, jotta se kelpaa lannoitteeksi. (Jääskeläinen 2005)

Renderöintiprosessi on kuvattu tarkemmin toisessa Hyötyteuras-hankkeen opinnäytetyössä (Tikka, M. 2010)

### 2.3.2.2 Poltto

Maatiloilla kuolleiden tai lopetettujen nautojen, lampaiden, sikojen ja siipikarjan raadot voidaan hävittää keräilyalueella esimerkiksi osallistamalla raatokeräilyyn, jonka kautta raadot toimitetaan käsittelylaitokseen. Syrjäisillä alueilla raadot saa haudata. Vaihtoehtona näille hävittämistavoille on raatojen hävittäminen polttamalla ne hyväksytyssä polttolaitoksessa. Vuonna 2000 TSE-riskiaineksen käyttö kiellettiin ja se määrättiin hävitettäväksi tai käsiteltäväksi siten, että aineksen pääsy ravintoketjuun voidaan varmuudella estää. TSE-riskimateriaali on käsiteltävä hyväksytyssä luokan 1 käsittelylaitoksessa tai poltettava hyväksytyssä polttolaitoksessa. Toimenpiteet TSE-riskiaineksen polttamisedellytyksien selvittämiseksi kaukolämpö- ja muiden voimalaitosten kanssa johtivat polttosopimukseen ja poltto aloitettiin syksyn 2002 aikana. (UKRA n.d.; Lehto 2008, 18; Maa- ja metsätalousministeriö 2002, 36)

Maa- ja metsätalousministeriön asetus luokkaan 1 kuuluvan suurriskisen eläinjätteen eli niin kutsutun TSE-riskiaineksen käsittelystä (1197/2000) koskee riskiaineksen poistamista eläimistä sekä sen kuljetusta, varastointia, käsittelyä ja hävittämistä. Asetuksen mukaan riskiaines on hävitettävä joko polttamalla, esikäsittelemällä riskiaines hyväksytyssä suurriskisen eläinjätteen käsittelylaitoksessa (Honkajoki Oy) ja sen jälkeen polttamalla, rinnakkaispolttamalla tai esikäsittelemällä riskiaines hyväksytyssä esikäsitteilylaitoksessa ja sen jälkeen hautaamalla hyväksytylle kaatopaikalle. (Maa- ja metsätalousministeriö 2002, 10)



Vähäriskinen luokkiin 2 ja 3 kuuluva eläinjäte on käsiteltävä suurriskisen eläinjätteen käsittelylaitoksessa, eläinjätteen polttolaitoksessa, vähäriskisen luokkaan 3 kuuluvan eläinjätteen käsittelylaitoksessa, lemmikkieläinrehulaitoksessa, teknisiä tai farmaseuttisia tuotteita valmistavassa laitoksessa tai turkiseläinrehua valmistavassa laitoksessa. (Maa- ja metsätalousministeriö 2002, 10)

Polttolaitokset jaotellaan EU:n sivutuoteasetuksessa suuren ja pienen kapasiteetin laitoksiin. Pienen kapasiteetin laitoksen polttokapasiteetti on alle 50 kg/tunti ja suuren kapasiteetin yli 50 kg/tunti. Pienen kapasiteetin polttolaitos on yleensä riittävä maatilojen tarpeisiin. Sivutuotteita voidaan polttaa jätteenpoltto- tai rinnakkaispolttolaitoksessa, jolloin polttamiseen sovelletaan valtioneuvoston asetusta jätteen polttamisesta (362/2003). Rinnakkaispolttolaitoksella tarkoitetaan laitosta, jonka pääasiallisena tarkoituksena on tuottaa energiaa tai aineellisia tuotteita ja jossa käytetään jätettä vakinaisena tai lisäpolttoaineena, tai laitosta, jossa jätettä lämpökäsitellään sen käsittelemiseksi. Sivutuoteasetuksen asettamat toimintaedellytykset ovat samat polttolaitoksille ja rinnakkaispolttolaitoksille. Polttolaitoksessa voidaan polttaa luokkaan 2 kuuluvia sian, ja siipikarjan, turkiseläinten, kalojen kokonaisia raatoja. Lampaiden, vuohien ja nautojen poltto on myös mahdollista, mutta silloin poltolle asetetaan lisävaatimuksia. On mahdollista, että polttolaitokseen liitetyllä murskaimella tai myllyllä murskattu ruho syötetään suoraan uuniin poltettavaksi. Mikäli polttolaitos sijoitetaan maatalan yhteyteen, voi siinä polttaa ainoastaan kyseisen tilan raatoja. Lainsäädännöllä ohjataan jätteen polttoa suuriin luvan omaaviin polttolaitoksiin, jolloin poltto on hallitumpaa ja ympäristövaikutukset vähäisemmät. (Lehto 2008, 18; Elintarviketurvallisuusvirasto, polttaminen n.d.)

Polttolaitoksissa prosessissa syntyvän kaasun lämpötila nostetaan valvotusti 850 °C:een vähintään kahden sekunnin ajaksi. Polttolaitoksessa, jossa poltetaan märehitijöiden raatoja, on oltava jälkipoltin. (Elintarviketurvallisuusvirasto, polttaminen n.d.)

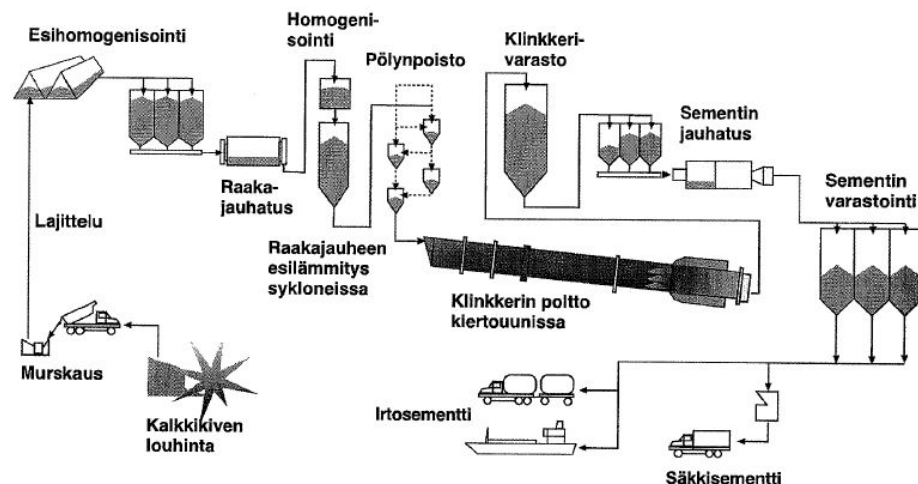
Sivutuotteiden polttoon vaaditaan ympäristölupa, jossa annetaan määräykset sivutuotteiden esikäsittelystä, poltosta, polttolämpötiloista, savukaasujen puhdistuksesta, päästömittauksista jne. Lupamääräyksissä sovelletaan jätteenpolttoasetusta soveltuvin osin ja vaatimukset ovat tiukkoja. Alueellinen ympäristökeskus päättää ympäristöluvasta. (Lehto 2008, 18)

Eläinten ruhojen ja siitä valmistetun lihaluujauhon polttaminen on tapahtuttava ensisijaisesti niin kutsutun jätteenpolttodirektiivin eli Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin jätteenpoltosta (2000/76/EY) mukaan, joka otettiin Suomessa käyttöön valtioneuvoston asetuksena N:o 362/2003 jätteen polttamisesta. Asetuksessa on säännöksiä muun muassa jätteen toimittamisesta polttoon, polton edellytyksistä, laitosten päästöistä ja niiden mittausvelvoitteista. Ympäristöministeriön antamaan jätteenpoltoasetuksen soveltamisalaan kuuluvat myös sellaiset eläinjätettä polttavat tai rinnakkaispolttavat laitokset, joissa poltetaan myös muita sivutuotteita kuin kokonaisia raatoja. Tällöin polttoon sovelletaan ainoastaan ympäris-

töpuolen säädöksiä. Sellaiset laitokset, joissa poltetaan yksinomaan kokonais eläinten ruhoja, kuuluvat EU:n sivutuoteasetuksen soveltamisalaan. Sivutuoteasetus asettaa kokonaisten raatojen poltolle tietyt edellytykset ja toimintaa säätelee muun muassa jätelaki, ympäristönsuojelulaki- ja -asetus. Polttoon ei sovelleta sivutuoteasetusta vaan ainoastaan ympäristöpuolen säädöksiä, mikäli polttolaitoksessa poltetaan muita sivutuotteita kuin kokonais raatoja. Raatojen hävittäminen avotulella polttamalla on kiellettyä koko Suomen alueella. (Kirkkari ym. 2005, 9-10; Elintarviketurvallisuuksvirasto, polttaminen n.d.)

Lihaluujauhoa poltetaan Suomessa jätteenpolttodirektiivin mukaisesti sellaisissa laitoksissa, joissa voidaan taata että TSE-riskiaines poltetaan yli 850 °C:n lämmössä, jossa poltettava massa pysyy vähintään kahden sekunnin ajan. Vuonna 2005 Suomessa oli kolme riskiaineksen polttolaitosta, jotka pystyivät käsittelemään kaiken syntyvän TSE-riskiaineksen. Laitokset olivat Säterin tehtaiden Valkeakosken lämpölaitos, Riihimäen Ekokemin laitos ja Fortumin Kauttuan lämpölaitos. (Kirkkari ym. 2005, 10)

Tällä hetkellä Honkajoella esikäsitelty TSE-riskiaines menee kokonaisuudessaan poltettavaksi Finnsementti Oy:n tehtaalle. Finnsementti Oy on suomalainen sementinvalmistaja ja valtaosa Suomen sementtitarpeesta tuotetaan Finnsementti Oy:n tehtailla Paraisilla ja Lappeenrannassa. Sementti on tärkein osa maailman yleisimmän rakennusmateriaalin, betonin koostumuksessa ja sementtiä valmistetaan maailmanlaajuisesti 2000 miljoonaa tonnia, josta Suomen osuus on 1,5 miljoonaa tonnia. Finnsementti Oy:n tehtailla lihaluujauhoa käytetään sementin valmistuksessa pääpolttoaineiden, kivihiilen ja petrokoksin rinnalla lisäpolttoaineena. Sementin valmistus on erittäin korkean lämpötilan vaativa prosessi. Sementtimineraalit muodostuvat noin 1400 – 1500 °C lämpötilassa kierto-uunissa, jossa poltetaan pääasiassa hienoksi jauhettua kivihiiltä, petrokoksia sekä lihaluujauhoa. Sementin valmistusprosessi on esitetty kuvassa 8. Käyttämällä lihaluujauhoa polttoaineena, voidaan korvata fossiilisia polttoaineita sekä vähentää CO<sub>2</sub>-päästöjä. Eläinperäiset polttoaineet, kuten esimerkiksi lihaluujauho, lasketaan uusiutuviksi biopolttoaineiksi, joille ei lasketa hiilidioksidipäästöjä. (Finnsementti Oy 2009, 4-7)



KUVA 8 Sementin valmistusprosessi (Finnsementti Oy 2005)

### 2.3.3 Muut käsittelymenetelmät

Muita eläinperäisten sivutuotteiden käsittelymenetelmiä ovat biologiset käsittelyt, kuten sivutuotteiden kompostointi sekä biopolttoainetuotanto, kuten biodieselinvalmistus eläinrasvoista ja biokaasun tuottaminen sivutuotteista mädättämällä. Näiden käsittelymenetelmien tarkastelu on kuitenkin rajattu Hyötyteuras-hankkeen ja täten myös tämän opinnäytetyön ulkopuolelle.

## 2.4 Keskeiset syötäväksi kelpaamattomat sivutuotejakeet

Tässä työssä tarkasteltavat keskeisimmät syötäväksi kelpaamattomat sivutuotejakeet ovat luu ja keratiinipitoinen aines. Tässä osiossa tarkastellaan tarkemmin niiden koostumusta ja ominaisuuksia.

### 2.4.1 Luut

Luukudos on pitkälle erikoistunutta sidekudosta. Niin kuin muutkin sidekudostyyppit, se voidaan jakaa solun ulkoiseen solujenvälisestä kalkkiutuneesta luukudoksesta muodostuvaan aineeseen eli matriksiin sekä sitä muodostaviin soluihin. (Solunetti 2006a)

Luussa erotetaan morfologisesti eli muoto-opillisesti ja toiminnallisesti neljä erilaista solutyyppiä: osteoblastit, osteosyytit, osteoklastit ja luun pintasolut.

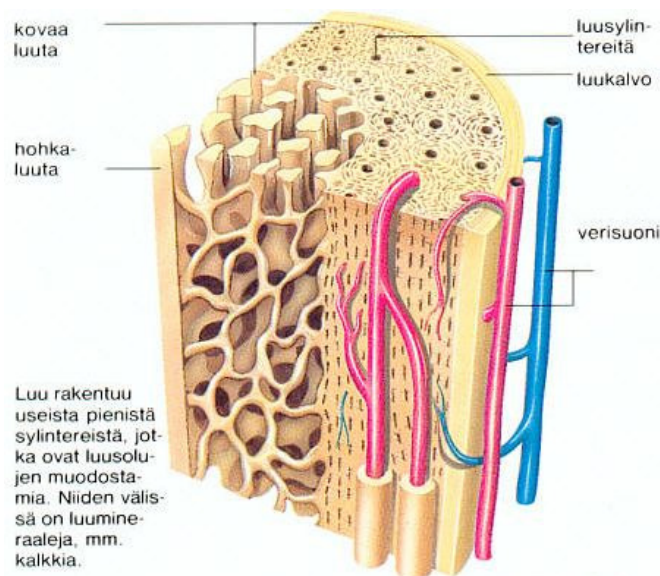
Osteoblastit ovat yksitumaisia, polaarisia soluja. Ne tuottavat uutta luuta valmistamalla luun soluväliainetta eli matriksia erittämällä tyypin 1 kollageenia, glykosaminoglykaaneja sekä proteoglykaaneja. Ne huolehtivat myös luun mineralisaatiosta aiheuttamalla hydroksiapatiittikiteiden sakkautumisen kollageenisäikeiden sekaan. Kun osteoblastit ovat saaneet mineralisaation valmiiksi, osa niistä on hautautunut valmistamansa matriksin sisään jolloin niitä kutsutaan osteosyyteiksi. Osteoblastit voivat myös muuttua luun pintasoluiksi. (Solunetti 2006b, 2006c; Macrae, Robinson & Sadler 1993, 436)

Osteosyytit ovat kypsiä luusoluja. Ne ovat muodostuneet matriksin sisään jääneistä osteoblasteista. Osteosyytit ovat järjestäytyneet osteoneiksi eli luun perusosiksi, joilla tarkoitetaan verisuonikanavia ja niitä ympäröiviä luusälöjä. Osteosyyttien muoto riippuu niiden iästä ja aktiivisuudesta. Ne huoltavat luuta muodostamalla uutta luuta oman lukuunsa seinämään. Luun uudismuodostuksessa eli remodellaatiossa osteoklastit ottavat osteosyytit sisäänsä ja hajottavat solut muun luuaineksen kanssa. Kalkkeutunut luumatriksi estää aineenvaihdunnan matriksin läpi. Sen vuoksi osteosyytit ovat yhteydessä toisiinsa aukkoliitoksilla, jotka sijaitsevat pitkien ulokkeiden kärjissä. Kalkkeutuneessa luussa osteosyyttien ulokkeet muodostavat koko luun kattavan verkoston. Aukkoliitosten kautta ravinteet ja happi kulkeutuvat ulompana osteonissa sijaitseviin osteosyytteihin. (Solunetti 2006b, 2006d, 2006e)

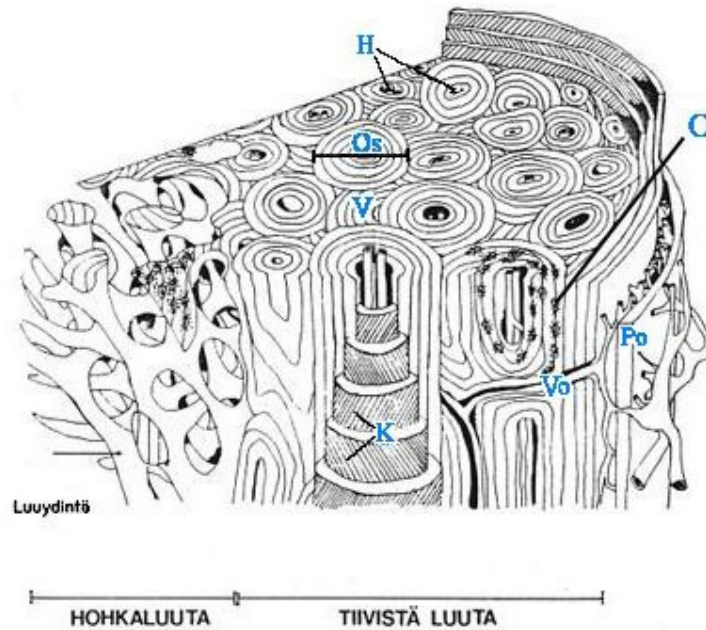
Osteoklastit ovat suuria, monitumaisia soluja, jotka huolehtivat luun hajoituksesta eli resorptiosta. Osteoklastit tuhoavat vanhaa luuta samalla, kun osteoblastit muodostavat uutta luuta. Resorptiosykli on tapahtumaketju, jonka aikana osteoklasti kiinnittyy luun pintaan, syö luuta ja lopulta irrottautuu. Solu siirtyy uuteen paikkaan ja aloittaa uuden resorptiosyklin. Luun resorptiota säädellään osteoklastien apoptoosilla, eli ohjelmoidulla solukuolemalla. Aktivoituneen osteoklastin ensimmäinen tehtävä on erittää protoneita poimukalvostolta resorpoitavan luun pinnalle happamoiden sen. Hapot liuottavat mineraalit pois nopeasti jolloin proteaasit eli proteiinia hajottavat soluentsyymit pilkkovat kollageenin ynnä muun jäljelle jääneen orgaanisen materiaalin. Näin pilkottu luumateriaali kuljetetaan solun läpi (transsytoosi) ja vapautetaan solun ulkoiseen tilaan. (Solunetti 2006b, 2006f; Macrae ym. 1993, 436-437)

Luun pintasolut ovat litteitä yksitumaisia soluja ja sijaitsevat nimensä mukaan luun pinnassa. Ne muodostavat luun uloimman solukerroksen joka puolella luuta. Ne ovat lepääviä soluja, jotka kuitenkin säätelevät kalsiumin ja fosfaattien kulkeutumista luuhun ja sieltä ulos. Ne myös aktivoivat osteoklasteja. (Solunetti 2006b, 2006g)

Ihmisten ja nisäkkäiden luukudos voidaan jakaa kahteen eri päätyyppiin: kovaan tiiviiseen kuoriluuhun ja sienimäiseen hohkaluuhun. Kudostyyppit eroavat rakenteeltaan ja toiminnaltaan mutta solut ja matriksi niissä ovat samat. Tiivis kuoriluu on kivenkovaa, kuten monet luonnonkivetkin ja tiheää, huokoisuudeltaan vain 5 – 10 %. Pitkien luiden varret sekä kaikkien luiden pintaosat ovat kuoriluu eli niin kutsuttua kortikaalista luuta. Hohkaluu on puolestaan huokoisempaa, huokoisuudeltaan 50 – 90 % ja se sisältää paljon joustavaa sidosainetta, joka tekee luut kestäviksi sekä samalla se ehkäisee luita katkeamiselta. Hohkaluuta eli niin kutsuttua trabekulaarista luuta ovat puolestaan luiden päät, pienten luiden sisäosat sekä nikamat. (Rolling bones – lujat luut n.d.; Suominen 2008, 7) Kuvassa 9 ja 10 on esitetty luun rakenne.



KUVA 9 Luun rakenne (Netikka 2009)



KUVA 10 Luun rakenne (Solunetti 2006h)

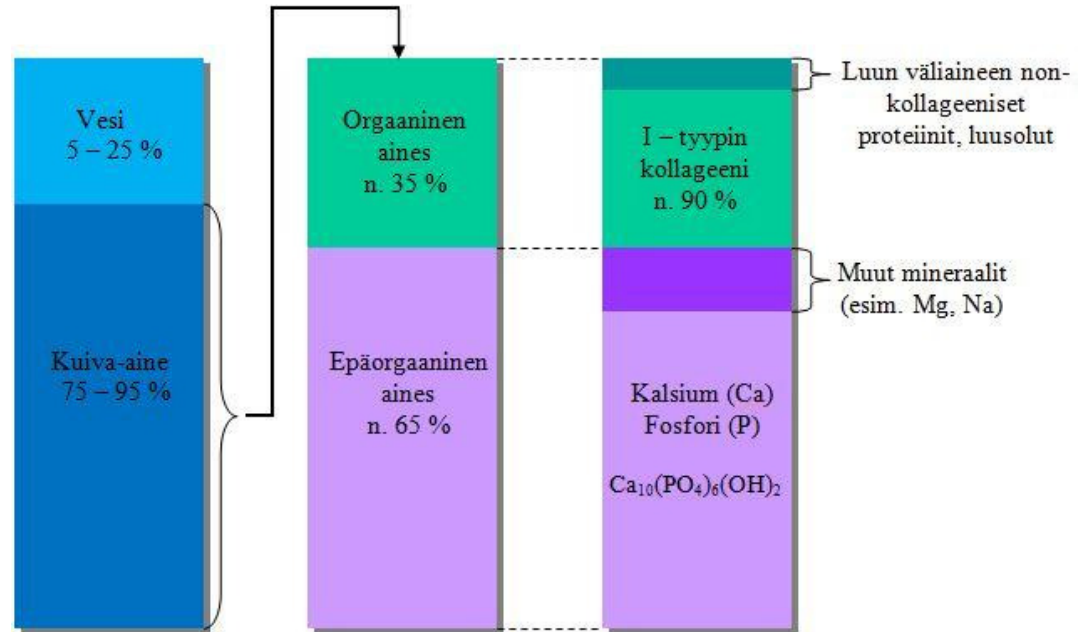
Normaali luu koostuu kokonaan lamellaarisesta luusta. Periosteumissa (Po) eli luukalvossa on runsaasti verisuonia ja hermoja. Kuvassa näkyy Volkmanin (Vo) ja Haversin (H) kanavat. Volkmanin kanava kulkee vaakatasossa ja Haversin kanava pystysuunnassa, tiiviin luun alueella. Kanavissa kulkee verisuonia ja hermoja. Kuvassa näkyvät hyvin osteonit (Os) ja niiden väleissä vanhojen osteonien (V) jäänteitä. Luulamellissa kollageenisäikeet (K) kulkevat vinottain. Kuvaan on piirretty myös osteosyyttejä (O).

Luukudos koostuu orgaanisesta ja epäorgaanisesta aineksestä. Orgaanisen aineen osuus luun kuivapainosta on noin yksi kolmasosa ja epäorgaanisen aineksen osuus noin kaksi kolmasosaa.

Orgaanista ainetta ovat muun muassa luun väliaineen proteiinit, joista suurin osa, noin 90 %, on tyypin I kollageenia, joka muodostaa valtaosan luun pehmeästä orgaanisesta väliaineesta. Tyypin I kollageeni koostuu suurista proteiinimolekyyleistä rakentuneista säikeistä. Kollageenisäikeet ovat voimakkaasti ristiinkytettyjä ja tämä ehkäisee niiden toisistaan irtoamista. Kollageenin lisäksi luun orgaaninen matriksi koostuu biologisesti tärkeistä non-kollageenisista proteiineista kuten osteokalsiini, osteonektiini ja osteopontiini sekä luukudoksen muodostuksesta vastaavista luusoluista, joiden osuus on hyvin pieni. (Solunetti 2006a; Macrae ym. 1993, 435; Rolling bones – lujat luut n.d.; Suominen 2008, 7; Hakulinen 2004, 11; Suojaaluustosi.fi 2009)

Luukudoksen matriksin eli soluväliaineen epäorgaaninen aine muodostuu pääasiallisesti kalsiumista (Ca) ja fosforista (P), mutta se sisältää myös muita komponentteja kuten magnesiumia, natriumia, sitraatteja ja bikarbonaatteja. Yleisin kalsiumia ja fosfaattia sisältävä yhdiste luustossa on kalsiumhydroksiapatiitti  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ . Kalsiumhydroksiapatiittikiteet ovat pakkautuneena pitkien säikeisten kollageenimolekyylien väliin. Hyd-

roksiapatiittikiteet yhdessä kollageenin kanssa saavat aikaan luun suuren vahvuuden ja kovuuden. Kollageenisäikeet vastaavat luun vetolujuudesta ja sitkojoustavuudesta kun taas mineraalit sen puristuslujuudesta. Luukudos sisältää myös vettä noin 5 – 25 %. (Solunetti 2006a; Suominen 2008, 7; Hakulinen 2004, 11; Suojaaluustosi.fi 2009) Luun koostumus on esitetty kuvassa 11.



KUVA 11 Luun koostumus

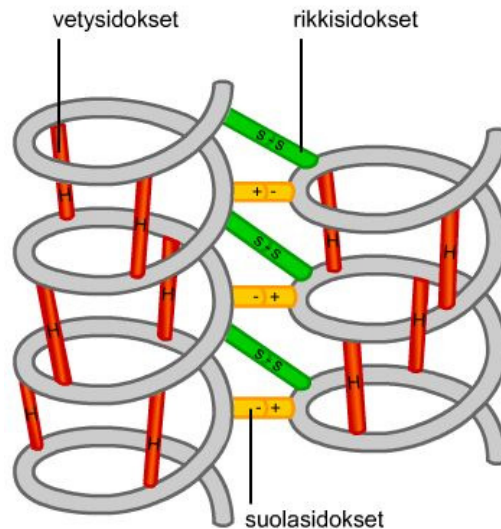
#### 2.4.2 Keratiinipitoinen aines

Keratiini on solujen tuottamaa sarveisainetta, rikkipitoista valkuaisainetta eli proteiinia, josta rakenteelliset ja suojaavat kuolleet kudokset yleensä muodostuvat. Tällaisia kudoksia ovat esimerkiksi eläimillä kaviot, sorkat, nokat, sarvet, nahka, turkki, höyhenet ja villa sekä ihmisillä vartalokarvoitus, hiukset, kynnet ja ihon pintakerros.

Keratiinit ovat ryhmä kuitumaisia, säikeisiä hyvin kulutusta kestäviä ja veden liukenemattomia proteiineja eli isoja molekyyliä, jotka koostuvat aminohapoista. Aminohappo on erittäin pieni proteiiniyksikkö, joka muodostaa helminauhan kaltaisia sidokset. Keratiinit muodostuvat yli 20 erilaisesta aminohaposta. (Heureka 2004, 5-9)

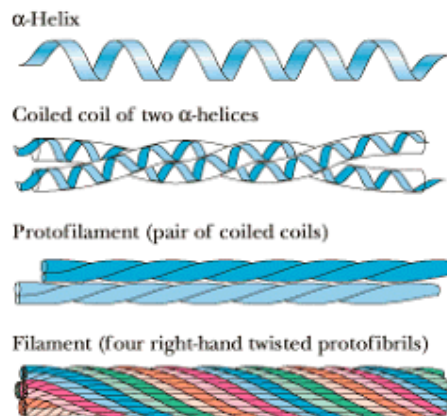
Keratiinien rakenteelle ovat tyypillisiä sen ketjujen sisältävät rikkipitoiset kysteiini-aminohapot, joita elimistö pystyy itse valmistamaan metioniinista. Keratiinin vahva kuitumainen rakenne on kysteiinimolekyylien välille muodostuvien erittäin vahvojen sidosten, rikkisiltojen, ansiota. Rikkisilta on kovalenttinen sidos, joka muodostuu kysteiinimolekyylien sisältämien elektronien keskenään jakamien rikkiatomien välille. Kaikista proteiineissa

esiintyvistä sidoksista rikkisilta on kestävin. Kuvassa 12 on esitetty keratiinin sisältämät sidokset.



KUVA 12 Keratiinin sisältämät sidokset (Schwarzkopf n.d.)

Keratiinia on kahta eri laatua ja keratiinin rakenne vaihtelee riippuen sen laadusta ja käyttötarkoituksesta. Pehmeät  $\alpha$ -keratiinit ovat läpikuultavia, muovimaisia ja niihin voidaan lisätä vettä helposti.  $\alpha$ -keratiini on luonnomukaisessa tilassa rakenteeltaan spiraalimainen kierre.  $\alpha$ -keratiinia on esimerkiksi eläinten ja ihmisten karvoissa, kynsissä, sarvissa ja kavioissa. Kuvassa 13 on esitetty  $\alpha$ -keratiinin rakenne.



KUVA 13 Keratiinin rakenne (Bioinformatics n.d.)

Kovat  $\beta$ -keratiinit ovat kiinteitä, vahvoja ja keltaisia, eivätkä ne lohkeile helposti.  $\beta$ -keratiini on rakenteeltaan niin kutsuttu letitetty liuska.  $\beta$ -keratiinia on esimerkiksi nokissa, höyhenissä, kynsissä sekä matelijoiden suomuissa ja kilvissä. (Heureka 2004, 5-9)

### 3 SYÖTÄVÄKSI KELPAAMATTOMAN AINEKSEN PROSESSOINTIVAIHTOEHDOT

#### 3.1 Luut

Naudan ruho sisältää arviolta noin 16 % luuta ja sian ruho noin 17 % (Dutson & Pearson 1992, 2). Lihanjalostuksen sivutuotteena tulee vuosittain luuta noin 40 000 tonnia ja suurin osa luista menee destruktiolaitokselle, jossa ne renderöidään lihaluujauhoksi. Lihaluujauhoa tehdään Honkajoella vuodessa noin 30 000 tonnia.

Tuotetusta lihaluujauhosta yksi kolmasosa käytetään lannoitteena, kuten edellä on kuvattu. Lihaluujauhon lannoitekäyttö vaatii kuitenkin rakeistuksen pelleteiksi, jotta sitä saadaan levitettyä helposti. Sidonta-aineena käytetään esimerkiksi melassia. Rakeistusprosessi on melko vaativa, mutta jos lihaluujauhoa ei rakeisteta, sen levittäminen jauheena on ongelmallista, sillä se paakkuuntuu. Lisäksi sen sisältämät fosfori ja typpi separoituvat, koska typpi on hienoaineksena kevyempää. Näin ollen lannoite ei levity tasaisesti vaan typpi levittyy kauemmas. Eräs lihaluujauhon lannoitekäytön ongelma on sen väärät ravintoesuhteet. Lihaluujauhossa on liikaa fosforia, lähes kolminkertainen määrä typeen nähden ja kaliumia ei ole juuri lainkaan. (K. Valkosalo, haastattelu 11.2.2010)

Osa luista menee teurastamolta suoraan turkiseläinrehukäyttöön muun aineksen seassa. Myös valmistetusta lihaluujauhosta noin kaksi kolmasosaa menee turkiseläinrehuksi. Turkiseläinrehu teurassivutuotteiden käyttökohteenä on kuitenkin vähenemässä.

Pieni osa luista, lähinnä naudon luut (noin 3000 tonnia vuosittain) menee kastiketeollisuuteen, jossa niitä käytetään liemien ja kastikkeiden valmistukseen. Tällaisia yrityksiä ovat Suomessa esimerkiksi Juukassa sijaitseva Puljonki Oy sekä Koriolla sijaitseva Kaslink Foods Oy.

#### 3.1.1 Lihaluujauho

Orgaanista ainetta sisältävät lannoitteet ovat melko tehottomia ja näin ollen vaativat suuret levitysmäärät. Tästä johtuen perinteisessä maanviljelyssä lihaluujauhoa ei juurikaan lannoitteena käytetä. Lihaluujauho lasketaan luomulannoitteeksi, mutta sen ongelmana on alhainen kaliumin määrä, koska luomukelpoista kaliumia on vaikea saada. Orgaanista kaliumia saadaan lisättyä lihaluujauhoon esimerkiksi vinassilla tai melassilla, mutta sen käyttö on hyvin kallista. Lihaluujauhon lannoitekäytön laajentuminen on kuitenkin eräs mahdollisuus juuri siksi, että se soveltuu luomulannoitteeksi. Tällä hetkellä lihaluujauhon lannoitekäytön suhteen Ruotsi ja Suomi ovat edelläkävijämaita. Sivutuotteiden lannoitekäyttö lihaluujauhona on vasta viime vuosina alkanut yleistymään muualla Euroopassa. Monet maat ainoastaan myyvät lihaluujauhoa sellaisenaan. (K. Valkosalo, haastattelu 11.2.2010)



Luonnonmukainen tuotanto on maailmalla kasvussa muun muassa sen ansiosta, että ihmiset ovat yhä kiinnostuneempia ja tietoisempia ympäristöasioista kuten luonnonsuojelusta ja luonnonvarojen kestävästä käytöstä. Luonnonmukaiseen tuotantoon liittyy positiivisia arvoja. Luonnonmukaisessa maataloustuotannossa keskeistä on, että siinä suositaan uusiutuvia raaka-aineita ja kierrätystä, palautetaan maahan eloperäisiä aineita ja niiden sisältämiä ravinteita. (Rajala n.d.)

Lihaluujuuhoa voitaisiin käyttää myös esimerkiksi biohajoavan muovin ainesosana, mitä Honkajoki Oy tutkii yhteistyössä Tampereen teknillisen yliopiston kanssa. Biohajoavasta muovista on tavoitteena valmistaa katteita ja taimisuoja, jotka suojaisivat taimia rikkakasveilta ja karkottaisivat pieneläimiä. Katteille ja taimisuojuille pyritään saamaan myös lannoitevaikeus, kun se hajoaa itsekseen muutamassa vuodessa maahan. Biohajoavan muovin katekäytön etuna olisi, että se voidaan jyrsiä maaperään eikä sitä tarvitse kerätä erikseen pois. Lihaluujuuhoa käytetään kantoaineena katemuoveissa esimerkiksi USA:ssa ja Kanadassa. (K. Valkosalon, haastattelu 11.2.2010)

Valkosalon mukaan (haastattelu 11.2.2010) muualla maailmalla esimerkiksi Euroopassa lihaluujuuhon käyttö lemmikkieläinten ruokana on yleistä. Suomessakin tämä olisi mahdollista, mutta Suomessa ei ole yhtään yritystä, joka valmistaisi lihaluujuuhosta lemmikkieläinruokia. Kotimaan markkinoiden lisäksi myös vientimahdollisuudet Venäjän markkinoille olisivat hyvät lemmikkieläinruuan suhteen. Lihaluujuuhoa käytetään lisäksi karkotetuotteena mm. USA:ssa ja Kanadassa. Lihaluujuuho karkottaa tuholaisia kuten myyriä ja hirviä, mutta lihaluujuuhon karkotekäyttö ei kuitenkaan ole sallittua Suomessa.

### 3.1.2 Fosfori

Luiden hyötykäyttö on tärkeää niiden sisältämän arvokkaan fosforin takia. Tavoitteena olisi löytää menetelmä, jolla luiden sisältämä fosfori saataisiin erotettua omaksi puhtaaksi jakeekseen. Kari Valkosalon mukaan (haastattelu 11.2.2010) luissa olevan fosforin tarkempi hyötykäyttö voisi olla hyvinkin mahdollista, sillä suurin osa Suomen luista käsitellään Honkajoella. Luussa on fosforia noin 16 - 17 %. Fosforia käytetään Suomessa peltojen lannoitteena 3 – 4 kg/ha ja kaikesta Suomessa peltoihin laitettavasta fosforista noin 25 – 30 % olisi määrällisesti mahdollista saada sivutuoteperäistä eläinten luista. Puhdasta fosforia voitaisiin käyttää lannoiteseosten valmistukseen, jolloin saataisiin oikeanlaiset ravinnesuhteet sekä mahdollisimman konsentroitua lannoitetta. Puhtaan fosforin erotus luista on kuitenkin vaikeaa luiden sisältämän orgaanisen aineksen vuoksi. Valkosalon mukaan muutama vuosi sitten Honkajoki Oy toteutti yhteistyössä Helsingin yliopiston kanssa tutkimushankkeen, jossa selvitettiin, miten luusta voidaan prosessoida orgaaninen aines parhaiten erilleen. Vaihtoehtoisia menetelmiä olivat mm. entsyymikäsittely, happokäsittely ja höyrykeittäminen. Hanke päättyi vuoden 2009 vaihteessa ja tulokset eivät täysin vastanneet odotuksia. Fosforin erotus luista osoittautui hyvin vaikeaksi, koska

orgaaninen aines reagoi fosforin erotuksessa käytettävän hapon kanssa muodostaen räjähdysherkän seoksen.

Eero Puolanteen mukaan (haastattelu 15.1.2010) orgaaninen aines saadaan poistettua luusta jauhamalla luumateriaali riittävän hienoksi tai voimakkaalla happokäsittelyllä. Tekniikoita orgaanisen aineksen poistoon luumateriaalista löytyy, mutta niiden kustannukset ovat hyvin korkeat materiaalin arvoon nähden eikä se olisi taloudellisesti kannattavaa.

Eläinten luut sisältävät noin 60 % kalsiumfosfaattia, jossa kalsiumin ja fosforin suhde on suunnilleen 2:1. Suurinta osaa luiden sisältämistä fosfaattiyhdisteistä, di- ja trikalsiumfosfaattia eli hydroksiapatiittia käytetään eläinten rehuissa. Di- ja trikalsiumfosfaatista eli hydroksiapatiittista fosforia voitaisiin edelleen erottaa puhtaammaksi jakeeksi.

Luista erotetun dikalsiumfosfaatin valmistamiseksi luuaines murskataan hienoksi ja siitä poistetaan rasva kuumalla vedellä ja laimealla suolahapolla vähintään kahden vuorokauden ajan. Suolahapon konsentraation on oltava vähintään 4 % ja pH:n alle 1,5. Tämän jälkeen nestettä käsitellään kalkilla, jolloin dikalsiumfosfaattia saostuu pH:ssa 4–7. Saos ilmakuivataan lopuksi siten, että alkulämpötila on 65 – 325 °C ja loppulämpötila 30 – 65 °C. Rasvattomaksi puhdistetuista luista saadun dikalsiumfosfaatin on oltava peräisin luista, jotka on todettu ante- ja post mortem -tarkastuksissa ihmisravinnoksi kelpaaviksi. (Elintarviketurvallisuusvirasto 2010, 10)

Luista erotetun trikalsiumfosfaatin eli hydroksiapatiitin valmistamiseksi luuaines murskataan hienoksi ja siitä poistetaan rasva kuumalla vedellä vastavirrassa. Luunsirujen halkaisijan on oltava alle 14 mm:ä. Luunsirut jauhetaan alle 1 mm:n kokoisiksi, jonka jälkeen niitä keitetään 145 °C:n höyryssä 30 minuutin ajan neljän baarin paineessa. Proteiiniliemi erotetaan hydroksiapatiitista sentrifugoimalla ja rakeistetaan kuivaamisen jälkeen leijukeroksessa ilmalla 200 °C:ssa. (Elintarviketurvallisuusvirasto 2010, 10)

Eräissä sovelluksissa luita voitaisiin käyttää fosfaatin lähteenä myös raskasmetallien stabiloinnissa neste- ja lietefaaseista. Luiden sisältämä fosfori liukenee hyvin nesteeseen, jossa olevat raskasmetallit muodostavat fosfaatin kanssa uuden mineraalin, jolla on erittäin alhainen liukoisuus. Näin raskasmetalleja voitaisiin luiden avulla puhdistaa vesistä ja maaperästä. (Hwang, Khim & Ji 2006)

### 3.1.3 Kollageeni

Luiden sisältämä proteiini eli kollageeni, josta luun orgaaninen aines pääasiassa koostuu, on myös haluttu tuote. Kollageenia on myös vuodissa, nahoissa ja jänteissä. Kollageenista voidaan teollisesti valmistaa gelatiinia eli liivatetta osittaista hydrolyysiprosessia hyödyntämällä. Gelatiinia käytetään sekä elintarvikkeiden että teknisten tuotteiden raaka-aineena esimerkiksi lihasäilykkeiden, hyytelöiden ja jäätelön sideaineena, lääkkeiden kapseloinnissa, viinin selvikkeenä ja bakteerien kasvualustoissa ja valoku-

vien valmistuksessa. (Elintarviketurvallisuusvirasto n.d. ). Proteiinihydrolysaatin erottamiseksi entsymaattisen hydrolyysin avulla lihaluujauhosta on olemassa useita patentoituja prosesseja, joita on esitetty liitteessä 4.

Kollageenin ja gelatiinin hyötykäyttöä ja prosessointia on tarkasteltu lähemmin toisessa Hyötyteuras-hankkeeseen kuuluvassa opinnäytetyössä (Tikka, M. 2010).

### 3.2 Keratiinipitoinen aines

Keratiinipitoisia kovia aineksia kertyy vuosittain naudan teurastuksesta noin 7000 tonnia (sorkat, sarvet), sian teurastuksesta noin 4000 tonnia (karvat, sorkat) sekä siipikarjan teurastuksesta noin 7000 tonnia höyheniä vuodessa. Nämä kaikki menevät tällä hetkellä suurimmaksi osaksi destruktiolaitokselle käsiteltäväksi.

Esimerkiksi broilerin ruhosta on höyheniä noin 3,7 – 5 %. Höyhenet koostuvat suurimmaksi osaksi proteiinista, josta suurin osa, noin 80 – 90 %, on keratiinia. (Heinänen ym. 2007, 17; Dutson & Pearson 1992, 178). Keratiinipitoista materiaalia on kuitenkin vaikea hyödyntää sellaisenaan sen vahvan kuitumaisen koostumuksen vuoksi. Disulfidididokset höyhenten keratiinissa olevien kysteiniinimolekyylien sisältämien rikkiatomien välillä, aiheuttavat sen, että eläinten ruuansulatus ei pysty sulattamaan höyheniä. Myöskään märehitijöiden pötsien bakteerit eivät pysty sitä hajottamaan. (Dutson & Pearson 1992, 179-180)

Hydrolysoinnin avulla keratiinipitoinen aines saadaan käyttökelpoisempaan muotoon. Hydrolysointi tarkoittaa kemiallisen yhdisteen, kuten esimerkiksi proteiinin, pilkkomista veden avulla. Hydrolysoinnin avulla proteiinin sisältämät aminohappoketjut saadaan lyhyemmiksi. Esimerkiksi keratiiniproteiinin hydrolysoinnissa keratiini hajoaa kysteini-aminohapoiksi. Hydrolysoinnissa komponenttien välinen sidos pilkotaan ja lisätään vetykationi ( $H^+$ ) sekä hydroksidianioni ( $OH^-$ ) vesimolekyylistä, jolloin suola pilkkoutuu anioniksi ja kationiksi. Jos pelkällä vedellä ei saada pilkkoutumista aikaiseksi, lisätään yleensä happoa, emästä, hapettimia, pelkistimiä, entsyymejä tai lämpöä. (AWARENET n.d., 134)

Entsymaattinen hydrolysointi on paras tapa ottaa talteen proteiinien aminohapot, koska se on suhteellisen hella prosessi ja myös ympäristöystävällinen, sillä se kuluttaa vähemmän energiaa ja reagensseja (happo/emäs) ja tuottaa vähemmän jätettä (esim. happojätteet). Keratiinia hajottava entsyymi on keratinaasi. Hydrolysoinnin tuotteena saadaan hydrolysaatteja. (Al-Musallam, Al-Sane, Al-Zarban & Onifade 1998, 1-8)

Raija Lanton mukaan (haastattelu, 15.1.2010) esimerkiksi VTT:llä on tehty kokeita, joissa on tutkittu keratiinipitoisen materiaalin hajottamista hydrolyyttisillä entsyymeillä. Höyhenmateriaalin hyötykäyttö sellaisenaan ilman muokkausta ei ole teollisesti kannattavaa. Tutkimuksessa havaittiin, että keratiinia voidaan hajottaa entsyymaattisesti, mutta sen tehokkaampi ja

teollisesti käyttökelpoisempi muokkaaminen erilaisiksi materiaaliratkaisuiksi vaatii lisätutkimusta.

Honkajoki Oy:llä on suunnitteilla uusi linja höyhenjauhon valmistukseen. Valmistettua höyhenjauhoa voidaan käyttää lannoitteena. Typen osuus höyhenjauhosta on arviolta noin 12 – 13 %, joten osa hyvin typpipitoisesta höyhenjauhosta voitaisiin sekoittaa luista erotetun fosforin kanssa. Ongelmana on kuitenkin se, että Suomessa höyheniä tulee suhteellisen vähän, noin 5 – 7 % kaikista teurassivutuotteista. (K. Valkosalo, haastattelu 11.2.2010). Hydrolysoidussa höyhenjauhossa on runsaasti proteiinia, mutta siinä on niukasti välttämättömiä aminohappoja. Tämän vuoksi höyhenjauhoa ei käytetä sellaisenaan rehuna, vaan sitä käytetään yhtenä rehun ainesosana. (Heinänen ym. 2007, 17)

Keratiinia luonnossa hajottavien mikro-organismien olemassaolo kuitenkin tarjoaa mahdollisuuksia entsyymiteknologian saralla ravinteiltaan tasapainoisemman ja helpommin sulavan höyhenjauhon valmistukseen kuin mitä nykyään käytetyillä perinteisillä lämpöhydrolysointimenetelmillä saadaan aikaiseksi. (Al-Musallam ym. 1998, 1-8)

Hydrolysoitua keratiiniproteiinia eli keratiinihydrolysaattia käytetään tällä hetkellä mm. rehun ainesosana, kosmetiikassa sekä hiusten-, ihon- ja kynsienhoitotuotteissa.

Höyhenten käyttö erilaisissa materiaalisovelluksissa on eräs keratiinipitoisen aineksen hyötykäyttömahdollisuus. Höyhenillä on hyviä ominaisuuksia kuten hydrofobisuus, palamattomuus ja lisäksi ne ovat materiaalina kestävä. Näitä ominaisuuksia voitaisiin hyödyntää esimerkiksi komposiittimateriaalin valmistuksessa. EU:n rahoittamassa vuosina 2004 – 2007 toteutetussa Hipermax-projektissa kehitettiin teknologioita erilaisten proteiinimatriisien kuten esimerkiksi höyhenten, nahan, villan ja silkin muokkaamiseen tekstiili-, nahka- ja lääketeollisuuden käyttöön. Lupaavia tuloksia on saatu esimerkiksi höyhenten jalostamisesta paperin raaka-aineeksi. (R. Lantto, haastattelu 15.1.2010)

Proteiinien hyödyntäminen todennäköisesti kasvaa erilaisten bioteknologisten sovellusten ja kudossuunnittelun myötä. Proteiinit toimivat materiaalilähteenä uusiutuville polymeereille, joista voi edelleen valmistaa kuituja, kalvoja, muovattuja tuotteita ja biomateriaaleja. Esimerkiksi keratiini on tärkeä uusiutuvan raaka-aineen lähde moneen erilaiseen sovellukseen. Keratiinin hyödyntämiseen erilaisissa sovelluksissa on olemassa lukuisia patentoituja prosesseja, joita on esitetty liitteessä 5. Prosesseissa keratiinia hyödynnetään esimerkiksi biohajoavien materiaalien valmistuksessa, koska luonnossa se hajoaa lannoitteeksi vähentäen samalla ympäristökuormitusta. Keratiinia voidaan käyttää lisäksi kosmetiikkatuotteiden sekä lääketieteellisten sovellusten, kuten kudossiirrännäisten, valmistuksessa. Patentoituja prosesseja on olemassa myös tekstiiliteollisuuden saralla. Keratiinista voidaan valmistaa muun muassa tekonahkaa ja lankaa. Keratiinia voidaan käyttää myös raskasmetallien adsorboimisessa.

## 4 LUUN FOSFORI JA SEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET

Tässä osiossa tarkastellaan luista saatavaa fosforia. Fosfori on suuri kiinnostuksen kohde, koska se on katoava luonnonvara ja tärkeä tekijä maataloudessa.

### 4.1 Yleistä fosforista

Fosfori (lat. *phosphorus*) on tärkeä alkuaine kaikille eliöille. Se on moniarvoinen epämetalli, joka ei esiinny luonnossa koskaan vapaana alkuaineena, vaan yleensä epäorgaanisena fosfaattina. Fosforia löytyy kaikista elävistä soluista, esimerkiksi solujen sisältämissä nukleiinihapoissa ja fosfolipideissä. Fosforiyhdisteet ovat tärkeitä elämälle ja ne ovat usein esimerkiksi kasvien kasvua rajoittava tekijä. Fosforiyhdisteiden puute maaperässä aiheuttaa kasvissa kasvun vähyyttä, tummanvihreää väriä, laikkuja lehdistä ja häiritsee juurten kehitystä. Eräät ravinnosta saatavat fosforiyhdisteet ovat myös ihmiselle välttämättömiä, koska ne osallistuvat energia-aineenvaihduntaan ja happo-emästasyntänsä säätelyyn. Fosfori on tärkeää myös luustolle ja hampaille. (Kookas 2008)

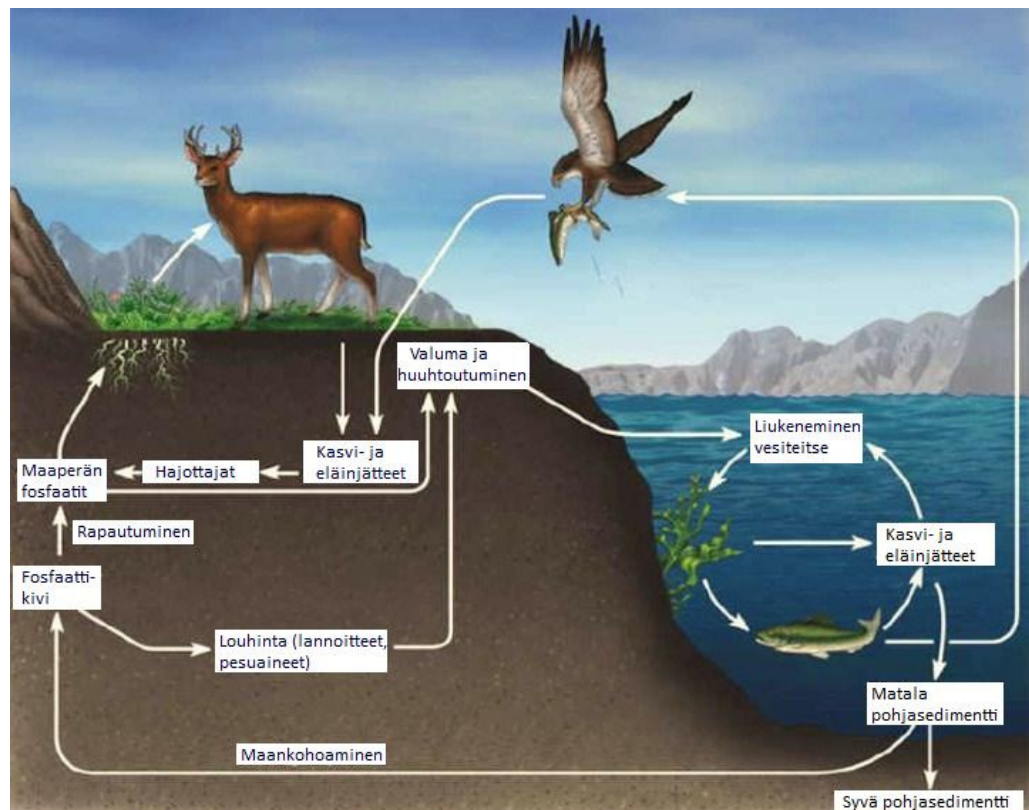
Asiantuntija-arvioiden mukaan maaperässä oleva fosfori on louhittu loppuun maapallolta noin 50 vuoden sisällä eli fosfori loppuisi maapallolta jopa nopeammin kuin öljy. Fosfori on typen ja kaliumin ohella maataloudelle ratkaisevan tärkeä ainesosa lannoituksessa eikä sitä voi korvata mitenkään. Fosforilannoitus yleistyi toisen maailmansodan jälkeen, jolloin fosfori oli halpaa ja helposti saatavilla. Suomessa fosforia saadaan Siilinjärveltä ja vielä avaamattomalta Itä-Lapissa sijaitsevalta Soklin kaivokselta. Kahden kaivoksen varanto riittää noin 25 vuodeksi. Muualla fosforia on erityisesti Kiinassa ja Länsi-Afrikassa. Fosforin kysyntä on tälläkin hetkellä kasvamassa, kun kehitysmaissa lannoitus yleistyy ja väestön määrä ja varallisuus nousevat. Yhdysvallat on maailman suurin fosforin käyttäjä ja sen omien fosforivarantojen on arvioitu loppuvan jo noin 25 vuodessa. (YLE Uutiset 2009)

### 4.2 Fosforikierto

Fosfori esiintyy luonnossa pääasiassa ortofosfaattina ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), kalsium-, alumiini- ja rautafosfaatteina sekä orgaanisina yhdisteinä. Ekosysteemissä kiertävällä fosforilla ei ole kaasumaista olomuotoa, minkä vuoksi se ei kierrä ilmakehän kautta, vaan se kulkeutuu maaperästä merenpohjan sedimentteihin ja sieltä takaisin maaperään. Kun vesi huuhtoo kiviainesta, joka sisältää fosforia, se kuluttaa vähitellen maanpintaa ja ottaa mukaansa epäorgaanisia fosfaattimolekyylejä. Eroosiossa fosfori siirtyy kiviaineksesta maaperään, mistä kasvien juuret imevät sen kasveihin. Tämä tapahtuu usein sienirihmaston avulla. Kasvit muuttavat elottoman fosfaatin monenlaisiksi biologisiksi yhdisteiksi. Eläimet saavat syömästään ruuasta suurimman osan tarvitsemastaan fosforista. Fosfaatti pääsee eliöistä takaisin maaperään hajottamisen ja eläinten ulosteiden välityksellä.

Vesiekosysteemissä fosfori kiertää hyvin samalla tavalla kuin maalla. Levät ja vesikasvit imevät liuenntua fosfaattia vedestä. Eläinplanktonit ja suuremmat eläimet syövät näitä kasveja ja leviä ja saavat niistä tarvitsemansa fosfaatin. Hajottajat vapauttavat epäorgaanista fosfaattia takaisin vesiekosysteemien perustuottajille. Kaksi kolmasosaa vesistöihin valuvasta fosforista on peräisin ihmisen toiminnasta. Vesistöissä fosforin puute rajoittaa usein perustuotantoa eli kasviplanktonin toimintaa. Lisääntynyt fosforin määrä näkyy runsaina leväkukintoina. (Kookas 2008; Aaltojen alla n.d.)

Fosfaatti voi kadota biologisesta kierrosta. Joet voivat kuljettaa fosfaattia meriin, joiden pohjasedimenteissä se voi kerrostua ja säilyä miljoonia vuosia. Maan kohoamisen seurauksena tämä fosfaatti voi joskus palautua takaisin maaperään. Fosfaattia on myös louhittu maanviljelyksen käyttöön kasviraivanteiksi. Vesiekosysteemistä fosfaatti voi palautua maanpinnalle myös esimerkiksi lintujen avulla, jotka syövät kaloja ja muita mereneläviä. Lintujen fosfaattipitoinen uloste voi sitten joutua maanpinnalle. Maaperään päässyt fosfaatti on siten taas maanpäällisten kasvien ja lopulta myös eläinten käytössä (Kookas 2008). Fosforikierto on esitetty kuvassa 14.



KUVA 14 Fosforikierto (Burkett 2006)

### 4.3 Suomen tilanne

1970- ja 80-luvuilla Suomen peltoja yllannoitettiin huimasti. Fosforin käyttö maataloudessa on kuitenkin tehostunut selvästi viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana. Fosforilannoitus on vähentynyt liki 70 % ja karjanlannan sisältämä fosforimäärä pudonnut 15 %, mutta kuitenkin esimerkiksi ympäristötuen fosforilannoitusrajat ovat edelleen korkeampia kuin viljelykasvien tarve edellyttäisi. Ympäristöhallinnon seuranta-aineistot ovat osoittaneet, ettei vesistöissä ole vielä havaittavissa selkeitä muutoksia huolimatta taseiden selkeästä pienenemisestä. Tämä selittyy pitkälle maaperän fosforivarastojen fosforin kautta, sillä yllannoituksen seurauksena maaperään jäänyt ylimääräinen fosfori poistuu arviolta 10 - 20 vuodessa jos lannoitus loppuu. Lannoituksen vähentyminen näkyy lähinnä varastojen nousun pysähtymisenä. Fosforilannoitusta voidaan siis edelleen vähentää satotason kärsimättä. Kotieläintuotannon alueilla on tarpeen päästä lannan sisältämän fosforin tehokkaampaan hyödyntämiseen. Maitotilojen fosforitasetta voidaan laskea jopa reilusti alle puoleen nykyisestä vähentämällä oleellisesti tai lopettamalla kokonaan fosforilannoitus. (YLE Uutiset 2009; MTT 2009; Turtola & Ylivainio 2009, 3-4)

Suomen maatalouden fosforikierto kytkeytyy vahvasti kotieläintalouteen. Kotieläimet syövät suurimman osan kasvien vuosittain maasta ottamasta fosforista, ja kotieläintuotannon sivutuotteiden, lannan ja lihaluujauhon, fosforisisältö on vuositasolla yhtä suuri kuin kemiallisissa lannoitteissa pelloille viime vuosina levitetty fosforimäärä. Lihaluujauhoon joutuu noin kolmasosa teurastettujen ruohojen sisältämästä fosforimäärästä ja myös huomattava osa typpellisistä aineista. Suomessa lihaluujauho sisältää vuositasolla noin 1 100 tonnia fosforia, joka riittäisi yli 70 000 hehtaarin. Lannoitteena lihaluujauhon fosforia palaa peltomaahan noin 380 tonnia vuodessa. Lannoitefosforia Suomessa käytetään noin 22 000 tonnia vuodessa. Tyyppiä lihaluujauho sisältää noin puolitoistakertaisen määrän fosforiin verrattuna. Mutta ravinteiden kierrätyksen kannalta fosfori on tärkeämpi ravinne, koska sen varannot ovat rajalliset ja toisaalta fosfori on erittäin haitallinen saastuttaja esimerkiksi vesistöissä. (Kirkkari ym. 2005, 11; Väisänen 2009; Turtola & Ylivainio 2009, 3-4)

Alueelliset fosforitaseet ovat korkeimmillaan Varsinais-Suomessa ja Pohjanmaalla, jossa turkistuotanto nostaa taseita. Vaikka turkiseläinten valkuaisen tarve on keskimäärin muita tuotantoeläimiä korkeampi, kivennäisten, kuten fosforin tarpeessa, eroa ei ole. Turkiseläinten rehu on perinteisesti sisältänyt suuria määriä kivennäisiä, koska raaka-aineita on hankittu lähinnä valkuaisen hinnan perusteella. Alueella selvittäisiin kokonaan ilman väkilannoitefosforia, mikäli lannan käyttö olisi tarpeeksi tehokasta. Luomutuotannossa ei sallita väkilannoitusta lainkaan. Turkistuotannon kuormitusta on mahdollista vähentää siirtymällä tarkempaan ruokintaan ja vähentämällä luujauhon käyttöä rehuissa. Ympäristöpäästöjen vähentämisvelvoitteiden myötä turkiseläinrehun fosforipitoisuuden onkin alettu kiinnittää erityistä huomiota, sillä turkiseläinten rehun korkea fosforipitoisuus lisää fosforipäästöjä lantaan ja siten vaikeuttaa turkislannan käyttöä

peltoannoituksessa. Lihaluujauho ei korkean fosforipitoisuutensa vuoksi ole optimaalista rehua turkiseläimille. Ensisijaisesti turkiseläinten rehuun käytetäänkin lihanjalostuksesta peräisin olevaa tuoretta, säilörehuksi hapotettua vähäluista eläinjätettä (sika-, nauta-, siipikarja) ja Suomenlahden rehuhalasaaalista, joista turkiseläimet saavat fosforia jo enemmän kuin tarvitsevat. (MTT 2009; Väisänen 2009; Maa- ja metsätalousministeriö 2002, 17)

Maatalouden harjoittaminen kestävästi edellyttää fosforikierron korjaamista ja maahan kertyneiden fosforivarojen pienentämistä. Tämä voidaan toteuttaa hyödyntämällä kaikki soveltuvat fosforia sisältävät tuotannon sivutuotteet ravinnelähteinä kasvin- ja eläintuotannossa ja turvautumalla vasta toissijaisesti väkilannoitteisiin. Kotieläintuotannon sivutuotteena syntyy lihaluujauhoa niin paljon, että siitä riittäisi vuodessa fosforia puoli kiloa peltohehtaaria kohti. Kun lihaluujauhon lannoitekäyttö on tullut sallituksi, se muodostaa potentiaalisen väkilannoitteita korvaavan ravinnelähteen. Lihaluujauho sisältää hitaasti liukenevaa luuperäistä fosforia, jonka käyttökelpoisuus kasvintuotannossa on tärkeä tuntee. Merkittävä osa lihaluujauhosta on syötetty turkiseläimille, minkä vuoksi lihaluujauhon kierrätysvaihtoehdot joko suoraan lannoitteeksi tai eläinten ruokintaan vaikuttavat myös lantafosforin käyttökelpoisuuteen ja erityisesti Pohjanmaan alueen fosforitaseisiin. Myös muussa kotieläintuotannossa, kuten maidontuotannossa, on kiinnitetty vähemmän huomiota fosforiruokinnan optimointiin kuin typen käyttöön, mikä on vaikuttanut syntyvän lantafosforin määrään. Kotieläinten ruokintaa on mahdollista säätää ja vähentää tilalle ostettavan fosforin käyttöä, jolloin tilojen fosforitaseet laskevat. Tuotannon perusprosesseihin liittyvät korjausliikkeet ovat välttämättömiä maaperän fosforipitoisuuden pienentämiseksi ja päästövähennystavoitteiden saavuttamiseksi. Fosforin tarpeenmukainen käyttö voi parhaimmillaan myös vähentää turhia kustannuksia. (Turtola & Ylivainio 2009, 3-4)



## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Projektin aikana selvisi, että kiinnostus teurassivutuotteita kohtaan on vähäistä ja ne ovat hyvin vähän esillä esimerkiksi liha-alan konferensseissa. Myös kirjallisuudessa teoksia aiheesta on niukasti. Alan tutkimus on toistaiseksi hyvin vähäistä, lukuun ottamatta muutamia yksittäisiä tapauksia. Teurassivutuotteiden tutkimuksen kannalta ongelma on se, että sivutuotteita ei välttämättä koeta kovin mielenkiintoiseksi tieteellisen tutkimuksen kohteeksi, ainakaan tällä hetkellä.

Haastattelussa Eero Puolanne totesi, että teurassivutuotteiden tutkiminen on ollut vähäistä myös siksi, että niistä on tullut lihateollisuudelle niin kutsuttu bulkkituote, josta halutaan vain päästä eroon. Lihateollisuus tuottaa väistämättä sivutuotteita ja niille on aina keksittävä jokin käyttökohde, mikä kuitenkin tuottaa lihateollisuudelle useimmiten vain kustannuksia. Puolanteen mukaan teurassivutuotteiden merkitys lihateollisuudelle oli aikaisemmin huomattavasti nykyistä suurempi. Ennen teurassivutuotteet olivat tärkeä lähtöaine ja myös rahassa mitattuna arvokasta tavaraa, sillä kaikki juoksutteet, entsyymit, lääkeaineet ja nahat saatiin teurassivutuotteista. Nykyään niiden hyödyntämiseen on vain joitakin yksittäisiä sovelluksia, joilla ei kuitenkaan ole koko tuotantoon vaikuttavaa roolia ja sivutuotteiden hyödyntämisen lähtöaineena on pitkälti korvannut biotekniikan kehittyminen. Nykyisin sivutuotteiden hyödyntämiseen on osaltaan vaikuttanut myös esimerkiksi naudan BSE eli hullun lehmän tauti, lainsäädäntö sekä ihmisten muuttunut suhtautuminen eläinperäisiin tuotteisiin.

Sivutuotteista voisi olla mahdollista saada taloudellista voittoa, jolloin myös lihateollisuus voisi kiinnostua alasta. Tähän saattaa kuitenkin vaikuttaa, että Suomessa sivutuotefakeiden määrät eivät ole kovin merkittäviä. Lisäksi kilpailun puuttuminen voi vaikuttaa asiaan, sillä Suomessa toimivalla muutamalla suurella liha-alan yrityksellä on yhteinen destruktiolaitos. Ja koska teurassivutuotteiden käsitteleminen renderöimällä on prosessina toimiva ja siitä prosessista saaduilla tuotteilla on hyödyllisiä käyttökohteita, jonkin yksittäisen jakeen kokonaisvaltainen hyödyntäminen ei ehkä ole ollut tarpeen.

Eräänä jatkojalostusta rajoittavana tekijänä saattaa olla, että Suomessa ei ole jatkojalostuslaitosta, joka käsitelisi tiettyjä sivutuotefraktioita edelleen omiksi tuotteikseen. Niin kuin Raija Lantto totesi haastattelussaan, teurassivutuotteiden hyödyntämisessä ei vielä ole löydetty houkuttelevia markkinamahdollisuuksia, vaikka sellaisia selvästi on olemassa. Teurassivutuotefakeet olisi myös helppo saada erilleen spesifioituneiden teurastajien ansiosta.

Projektin aikana ilmeni vallitsevan ajatussuunnan olevan, että sivutuotteiden hyötykäyttömahdollisuuksiin vaikuttavat pääasiassa eettisyys ja taloudellisuus. Sivutuotteiden tällä hetkellä jokseenkin negatiiviseen imagoon on varmasti eniten vaikuttanut naudan BSE-epidemia. Lisäksi ihmisten yleinen mielipide on ajautunut vastustamaan muutenkin eläinperäisiä tuotteita esimerkiksi eläinkokeiden takia ja eläinperäisiä raaka-aineita karte-

taan muun muassa kosmetiikka- ja lääketieteellisyydessä. Lanton mukaan teurassivutuotteiden lisäksi koko lihateollisuuden imagoa tarvitsi myös kohottaa, jotta varsinkin teurasperäiset eläinraaka-aineet koettaisiin vähemmän negatiivisiksi.

Aikaisemmin lähes kaikki sivutuotteet käytettiin hyödyksi. Nykyään suuri osa sivutuotteista käytetään turkiseläinrehuna, joka käyttökohteena on vähenevä lähitulevaisuudessa. Kun suoraan turkiseläinrehuksi menevän jakeen määrä vähenee, sille jakeelle on löydettävä järkeviä hyötykäyttökohteita. Jos mitään mullistavaa uutta hyötykäyttösovellusta ei keksitä, todennäköisesti destruktion menevän jakeen määrä kasvaa ja lihaluujauhoa tulee enemmän. Tähän Honkajoki Oy on varautunut ja suunnittelee uutta laitosta vanhan laitoksen naapuriin. Lihaluujauholla olisi hyvä löytää lisää uusia hyötykäyttökohteita erityisesti non-food sovellusten parista, varsinkin kun lihaluujauhon rehukäytön tulevaisuus on vielä epävarma.

Kari Valkosalo kuitenkin arveli, että lihaluujauhon käyttö eläinrehuna mahdollisesti laajenee tulevaisuudessa EU-tason lainsäädännöllisten uudistusten myötä. Lihaluujauhoa voitaisiin käyttää muun muassa luomuviljelyssä luomulihaan tuotannossa. Lihankasvattajat puoltavat lihaluujauhon rehukäyttöä, sillä lihaluujauholla on hyvät ravitsemukselliset sekä terveydelliset vaikutukset. Lihaluujauholla on positiivinen tuotantovaikutus, koska tuotantoeläinten, kuten esimerkiksi sikojen sairaudet ja rakenneviat vähenevät, jolloin myös tuotannon taloudellisuus kasvaa.

Myös rehuteollisuus puoltaa lihaluujauhon rehukäytön sallimista. Se vaikuttaisi Suomen kannalta positiivisesti tällä hetkellä vallitsevaan epäterveeseen kilpailutilanteeseen, jossa eurooppalainen lihantuotanto on kilpailukyvyllisesti heikommassa asemassa Etelä-Amerikkaan, Aasian ja Venäjään nähden, koska siellä käytetään lihaluujauhoa rehuna. Jos lihaluujauhon rehukäyttö vapautetaan, se tapahtuu todennäköisesti ensimmäisenä kalanrehukäytössä. Eräs lihaluujauhon rehukäyttöä rajoittava tekijä on muun muassa se, että luotettava testi, jolla lihaluujauhosta saataisiin testattua sisältäkö se nautaa, puuttuu.

Lihaluujauhon lannoitekäyttö tulee lisääntymään osaksi sen luomuvaikutuksen ja osaksi väkilannoitteiden korvaavuuden takia. Luomutuotanto on kasvussa maailmalla. Esimerkiksi lihaluujauhon lannoitekäyttö luomuviljelyssä on parantanut ihmisten mielikuvaa lihaluujauhosta ja muutenkin teurassivutuotteista. Lihaluujauhon lannoitekäytöstä on saatu hyviä tuloksia. Lisäksi maailmalla TSE-kohu on laantunut eikä enää tule esille kuin yksittäisiä tapauksia.

Eräs potentiaalinen vaihtoehto lihaluujauhon hyödyntämiseksi olisi sen käyttö lemmikkieläinruokien valmistuksessa, mutta Suomessa ei vain ole lihaluujauhoa käyttävää lemmikkieläinruuan valmistajaa. Muualla maailmalla ja Euroopassa lihaluujauhoa käytetään paljon lemmikkieläinruuan valmistuksessa. Kotimaan markkinoiden lisäksi myös vientimahdollisuudet Venäjälle olisivat hyvät.

Myös elinten käyttö elintarviketeollisuudessa on vähentynyt ihmisten muuttuneiden ruokailutottumusten vuoksi. Elimet sisältävät myös runsaasti arvokkaita komponentteja, joita voitaisiin hyödyntää esimerkiksi funktionaalisissa elintarvikkeissa. Terveysvaikutteiseen eli funktionaaliseen elintarvikkeeseen on lisätty jokin terveyttä edistävä tekijä tai siitä on poistettu terveyttä haittaava tekijä. Funktionaalisilla elintarvikkeilla on positiivinen vaikutus terveyteen ja niiden ominaisuudet on tieteellisesti testattu. Kuluttajien kiinnostus on kasvanut ruoan terveellisyyttä ja turvallisuutta kohtaan.

Puolanteen mielestä tulevaisuuden merkittävimpiä teurassivutuotteiden hyötykäyttökohteita ovat energia ja lannoitteet, etenkin silloin kun puhutaan suurista bulkkimääristä. Näiden lisäksi myös sian nahnan hyötykäyttö olisi eräs vaihtoehto. Sian nahka menee Suomessa tällä hetkellä lihajalosteisiin. Nahnan hyötykäyttö nahkana tuottaisi jopa noin viisinkertaisen tuloksen lihajalostekäyttöön verrattuna. Suomessa ei nahkojen keräyskulttuuria ole kuitenkaan kehittynyt, vaan Suomeen tuodaan nahkaa ulkomailta. Suomessa on ollut myös sellaisia tilanteita, joissa kaltattua sian nahkaa on viety saman verran kaatopaikalle, kuin sitä on ulkomailta tuotu Suomeen. Nahalla olisi menekkiä erilaisissa tuotteissa, mutta tämän hetkiset teurastusprosessit toimivat kuitenkin niin, että nahka kaltataan piston jälkeen, jolloin sen proteiinit denaturoituvat, eikä se enää sovellu nahkakäyttöön.

Tulevaisuudessa edessä olevat muutokset ovat hieman pakonkin edessä ohjanneet asioita siihen suuntaan, että kiinnostus sivutuotteita kohtaan vähitellen kasvaa ja teurassivutuotteiden sisältämää hyötykäyttöpotentiaalia aletaan miettiä. Kaiken kaikkiaan teurassivutuotteiden hyödyntämisellä erilaisissa sovelluksissa tulevaisuudessa on kuitenkin hyvät mahdollisuudet niiden sisältämien arvokkaiden komponenttien ansioista. Erilaisia hyötykäyttömahdollisuuksia kehitetään vielä varmasti paljon lisää, kunhan vain tekniikka ja teollisuuden mielenkiinto niitä kohtaan kehittyvät. Tulevaisuudessa myös esimerkiksi maailman fosforitilanne suorastaan jopa pakottaa keksimään tapoja, joilla luiden sisältämää fosforia voitaisiin hyödyntää. Biotekniikan kehittyminen tuo varmasti uusia sovelluksia tulevaisuudessa, kun löydetään tehokkaampia, hellempitä ja ympäristöystävällisempiä menetelmiä erilaisten teurassivutuotteiden sisältämien komponenttien talteen saamiseksi ja jatkojalostamiseksi.

## LÄHTEET

- Aaltojen alla – Tietopaketti Itämerestä. n.d. Ravinnekierrot. Viitattu 27.1.2010.  
[http://www.aaltojenalla.fi/cgi-bin/bsbw/search.cgi?loc=1&3=31&lang=fin&file=Yleispiirteet&mark=&tm\\_d=content\\_1&menu=menu1](http://www.aaltojenalla.fi/cgi-bin/bsbw/search.cgi?loc=1&3=31&lang=fin&file=Yleispiirteet&mark=&tm_d=content_1&menu=menu1)
- Agropolis Oy. n.d. Lihatuotannon jätteet. Viitattu 11.1.2010.  
<http://www.ecotrim.com/liha.pdf>
- Al-Musallam, A. A., Al-Sane, N. A., Al-Zarban, S. & Onifade, A. A. 1998. Potentials for biotechnological applications of keratin-degrading microorganisms and their enzymes for nutritional improvement of feathers and other keratins as livestock feed resources. *Bioresource Technology* 66 1/1998, 1-11. Viitattu 24.1.2010. Saatavissa Science Direct-tietokannassa: [http://www.sciencedirect.com.proxy.hamk.fi:2048/science?\\_ob=ArticleListURL&method=list&ArticleListID=1287902489&sort=r&view=c&acct=C000049225&version=1&urlVersion=0&userid=952961&md5=8cac7dcaab86da99f7b6a56fb31d27e](http://www.sciencedirect.com.proxy.hamk.fi:2048/science?_ob=ArticleListURL&method=list&ArticleListID=1287902489&sort=r&view=c&acct=C000049225&version=1&urlVersion=0&userid=952961&md5=8cac7dcaab86da99f7b6a56fb31d27e)
- AWARENET – Agro-food waste minimisation and reduction network. n.d. Handbook for the prevention and minimization of waste and valorisation of by-products in European agro-food industries.
- Bioinformatics. n.d. Viitattu 3.2.2010.  
[http://www.imb-jena.de/~rake/Bioinformatics\\_WEB/proteins\\_classification.html](http://www.imb-jena.de/~rake/Bioinformatics_WEB/proteins_classification.html)
- Burkett, R. 2006. *Understanding the environment*. Kuva: The McGraw-Hill Companies, Inc. Viitattu 1.4.2010.  
[http://faculty.southwest.tn.edu/rburkett/ES%20-%20understanding\\_the\\_environment.htm](http://faculty.southwest.tn.edu/rburkett/ES%20-%20understanding_the_environment.htm)
- China Top Supplier. n.d. Viitattu 6.5.2010.  
[http://www.chinatopsupplier.com/d-p2736737-Meat\\_And\\_Bone\\_Meal/](http://www.chinatopsupplier.com/d-p2736737-Meat_And_Bone_Meal/)
- Dutson, T.R. & Pearson, A.M. 1992. *Inedible meat by-products*. Advances in meat research series: Volume 8. Elsevier Science Publishers Ltd.
- EcoFriend. 2009. Eco Tech: Fuel-cells and hurricane-resistant roofing to be made from chicken feathers. The Instablogs Network, Citizen Media Pvt. Ltd. Viitattu 6.5.2010.  
<http://www.ecofriend.org/entry/eco-tech-fuel-cells-and-hurricane-resistant-roofing-to-be-made-from-chicken-feathers/>
- Elintarviketurvallisuusvirasto. n.d. Eläimistä saatavat sivutuotteet. Viitattu 10.12.2009  
[http://www.evira.fi/portal/fi/asiakokonaisuudet/elainperaiset\\_sivutuotteet/](http://www.evira.fi/portal/fi/asiakokonaisuudet/elainperaiset_sivutuotteet/)

Elintarviketurvallisuusvirasto. n.d. BSE. Viitattu 4.4.2010.  
[http://www.evira.fi/portal/fi/el\\_intauti-  
ja\\_elintarviketutkimus/el\\_intautitutkimus/m\\_rehtij\\_t/naudat/bse/](http://www.evira.fi/portal/fi/el_intauti-ja_elintarviketutkimus/el_intautitutkimus/m_rehtij_t/naudat/bse/)

Elintarviketurvallisuusvirasto. n.d. Teknisten tuotteiden valmistus. Viitattu 31.1.2010.  
[http://www.evira.fi/portal/fi/asiakokonaisuudet/elainperaiset\\_sivutuotteet/tekninen\\_kaytto/](http://www.evira.fi/portal/fi/asiakokonaisuudet/elainperaiset_sivutuotteet/tekninen_kaytto/)

Elintarviketurvallisuusvirasto. n.d. Lannoitevalmisteet. Viitattu 25.1.2010.  
([http://www.evira.fi/portal/fi/kasvintuotanto\\_ ja\\_rehut/lannoitevalmisteet/lannoitevalmisteet/](http://www.evira.fi/portal/fi/kasvintuotanto_ ja_rehut/lannoitevalmisteet/lannoitevalmisteet/))

Elintarviketurvallisuusvirasto. n.d. Lannoitevalmisteiden valvonta. Viitattu 11.1.2010  
[http://www.evira.fi/portal/fi/kasvintuotanto\\_ ja\\_rehut/lannoitevalmisteet/](http://www.evira.fi/portal/fi/kasvintuotanto_ ja_rehut/lannoitevalmisteet/)

Elintarviketurvallisuusvirasto. n.d. Eläimistä saatavia sivutuotteita sisältävät lannoitevalmisteet. Viitattu 11.1.2010  
[http://www.evira.fi/portal/fi/asiakokonaisuudet/elainperaiset\\_sivutuotteet/lannoitevalmisteet/](http://www.evira.fi/portal/fi/asiakokonaisuudet/elainperaiset_sivutuotteet/lannoitevalmisteet/)

Elintarviketurvallisuusvirasto. n.d. Eläimistä saatavien sivutuotteiden rehukäyttö . Viitattu 28.12.2009  
[http://www.evira.fi/portal/fi/asiakokonaisuudet/elainperaiset\\_sivutuotteet/rehukaytto/](http://www.evira.fi/portal/fi/asiakokonaisuudet/elainperaiset_sivutuotteet/rehukaytto/)

Elintarviketurvallisuusvirasto. 2010. Eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden sisämarkkinakauppa. Soveltamisopas IV. Viitattu 1.4.2010.  
[http://www.evira.fi/attachments/sivutuotteet/soveltamisopas\\_sisamarkkina-fi-2009\\_viimeinen\\_versio\\_paivitetty\\_tammikuu\\_2010.pdf](http://www.evira.fi/attachments/sivutuotteet/soveltamisopas_sisamarkkina-fi-2009_viimeinen_versio_paivitetty_tammikuu_2010.pdf)

Elintarviketurvallisuusvirasto. n.d. Polttaminen. Viitattu 24.1.2010.  
[http://www.evira.fi/portal/fi/asiakokonaisuudet/elainperaiset\\_sivutuotteet/polttaminen/](http://www.evira.fi/portal/fi/asiakokonaisuudet/elainperaiset_sivutuotteet/polttaminen/)

Elintarviketurvallisuusvirasto. n.d. Teurastamoista peräisin olevien vuotien ja nahkojen toimittaminen raaka-aineeksi ihmisravinnoksi tarkoitettun gelatiinin ja kollageenin valmistukseen sivutuoteasetuksen mukaisista väliasteen laitoksista ja teknisistä laitoksista. Viitattu 1.4.2010.  
[http://www.evira.fi/portal/fi/asiakokonaisuudet/elainperaiset\\_sivutuotteet/ekninen\\_kaytto/vuotien\\_ ja\\_nahkojen\\_toimittaminen\\_gelatiinin\\_ ja\\_kollageenin\\_raaka-aineeksi/](http://www.evira.fi/portal/fi/asiakokonaisuudet/elainperaiset_sivutuotteet/ekninen_kaytto/vuotien_ ja_nahkojen_toimittaminen_gelatiinin_ ja_kollageenin_raaka-aineeksi/)

Euroopan komissio. Terveys- ja kuluttaja-asioiden pääosaston biologisia riskejä käsittelevä yksikkö. 2004. Ohjeita uuden eläimistä saatavia sivutuotteita koskevan asetuksen (EY) N:o 1774/2002 soveltamisesta. Viitattu 5.2.2010

[http://ec.europa.eu/food/food/biosafety/animalbyproducts/guidance\\_faqs\\_fi.pdf](http://ec.europa.eu/food/food/biosafety/animalbyproducts/guidance_faqs_fi.pdf)

Finfood –Suomen Ruokatieto ry. n.d. Eläimistä saatavat sivutuotteet. Viitattu 3.12.2009.

[http://liha.ruokatieto.fi/Suomeksi/Tietoa\\_lihasta/Laatu\\_ ja\\_turvallisuus/Lihaketjun\\_kriittiset\\_pisteet/Elaimista\\_saatavat\\_sivutuotteet](http://liha.ruokatieto.fi/Suomeksi/Tietoa_lihasta/Laatu_ ja_turvallisuus/Lihaketjun_kriittiset_pisteet/Elaimista_saatavat_sivutuotteet)

Finnsementti Oy. 2009. Ympäristöraportti. Viitattu 1.4.2010.

[http://www.finnsementti.fi/asiakasfoorumi/suojattu/uploads/ymparistoraportti\\_2009.pdf](http://www.finnsementti.fi/asiakasfoorumi/suojattu/uploads/ymparistoraportti_2009.pdf)

Finnsementti Oy. 2005. Päästölupa. Viitattu 1.4.2010.

[http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/678\\_311\\_2004\\_lupa.pdf](http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/678_311_2004_lupa.pdf)

Hakulinen, M. 2004. Ultraäänen kyky ennustaa luun mekaanisia ja rakenteellisia ominaisuuksia. Kuopion yliopisto. Sovelletun fysiikan laitos. Pro gradu -tutkielma. Viitattu 3.2.2010.

<http://www.luotain.uku.fi/~mhakulin/gradu.pdf>

Heinänen, M., Niemistö, M. & Raevuori, M. 2007. Teurastamo- ja lihateollisuuden sivutuotteiden käsittely ja prosessointi: Selvitys nykytilasta ja kehittämismahdollisuuksista tuotantoketjussa. Hämeenlinna: Lihateollisuuden tutkimuskeskus.

Heureka. 2004. Hiukset. Viitattu 27.1.2010.

[http://www.heureka.fi/attachments/koulu\\_su\\_ru/hiukset\\_suomi\\_kannet.pdf](http://www.heureka.fi/attachments/koulu_su_ru/hiukset_suomi_kannet.pdf)

Honkajoki Oy. 2009. Honkajoki Oy:n renderöintilaitoksen laajennus- ja kehittämishanke. YVA-selostus. Viitattu 25.1.2010

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=106727&lan=fi>

Honkajoki Oy 2010. Viitattu 4.1.2010.

<http://www.honkajokioy.fi/cms/index.php>

Hwang, A., Khim, J. & Ji, W. 2006. Characteristics of phosphorus containing waste-bones. Materials Letters 61 3/2007, 677-679. Elsevier. Viitattu 24.1.2010. Saatavissa Science Direct-tietokannassa:

[http://www.sciencedirect.com.proxy.hamk.fi:2048/science?\\_ob=ArticleListURL&\\_method=list&\\_ArticleListID=1287839393&\\_sort=r&\\_view=c&\\_auct=C000049225&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=952961&\\_md5=b12b4e0b05d7c022a185f2f7f19f6979](http://www.sciencedirect.com.proxy.hamk.fi:2048/science?_ob=ArticleListURL&_method=list&_ArticleListID=1287839393&_sort=r&_view=c&_auct=C000049225&_version=1&_urlVersion=0&_userid=952961&_md5=b12b4e0b05d7c022a185f2f7f19f6979)

Jääskeläinen, V. 2005. Destruktiolaitos toivoo hyviä raatoja. Maatilan Pirkka 1/2005, 58 -59. Viitattu 31.1.2010.

[http://www.maatilan.pirkka.fi/files/1079-MP\\_0105.pdf](http://www.maatilan.pirkka.fi/files/1079-MP_0105.pdf)

Kajo, Susa. 2009. Koiruuksia ja kissankujeita. Viitattu 6.5.2010.

<http://www.koiruuksiajakissankujeita.com/76>

Kirkkari, A-M., Kivelä, J., Laukkanen, V. & Maasola, M. 2005. Lihaluu-  
jauho lannoitteena – käyttäjän kokemukset. Työtehoseuran raportteja ja  
oppaita 17. Helsinki. Viitattu 13.1.2010.  
<http://www.tts.fi/tts/julkaisut/files/tr17.pdf>

Kookas. 2008. Fosfori kiertää elottoman ja elollisen luonnon välillä. Vii-  
tattu 27.3.2010.  
<http://www.kookas.fi/articles/read/7025>

Lannoitevalmistelaki 539/2006. 1.7.2006. Viitattu 25.1.2010.  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060539>

Lantto, R. 2010. Erikoistutkija. VTT. Haastattelu 15.1.2010

Latukka, A., Karhula, T. & Rekilä, T. 2008. Turkistilojen talous ja alan  
merkitys sekä tulevaisuuden näkymät Suomessa. MTT:n selvityksiä 160.  
Helsinki: MTT Taloustutkimus. Verkkojulkaisu. Viitattu 4.12.2009  
<http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts160.pdf>

Lehto, M. 2008. Opas pienteurastamon sivutuotteiden hyödyntämisestä ja  
hävittämisestä. Ruoka-Suomi teemaryhmän julkaisu 1/2008. Viitattu  
13.1.2010  
[http://www.evira.fi/attachments/elaimet\\_ja\\_terveys/sivutuote/opas\\_pienteurastamon\\_sivutuotteet.pdf](http://www.evira.fi/attachments/elaimet_ja_terveys/sivutuote/opas_pienteurastamon_sivutuotteet.pdf)

Maa- ja metsätalousministeriö. 2000. Eläimistä saatavien sivutuotteiden  
käsittely. Viitattu 4.12.2009  
<http://wwwb.mmm.fi/el/art/sivutuote/kasittely.html>

Maa- ja metsätalousministeriö. 2002. Eläinjättestratégia vuoteen 2007.  
Työryhmämuistio MMM 2002:17. Helsinki. Viitattu 23.2.2010.  
[http://wwwb.mmm.fi/julkaisut/tyoryhmuistiot/2002/tr2002\\_17.pdf](http://wwwb.mmm.fi/julkaisut/tyoryhmuistiot/2002/tr2002_17.pdf)

Macrae, R., Robinson, R.K. & Sadler, M. J. 1993. Encyclopaedia of food  
science, food technology and nutrition: Volume 1. Academic Press Ltd.

MTT. 2009. Luonnonvarapuntari – Koottu tietoa luonnonvarojen kestä-  
västä käytöstä. Peltomaassa runsaat fosforivarastot. Viitattu 4.4.2010.  
<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Luonnonvarapuntari/Ymp%E4risto%F61/Vesist%E6kuormitus/Fosfori>

Netikka. 2009. Ihmisen ihmeet. Viitattu 18.2.2010  
<http://www.netikka.net/mpeltonen/siirretyt/tekstit/ihminen.htm#luu>

Pihlanto, A., Kymäläinen, M. & Niemistö, M. 2009. Teurastamosivutuot-  
teista saatavien sivujakeiden uudet prosessointimenetelmät ja hyötykäyt-  
tökohteet. Tutkimussuunnitelma. Hyötyteuras-hanke.

Puolanne, E. 2010. Lihateknologian professori. Helsingin yliopiston maa-  
talous-metsätieteellisen tiedekunnan elintarvike- ja ympäristötieteiden lai-  
tos. Haastattelu 15.1.2010

Rajala, J. n.d. Luomuviljelyn laajuus maailmassa. Luomutietopankki  
Luomu.fi. Viitattu 4.4.2010.  
<http://www.luomu.fi/yleista/laajuusmaailma.htm>

Rajala, J. n.d. Perustietoa luomusta. Luomutietopankki Luomu.fi. Viitattu  
4.4.2010. <http://www.luomu.fi/yleista/index.htm>

Rolling bones – lujat luut. Suomen Osteoporoosiliitto ry. n.d. Luuston ra-  
kenne. Viitattu 29.1.2010.  
<http://www.osteoporoosiliitto.fi/rollingbones/tietoaluusta/rakenne.htm>

Satakunnan yrittäjä. 9/2009. Palkitut innovaatiot. Viitattu 10.2.2010.  
(<http://www.digipaper.fi/satakunnanyrittaja/37055/index.php?pgnumb=14>)

Schwartzkopf. n.d. ASK-education. Viitattu 3.2.2010.  
[http://fi.ask-  
schwartzkopf.com/education/articles/86?page=2&site=education](http://fi.ask-schwartzkopf.com/education/articles/86?page=2&site=education)

Sihvonen, L. 1996. Uusi uhka – hullun lehmän tauti ja muut eläinten prion-  
itautit. Kansanterveys-lehti 7/1996. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos.  
Viitattu 4.4.2010  
[http://www.ktl.fi/portal/suomi/julkaisut/kansanterveyslehti/lehdet\\_1996/7\\_1996/uusi\\_uhka\\_-\\_hullun\\_lehman\\_tauti\\_ja\\_muut\\_elainten\\_prionitautit/](http://www.ktl.fi/portal/suomi/julkaisut/kansanterveyslehti/lehdet_1996/7_1996/uusi_uhka_-_hullun_lehman_tauti_ja_muut_elainten_prionitautit/)

Solunetti. 2006a. Histologia. Yleistä luusta. Sivuston koordinointi Kari  
Törrönen. Viitattu 29.1.2010.  
<http://www.solunetti.fi/fi/histologia/luu/>

Solunetti. 2006b. Histologia. Luusolut. Sivuston koordinointi Kari Törrö-  
nen. Viitattu 29.1.2010.  
[http://www.solunetti.fi/fi/histologia/luusolut\\_1/](http://www.solunetti.fi/fi/histologia/luusolut_1/)

Solunetti. 2006c. Histologia. Osteoblasti. Sivuston koordinointi Kari Tör-  
rönen. Viitattu 29.1.2010.  
[http://www.solunetti.fi/fi/histologia/osteoblasti\\_1/](http://www.solunetti.fi/fi/histologia/osteoblasti_1/)

Solunetti. 2006d. Histologia. Osteosyytti. Sivuston koordinointi Kari Tör-  
rönen. Viitattu 29.1.2010  
<http://www.solunetti.fi/fi/histologia/osteosyytti/>

Solunetti. 2006e. Solubiologia. Fagocytoosi. Sivuston koordinointi Kari  
Törrönen. Viitattu 3.2.2010  
<http://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/fagocytoosi/2/>

Solunetti. 2006f. Histologia. Osteoklasti. Sivuston koordinointi Kari Tör-  
rönen. Viitattu 29.1.2010 <http://www.solunetti.fi/fi/histologia/osteoklasti/>



Solunetti. 2006g. Histologia. Pintasolut. Sivuston koordinointi Kari Tör-  
rönen. Viitattu 29.1.2010

<http://www.solunetti.fi/fi/histologia/pintasolut/>

Solunetti. 2006h. Histologia. Kaavakuva. Sivuston koordinointi Kari Tör-  
rönen. Viitattu 29.1.2010

<http://www.solunetti.fi/fi/histologia/kaavakuva/>

Suojaaluustosi.fi. Novartis. 2009. Luun peruskoostumus. Viitattu  
29.1.2010. <http://www.suojaaluustosi.fi/Default.aspx?Id=1042>

Suominen, T. 2008. Voima- ja nopeusharjoittelun vaikutus 40 – 85 -  
vuotiaiden pikajuoksijoiden sääriluun mineraalimäärään, -tiheyteen ja  
geometriin ominaisuuksiin. Jyväskylän yliopisto. Liikuntabiologian lai-  
tos. Liikuntafysiologia. Pro gradu-tutkielma. Viitattu 29.1.2010.

[https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/18646/URN\\_NBN\\_fi\\_jyu-200806135455.pdf?sequence=1](https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/18646/URN_NBN_fi_jyu-200806135455.pdf?sequence=1)

Tenhunen, M. 2006. Findest Protein työstää eläinten raadot rehunjatkeeksi  
ja polttoaineeksi. Puuliiton jäsenlehti Särnä 7/2006. Viitattu 31.1.2010

<http://www.puuliitto.fi/index.php?m=6&s=1&d=4&id=1996>

Turtola, E. & Ylivainio, K. 2009. Suomen kotieläintalouden fosforikierto  
– säätöpotentiaali maatiloilla ja aluetasolla. Maa- ja elintarviketalous 138.  
Jokioinen: MTT. Viitattu 27.3.2010.

<http://www.mtt.fi/met/pdf/met138.pdf>

UKRA – The United Kingdom Renderers' Association. n.d. About render-  
ing. Viitattu 1.4.2010.

<http://www.ukra.co.uk/rendering.php>

Valkosalo, K. 2008. 10 000 tonnia lisää luomuviljaa – Viljossa on voimaa.  
Agroekologian seminaari – lihaluujauhon lannoituskäyttö ja tutkimus.  
Viikki. 17.1.2008. Helsingin yliopiston soveltavan biologian laitos ja  
Honkajoki Oy. Viitattu 1.4.2010.

[http://www.mm.helsinki.fi/mmsbl/english/research/AEKO/seminar/Lihaluujauho\\_Valkosalo\\_170108.pdf](http://www.mm.helsinki.fi/mmsbl/english/research/AEKO/seminar/Lihaluujauho_Valkosalo_170108.pdf)

Valkosalo, K. 2010. Toimitusjohtaja. Honkajoki Oy. Haastattelu  
11.2.2010.

Väisänen, J. 2009. Ruoka ja kestävyys. Tietoa ja keskustelua ruokajärjes-  
telmän ekologisesta, sosio-kulttuurisesta ja taloudellisesta kestävydestä.  
Helsingin yliopiston Ruralia-instituutin tuottama blogi. Viitattu 29.3.2010.

<http://blogs.helsinki.fi/ruoka-ja-kestavyys/2009/05/31/fosfori-ei-kierra/>

YLE Uutiset. 2009. Fosfori loppumassa maapallolta, maataloutta uhkaa  
romahdus. Viitattu 29.3.2010.

[http://yle.fi/uutiset/kotimaa/2009/10/fosfori\\_loppumassa\\_maapallolta\\_maa\\_taloutta\\_uhkaa\\_romahdus\\_1078111.html](http://yle.fi/uutiset/kotimaa/2009/10/fosfori_loppumassa_maapallolta_maa_taloutta_uhkaa_romahdus_1078111.html)

**Asiantuntijahaastattelu 15.1.2010**

Helsingin yliopiston maatalous-metsätieteellisen tiedekunnan elintarvike- ja ympäristötieteiden laitoksen lihateknologian professori Eero Puolanne

**Millaisia omia kokemuksia teillä on teurassivutuotteista ja niiden hyödyntämisestä?**

- Helsingin yliopistolla on tehty vuosien varrella tutkimuksia mm. luun käsittelystä sen orgaanisen aineen poiston yhteydessä, koska lannoitteiden käytössä vaaditaan, etteivät ne sisällä orgaanista hiiltä. Teurassivutuotteita koskevia asioita tulee esille myös jollakin tavalla opettamani elintarviketeollisuuden ympäristöteknologia-kurssin yhteydessä.
- Kurssi on kuitenkin hyvin lyhyt, koska ympäristöteknologian kannalta elintarviketeollisuushan ei ole itsessään ympäristörasite. Elintarvikeketju on, mutta ei teollisuus.
- Teurassivutuotteiden tutkiminen on ollut vähäistä, koska niistä on tullut lihateollisuudelle bulkkituote, josta halutaan vain eroon. Niiden hyödyntämisen lähtöaineena on pitkälti korvannut biotekniikan kehittyminen. Ennen teurassivutuotteet olivat tärkeä lähtöaine ja rahanarvoista tavaraa, mutta nykyään niiden hyödyntämiseen on vain joitakin yksittäisiä sovelluksia, joilla ei kuitenkaan ole koko tuotantoon vaikuttavaa roolia.

**Millaista asiantuntemusta teurassivutuotteita koskien Helsingin yliopistolta löytyy?**

- Kampukselta löytyy kyllä paljon asiantuntemusta, se on vain hyvin hajaantunutta. Naapurissamme on esimerkiksi elintarvike- ja ympäristöhygienianlaitos, joka on osa eläinlääketieteellistä tiedekuntaa, jossa tutkitaan mm. patogeenejä, jotka ovat erittäin tärkeä asia liha-alan sivutuotteiden kannalta. Meillä elintarvike- ja ympäristötieteiden laitoksella, joka on osa maatalous- ja metsätieteellistä tiedekuntaa, on ympäristöalan ihmisiä, joiden osaamiselle asia paljolti perustuu. Täällä on myös limnologian tutkimusta, joka keskittyy asiaan vesien suojelun kannalta. Kokonaisuudessaan asiantuntemusta yliopistolta siis kyllä löytyy.

**Oliko teurassivutuotteiden merkitys lihateollisuudelle aikaisemmin suurempi kuin se on tänä päivänä?**

- Huomattavasti suurempi, koska kaikki juoksutteet, entsyymit, lääkeaineet ja nahat otettiin sivutuotteista. Nykyisin sivutuotteiden hyödyntämiseen on vaikuttanut mm. naudan BSE eli hullun lehmän tauti, lainsäädäntö sekä ihmisten muuttunut suhtautuminen eläinperäisiin tuotteisiin.
- Aikaisemmin kaikki sivutuotteet käytettiin hyödyksi. Nykyään ne jauhetaan tai mahdollisesti fermentoidaan ja syötetään turkiseläimille. Nyt kun turkiseläinteollisuus on vähenemässä, näille sivutuotteille tulisi löytää sovelluksia. Sivutuot-

teiden hyödyntäminen on siis kokonaisuudessaan aivan aito ongelma, johon täytyy löytää uusia ratkaisuja.

**Mitkä ovat maailmalla johtavia teurassivutuotteiden tutkimuksen kärkimaita?**

- Amerikassa ja Aasiassa on valtavia yksiköitä, joissa tutkimusta varmasti löytyy, koska siellä asia on voimakkaammin esillä. Maailmalla sivutuotteita pidetään kuitenkin yleisesti enemmän ongelmana kuin mahdollisuutena, minun arvioni mukaan.
- Amerikassa on parin viime vuoden aikana tapahtunut valtava muutos bioenergian suhteen. Tällä hetkellä Amerikassa energian tuotantoon panostetaan jopa elintarviketuotannon kustannuksella. Tämä on johtanut mm. rehun hinnan kasvuun.

**Miten teurassivutuotteet ovat esillä maailmalla lihateollisuudessa mm. konferensseissa?**

- Sivutuotteet ovat hirveän vähän esillä maailmalla. Leimaavaa on se, että syötävän käsite vaihtelee paljon maailmalla eri kansakuntien ja kulttuurien välillä.

**Millaisia kokemuksia teillä on yksittäisten aineiden eristämisestä teurassivutuotteista?**

- Esimerkiksi luumateriaali sisältää paljon käyttökelpoisia ainesosia, joita voidaan hyödyntää mm. lannoituksessa, mutta tämä vaatisi sen, että orgaaninen hiili saataisiin erotettua luumateriaalista. Se on kuitenkin hyvin vaikeasti poistettavissa luista.
- Orgaaninen hiili saadaan poistettua jauhamalla luumateriaali riittävän hienoksi tai voimakkaalla happokäsittelyllä. Tekniikoita tähän kyllä löytyy, mutta niiden kustannukset ovat hyvin korkeat materiaalin arvoon nähden. Prosessien pitäisi olla hyvin suuria, koska kukaan ei tarvitse erotettavia tuotetta vain pieniä määriä.
- Laboratoriomittakaavassa pystytään kyllä tekemään melkein mitä vain, mutta suuressa mittakaavassa tuotanto olisi hyvin kallista sekä siitä jäisi jäljelle ympäristöä kuormittavaa materiaalia, jolle tulisi kehitellä jälleen oma käsittelynsä ja se olisi taloudellisesti kannattamatonta.

**Mitä aineita maailmalla yleisesti erotetaan teurassivutuotteista?**

- Kollageenia erotetaan mm. nahasta ja jänteistä, Suomessa tätä ei kuitenkaan tehdä. Suomessa materiaali on mennyt pitkälti turkiseläinrehuun.

**Olisiko veren proteiinien hyödyntäminen teidän mielestänne kannattavaa toimintaa?**

- Suomessa on tutkittu 1980-luvulla globiinia, jota saadaan hemoglobiinin hajottamisesta. Tällöin plasma tulee erottaa verestä ennen punasolujen hajoamista.

Hemoglobiinista erotetaan hemi, jolloin saadaan globiinia. Hemin erottaminen on tärkeää, koska sillä on verta härskiinnyttävä vaikutus.

- VTT ja LTK kehittivät aikoinaan prosessin, jossa karboksimeetyliselluloosalla saatiin hemi irrotettua hemoglobiinista. Menetelmä on myös patentoitu. Menetelmässä oli kuitenkin suuressa mittakaavassa ongelmia ja se haudattiin aikoihin.
- Globiini toimii hyvin vaahtoutumisen estoaineena lihavalmistamisessa. Lisäksi sitä modifioimalla se saatiin geeliytymään mm. keittomakkaroissa. Globiini siis toimii makkaroissa proteiinilisänä ja sen geeliytymisominaisuuden parantajana.

#### **Tätä tutkimusta ei sittemmin kuitenkaan ole jatkettu 1990- ja 2000-luvulla?**

- Ei ole, tässä tapahtui mielestäni niin, että oltiin liian aikaisin liikkeellä, eivätkä kaikki tarvittavat palapelin palaset olleet vielä ehkä saatavilla tutkimuksen käyttöön.

#### **Mikä on teidän näkemyksenne eri alojen suhtautumisesta eläinperäisiin tuotteisiin?**

- Oma tuntemukseni asiasta on se, että eläinperäisiin tuotteisiin suhtautumiseen vaikuttaa kaksi eri näkökulmaa: eettisyys ja taloudellisuus, jotka painavat vaa-kakupeissa. Yleiset mielipiteet ovat muuttuneet eläinperäisiä tuotteita vastustavaan suuntaan, johtuen esimerkiksi BSE:stä. Taloudellisesti tietenkin on ymmärrettävää, että sieltä ostetaan mistä halvimalla saadaan.
- Teurassivutuotteissa on se ongelma, että niitä tulee lihateollisuudesta väistämättä ja niille on keksittävä jokin käyttökohde. Tätä ei ehkä kuitenkaan ajatella tarpeeksi lihateollisuudessa, jonka ensisijaisena haluna on vain lihan tuottaminen.

#### **Missä näkisitte olevan tulevaisuudessa potentiaalisimmat markkinat teurassivutuotteiden hyödyntämiselle?**

- Tätä on usein joutunut pohtimaan. Lihateollisuuden näkökulmasta kaiken lihateollisuuden materiaalin tulisi siirtyä laitoksesta eteenpäin ja siitä tulisi saada rahallinen korvaus. Lihateollisuuden intresseihin ei kuulu saada sivutuotteista vain pientä jaetta eteenpäin vaan päästä eroon koko materiaalista. Tällä hetkellä kuitenkin sivutuotteet tuottavat lihateollisuudelle vain kustannuksia.
- Yksi mielenkiintoinen sivutuote on sian nahka, joka tällä hetkellä Suomessa menee lihajalosteisiin. Nahan hyötykäyttö nahkana tuottaisi jopa noin viisinkertaisen tuloksen lihajalostekäyttöön verrattuna. Suomessa ei nahkojen keräyskulttuuria ole kuitenkaan kehittynyt vaan Suomeen tuodaan nahkaa ulkomailta. Suomessa on ollut myös sellaisia tilanteita, joissa kaltattua sian nahkaa on viety saman verran kaatopaikalle kuin sitä on ulkomailta tuotu Suomeen. Nahalla olisi menekkiä erilaisissa tuotteissa, mutta tämän hetkiset teurastusprosessit toimivat niin, että nahka kaltataan piston jälkeen, jolloin sen proteiinit denaturoituvat, eikä se enää sovellu nahkakäyttöön.

- Mielestäni tulevaisuuden merkittävimpiä teurassivutuotteiden hyötykäyttökoh- teita ovat nahan lisäksi energia ja lannoitteet, etenkin silloin kun puhutaan suu- rista bulkkimääristä. Toinen merkittävä sektori hyötykäytön kannalta tulee var- masti olemaan biotekniikan ala.

**Missä päin maailmaa nahkaa otetaan sellaisenaan talteen teurastusprosessissa en- nen kaltausta?**

- Aasia ja entisen Jugoslavian alue ovat perinteisiä alueita, joissa nahkaa kerätään ja mistä toimijat saavat hyvää rahaa. Vielä silloin kun nahka otettiin talteen joka siasta, oli nahan määrän merkitys valtaisia.

**Uskotteko että tulevaisuudessa lihaluujauhon rehukäyttö elintarviketäyttöön tar- koitetuilla tuotantoeläimillä olisi jälleen mahdollista?**

- Tällä hetkellä eläinten pakotettu kannibalismi on kiellettyä, koska siitä seurasi 2000-luvun taitteessa ilmennyt BSE -tauti naudoilla, mikä johti siihen, että liha- luujauhon käyttö rehuna Euroopassa kiellettiin. Jos BSE:tä ei esiintyisi, ei mui- takaan varsinaisia riskejä lihaluujauhon rehukäytölle olisi, mutta kyllä BSE it- sessään on jo hyvin merkittävä riski.
- Jos Euroopassa olisi hienosäätöisempi lainsäädäntö asian suhteen, lihaluujauhon käyttö rehuna voisi olla mahdollistakin. Epävarmuus lainsäädännön toimivuus- desta tuottajien keskuudessa on johtanut tilanteeseen, jossa lihaluujauhon käyttö on kokonaan kielletty. Suomi tuli kuitenkin käytännössä vasta vähän myöhem- min mukaan kieltoalueeseen.

**Onko lihaluujauhon rehukäytön uudelleen sallimiselle teidän mielestänne ollut painetta maatalouden toimijoiden taholta?**

- On sille selvästi painetta ollut, koska selvästi näyttää siltä, että BSE -taudin esiintyminen on hiipumassa. BSE -taudin vaikutus kuitenkin kestää huomatta- vasti kauemmin kuin luultiin, sillä sen ajateltiin olevan ohitse jo vuonna 2004. Vaikka Englannista tauti on jo lähes kadonnut, sitä esiintyy vielä muualla maa- ilmassa.

## **Asiantuntijahaastattelu 15.1.2010**

VTT:n erikoistutkija Raija Lantto

### **Millaisia omia kokemuksia teillä on teurassivutuotteista ja niiden hyödyntämisestä?**

- VTT:llä ei ole paljoakaan kokemusta teurassivutuotteista. Olemme tehneet hiukan kirjallista selvitystä sekä pieniä rajallisia kokeita liittyen siipikarjan höyhenten biotekniseen muokkaamiseen liittyen. Jokunen vuosi takaperin olemme tehneet VTT:n perusrahalla kokeita, joissa tutkimme keratiinipitoisen materiaalin hajottamista hydrolyyttisillä entsyymeillä. Höyhenmateriaalin hyötykäyttö sellaisenaan ilman muokkausta ei ole teollisesti kannattavaa. Tutkimuksessa havaittiin, että keratiinia voidaan entsyymaattisesti hajottaa, mutta sen tehokkaampi ja teollisesti käyttökelpoisempi muokkaaminen erilaisiksi materiaaliratkaisuiksi vaatii lisätutkimusta.
- Höyhenen hyötykäytön arviointi on ollut konkreettisin toimi, koska siipikarjan lihaa syödään maailmanlaajuisesti yhä enemmän ja enemmän, minkä seurauksena höyhentä ja nahkaa tulee sivutuotteina valtavia määriä. Siipikarjan nahka on suhteellisen yksinkertaista erotella proteiinijakeeseen, joka on pääosin kollageenia, ja rasvajakeeseen. Nahan sisältämä rasvakoostumus on erinomaisen hyvä, joka tulisi käyttää hyödyksi muutenkin kuin biodieselin valmistuksessa esimerkiksi elintarvikkeissa.
- VTT:llä on tehty myös ennen minun taloon tuloani jonkin verran tutkimusta liittyen veren komponenttien erottamiseen. Tästä itselläni ei ole suurempaa tietoa, mutta verihän on yksi erittäin arvokas sivuvirta, jonka komponenttien teollista hyödyntämistä olisi syytä arvioida.

### **Onko VTT:llä tehty ollut yhteistyöhankkeita tällä alalla?**

- VTT on ollut mukana yhtenä partnerina mm. EU -hankkeessa, Hipermax, joka päättyi muutama vuosi sitten. Siinä Manchesterin yliopisto teki höyheniin liittyvää tutkimusta hakemalla erilaisia materiaaliratkaisuja tekemällä höyhenistä mm. paperia, kartonkituotteita, naruja, köysiä ja rottinkia. VTT ei tässä projektissa tehnyt mitään teurassivuvirtoihin liittyvää vaan teki hankkeessa proteiinikuitujen, villan ja silkin bioteknistä muokkausta.
- VTT on ollut myös mukana EU-hankkeessa nimeltään Awarenet, jossa inventoitiin erilaisia elintarvikesivuvirtoja, identifioitiin sivuvirtojen hyötykäytön pulonkauloja ja kartoitettiin niiden tämänhetkistä hyötykäyttöä. Aiheesta tehtiin myös hyvin kattava raportti, jossa tutkittavia sivuvirtoja olivat vihannekset, viini, maito, liha ja kala.

### **Mitkä ovat maailmalla mielestänne johtavia teurassivutuotteiden tutkimuksen kärkimaita?**

- Ainakin Manchesterin yliopisto on tehnyt paljon tutkimusta aiheeseen liittyen. Siellä yhteistyökumppanini, tekstiilikemian professori Chris Carr, on ideoinut höyhenten hyötykäyttöä ja jalostanut ideaa eteenpäin. Hänen tutkimustensa tu-

loksia liittyen siipikarjan höyhenten hyötykäyttöön on viety teolliseen mittaan ja kaupallisille markkinoille asti.

- Lisäksi ainakin Australiassa on tehty keratiinista muoviva ja kalvoja. Amerikkalaisissa ammattilehdissä on ajoittain pieniä juttuja siitä miten höyheniä voitaisiin käyttää hyödyksi eri tavoin.
- Tutkimuksen kannalta teurassivutuotteiden ongelma on kuitenkin se, etteivät ne maailmanlaajuisesti ole kovin mielenkiintoinen tieteellisen tutkimuksen kohde, ainakaan tällä hetkellä.

### **Millaisia teurassivutuotteiden mahdollisia hyötykäyttö-kohteita teille on tullut vastaan?**

- Tieteellisissä lehdissä on käsitelty esimerkiksi höyhenten rehukäyttöä, koska höyhenet ovat erinomainen proteiinilähde.
- Höyhenten käyttö non-food sovelluksissa materiaalina on erittäin hyvä idea, koska höyhenillä on olemassa hyviä ominaisuuksia kuten hydrofobisuus, palamattomuus ja se on materiaalina kestävä. Näitä ominaisuuksia voitaisiin hyödyntää esimerkiksi komposiittimateriaalin valmistuksessa. Valitettavasti höyhenkuitu on lyhyt mikä aiheuttaa materiaalin käytölle rajoitteita.
- Höyhenten parissa ei ole tehty kuitenkaan kovin paljon tutkimusta, mihin osasyynä lienee se, että höyhenet tulisi ennen tarkempaa tutkimusta puhdistaa epäpuhtauksista sekä jauhaa paremmin käsiteltävään muotoon. Tämän jälkeen höyhenet pitäisi vielä liuottaa eli kokonaisuudessa höyhen on melko hankala raaka-aine.
- Suomessa mielenkiintoinen teurasluita hyödyntävä pieni yritys on Juukassa sijaitseva Puljonki Oy, joka ostaa luita ja keittää niistä lihalientä ja valmistaa erilaisia kastikkeita.

### **Millaisena näet Suomen mahdollisuudet teurassivutuotteiden hyötykäytön parantamiseen?**

- Suomessa on kaksi maamme mittakaavassa suurta liha-alan yritystä, joilla on yhteinen teurasjätteen destruktiolaitos, joten yhtiöiden välille ei edes syntyisi kilpailua teurassivuvirtojen hyödyntämisestä, mikäli niiden hyötykäytön tutkimukseen satsattaisiin. Molempien intressinä olisi varmasti käyttää sivuvirrat paremmin hyödyksi, kuin mitä tällä hetkellä tehdään.
- Eräänä jatkojalostusta rajoittavana tekijänä näkisin sen, ettei Suomessa ole jatkojalostamoita, joka fraktioisi, erittelisi ja puhdistaisi teurassivutuotteet omiksi jakeikseen. Esimerkkinä laitos, joka ottaisi broilerin nahasta höyhenet irti ja eristäisi nahasta rasvat ja kollageenin erilleen ja jatkojalostaisi nämä jakeet siihen muotoon että niitä voisi suoraan hyötykäyttää lopputuotteissa. Näen ongelmallisena sen, että sivuvirtojen tuottajat haluavat vain saada hyvän hinnan tuottamastaan sivuvirrasta, eivätkä niinkään ole kiinnostuneita siitä kuka sen loppukäyttää ja miten. Ymmärrettävästi heillä itsellään ei ole mielenkiintoa fraktioita tuotta-

miansa sivuvirtoja. Toisaalta niillä tahoilla, jotka hyötykäyttävät sivuvirroista jatkojalostettuja tai eriteltyjä fraktioita, ei ole mielenkiintoa rahoittaa jatkojalostusta koskevaa tutkimusta, koska heidän intressinsä on vain ostaa valmiita tuotteita.

- Samaan ongelmaan törmää Suomessa muillakin prosessiteollisuuden aloilla, jotka tuottavat biosivuvirtoja. Sivuvirtojen tuoton ja niiden loppukäytön välille tarvittaisiin ehdottomasti toimija, joka jalostaa sivuvirrat erilaisiin loppukäyttötarkoituksiin soveltuviksi, oli kyse sitten elintarvikkeista, rehuista, materiaaleista, lääketieteellisuuden tai kosmetiikan tuotteista.
- Mielestäni Suomessa kuitenkin osataan tässä asiassa katsoa tarpeeksi pitkälle ja sivuvirtojen arvo kyllä ymmärretään. Raaka todellisuus on kuitenkin se, että sivuvirroissa ei nähdä vielä niin houkuttelevaa bisnestä, että uskallettaisiin perustaa bisnes, joka jatkojalostaisi sivutuotteet moninaisiin hyötykäyttötarkoituksiin.

**Olisiko mielestänne Suomessa elintarviketeollisuudessa kannattavaa kehittää prosesseja, joissa teurassivutuotteista eristettäisiin erilaisia ainesosia?**

- Varmasti olisi sekä Suomessa kuin maailmanlaajuisestikin koska tällä hetkellä sellaiset arvot kuten kohtuuhintaisuus, luonnonmukaisuus, terveellisyys ja kestävä kehitys ovat trendikkäitä. Uskon, että tulevaisuudessa terveysvaikutteisten ja funktionaalisten elintarvikkeiden buumista tullaan palaamaan vähän prosesoituun ja luonnonmukaiseen ruokaan, jossa terveydelle arvokkaat ainesosat ovat luonnonmukaisessa muodossaan ilman että niitä on erityisesti lisätty sinne. Funktionaalisuuden lisäämiseen elintarvikkeisiin herättää helposti kysymyksen, kuinka taloudellisesti kannattavaa on erilaisten ainesosien eristäminen hyvinkin puhtaiksi jakeiksi ja lisääminen jakeina erilaisiin elintarvikkeisiin.

**Voisiko mielestänne esimerkiksi veren komponenttien erottaminen olla taloudellisesti kannattavaa toimintaa Suomessa?**

- Jos verestä aletaan erottaa vaikkapa proteiinia, on tällä oltava tavallista bulkki-proteiinia arvokkaampia käyttökohteita, sillä maailmassa on hyvin paljon erilaisia proteiineja. Esimerkiksi täkkelystuotannossa tulee suuri määrä gluteenia sivutuotteena sekä soijaöljyn valmistuksessa tulee sivutuotteena valtava määrä soijaproteiinia, joka on halpaa proteiinia. Eli jotta verestä, jossa on paljon arvokkaita eristettäviä osia, kannattaisi erotella ne komponentit joilla on esimerkiksi arvokkaita lääkinnällisiä ominaisuuksia.

**Onko ongelma siis siinä, että teurassivutuotteista saatavia ainesosia saadaan yleisesti eristettyä edullisemmin muista lähteistä?**

- Esimerkiksi kosmetiikkateollisuutta ajatellen eläinperäiset proteiinit ovat ei-toivottu raaka-ainelähde. Tuotteissa käytetään mieluummin kasvipäisiä raaka-aineita. Eli ongelma ei ole ainoastaan hinta vaan myös imago, joka eläinperäisillä raaka-aineilla koetaan negatiiviseksi. Koko lihateollisuuden imagoa tarvitsi siis myös kohottaa, jotta varsinkin teurasperäiset raaka-aineet koettaisiin vähemmän negatiivisiksi.



**Millaisena näette teurassivutuotteiden hyödyntämismahdollisuudet ja markkinat tulevaisuudessa?**

- Mielenkiintoinen kysymys, koska on selvää, että pidemmällä aikavälillä teurastamosivutuotteetkin on pakko jalostaa. Toinen asia on se, että lihan alkutuotanto on luontoa kuormittavaa. Herää kysymys kannattaako lihaa tuottaa tulevaisuudessa eläimissä vai tuotetaanko se bioteknisesti esimerkiksi lihassolukkona, keinolihana. Tällä hetkellä keinoliha tuntuu vielä hieman utopistiselta, mutta uskon sen tulevaisuudessa olevan hyvinkin mahdollista ja kannattavaa.
- Uskon, että siipikarjan rasvalla olisi käyttöä elintarviketeollisuudessa sen hyvän rasvahappokoostumuksen vuoksi. Sivutuotteiden hyödyntämiseen biopolttoaineena en usko, koska energian tuotantoon on olemassa helpompia ja edullisempiäkin raaka-aineita. Uskon myös, että eläinten nahoille, höyhenille ja karvalle olisi potentiaalisia hyötykäyttökohteita olemassa.
- Veren komponenteilla, mm. verestä eristettävillä entsyymeillä voisi olla käyttöä lääke- ja elintarviketeollisuudessa. Esimerkkinä nykyisin lihan prosessoinnissa käytettävä mikrobiperäinen transglutanaasi-entsyymi, jonka tietyin edellytyksin voisi korvata veren omalla transglutaminaasilla tai muilla hyytymistekijöillä.
- Esimerkiksi keratiinille olisi kehitettävä tehokas käsittelyprosessi. Höyhenten entsyymaattista hajottamista on kokeiltu keratinaasi-entsyymillä, mutta liukoisen proteiinin saanto on ollut alhainen, vain n. 5 %. Kemiallinen hajotus, esimerkiksi korkeassa suolapitoisuudessa, onnistuu, mutta prosessi ei ole erityisen kestävä kehityksen mukainen.

## **Asiantuntijahaastattelu 11.2.2010**

Honkajoki Oy:n toimitusjohtaja Kari Valkosalo

### **Millaisissa projekteissa teurassivutuotteita koskien Honkajoki Oy on ollut mukana?**

- Honkajoki Oy on ollut mukana monissa erilaisissa projekteissa. Tällä hetkellä olemme mukana Tekes-rahoitteisessa Hyötyteuras-hankkeessa sekä lisäksi teemme MTT:n kanssa yhteistyötä biokaasuun liittyvässä Biovirta-hankkeessa. Viime vuonna olimme yhteistyössä Helsingin yliopiston professorin Eero Puolanteen työryhmän kanssa luiden puhdistukseen liittyen. Lisäksi olemme mukana erilaisissa logistiikkaan liittyvissä hankkeissa. Honkajoki Oy on käyttänyt kohtuullisen paljon resursseja tuotekehitykseen ja projekteihin. Olemme Suomessa alan ainoa toimija, joten meidän on itse tehtävä kaikki alaan liittyvä tutkimus.
- Tällä hetkellä meillä on menossa yhteistyössä Tampereen teknillisen yliopiston kanssa hanke, jossa tutkitaan lihaluujauhon käyttöä biohajoavan muovin ainesosana. Biohajoavasta muovista on tavoitteena tehdä katteita ja taimisuoja, jotka suojaisivat taimia rikkakasveilta ja karkottaisivat pieneläimiä, koska lihaluujauho ja verijauho tunnetusti karkottavat tiettyjä eläimiä. Taimisuojuille pyritään saamaan myös lannoitevaikutus kun se hajoaa itseksensä kolmessa vuodessa maahan. Biohajoavan muovin katekäytön etuna olisi, että se voidaan jyrsiä maaperään eikä sitä tarvitse kerätä erikseen pois. Tämä on sellainen hanke johon Honkajoki Oy on panostanut paljon ja tulee panostamaan tulevaisuudessakin.

### **Onko Honkajoki Oy:llä tavoitteena tulevaisuudessa jalostaa sivutuotteista muitakin kuin renderointituotteita?**

- Kyllä, siihen meillä on ollut pyrkimystäkin. Viimeiset vuodet olemme panostaneet nykyisen perusprosessin kunnostamiseen. Nyt olemme siinä tilanteessa, että raaka-ainemäärämme tulevat lisääntymään. Lisäksi tulemme saamaan raaka-aineita, joista voisi tehdä muitakin kuin lihaluujauhoa. Päätuotteina pitkällä aikavälillä tulevat kuitenkin olemaan tuotantoeläinten rehujakeet.
- Suurin osa Suomen luista käsitellään Honkajoella, joten luissa olevan fosforin tarkempi hyötykäyttö voisi olla mahdollista. Elintarviketuotteita tässä laitoksessa tuskin tullaan valmistamaan, mutta kaikkia rehuun liittyviä jakeita olisi mahdollista valmistaa.
- Johtoryhmä on visioinut Honkajoki Oy:stä kierrätysyritystä, jossa käsiteltäisiin muitakin kuin eläinperäisiä tuotteita. Esimerkiksi veri on tuote, joka olisi ainakin helppo ottaa talteen, mutta tietenkin myös muita tuotteita löytyy.

### **Mitkä ovat mielestänne sivutuotteita koskien maailman johtavia kärkimaita?**

- Saksalainen yhtiö nimeltä Saria lienee Euroopassa suurin yritys renderöinnin saralla. Euroopassa sivutuotesektori on jakautunut suurten maatalousmaiden kesken ja esimerkiksi rasvat menevät monista maista muualle jatkojalostettavaksi.

- Hollanti on rasvan saralla eräs Euroopan merkittävimpiä tuotantomaita. Gelatiinin osalta saksalaiset yritykset ovat oman tuntemukseni mukaan merkittävimpiä tekijöitä.
- Sivutuotteiden lannoitekäyttö lihaluujauhona on vasta viime vuosina alkanut yleistymään muualla Euroopassa. Ruotsi on ollut jo pitkään lihaluujauhon lannoitekäytön suhteen maailman kärkimaa ja voisipa melkein sanoa, että Suomi on ollut Ruotsin jälkeen heti kakkosena. Monet maat ainoastaan myyvät lihaluujauhoa sellaisenaan.

### **Millainen tilanne mielestänne renderöintialalla on maailman mittakaavassa?**

- Renderöintituotteiden kysyntä on hyvin valikoivaa, koska Euroopassa EU:n sivutuoteasetus säätelee tarkasti miten eläinperäisiä sivutuotteita voidaan käyttää. Uusi sivutuoteasetus tulee voimaan huhtikuussa 2011. Uuden sivutuoteasetuksen rakenne sallii sinänsä teurassivutuotteiden rehukäytön ja sen mahdollisen laajentamisen. Renderöijät odottavat kovasti että sivutuotteiden käyttö tuotantoeläinten rehuna jälleen vapautuisi, sillä tämä muuttaisi paljon koko lopputuotebisnestä. Tällä hetkellä koko raaka-ainemäärä ja niistä saatavat lopputuotteet on jaettu kolmeen eri kategoriaan, mikä rajoittaa käyttömahdollisuuksia.
- Jos rehukäyttö vapautuu uuden sivutuoteasetuksen johdosta, uskoakseni ensimmäisenä sallitaan sivutuotteiden käyttö kalanrehuna.
- Kolmannen luokan sivutuotteista saatava lihaluujauho menee suurilta osin lemmikkieläinten ruuaksi Euroopassa. Suomessa ei mene kiloakaan, koska Suomessa ei ole lihaluujauhoa käyttäviä lemmikkieläinruokien valmistajia.
- Olen huomannut, että alalla tällä hetkellä pinnalla olevia asioita ovat lainsäädäntöön liittyvät asiat, kuten sivutuoteasetus ja rehulaki.

### **Millaisessa asemassa näette Suomen sivutuotteiden jatkojalostusteollisuuden Euroopan mittakaavassa?**

- Suomessa ongelmana on tuotantovolyymien pienuus, jolloin tiettyä raaka-ainetta ei saada tarpeeksi, että voitaisiin erikoistua yksittäisiin jatkojalosteisiin. Suomen lihantuotanto on yhden prosentin luokkaa koko Euroopan määrästä, samoin kuin sivutuotteidenkin määrä. Suomessa ongelmana ovat myös pitkät välimatkat, mikä aiheuttaa korkeat kuljetuskustannukset.
- Honkajoki Oy:n tyyppisiä sivutuotteiden jatkojalostukseen erikoistuneita laitoksia on EU:n alueella melkein 600 kappaletta. Olemme kuitenkin huomattavasti keskimääräistä suurempi laitos, sillä monissa maissa on muutaman ison sijaan useita pieniä laitoksia. Pohjoismaissa on hyvin tyyppillistä, että teurastamoilla on oma jatkojalostuslaitos, esimerkiksi Ruotsissa Konvex, Tanskassa Daka ja Norjassa Norsk Protein. Esimerkiksi taas Englannissa on paljon keskenään alalla kilpailevia pieniä yrityksiä. Lisäksi alalla on myös yrityksiä, jotka ovat alkaneet kansainvälistymään, kuten Saria. Sarialla on toimintaa mm. Saksassa, Ranskassa, Puolassa ja Itävallassa.

**Millaiset ovat Honkajoki Oy:n tulevaisuuden suunnitelmat sivutuotteiden jatkojalostuksen suhteen?**

- Honkajoki Oy:llä on suunnitteilla uusi eläinperäisen jätteen käsittelylaitos vanhan laitoksen läheisyyteen. Projekti on tällä hetkellä luvanhakuvaiheessa. Uuteen laitokseen kaavaillaan veri- ja höyhenjauholinjaa, sekä yhtä tavallista märkärenderöintilinjaa.
- Veren keräily olisi tarkoitus tehdä säiliöissä, joissa se saadaan säilymään kuljetuksen ajan viilennettynä. Verijauho menisi pääasiassa rehukäyttöön, esimerkiksi kalanrehuissa sitä saa jo nyt käyttää. Kalanrehubisnes on esimerkiksi Norjassa huomattavasti suurempi sektori kuin turkiseläintenrehut meillä Suomessa.

**Millaista kansainvälistä yhteistyötä alalla tehdään?**

- EFPPA (European Fat Processors and Renderers Association) on alan suurin Euroopan sisäinen lobbausjärjestö, johon kuuluu suurin osa EU-maista. Itse olen mukana järjestön valtuustossa, joka kokoontuu neljä kertaa vuodessa. Valtuustoon kuuluu jäsen jokaisesta maasta. Valtuustossa käymme läpi erilaisia alan näkymiä ja niihin liittyviä asioita. Järjestössä on myös tekninen komitea, jossa meilläkin on edustaja, joka keskittyy teknisiin asioihin ja tuotekehitykseen. Tekninen komitea kiertää paljon laitoksia ja kokoontuu lähes kuukausittain.
- Pohjoismailla on myös oma renderöintijärjestö, joka kokoontuu kahdesti vuodessa, mutta yhteistyötä teemme toistemme kanssa jatkuvasti. Vaikka olemme keskenämme kilpailijoita, on pohjoismaiden välinen kilpailu hyvin pientä.

**Mitä mieltä olette teurassivutuotteina saatavien luiden jatkojalostamisesta yksittäisiksi tuotteiksi?**

- Luussa on fosforia 16 - 17 %. Fosforiahan käytetään Suomessa peltojen lannoitteena 3-4 kg/ha. Kaikesta Suomessa peltoihin laitettavasta fosforista neljännes saadaan sivutuotepäisistä eläinten luista. Muutama vuosi sitten yritettiin selvittää miten luun fosfori saadaan puhtaaksi erottamalla siitä orgaaninen aines. Se kuitenkin osoittautui hyvin vaikeaksi, koska orgaaninen aines reagoi fosforin erotuksessa käytettävän hapon kanssa muodostaen räjähdysherkän seoksen. Lihaluujauhon lannoitekäytön ongelma on sen väärät ravinnesuhteet. Lihaluujauhossa on liikaa fosforia, lähes kolminkertainen määrä typpeen nähden ja kaliumia ei ole juuri lainkaan.
- Orgaanisen aineen erotus fosforista on tärkeää myös siksi, että halutaan mahdollisimman puhdasta fosforia. Puhdasta fosforia voitaisiin käyttää lannoiteseosten valmistukseen, jotta saataisiin oikeanlaiset ravinnesuhteet sekä mahdollisimman konsentroitua lannoitetta. Orgaanista ainetta sisältävät lannoitteet ovat melko tehottomia ja näin ollen vaativat suuret levitysmäärät. Tästä johtuen perinteisessä maanviljelyssä lihaluujauhoa ei juurikaan lannoitteena käytetä.
- Lihaluujauho lasketaan luomulannoitteeksi, mutta sen ongelmana on alhainen kaliumin määrä, koska luomukelpoista kaliumia on vaikea saada. Orgaanista ka-

liumia saadaan kyllä lisättyä lihaluujauhoon esimerkiksi vinassilla tai melassilla, mutta sen käyttö on hyvin kallista.

### **Millaisena näette keratiinipitoisen aineen jatkojalostusmahdollisuudet?**

- Höyhenistä voidaan valmistaa höyhenjauhoa, jota meilläkin Honkajoella olisi tarkoitus tehdä uudessa suunnitteilla olevassa tuotantolaitoksessa. Myös sorkista ja kaviosta voitaisiin kyllä valmistaa keratiinipitoista jauhetta, mutta tällöin teurastamoiden tulisi eritellä ne. Aikoinaan meillä on tehty jauhetta mm. sarvista ja sian karvoista. Jakeiden määrät Suomessa ovat kuitenkin niin pieniä, ettei tämä ole tällä hetkellä tuotannollisesti kannattavaa.
- Höyhenjauhoa voitaisiin käyttää lannoitteena sekä kalanrehuna. Typen osuus höyhenjauhosta olisi noin 12 – 13 %, joten osa hyvin typpipitoisesta höyhenjauhosta voitaisiin sekoittaa luista erotetun fosforin kanssa. Ongelmana on kuitenkin se, että höyheniä tulee suhteellisen vähän, noin 5 – 7 % kaikista teurassivutuotteista.
- Höyhenten renderöinti on hyvin vaikeaa, koska höyhen on erittäin kovaa materiaalia. Se vaatii sulaakseen muita sivutuotteita korkeamman paineen ja lämpötilan. Lisäksi höyhenjauhon kuivaaminen on hyvin vaikea prosessi.

### **Mitä mieltä olette lihaluujauhon mahdollisesta uudelleen käyttöön ottamisesta rehuna Euroopassa?**

- Eurooppalainen lihantuotanto on kilpailukyvyllisesti heikommassa asemassa Etelä-Amerikkaan, Aasian ja Venäjään nähden koska ne käyttävät lihaluujauhoa rehuna. Eurooppalaiset rehuteollisuuden kattojärjestöt ovat ehdottomasti lihaluujauhon rehukäytön kannalla tämän asetelman poistamiseksi.
- Jos kysyy kokeneilta lihankasvattajilta, he ottaisivat lihaluujauhon rehukäyttöön heti kun se vain olisi mahdollista. Lihaluujauholla on positiivinen tuotantovaikutus, koska tuotantoeläinten sairaudet ja rakenneviat vähenevät, jolloin tuotannon taloudellisuus kasvaa.
- Käyttönotolle on olemassa selkeää painetta EU:ssa. Tällä hetkellä suurin kysymys lienee sellaisen pikatestin kehittäminen, jolla voidaan varmuudella todeta, ettei rehuna ole käytetty nautaperäistä materiaalia. Testi oli jo pari vuotta sitten käyttöönottoaiheessa, mutta aivan viimeisissä kontrollitesteissä huomattiin vakavia puutteita, jonka jälkeen koko menetelmä kiellettiin. Tällä hetkellä on koekäytössä testimenetelmä, jolla saadaan tulos hieman hitaammin kuin aikaisemmalla testillä olisi saatu. Sen jälkeen kun viranomaiset pystyvät kontrolloimaan luotettavasti rehumateriaalia, rehukäytön vapauttaminen on paljon helpompaa.
- Uskon vakaasti, että lihaluujauhon rehukäyttö tulee palautumaan. Suomea ajatellen se olisi hyvä asia rehujen valkuaisaineen omavaraisuuden kannalta, eikä puhtauden kannaltakaan ole mitään ongelmia.

**Millaisena näette teurassivutuotteiden käytön energian tuotannon raaka-aineena?**

- Meillä tälläkin hetkellä lihaluujauhon valmistuksen yhteydessä saadaan proteiinipitoisesta aineksesta irronnutta rasvaa, joka menee Neste Oil:lle biodieselin valmistukseen. Jos ensimmäisen luokan sivutuotteille löytyisi jokin muu käyttökohde, kuin poltto energiaksi, sitä ei kukaan enää polttaisi. Tällä hetkellä jätteenpolttodirektiivin vaatima polttaminen aiheuttaa Honkajoki Oy:lle ainoastaan taloudellisia kuluja kun se joudutaan negatiivisesti myymään Finnsementille.
- Lihaluujauhon polttaminen energiaksi tuskin tulee lisääntymään, mutta rasvat puolestaan ovat erinomaista polttoainetta. Rasvojen poltto-ominaisuudet vastaavat lähes raskaan polttoöljyn arvoja, mutta ympäristön kannalta päästöt ovat marginaaliset öljyyn verrattuna.

**Millaisena näette teurassivutuotteiden käytön tulevaisuuden?**

- Uskon käyttösovellusten monipuolistuvan renderöinnissä, varsinkin siinä määrässä kuin laki sallii. Niin kauan kuin ohjaus on näin tiukkaa, ei suuria muutoksia pystytä tekemään. Veikkaan kuitenkin 5 – 10 vuoden päästä tilanteen olevan erilainen ja näin käyttösovellusten monipuolistuvan.
- Honkajoki Oy:n kohdalta uskon tilanteen olevan hyvä. Meillä on ajatuksia ja suunnitelmia tulevaisuuden kannalta, jotta toiminnan kannattavuutta pystytään lisäämään. Tällä hetkellä tuloista 25 % tulee myytävästä tuotteesta ja loput porttimaksuista. Hiljan olemme tehneet sopimuksen 30 000 tonnin lisämateriaalin vuosittaisesta käsittelystä. Tämän jälkeen meillä alkaa olla tämän laitoksen käsittelykapasiteetti täynnä, joten uusille tuotantolinjoille on kyllä tarvetta. Kysyntää tuotteillamme kyllä on.

## LUUN KÄSITTELYYN LIITTYVIÄ PATENTTEJA

### **Method for extracting biological sclerotin calcium phosphate**

Patenttinumero: CN101429531

Julkaisupäivä: 2009-05-13

Keksijät: Guanbin Sun, Guoan Han, Yongjun Chi, Junshou Zheng, Qi Wei, Jinglun Wu

- Metodi biologisen kalsiumfosfaatin erottamiseksi

### **Biomaterials containing calcium phosphate**

Patenttinumero: WO2010007229

Julkaisupäivä: 2010-01-21

Keksijät: Balaguer Thierry, Rochet Nathalie, Carle Georges

- Keksintö liittyy kalsiumfosfaattia, erityisesti hydroksiapatiittia sisältävästä materiaalista valmistettavaan biomateriaaliin
- Biomateriaalia voitaisiin käyttää esimerkiksi luukudoksen uudistumisessa implanteissa ja proteeseissa

### **Preparing process of extracting bone collagen from pig, cattle and sheep bone**

Patenttinumero: CN101033481

Julkaisupäivä: 2007-09-12

Keksijä: Pang Xiaozhan

- Kollageeniproteiinin eristäminen sian, naudon ja lampaan luista
- Prosessin vaiheita ovat mm. Epäpuhtauksien poisto, uutto korkeassa paineessa, lämmitys, öljy-vesierotus, entsyymaattinen hydrolyysi ja jäähdytys, proteaasikäsittely, lämmitys, suodatus, suodoksen sterilointi, haihdutus, spray-kuivaus

### **Method for producing of hydrolyzates from meat, poultry, fish bone wastes**

Patenttinumero: RU2272418

Julkaisupäivä: 2006-03-27

Keksijät: Kutsakova Valentina Eremeevna, Frolov Sergej Vladimirovich, Udachin Sergej Petrovich, Gorjajnov Sergej Nikolaevich, Marchenko Vladimir Ivanovich

- Kolmivaiheinen hydrolyysiprosessi
- Kaikki prosessista saatavat fraktiot voidaan hyödyntää proteiinina
- Prosessilla saadaan parempilaatuisia proteiinihydrolysaatteja, joita voidaan käyttää useampaan käyttötarkoitukseen

### **Preparation method of natural meat flavor essence**

Patenttinumero: CN101390602

Julkaisupäivä: 2009-03-25

Keksijät: Yongxin Dai , Xuecai Hao, Haipeng Xing

- Metodi luonnollisen liha-aromin valmistamiseksi luista
- Prosessi sisältää mm. seuraavat vaiheet: jauhatus, veden lisäys, lämmitys, entsyymaattinen hydrolyysi (saadaan lihaluuhydrolysaattia), reaktio glukoosin ja amonihappojen kanssa jonka jälkeen suodatus

### **Method of preparing protein hydrolyzate from meat or meat-bone raw of slaughtering animals**

Patenttinumero: RU2132142

Julkaisupäivä: 1999-06-27

Keksijät: Baer N. A., Nekljudov A. D., Dubina V. I., Mirkin M. G., Berdutina A. V., Bakanov N. A., Lunev G. G.

- Hienonnetun lihan tai lihaluun entsyymaattinen hydrolyysi
- Keksintöä voidaan käyttää proteiinihydrolysaattien valmistamiseen esimerkiksi elintarvike- tai lääketieteellisuuteen
- Vaikutus: proteiinien lisääntynyt muuntuminen ja parannettu jätteiden hyödyntäminen

### **Method for extracting enzymatic protein hydrolysate from animal bone**

Patenttinumero: CN1098260

Julkaisupäivä: 1995-02-08

Keksijät: Shengnian Zhao, Bin Zhou, Jiaqi Geng

- Keksintö liittyy metodiin entsyymaattisen proteiinihydrolysaatin erottamiseksi tehokkaasti eläinten luista
- Prosessin vaiheita ovat mm. entsyymaattinen hydrolyysi proteaasin tai pankreatiinin avulla, korkeapainehöyrystys ja pakkaskuivaus
- Voidaan käyttää esimerkiksi makuaineena elintarvikkeissa

### **Process for producing a bio-organic calcium composition and nutrient agent containing the same**

Patenttinumero: US6342252

Julkaisupäivä: 2002-01-29

Keksijät: Song Juntong, Yuan Xigui

- Prosessi bio-organisen kalsiumin tuottamiseksi eläinten luista
- Prosessin vaiheita ovat mm. höyrystys ja keitto, rasvan poisto, jauhatus, liipaaentsyymikäsittely, sekundäärinen rasvanpoisto, proteaasikäsittely, hapotus ja aktivointi
- Prosessista saadaan hyvin imeytyvää bio-organista kalsiumia, jota voidaan käyttää ihmisten lisäravinnoksi



**Production process for producing collagen bone calcium vinegar from pig bone**

Patenttinumero: CN101481649

Julkaisupäivä: 2009-07-15

Keksijät: Heping Zheng, Zhenye Wu, Qiankun Zheng, Min Li

- Keksinnössä kuvataan tuotantotekniikka jossa käytetään sian luita kollageeni luu kalsium etikkaa
- Prosessiin kuuluvia vaiheita ovat mm. Esikäsitteily, haudutus, suodatus, erotus, hydrolysointi ja maustaminen

**Animal bone calcium and preparation thereof**

Patenttinumero: CN101244082

Julkaisupäivä: 2008-08-20

Keksijät: Xiaofan Fei, Limin Ye, Xia Luo, Linyong Zheng

- Menetelmä kalsium-lisäravinteen valmistukseen
- Eläinten luiden kalsium on hyvin vesiliukoista ja se imeytyy hyvin ihmisen elimistöön, kalsium-pitoisuus on suuri ja se sisältää useita ihmiskehölle tärkeitä aminohappoja

**Method for preparing tetracalcium phosphate from natural bone powder**

Patenttinumero: CN101264871

Julkaisupäivä: 2008-09-17

Keksijät: Kang Sun, Wanwan Li, Xiaoming Yu, Gaoxiang Chen

- Keksintö tarjoaa metodin tetrakalsiumfosfaatin valmistamiseksi luujauhosta
- Tetrakalsiumfosfattia voidaan käyttää biolääketieteellisissä sovelluksissa materiaalina
- Keksinnön etuna on eläinperäisen luujauhon käyttö, yksinkertainen valmistustapa sekä puhtaat lopputuotteet

## KERATIINIPITOISEN AINEKSEN KÄSITTELYYN LIITTYVIÄ PATENTTEJA

### **Method of obtaining keratin microfibres from livestock waste**

Patenttinumero: WO2007023199

Julkaisupäivä: 2007-03-01

Keksijä: Florido Rodriguez Jose Luis

- Metodi vesiliukoisten sekä veteen liukenemattomien keratiinimikrokuitujen erottamiseksi höyhenistä, karvoista, vuodista, sorkista, kavioista ja sarvista
- Menetelmän sisältämiä esikäsittelyvaiheita ovat murskaus, hydrolysointi ja hapetus
- Vesiliukoisien ja veteen liukenemattoman keratiinin talteen saamiseksi omat käsittelymenetelmänsä
- Vesiliukoinen keratiini soveltuu käytettäväksi kosmetiikka-, ruoka-, eläinruoka- ja tekstiiliteollisuudessa
- Veteen liukenematon keratiinimikrokuitu on elastisempi ja vahvempi, minkä ansiosta se soveltuu tekstiiliteollisuuteen sekä polymeerien, paperin ja biomateriaalien valmistukseen

### **Method for extracting keratin from feather**

Patenttinumero: CN101372503

Julkaisupäivä: 2009-02-25

Keksijät: Rongmin Wang, Fangying Li, Yufeng He, Ruyan Jia

- Menetelmä keratiinin erottamiseksi höyhenistä
- Murskattu, puhdas höyhenaines esikäsitellään etanolilla ja suolahapolla, jonka jälkeen siitä saadaan keratiiniliuosta merkaptotoetanolilla pelkistämällä
- Keratiiniliuos saostetaan hapolla, saostuma pestään ja kuivataan jolloin saadaan kiinteää keratiinijauhetta
- Menetelmällä eristetty keratiini koostuu pääosin hiilestä, vedystä, typestä, hapesta sekä rikistä joiden määrä yhteensä yli 99 % keratiinin koostumuksesta

### **Method for processing livestock hair with ultrasonic**

Patenttinumero: CN101280000

Julkaisupäivä: 2008-10-08

Keksijät: Junfa Wei, Wenxin Li, Xianying Shi, Zongliang Chen

- Metodi soveltuu eläinten karvoista saatavan keratiinin valmistukseen ja käsittelyyn
- Menetelmän sisältämiä vaiheita ovat pelkistys- tai hapetushydrolysaatio, ultraäänikäsittely sekä kuivaus
- Eroaa nykyään yleisimmin käytetyistä valmistusmenetelmistä keratiinihydrolysaattiliuoksen ultraäänikäsittelyn osalta; ultraäänikäsittely on yksinkertainen operaatio joka lyhentää hydrolysointi-aikaa ja on ympäristöystävällisempi vähentämällä kemikaalien kulutusta

- Hydrolysoitua keratiinia voidaan käyttää kosmetiikan sekä komposiittikalvon valmistuksessa
- Komposiittikalvomateriaalia voidaan käyttää biohajoavien muovipussien valmistuksessa; käytön jälkeen komposiittikalvo voidaan haudata maahan ja se hajoaa nopeasti lannoitteeksi vähentäen samalla ympäristökuormitusta

### **Production of keratin fine powder**

Patenttinumero: JP4281856

Julkaisupäivä: 1992-10-07

Keksijä: Date Tatsuya

- Hienon keratiinijauhon valmistus keratiinipitoisesta aineksesta, kuten eläinten karvat ja höyhenet
- Keratiinipitoista materiaalia depolymeroidaan osittaisesti emäksen, hapon, hapettimen, pelkistimen, entsyymin, UV-säteiden ja/tai elektronisuihkun avulla
- Depolymeroitu keratiini jauhetaan alle 10 mm:n partikkelikokoon, jotta saavutetaan hyvä sekoittuvuus veteen ja liuottimiin
- Voidaan käyttää esimerkiksi tekonahan materiaalina, kosteutta absorboivana tai läpäisevänä kalvona, kolmiulotteisen puristeen valmistuksessa, langan, pinnoitusmateriaalien sekä kosmetiikan ja raskasmetalliabsorbenttien valmistukseen

### **Preparation of water-soluble keratin protein**

Patenttinumero: JP2051533

Julkaisupäivä: 1990-02-21

Keksijät: Saeki Kuniomi, Yokogawa Ichiji, Uehara Kokichi

- Metodi vesiliukoisen keratiiniproteiinin valmistukseen yksinkertaisella prosessilla
- Keratiinipitoista ainesta (esim. villa, höyhenet ym.) liotetaan emäksisessä suolaliuoksessa keratiinin sisältämien disulfididisidosten pilkkomiseksi (pH 11 – 12, käsittelylämpötila 40 °C, liotusaika korkeintaan 24 h)
- Keratiinipitoinen aines hydrolysoidaan osittain hapon, emäksen, entsyymien, hapettimen tai pelkistimen avulla jotta saadaan vesiliukoista keratiinia
- Keratiinihydrolysaattia käytetään mm. elintarvike-, kosmetiikka- ja teollisuustuotteissa

### **Method of producing protein hydrolyzate from keratin containing raw-material**

Patenttinumero: RU2229821

Julkaisupäivä: 2004-06-10

Keksijät: Mukhtarov, Shevtsov, Mukhtarova, Shakhmanov, Antipova

- Proteiinituotteen valmistus eläinperäisestä keratiinista lääke-, kosmetiikka- ja elintarviketeollisuuteen sekä karjan kasvatukseen ravintolisäaineeksi
- Keratiini hydrolysoidaan entsyymaattisesti, erotetaan ja kuivataan
- Menetelmän tehokas erotuskäsittely ja sekä kemikaalireagenssien kierrätys pienentää kustannuksia

### **Process for producing soluble feather keratin protein**

Patenttinumero: WO2009153923

Julkaisupäivä: 2009-12-23

Keksijät: Arai Kozo, Shinotsuka Masako

- Siipikarjan teurastuksesta tulevia höyheniä ei voida käyttää sellaisenaan tehokkaasti hyödyksi vaan niiden sisältämä keratiiniproteiini täytyy käsitellä liukoisempaan muotoon
- Pestyt, huuhdellut ja kuivatut höyhenet käyvät läpi käsittelyprosessin (mm. reagenssien lisäys, pH:n säätö, ravistelu)
- Prosessista saadaan liukenematonta ainesta sisältävä liuos, joka saostetaan ja saostuma erotetaan sentrifugoimalla
- Saostumasta tehdään keratiinitahnaa

### **Keratin protein adsorption of heavy metals**

Patenttinumero: US2002108903

Julkaisupäivä: 2002-08-15

Keksijät: Homonoff Edward C., Mehta Rajendra, Misra Manoranjan

- Raskasmetallien, etenkin cesiumin ja strontiumin, adsorptio siipikarjan höyhenistä erotetun keratiiniproteiinin avulla
- Esimerkiksi energian tuotantoon käytetyn uraanin jälleenkäsittelyssä syntyy suuria määriä erittäin radioaktiivista jätevettä, joka sisältää merkittäviä määriä radioaktiivista strontiumia ja cesiumia
- Keksintö tarjoaa nopean, tehokkaan ja yksinkertaisen menetelmän metalli-ionien adsorboimiseksi keratiinia käyttäen ja sitä voidaan soveltaa myös korkeissa pH-olosuhteissa sekä lämpötiloissa

### **Fibrous protein adsorption of heavy metals**

Patenttinumero: US2004124151

Julkaisupäivä: 2004-07-01

Keksijät: Licata Carlo, Mehta Rajendra, Misra Manorangan

- Raskametalli-ionien poisto kuitumaisen proteiinin avulla
- Käytetään yleensä keratiinia mutta voidaan käyttää myös kollageenia, fibriiniä ja elastiineja

### **Polymer composites containing keratin**

Patenttinumero: US2005148703

Julkaisupäivä: 2005-07-07

Keksijät: Barone Justin R., Schmidt Walter F.

- Menetelmä keratiinia ja polymeeriä sisältävän komposiittimateriaalin valmistukseen
- Polymeerikomposiitin ominaisuudet parantuvat polymeerimateriaalin sisälle haajantuneen keratiinimateriaalin ansiosta

- Keratiinipitoinen aines voi olla kuitujen, partikkeleiden tai isojen palojen muodossa

### **Keratin-based products and methods for their productions**

Patenttinumero: US2004210039

Julkaisupäivä: 2004-10-21

Keksijät: Schrooyen Peter Marcel Myriam, Boberthur Radulf

- Menetelmä keratiinipitoisen aineksen (esim. höyhenet) liuottamiseksi
- Prosessilla saadaan osittain muunnettua ja hydrolysoitua keratiinia, jota voidaan käyttää esimerkiksi kalvojen ja pinnoitteiden valmistamiseen valamalla

### **Method for manufacturing a biodegradable thermoplastic material**

Patenttinumero: WO9803591

Julkaisupäivä: 1998-01-29

Keksijät: Ingen Gijsbert Adriaan Van, Faber Tetman Aljen, Obdam Jacob, Kolster Peter

- Menetelmä biohajoavan termoplastisen materiaalin valmistukseen kiinteästä keratiinipitoisesta aineksestä (esim. höyhenet, karvat, kaviot, sorkat, sarvet)

### **Compositions and films comprised of avian feather keratin**

Patenttinumero: MXPA06010712

Julkaisupäivä: 2007-03-08

Keksijät: Barone Justin R., Schmidt Walter F.

- Seosten ja kalvojen muodostus lintujen höyhenten keratiinin ja hydroksidi-ioneja sisältävän notkistavan lisäaineen avulla
- Biopolymeerit ovat bioyhteensopivia ja siten sopivia biolääketieteellisiin soveluksiin kuten implantteihin ja lääkkeisiin
- Biopolymeerit ovat vaihtoehto nykyisin käytettäville synteettisille polymeereille koska ne ovat biohajoavia sekä ympäristöystävällisiä ja siksi uudistuvista lähteistä saatavilla biopolymeereillä olisi selkeä etu öljypohjaisiin polymeereihin verrattuna

### **Livestock and poultry feather keratin based coextruded film and method for preparing same**

Patenttinumero: CN101284948

Julkaisupäivä: 2008-10-15

Keksijät: Junfa Wei, Wenxin Li, Xianying Shi, Zongliang Chen

- Keratiinipohjainen komposiittikalvo eläinperäisestä keratiinia sisältävästä materiaalista
- Keratiinipitoinen aines hydrolysoidaan hapettimen tai pelkistimen avulla, liuos käsitellään ultraäänellä, valmistetaan komposiittiliuos ja valmistetaan kalvo
- Menetelmässä käytetyt operaatiot ja tekniikat ovat yksinkertaisia

- Menetelmällä valmistetun kalvon ominaisuuksia ovat mm. korkea vetolujuus sekä alhainen murtovenymä
- Voidaan käyttää pakkausmateriaalien valmistuksessa
- Käytön jälkeen komposiittikalvo voidaan haudata ja se hajoaa nopeasti lannoitteeksi vähentäen samalla ympäristökuormitusta

**Process for preparing molding material by using keratin fiber as raw material, and use of molding material made by this preparing process**

Patenttinumero: JP2002167513

Julkaisupäivä: 2002-06-11

Keksijä: Koga Joichi

- Kertamuovin kaltaisen tuotteen valmistaminen esimerkiksi villasta, eläinten karvoista tai höyhenistä saadusta keratiinijauhosta
- Lisätään sidosainetta, lämmitetään ja puristetaan metallimuotissa

**Manufacturing method for biodegradable plastic by keratin**

Patenttinumero: TW583257

Julkaisupäivä: 2004-04-11

Keksijät: Chen Chien-Hsu, Huang Feng-Jen

- Valmistusmetodi biohajoavalle muoville lintujen höyhenistä ja eläinten kavoista
- Keratiinipitoinen aines jauhetaan hienoksi, hydrolysoidaan joko hapolla, korkeassa lämpötilassa ja paineessa tai entsyymien avulla
- Erilaisia biohajoavia muoveja voidaan valmistaa käyttäen pelkkää keratiinijauhetta tai keratiinijauheen ja muovimateriaalien seoksia

**Method for preparing chicken feather keratin biodegradable plastics**

Patenttinumero: CN101560303

Julkaisupäivä: 2009-10-21

Keksijät: Jinxin He, Baojiang Liu, Pin Gao, Xubang Cheng, Lu Liu, Qiangqiang Zhao

- Biohajoavien muovien valmistus kanan höyhenten keratiinista

**Synthetic fibre containing animal protein and its preparing method**

Patenttinumero: CN1425813

Julkaisupäivä: 2003-06-25

Keksijät: Liu Biqian, Gao Shuguang, Ji Xu

- Synteettisen eläinproteiinia sisältävän kuidun valmistus tekstiiliteollisuuteen
- Valmistusprosessi sisältää keratiinin erottamisen ja puhdistuksen, keratiinin liuottamisen veteen, pH:n säädön, konsentroimisen, kehruuliuoksen valmistuksen, märkäkehräämisen, langan vetämisen, polton, kuivauksen ja kuuma langan vetämisen ja kuumasitoutumisen

### **Biodegradable and bioabsorbable biomaterials and keratin fibrous articles for medical applications**

Patenttinumero: US2010009448

Julkaisupäivä: 2010-01-14

Keksijät: Li Yi, Li Jiashen, Hu Junyan, Li Lin

- Biohajoavien ja biosulautuvien biomateriaalien ja keratiinikuitujen valmistus
- Keratiini ja biomateriaalit liuotetaan orgaanisella liuottimella ja sähkökehrätään
- Keratiini parantaa lääketieteellisissä sovelluksissa käytettävien biomateriaalirakenteiden yhteensopivuutta solujen kanssa

### **Soluble keratin peptide**

Patenttinumero: WO0076437

Julkaisupäivä: 2000-12-21

Keksijät: Van Dyke Mark E., Blanchard Cheryl R., Timmons Scott F., Siller-Jackson Arlene J., Smith Robert A.

- Keratiiniproteiinista saatavien vesiliukoisten peptidien käyttö haavoja parantavana aineena

### **Biomaterial scaffolds with keratin for tissue engineering**

Patenttinumero: US2010008969

Julkaisupäivä: 2010-01-14

Keksijät: Li Yi, Li Jiashen, Hu Junyan, Li Lin

- Huokoisen luonnollisen tai synteettisen materiaalin rakennusaineiden valmistus keratiinista soluyhteensopivuuden parantamiseksi
- Suuret määrät terveydenhuollon varoista menee vahingoittuneen kudoksen ja elinten korjaamiseen ja korvaamiseen
- Yleisin hoitotapa omakudossiirräntäisten avulla ei tuota optimaalisia tuloksia ja lisäksi oma- ja vieraskudossiirräntäisten saatavuus on rajoitettua
- Kudosten ja elinten rakentaminen nisäkkäiden soluilla rakennusmateriaalina käyttäen on lupaava vaihtoehto vahingoittuneiden elinten hoitoon

### **Wound healing compositions containing keratin biomaterials**

Patenttinumero: CA2683015

Julkaisupäivä: 2008-10-30

Keksijä: Van Dyke Mark E.

- Keratiinivalmisteiden käyttö lääketieteellisissä sovelluksissa
- Haavojen ja palovammojen hoito keratiinia sisältävien seosten avulla