

SAVONIA



OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN ALA

SIVUVIRTOJEN HYÖTYKÄYTTÖ KALATEOLLISUUDESSA

Kalankasvatuslaitosten perkuujätteiden hyödyntäminen

TEKIJÄ Elisa Saari

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Elisa Saari	
Työn nimi Sivuvirtojen hyötykäyttö kalateollisuudessa	
Päiväys 22.5.2025	Sivumäärä 32
Yhteistyötaho Kalankasvatus Vääräniemi	
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää ja kartoittaa kalankasvatusteollisuudessa syntyvien sivuvirtojen, eli perkuujätteiden, hyödyntämiskeinoja sekä arvioida erilaisten menetelmien toimivuutta Suomen mittakaavassa. Lisäksi selvitettiin myös kalatuotannon sivuvirtojen hyödyntämistä Euroopan laajuisesti. Työssä tehtiin myös taustaselvitystä kalateollisuuden sivuvirroista ja meneillään olevista hankkeista aiheen tiimoilta.</p> <p>Opinnäytetyötä suoritettiin tutkimustyönä, jossa hyödynnettiin pitkälti saatavilla olevia raportteja ja tutkimuksia sekä työn tilaajalta saatuja tietoja. Tutkimustyötä tehtiin esimerkiksi Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen, Luonnonvarakeskuksen ja Ruokaviraston selvitysten pohjalta. Lähteiden avulla pystyttiin arvioimaan ja vertailemaan erilaisia sivuvirtojen hyödyntämismenetelmiä sekä niiden soveltuvuutta. Menetelmiä vertailtiin muun muassa kustannusten, toimintaketjun, vastuullisuuden, markkinoiden ja kysynnän perusteella.</p> <p>Opinnäytetyön lopputuloksena saatiin selville muutamia lupaavimpia hyödyntämismenetelmiä kalateollisuuden sivuvirroille, joita työn tilaaja voi halutessaan jatkojalostaa. Selvityksessä kartoitettiin kalateollisuuden sivuja-keita, niiden koostumusta ja lukumääriä. Lopputuloksena syntyi kattava kuvaus Suomessa ja Euroopassa käytettävistä menetelmistä sekä niihin liittyvistä hyödyistä ja haitoista. Aiheen tutkimista ja kehittämistä suositellaan jatkettavaksi, sillä oikeanlaisen hyödyntämiskeinon valintaan vaikuttavat monet eri tekijät ja lopullisten ratkaisujen löytäminen edellyttää perusteellisempaa tutkimusta.</p>	
Avainsanat Kalankasvatus, perkuujätteet, hyötykäyttö, sivuvirrat, kalateollisuus, kiertotalous	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	5
2	KALATEOLLISUUS SUOMESSA.....	6
2.1	Kalatuotanto ja -alan laitokset Suomessa.....	6
3	PERKUUJÄTTEET ELINTARVIKETEOLLISUUDEN JÄTTEINÄ.....	8
3.1	Perkuujätteet.....	8
3.2	Sivutuotteiden luokittelu.....	9
4	KALATUOTETEHTAAN PÄÄPROSESSIT JA TOIMINTAPERIAATTEET.....	10
4.1	Perkausprosessi.....	10
5	KALATUOTETEHTAAN SIVUTUOTTEIDEN HYÖDYNTÄMISKEINOT.....	12
5.1	Sivuvirtojen hyödyntäminen Suomessa.....	12
5.2	Sivuvirtojen hyödyntäminen Euroopassa.....	12
5.2.1	Islanti.....	12
5.2.2	Norja.....	13
5.3	Hankkeet Suomessa ja Euroopassa.....	14
6	SIVUTUOTTEIDEN POTENTIAALISET KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET.....	15
6.1	Sivutuotteiden erilaiset käyttömahdollisuudet.....	15
6.1.1	Proteiiniliuos.....	15
6.1.2	Kalaöljy ja kalajauho.....	15
6.1.3	Lemmikinrehu.....	18
6.1.4	Kalanrehu.....	19
6.1.5	Lannoite.....	19
6.1.6	Biokaasu ja biodiesel.....	20
7	HYÖDYNTÄMISPROSESSIN SUUNNITTELU JA TOTEUTETTAVUUS.....	21
7.1	Hyödyntämisen prosessin osa-alueet ja tekijät.....	21
7.1.1	Kuljetus ja logistiikka.....	21
7.1.2	Toimijoiden sijainti.....	21
7.1.3	Lainsäädäntö ja luvat.....	22
7.1.4	Kustannustehokkuus.....	22
7.2	Hyödyntämismenetelmien vertailua.....	22
8	YHTEENVETO.....	26
9	POHDINTA.....	28
10	LÄHDELUETTELO.....	29

KUVALUETTELO

Kuva 1. Kala-alan laitokset Suomen kartalla (Kuvaleike Google maps) Muokattu 2.3.2025	6
Kuva 2. Kirjolohen suurpiirteinen anatomia (Saari 2025, CC-BY-SA).....	8
Kuva 3. Kalan perkausprosessi perkaamalla (Saari 2025, CC-BY-SA)	10
Kuva 4. Kalojen saapuminen perkaamotilaan (Kuvaleike Vääräniemi, H 2025) muokattu 1.4.2025	11
Kuva 5. Perkauskone ja peratut suolet hihnakuljettimella (Kuvaleike Vääräniemi, H 2025) muokattu 1.4.2025.....	11
Kuva 6. Norjan kalateollisuuden resurssit ja niiden hyödyntäminen lukuina vuonna 2011 (Kuvaleike Ramírez 2013, 8) Muokattu 15.3.2025.....	13
Kuva 7. Sivuvirtojen käyttökohteet Norjassa vuonna 2011, tonnia vuodessa (Kuvaleike Ramírez 2013, 8) Muokattu 15.3.2025.....	14
Kuva 8. Kalasta erotellun proteiinin tuotantoprosessi (Kuvaleike Vielma ym. 2013, 42–43) Muokattu 7.4.2025.	15
Kuva 9. Kalateollisuuden sivuvirtojen hyödyntämiskeinoja (Kuvaleike Luonnonvarakeskus n.d) Muokattu 7.4.2025.	16
Kuva 10. Kalaöljyn valmistuksen prosessikaavio (Kuvaleike Opetushallitus n.d) Muokattu 1.3.2025.	17
Kuva 11. Kalajauhon ja kalaöljyn valmistusprosessi (Kuvaleike Järvinen 2012, 16) Muokattu 1.4.2025.	17
Kuva 12. Suomen kartalla sijaitsevia lemmikinruokavalmistajia (Kuvaleike Google maps, muokattu 2.3.2025)	18
Kuva 13. Biokaasulaitoksia Suomen kartalla. (Kuvaleike Google maps, muokattu 2.3.2025).....	20
Kuva 14. Kalateollisuuden sivuvirroista valmistettavia raaka-aineita ja niiden lopputuotteita (Saari 2025, CC- BY-SA).....	23
Kuva 15. Kalatuotannon sivuvirtojen käyttökohteita ja niiden hyötyjä ja haasteita (Saari 2025, CC-BY-SA) ..	24

1 JOHDANTO

Kalatuotannossa syntyy merkittäviä määriä perkuujätettä, jota on perinteisesti hyödynnetty turkistarhoilla rehuna. Vaikka valtaosa kalanperkuun sivuvirroista päätyy edelleen kettu- ja minkkitarhoille rehuksi, turkistarhaustoiminnan vähentyminen on nostanut uuden ajankohtaisen ongelman kiertotalouden näkökulmasta. Tästä syystä opinnäytetyön tavoitteena on etsiä uusia, kestäviä ja vastuullisia käyttökohteita perkuujätteille.

Työssä kartoitetaan kalatalouden sivuvirtojen hyödyntämismenetelmiä niin Suomessa kuin muualla Euroopassa. Lisäksi työssä tarkastellaan käynnissä olevia hankkeita, joissa kehitetään kalateollisuuden sivuvirtojen käsittelyä ja uusiokäyttöä. Tavoitteena on myös selvittää, miten perkuujätteitä voidaan hyödyntää tulevaisuudessa entistä tehokkaammin sekä kehittää konkreettisia ratkaisuja niiden käsittelyyn ja jatkojalostukseen.

Erityisenä painopisteenä on arvioida, miten sivuvirtojen hyödyntäminen voitaisiin organisoida käytännössä ja mitä suunnittelussa tulisi ottaa huomioon. Tällä pyritään edistämään kiertotaloutta sekä kehittämään kestäviä ja pitkäjänteisiä ratkaisuja kalatalouden sivuvirroille.

Opinnäytetyötä suoritetaan tutkimustyönä ja työssä keskitytään kalanperkuujätteiden jatkojalostusmahdollisuuksiin Suomessa. Tutkimusaineistoa kerätään useista eri lähteistä alan toimijoilta sekä kansainvälisiltä alan asiantuntijoilta.

Työn tilaajana toimii Kalankasvatus Vääräniemi. Yhteyshenkilönä toimii yrityksen toimitusjohtaja Kari Vääräniemi.

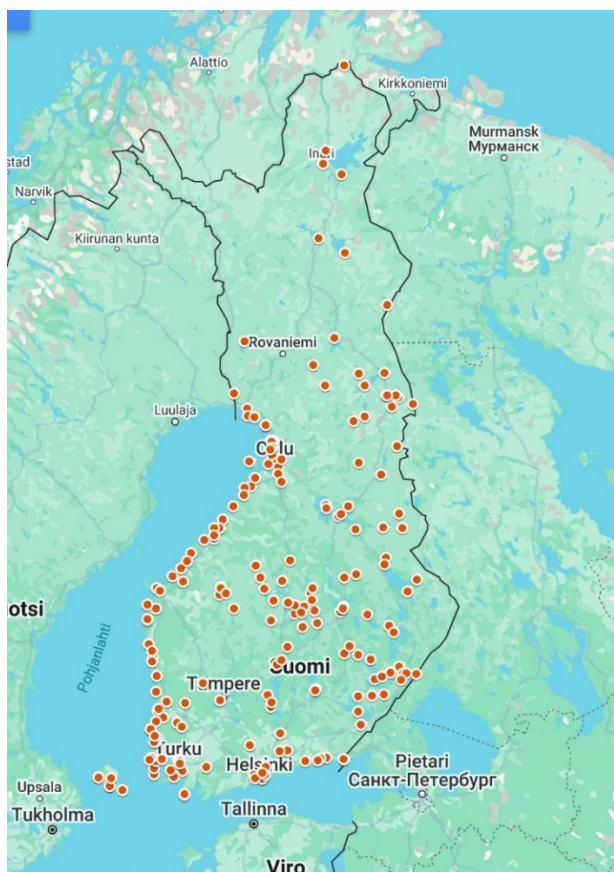
2 KALATEOLLISUUS SUOMESSA

2.1 Kalatuotanto ja -alan laitokset Suomessa

Kalatuotanto kattaa kaiken alaan liittyvän toiminnan, joita on kalankasvatus-, kaupallinen kalastus- sekä kalanjalostustoiminta (Vääräniemi, K). Suomessa kasvatetaan joka vuosi noin 15 miljoonaa kiloa ruokakalaa, joista valtaosa on kirjolohta. Vuoden 2020 aikana merellä kasvatetusta kirjolohesta noin 12 miljoonaa kiloa tuotettiin jälleenmyyntiin sekä sisävesien kalatuotannosta noin 3 miljoonaa kiloa. Iso osa kalanpoikasista kasvatetaan sisämaassa ja ruokakalaa kasvatetaan taas enemmän merellä. (Suomen kalankasvattajaliitto ry 2022.)

Ruokaviraston listauksen mukaan Suomessa on tällä hetkellä noin 350 kala-alan laitosta. Laitostyyppiä on useita ja Ruokavirasto luokittelee laitokset niiden harjoittaman toiminnan pohjalta. Näistä kala-alan toimijoista noin 220 harjoittaa luvanvaraista kalaperkaustoimintaa (Ruokavirasto 2025.) Koska tässä työssä tarkastellaan nimenomaan perkuujätteitä, keskitytään laitosten osalta pääasiassa perkaustoimintaa harjoittaviin laitoksiin. Perkaamoista noin puolet kuuluu kalankasvatustoiminnalle ja loput kaupalliselle kalastustoiminnalle (Vääräniemi, K 2025). Kuvassa 1 on esitetty Suomen luvanvaraiset perkaamot kartalla perustuen Ruokaviraston luetteloon.

Kuten kuvasta 1 voidaan nähdä, kalanperkaustoiminta on hyvin hajautettua ympäri Suomen. Eniten perkaamoita esiintyy länsirannikolla, johtuen kalankasvatuksesta merellä. Myös Keski-Suomen ja järvi-Suomen alueella on runsaammin perkaustoimintaa harjoittavia yrityksiä, kun Pohjois-Suomessa niitä on harvemmassa, pääasiassa Lapin itäosissa.



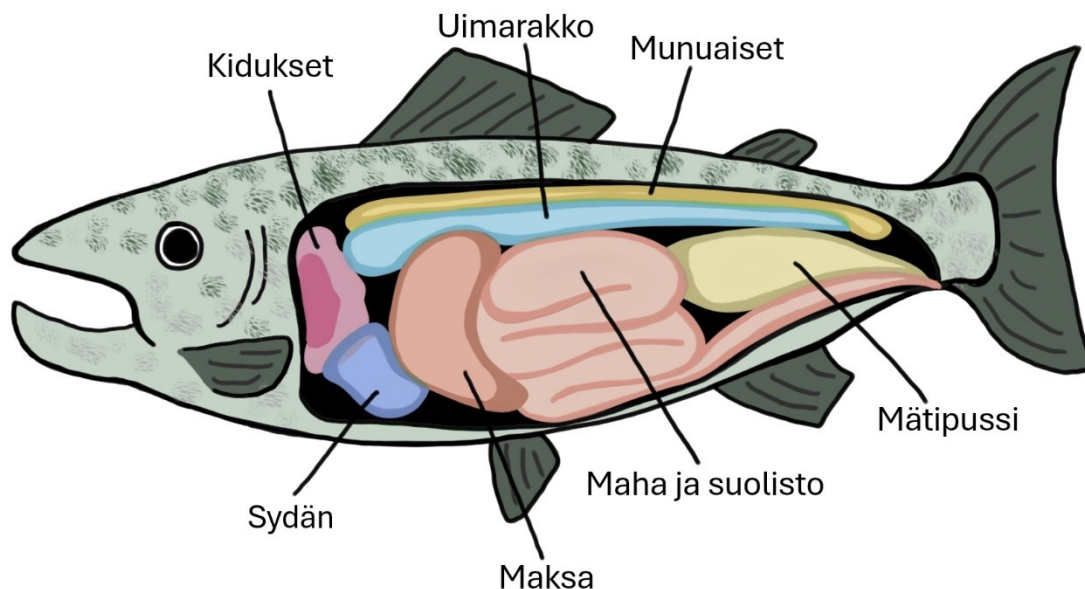
Kuva 1. Kala-alan laitokset Suomen kartalla (Kuvaleike Google maps) Muokattu 2.3.2025

Turkistuotannolla on ollut merkittävä rooli kalateollisuuden sivuvirtojen hyödyntämisellä. Turkiseläinten rehuun käytetään pääasiassa eläinperäisiä sivutuotteita. Turkistarhaustoiminta on kuitenkin ollut vuosikymmenen ajan tasaisessa laskussa. Vuonna 2000 turkistarhoja oli Suomessa noin 1200 kappaletta ja vuoteen 2005 mennessä tarhojen määrä oli laskenut alle tuhanteen (Karhula, Latukka & Rekilä 2008, 12). Vuoden 2023 alkuvuodesta turkistarhoja oli Suomessa noin 550 (Rossow, Seppälä, Joutsen, Järvelä & Tuominen 2023, 10). Vuoden 2023 lopussa turkistarhoja oli kuitenkin enää noin 400 kappaletta (Ali-Hokka 2023). Tarhaustoiminnan voidaan olettaa laskevan entisestään vuoden 2025 aikana. Mitä vähemmän turkistarhauksia Suomessa on, sitä nopeammin kalateollisuuden sivuvirroille tulisi keksiä uusia käyttökohteita.

3 PERKUUJÄTTEET ELINTARVIKETEOLLISUUDEN JÄTTEINÄ

3.1 Perkuujätteet

Kalan sivujakeet voidaan jakaa kahteen osaan: perkuujätteisiin ja filerointijätteisiin. Kalan perkuujätteet eli sisälmykset koostuvat kalan suolista, sisäelimestä ja verestä. Lisäksi kalan mäti lasketaan perkuujätteisiin, mutta voidaan myös ottaa kalasta talteen. Kalan filerointijätteitä ovat pää, ruodot, evät, nahka, suomut ja vatsaliepeet (Setälä & Svanbäck 2017). Kuvassa 2 on esimerkkikuva kirjolo-
hen suurpiirteisestä rakenteesta. Vaikka sivuvirtoja syntyy sekä perkauksen että fileroinnin yhteydessä, tässä työssä tarkastellaan kuitenkin pääasiassa kalan perkauksen yhteydessä syntyviä sivuvirtoja.



Kuva 2. Kirjoloheh suurpiirteinen anatomia (Saari 2025, CC-BY-SA)

Suomen kalankasvatustoiminnassa tuotettiin vuonna 2023 noin 15 miljoonaa kiloa ruokakalaa (Söderkultalahti, Moilanen 2024) ja kaikista Suomessa tuotetuista ruokakaloista jopa 95 % on kirjolohta (Suomen kalankasvattajaliitto ry 2024, 4). Vuonna 2011 kalaa kasvatettiin Suomessa noin 11 miljoonaa kiloa, josta syntyi 1,7 miljoonaa kiloa eli noin 15 % perkuujätettä (Vielma ym. 2013, 16). Tästä voidaan arvioida, että vuonna 2023 perkuujätettä syntyi noin reilu 2 miljoonaa kiloa.

Suomen mittakaavassa kalankasvatuksen sivuvirtoja syntyy ympärivuotisesti. Kalankasvatuksen sesonkiaika vaihtelee riippuen esimerkiksi siitä, mitä kaloja kalankasvatustilat kasvatavat. Kalankasvatus Vääräniemen sesonkiaika on maaliskuusta vuoden loppuun asti. Merellä taas sesonkiaika on yleisesti loppuvuodesta. Tuotanto on myös ympärivuotista ja vaihtelevaa, jotta kalan kysyntää voidaan tasata. (Suhonen, Vääräniemi 2025.)

3.2 Sivutuotteiden luokittelu

Kalatuotannossa syntyvät kalaperäiset sivutuotteet, eli kalat tai kalan osat, joita ei ole tarkoitettu syötäväksi jaetaan ruokaviraston luokittelun mukaan kolmeen luokkaan. 1. luokkaan kuuluvat testosteronia sisältävät kalat, 2. luokkaan kuuluvat tauteihin kuolleet tai tautien vuoksi tapetut kalat ja niiden perkeet sekä 3. luokkaan kuuluvat muut kuolleet tai lopetetut kalat sekä tautivapaat kaupallisiin tarkoituksiin pyydetyt kalat. (Ruokavirasto 2024.) Tässä työssä tarkastellut kalat ja niiden sivujakeet luokitellaan siis luokan 3 sivutuotteiksi.

Tämän lisäksi kalatuotannon sivuvirrat voidaan luokitella elintarviketeollisuuden syntysyiden pohjalta, jotka jaetaan neljään osaan. Kalanperkuujätteet luokitellaan sivuvirroiksi, joiden syntymistä ei voi estää. Myös sivutuotteet luokitellaan lainsäädännön perusteella eri riskiluokkiin. Kalanperkuujätteet ovat luokan 3 sivutuotteita, eli osia, joita ei ole tarkoitus syödä. (Törmä, Aalto 2018, 43.)

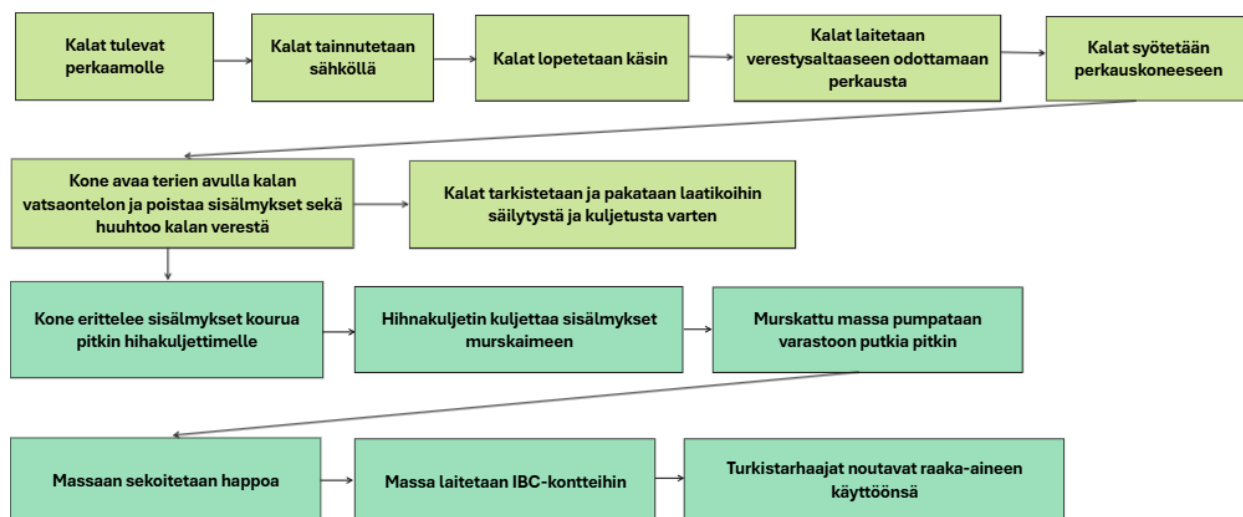
4 KALATUOTETEHTAAN PÄÄPROSESSIT JA TOIMINTAPERIAATTEET

4.1 Perkausprosessi

Kalateollisuuden perkaamoissa kalan käsittelyprosessi vaihtelee jonkun verran. Kala voidaan esimerkiksi perata koneellisesti, jolloin mätiä ei saada talteen. Perkaamisen jälkeen kalan sisälmykset menevät murskaimeen, jonka jälkeen happoa sekoitetaan massaan. Erilaisilla hapoilla, kuten muurahaishapolla säädetään raaka-aineen pH, jotta vältetään sivutuotteiden käyminen. Kalankasvatus Vääräniemen perkaamoista kettu- ja minkkitarhat voivat noutaa tämän raaka-aineen ilman kuluja. (Suhonen, Vääräniemi 2025.)

Kala on myös mahdollista perata käsin, jotta voidaan mahdollistaa mädin talteenotto. Kalan mädillä on hyvät markkinat ja kalojen perkaaminen käsin voi olla kannattavaa, vaikkakin hitaampaa verrattuna koneperkaukseen. (Suhonen, Vääräniemi 2025.)

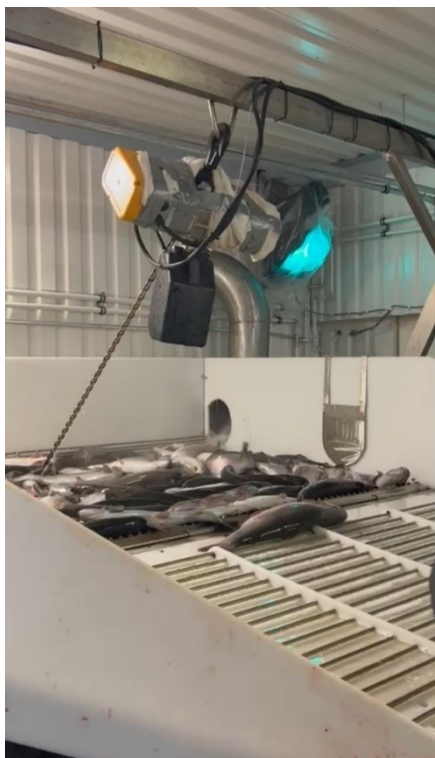
Kuvassa 3 on esitetty Kalankasvatus Vääräniemen perkaamoissa toimiva perkausprosessi, jossa perkaamoon saapuu kaloja ja perkaamosta lähtee sisälmykset sekä perattu kala. Perkausprosessi vaihtelee toimijan mukaan, mutta alla esitetty prosessikaavio on ainakin periaatteeltaan samankaltainen kuin useilla kalateollisuuden toimijoilla Suomessa.



Kuva 3. Kalan perkausprosessi perkaamolla (Saari 2025, CC-BY-SA)

Kalankasvatus Vääräniemen perkaamoille kalat kuljetetaan kala-autoilla. Jos perkaamo on laitoksen yhteydessä, kalat nostetaan kuljetuspaljuun. Kalat lasketaan putkea pitkin perkaamon tainnuttimelle (kuva 4), jossa ne tainnutetaan sähköllä tai hiilidioksidin avulla. Sitten kala verestetään käsin katkaisemalla kalan ruokatorvi ja kalat siirretään altaaseen, josta ne syötetään edelleen perkauskoneeseen (kuva 5). Perkauskoneessa kalan sisälmykset poistetaan avaamalla kalan vatsaontelo terällä, jonka jälkeen kone poistaa kalan sisälmykset ja huuhtoo kalan vatsaontelon. Sisälmykset kulkeutuvat koneesta kourua ja hihnakuljetinta pitkin (kuva 5) murskaimeen, josta ne pumpataan putkea pitkin säiliöihin. Suolimassan sekaan sekoitetaan muurahaishappoa, joka parantaa säilyvyyttä. Tämän jälkeen suolimassa menee IBC-konttiin odottamaan noutoa. Perkauksen jälkeen kalat tarkastetaan ja lajitellaan koon tai laadun perusteella sekä pakataan laatikoihin tai muovipaljuihin säilytystä ja kuljetusta varten. (Vääräniemi, H 2025.)

Perkausprosessi on varsin nopeaa ja tehokasta. Vaikka itse perkaus tapahtuu koneellisesti, osa työvaiheista on silti käsin tehtäviä.



Kuva 4. Kalojen saapuminen perkaamotilaan (Kuvaleike Vääräniemi, H 2025) muokattu 1.4.2025



Kuva 5. Perkauskone ja peratut suolet hihnakujujettimella (Kuvaleike Vääräniemi, H 2025) muokattu 1.4.2025

5 KALATUOTETEHTAAN SIVUTUOTTEIDEN HYÖDYNTÄMISKEINOT

5.1 Sivuvirtojen hyödyntäminen Suomessa

Kalatuotannossa syntyy merkittäviä määriä perkuujätettä, jota on aiemmin hyödynnetty paljon turkistarhoilla. Valtaosa kalankasvatustilojen kalanperkuun sivuvirroista menee siis kettu- ja minkkitarhoille rehuksi. Tarhaustoiminnan hiipuesssa tarhat eivät vastaanota enää suuria määriä kalajätettä, jonka seurauksena raaka-aineet voivat ajautua kaatopaikalle. (Suhonen, Vääräniemi 2025.)

Suomessa on jalostamoita, jotka ovat kehittäneet ratkaisuja tähän ajankohtaiseen ongelmaan. Suuremmat kalateollisuuden toimijat käsittelevät sivuvirtoja paikallisesti, kun taas pienemmät yritykset saattavat esimerkiksi myydä sivujakeet eteenpäin. (Hiidenhovi ym. 2017, 11.)

Länsi-Suomessa sijaitseva Honkajoki Oy erikoistuu eläinperäisten sivutuotteiden käsittelyyn ja jalostukseen. Valtaosa elänteollisuuden sivutuotteista käsitellään Honkajoki Oy:n yrityksessä. Yritys vastaanottaa sivutuotteita, joista valmistetaan esimerkiksi lannoitteita, turkisrehua, lemmikinruokaa ja biopolttoaineita. (Honkajoki.)

Hirvensalmella sijaitseva Järvi-Suomen kalatuote hyödyntää kalan käsittelyssä syntyvät sivuvirrat joko lemmikinruokaan tai vaihtoehtoisesti biokaasun tuotantoon Juvan biokaasulaitoksella. (Tulonen 2023.)

5.2 Sivuvirtojen hyödyntäminen Euroopassa

Maailmalla, kuten muualla Euroopassa kohdataan samanlaisia ongelmia kalateollisuuden sivuvirtojen hyödyntämisen näkökulmasta. Kansainvälisesti kalateollisuuden sivutuotteita käytetään esimerkiksi eläinrehuun, biodieseliin ja biokaasuun, kosmetiikkaan ja ravintoaineisiin. Tutkimustyötä on tehty laajasti erityisesti viime vuosien aikana ja usein haasteeksi on koitunut kalajätteen lyhyt säilyvyys. (Eurofish 2017.)

Iso osa Euroopan kalateollisuuden sivuvirroista päättyy kalajauhon ja kalaöljyn tuotantoon tai vaihtoehtoisesti hävitettäväksi. Kalajauhon tuotannosta noin kolmasosa koostui kalateollisuuden sivuvirroista vuonna 2022. Kalaöljyn tuotannosta taas puolet koostuivat kalatuotannon sivujakeista. (Kneia 2025.)

5.2.1 Islanti

Islannissa kalateollisuuden sivuvirtoja on onnistuttu hyödyntämään poikkeuksellisen tehokkaasti. Hyödyntämistapoja on muun muassa omega 3 -kapselit, koiranruoka ja kalanrehu. (Nargi 2023.)

Islannissa kalateollisuuden sivujakeiden hyödyntämistä kehitetään useiden eri hankkeiden ja projektien avulla. Vuoden 2024 kalastuskonferenssi Fish waste for profit Islannin Reykjavikissa käsittelee nimenomaan tätä kyseistä ongelmaa. Islannissa noin 40 % kala- sekä äyriäisvaroista jää käyttämättä. Konferenssi on järjestetty viiden vuoden ajan ja konferenssin tarkoituksena oli jakaa tietoa eri kalateollisuusalan yrityksille mahdollisuuksista minimoida kalajätteen määrä sekä maksimoida kalatuotannon taloudellinen kannattavuus eri kalajätteen hyödyntämismahdollisuuksien avulla. (World fishing 2024.)

Myös Islannissa toimivan 100 % fish -projektin tavoitteena on pystyä hyödyntämään 100 % kalajätteistä. Projektia tehdään yhteistyössä Iceland ocean clusterin ja yritysten sekä tutkimuslaitosten

kanssa. Iceland ocean cluster on vuonna 2011 perustettu 65 yrityksen ja organisaation laaja verkosto. (Visram 2023.) Projektin tuloksena vuonna 2023 turskasta pystyttiin hyödyntämään jopa 95 %. Lukua voidaan verrata vuoteen 2003, kun hyötykäyttöprosentti oli vain noin 40 (Nargi 2023).

5.2.2 Norja

Vuonna 2009 Norjan kalastusteollisuudessa sivutuotteita syntyi arviolta noin 800 000 tonnia (Ramírez 2013, 8). Vuonna 2018 arvioilta noin 40 % sivujakeista jää hyödyntämättä (Ahuja ym. 2021, 3). Voidaan siis olettaa, että sivutuotteiden määrä on kasvanut vuoteen 2025 mennessä. Tällä hetkellä valtaosa Norjan kalateollisuudesta syntyvistä sivutuotteista hyödynnetään rehu- ja raaka-aineksi, kuten kalajauhoksi tai säilörehuksi. Vuonna 2013 Norjan kalastusteollisuuden sivuvirtojen kokonaisarvon on arvioitu olevan noin 2 miljardia Norjan kruunua (NOK). (Ramírez 2013, 8.)

Kuvassa 6 on taulukko, jossa esitetään Norjan kalateollisuuden sivuvirtojen kokonaismäärät ja kuinka suuri osuus näistä resursseista hyödynnettiin vuonna 2011. Kun taulukkoa tulkitaan, voidaan todeta, että kaikista syntyvistä sivuvirroista, noin 75 % päätyi hyödynnettäväksi.

Table 1. Utilized resources (by-products) in 2011 (tonnes/year)

Resource	Cod	Pelagic	Farmed fish	Shrimp	Crab	Total
Utilized	108 000	231 000	275 000	5 500	500	620 000
Dumped	181 000	7 000	-	4 500	4 000	196 500
Rounded sum	289 000	238 000	275 000	10 000	4 500	816 500

Kuva 6. Norjan kalateollisuuden resurssit ja niiden hyödyntäminen lukuina vuonna 2011 (Kuvaleike Ramírez 2013, 8) Muokattu 15.3.2025

Kuvassa 7 on taulukko, johon on listattu erilaiset sivuvirtojen käyttötarkoitukset Norjassa vuonna 2011. Erilaisia käyttökohteita ovat kalajauho, säilörehu, raaka säilörehu turkiseläimille, pakastettu tai tuore säilörehu turkiseläimille, tuore öljy, ihmisravinto, hydrolysaatti ja öljy sekä kitiini ja kitosaani. Taulukon perusteella huomattavasti eniten sivuvirtoja hyödynnetään kalajauhon ja säilörehun tuotantoon. Täytyy kuitenkin huomioida, että taulukon tiedot ovat vuodelta 2011, joten lukumäärät ovat hyvin todennäköisesti muuttuneet vuosien varrella jonkun verran.

Table 1. By-products applications in Norway, 2011 (tonnes/year)

Applications	Cod	Pelagic	Farmed fish	Shrimp	Crab	Total
Meal	26 000	143 000		1 000		170 000
Silage	10 000	84 500	155 000			249 500
Raw silage for fur animals			500			500
Frozen or fresh silage for fur animals	22 000	500	1 000			23 500
Fresh Oil			75 000			75 000
Human Consumption	50 400	3 000	14 000		500	67 600
Hydrolysate and oil			30 000			30 000
Chitin, Chitosan				3 000		3 000
Diverse				1 500	1 500	
Rounded sum	108 400	230 800	275 000	5 500	500	620 200

Kuva 7. Sivuvirtojen käyttökohteet Norjassa vuonna 2011, tonnia vuodessa (Kuvaleike Ramírez 2013, 8) Muokattu 15.3.2025

5.3 Hankkeet Suomessa ja Euroopassa

Vuoden 2025 alusta Oulun yliopisto on käynnistänyt kiertotaloushankkeen, jonka tarkoituksena on kehittää kestävä arvoketju kalatuotannon sivuvirtojen käsittelyyn Kainuun alueella. Hanke keskittyy nimenomaan Kainuun alueelle, sillä biokaasulaitoksiin ja turkistarhoihin on alueella pitkät etäisyydet, ja ne keskittyvät pitkälti Kainuun ulkopuolelle. Hanketta tehdään yhteistyössä muun muassa kala-alan toimijoiden, Kajaanin ammattikorkeakoulun ja ELY-keskuksen kanssa. (Oulun yliopisto n.d.)

Sivuvirtojen hyödyntämisiongelman ratkaisemiseksi Euroopassa on perustettu useita hankkeita ja projekteja. Esimerkiksi WaSeaBi-projekti, jossa useiden maiden yliopistot kuten Tanskan, Belgian ja Ruotsin, sekä useat kalateollisuuden yritykset kehittivät yhdessä konkreettisia ratkaisuja kalateollisuuden sivuvirtojen hyödyntämiseksi. (Vang Ryde 2024).

Vuonna 2024 Euroopassa on käynnistetty projekti, jossa pyritään myös kehittämään uusia menetelmiä kalateollisuuden sivujakeiden hyödyntämiselle. Projektissa keskitytään luomaan vastuullisia biotuotteita sekä suunnittelemaan ja toteuttamaan biojalostamo. Biotuotteita on tarkoitus valmistaa esimerkiksi elintarvikkeisiin tai ravintoaineisiin. Projektissa on osallisena 4 maata: Espanja, Portugali, Italia ja Norja. (Valorish n.d.)

6 SIVUTUOTTEIDEN POTENTIAALISET KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET

6.1 Sivutuotteiden erilaiset käyttömahdollisuudet

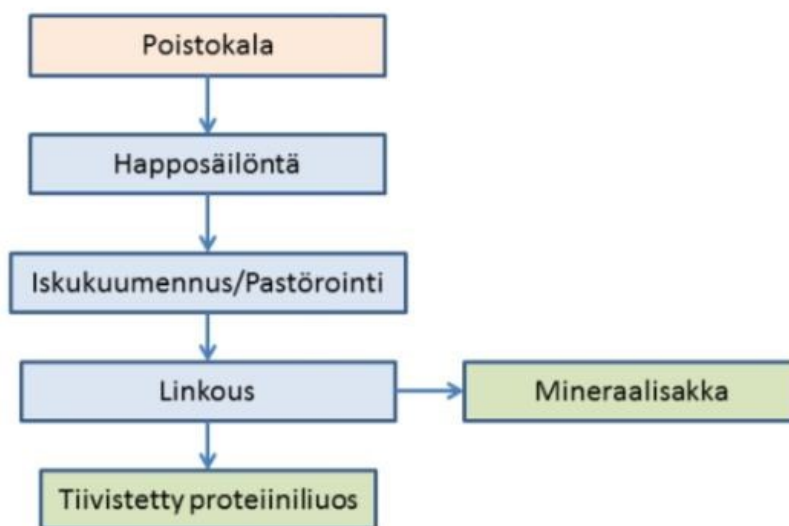
Kalateollisuuden sivuvirroista voidaan jalostaa erilaisia tuotteita ja sivujakeita on mahdollista hyödyntää monella eri tavalla. Sivutuotteista voidaan siis prosessoida useita erilaisia hyödyllisiä tuotteita eri teollisuudenaloille.

Perkuujätteistä voidaan jalostaa esimerkiksi kuumentamalla ja puristamalla suoraan proteiiniliuosta, kalaöljyä sekä kalajauhoa. Näitä tuotteita voidaan sitten hyödyntää sellaisenaan tai mahdollisesti jatkojalostaa edelleen. Jalostettuna kalan sivujakeet soveltuvat lemmikkieläinten ja kalan rehuksi sekä ravinnerikkaaksi lannoitteeksi. Lisäksi sivujakeiden energiasisältö voidaan hyödyntää biokaasun ja biodieselin muodossa.

Seuraavissa alaluvuissa on tarkemmin esitelty ja tarkasteltu näitä erilaisia käyttömuotoja ja niiden valmistusprosesseja.

6.1.1 Proteiiniliuos

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen laskelmien pohjalta on arvioitu kalateollisuuden sivujakeiden hyödyntämistä turkisrehun lisäksi kalaöljyksi ja proteiiniliuokseksi. Vaihtoehtoisesti raaka-aineesta olisi mahdollista valmistaa tiivistettyä proteiiniliuosta iskukuumentamalla ja linkoamalla massaa sekä erottelemalla ylijäämäsakka (kuva 8). Tämä eroteltu proteiini olisi mahdollista käyttää tuotantoeläinten rehuksi. (Vielma ym. 2013, 42–43.)

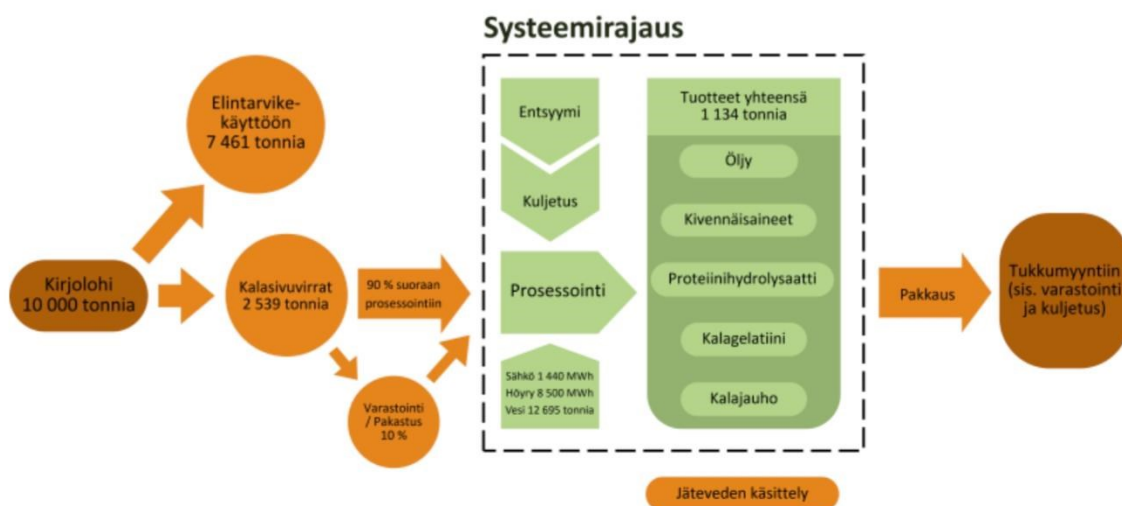


Kuva 8. Kalasta erotellun proteiinin tuotantoprosessi (Kuvaleike Vielma ym. 2013, 42–43) Muokattu 7.4.2025.

6.1.2 Kalaöljy ja kalajauho

Kalajakeista voidaan valmistaa myös kalaöljyä ja kalajauhoa. Kuvassa 9 on luonnonvarakeskuksen laatima kaavio kalateollisuuden sivuvirtojen kulkemisesta kalan pyytämisestä perkuujätteiden hyödyntämiseen ja siitä edelleen jälleenmyyntiin. Kuten kaaviosta näkyy, 10 000 tonnista kirjolohta noin

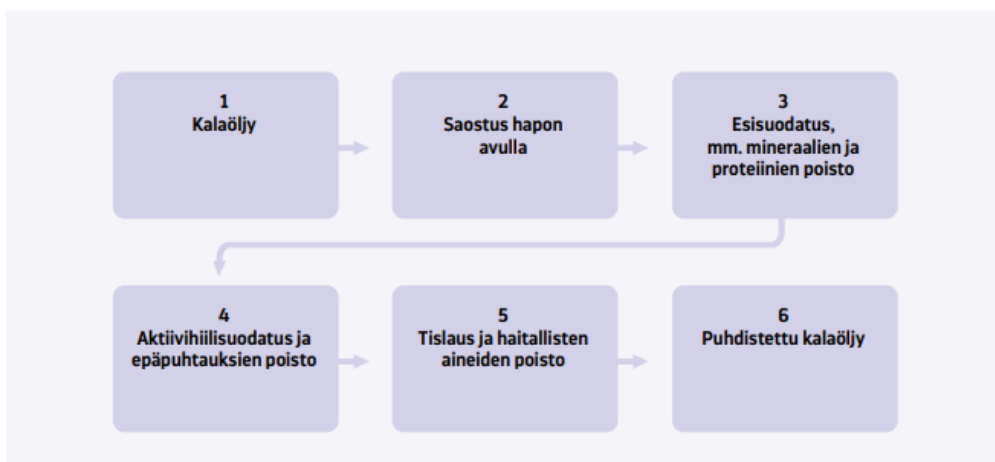
2 500 tonnia on sivuvirtoja. Prosessia varten olisi sivuvirroille olemassa 10 % puskurivarasto esimerkiksi toimitushäiriöiden varalle. Sivuvirrat kulkeutuisivat prosessointiin, jossa hydrolyysin avulla perkuujätteistä olisi mahdollista valmistaa proteiinihydrolysaattia, kalajauhoa, kalaöljyä, kalagelatiinia sekä kivennäisaineita. (Luonnonvarakeskus n.d.)



Kuva 9. Kalateollisuuden sivuvirtojen hyödyntämiskeinoja (Kuvaleike Luonnonvarakeskus n.d) Muokattu 7.4.2025.

Kalaöljyä on mahdollista hyödyntää esimerkiksi biodieselin ja eläinten ruoan valmistukseen sekä ravintolisäksi (Opetushallitus n.d). Kalaöljyä voidaan erotella ja valmistaa samassa yhteydessä kalajauhon kanssa. Kalaöljyn valmistustavat kuitenkin riippuvat esimerkiksi siitä, onko se tarkoitettu esimerkiksi rehun vai ihmisravinnon tuotantoon (Hiidenhovi ym. 2017,12).

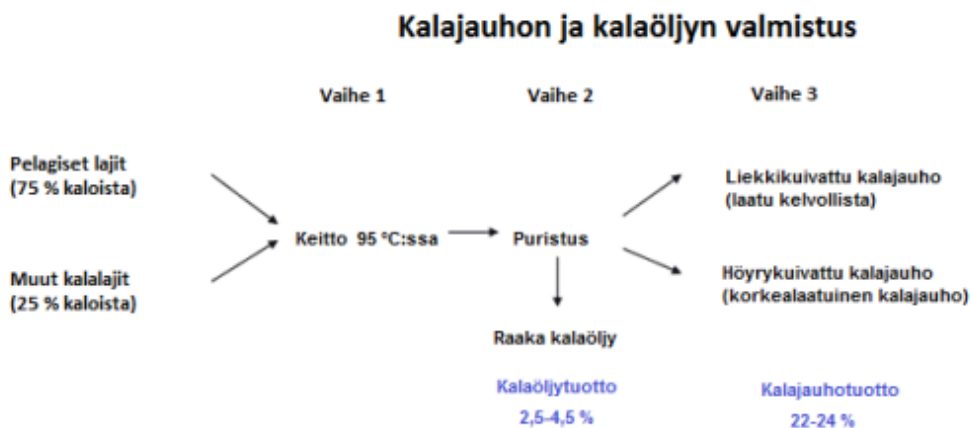
Kuvassa 10 on esitetty Opetushallituksen laatima ihmisravinnoksi tarkoitetun kalaöljyn valmistuksen prosessikaavio. Ennen varsinaista valmistusprosessia kalaöljy lämpökäsitellään, jotta se saadaan eroteltua muista kalan raaka-aineista. Kun kalaöljy on eroteltu kalasta, se saostetaan, suodatetaan sekä puhdistetaan haitallisista aineista. (Opetushallitus n.d).



Kuva 10. Kalaöljyn valmistuksen prosessikaavio (Kuvaleike Opetushallitus n.d) Muokattu 1.3.2025.

Kalajauhoa voidaan hyödyntää eläinten, kuten kalojen ja lemmikkieläinten ruokinnassa tai lääketieteellisyydessä antibioottien valmistuksessa (Windsor 2001). Kalasta on mahdollista saada noin 22 % kalajauhoa ja 10 % kalaöljyä (Vielma ym. 2013,19).

Kalajauhoa voidaan valmistaa perkuujätteistä monilla eri tekniikoilla. Perkuujätteitä on mahdollista keittää, kuivata, jauhaa tai puristaa kalajauhon valmistamiseksi. Kuvassa 11 on esitetty havainnollistava kaavio kalajauhon valmistuksesta. Kalat ja kalan perkuujätteet keitetään, jonka jälkeen raaka-aineesta puristetaan ja erotellaan kalaöljy ja viimeiseksi kalajauho kuivatetaan eri menetelmillä riippuen halutusta lopputuloksesta. Kuten kuvassa 11 esitetään, kalajauhot voidaan jakaa eri laatuluokkiin niiden valmistustavan perusteella. (Järvinen 2012, 15–16.)



Kuva 11. Kalajauhon ja kalaöljyn valmistusprosessi (Kuvaleike Järvinen 2012, 16) Muokattu 1.4.2025.

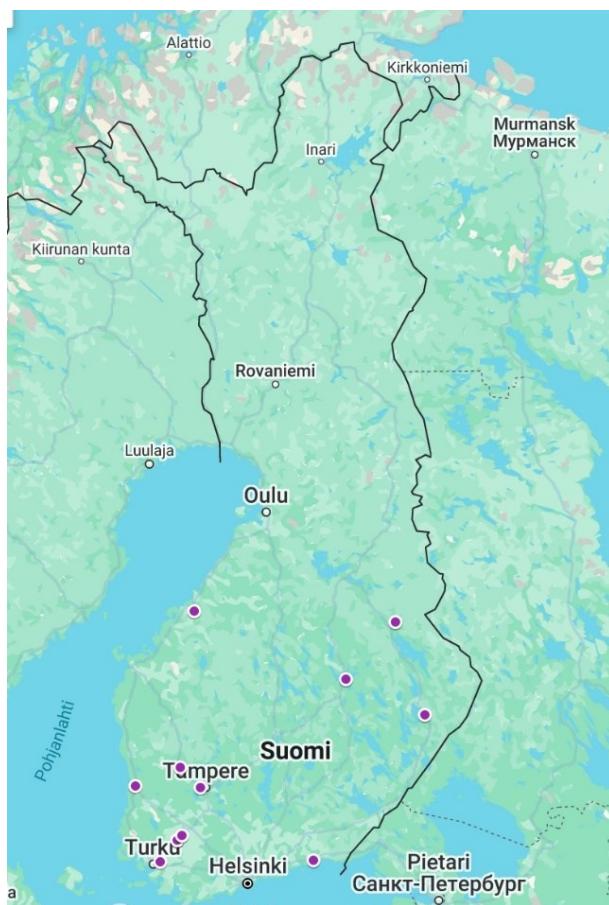
Suomessa toimii tällä hetkellä vain vähän kalaöljyä ja kalajauhoa valmistavia toimijoita. Meitmeal Oy Ab on perustanut Suomen länsirannikolle Kaskisiin kalajauhoa ja kalaöljyä valmistavan tehtaan. Tehtaalla valmistetaan kalaöljyä ja kalajauhoa, joista on mahdollisuus valmistaa esimerkiksi ravintolisiä ja kosmetiikkaa. (Rintamaa 2022.) Lisäksi Kasnäsissa sijaitsevassa Ab Salmonfarm Oy:n kalajauhotehdalla valmistetaan kalajauhoa ja kalaöljyä Itämeren kalasta vastuullisesti (Salmonfarm n.d).

6.1.3 Lemmikinrehu

Perkuujätteitä on potentiaalisesti mahdollista hyödyntää esimerkiksi lemmikin rehun raaka-aineena. Kalan suolet ovat varsin ravintorikkaita ja ne sisältävät paljon hyviä öljyjä ja vitamiineja, joita kissat ja koirat tarvitsevat. Kalan suolet ja maksa sisältävät paljon proteiineja, rasvoja, kivennäisaineita, vitamiineja ja rasvahappoja, joita olisi mahdollista hyödyntää ihmisten ja eläinten ravinnoksi. (Eurofish 2017.)

Kuvassa 12 on esitetty kartalla Suomessa sijaitsevia lemmikinruokavalmistajia. Kuten kuvasta näkyy, valmistajat painottuvat pitkälti Lounais-Suomen alueelle. Esimerkiksi Nokialla sijaitseva Vafo Finland hyödyntää jo tällä hetkellä kalatuotannon sivuvirtoja eläinruuan valmistuksessa (Prima pet premium 2025) sekä Kuopiossa sijaitseva Lemmikki Oy hyödyntää tuotannossaan elintarviketeollisuuden sivuvirtoja (Lemmikki Oy 2025).

Nurmeksessa sijaitseva Lemmikinkala on Pielisen kalajalosteen tuotemerkki, joka on perustettu nimenomaan minimoimaan kalateollisuudesta syntyvää hävikkiä. Yritys hyödyntää kalastuksessa tulleita pieniä kaloja, joita ei voi perata ja valmistavat niistä kissojen ja koirien ruokaa. (Lemmikinkala 2022.)



Kuva 12. Suomen kartalla sijaitsevia lemmikinruokavalmistajia (Kuvaleike Google maps, muokattu 2.3.2025)

6.1.4 Kalanrehu

Kalan kasvun ja rakenteen merkittävin tekijä on kalan syömä rehu. Siksi olisi erittäin tärkeää, että Suomessa kasvatettu kala saisi Suomalaista vastuullisesti tuotettua ravintoa (Kalankasvattajaliitto 2023). Valtaosa nykyään käytetystä kalanrehusta koostuu pitkälti kalajauhosta sekä kasvivalkuaisista (Fennoaqua n.d). Kalajauho on kalasta tai sen perkuujätteistä valmistettua jauhoa, joka sisältää noin yli 60 % proteiinia, reilu 10 % tuhkaa sekä 5–10 % rasvaa, eli pitkälti omega-3 rasvahappoja (Järvinen 2012, 15).

Kalanrehun tuotannossa tulee ottaa huomioon kalanrehun koostumus, sillä jos kalanrehulla ruokitaan saman lajin kaloja, kuin mistä rehu on tehty, vaatii se enemmän toimenpiteitä ja erilaista jalostusprosessia. (Suhonen, Vääräniemi 2025).

Suomessa toimii tällä hetkellä yksi kalanrehutehdas, joka on Varsinais-Suomessa Raisioissa toimiva Fennoaqua Oy. Yritys on perustettu vuonna 2018 ja sen tuotanto on kasvanut maailmanlaajuisiksi myyden tuotteita esimerkiksi Puolaan, Viroon ja Latviaan. Kalanrehutehdas Fennoaqua on Suomessa merkittävä kalateollisuuden näkökulmasta, sillä sen tuotanto varmistaa esimerkiksi kirjolohen kasvatuksen Suomalaisella rehulla (Suomen kalankasvattajaliitto 2023.) Tästä voidaan päätellä, että kalanrehutuotannolle on tarvetta ja kysyntää Suomessa.

6.1.5 Lannoite

Kalatuotannon sivujakeita on mahdollista jalostaa lannoitteiksi tai käyttää esimerkiksi substraattina anaerobisen mädätyksen yhteydessä. Lannoitteet sisältävät usein raaka-aineita, jotka eivät ole kestävän kehityksen näkökulmasta vastuullisia. Kiertotalouden näkökulmasta kalateollisuuden sivuvirtojen hyödyntäminen lannoituksessa takaisi vastuullisen viljelyn tulevaisuudessa. (Ahuja ym. 2021, 3.)

Kasvit tarvitsevat pääasiassa typpeä, fosforia sekä kaliumia. Kalateollisuuden sivujakeet sisältävät paljon typpeä, fosforia sekä kalsiumia, jotka ovat tärkeässä osassa kasvien kasvun kannalta. Lannoite voi myös toimia hyvänä maanparannusaineena maaperiin, joissa ei ole riittävästi kalsiumia. (Jaies, Qayoom, Khan & Saba 2024.)

Kalalannoite voidaan valmistaa jauhamalla käyttökelvottomat kalat ja kalan sivujakeet. Jauhetusta massasta erotellaan siivilöimällä kalaöljyyn ja -jauhoon käytettävät aineisosat jättäen jäljelle kala-emulsion. Nesteen pH lasketaan rikkihapon avulla, minkä jälkeen lannoite on käyttövalmista. (Pennington 2023.)

Norjassa vuonna 2021 suoritettussa kenttäkokeissa hyödynnettiin kalajakeita, jotka oli säilötty muurahaishapon avulla. Jakeita hyödynnettiin ruisheinän, kauran ja purjon viljelyssä. Tutkimuksessa todettiin, että kalajakeet toimivat tehokkaasti kasvien kasvuun. Tutkimuksessa kuitenkin todettiin, että raaka-aineen hyödyntämiseksi jakeet tulisi kuivata kosteuden, hajun ja pilaantumisen minimoimiseksi. Kuivatusmenetelmä vaikuttaa jakeiden pH-arvoon, kokonaistyyppi- sekä ammoniumtyppi-pitoisuuteen. Pitoisuudet taas vaikuttavat lannoitteen tehokkuuteen. Kalojen perkuujätteillä ei tutkimuksen mukaan ollut tarpeeksi typpeä, fosforia tai kaliumia, jotta kasvit olisivat pärjänneet pelkäs-

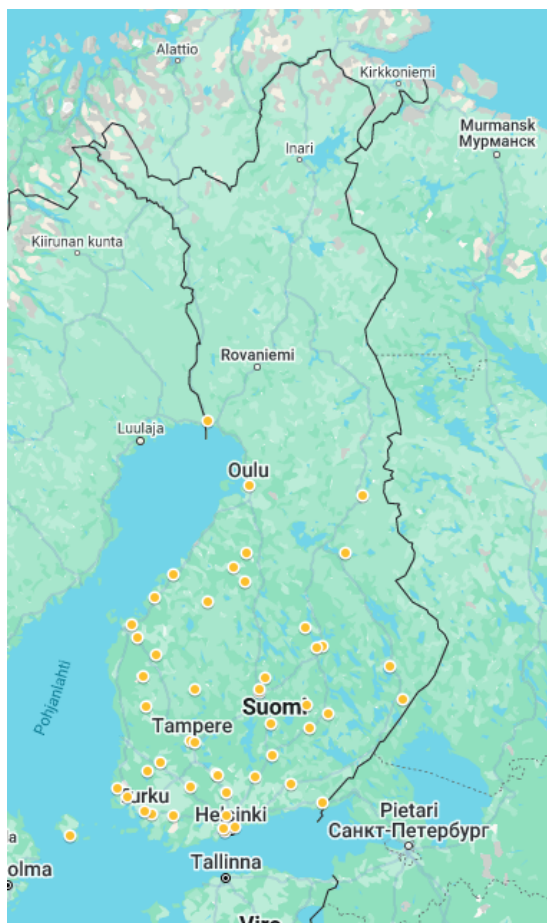
tään kyseisellä lannoitteella. Kaloista jalostettu lannoite voi olla kuitenkin varsin hyödyllinen maape-rään, jossa ei ole riittävästi fosforia. Lisäksi kalajakeita on mahdollista hyödyntää muiden lannoitteiden kanssa yhdessä tasapainon säilyttämiseksi. (Ahuja ym. 2021, 3–4.)

6.1.6 Biokaasu ja biodiesel

Kalatuotannon sivuvirtoja on mahdollista hyödyntää biodieselin ja biokaasun raaka-aineena. Arviolta miljoonasta kilosta raaka-ainetta saadaan tuotettua noin 600 000 litraa biodieseliä. Biokaasun tuotannossa erityisesti kalan sisälmykset ovat mainiota syötettä reaktorille. Raaka-ainetta voidaan valmistella energiankäyttöön hapottamalla ja puristamalla massa tiiviiksi sekä mahdollisesti pakastamalla. Kaikista kalalajeista ei kuitenkaan voida valmistaa biodieseliä niiden alhaisen rasvapitoisuuden vuoksi. Tämän seurauksena prosessi ei olisi kustannustehokas. Kaikista hyödyllisin ja tehokkain kalalaji biodieselin valmistuksen kannalta on kirjolohi sen rasvapitoisuuden ollessa yli 30 %. (Opasnet 2012.)

Biokaasua muodostuu, kun mikrobit hajottavat orgaanista aineista hapettomasti. Tätä uusiutuvaa energianlähdettä voidaan muodostaa muun muassa lannasta, biojätteistä ja energiakasveista. Biokaasua tuotetaan Suomessa esimerkiksi jätevedenpuhdistamoilla, kaatopaikoilla ja maatiloilla. (Setälä, Tarkki, Mannerla & Vielma 2011, 20.)

Kuvassa 13 on esitetty Suomen biokaasulaitosrekisterin pohjalta vuoden 2024 toiminnassa olevia biokaasulaitoksia Suomen kartalla. Kuten kuvasta voidaan havaita, biokaasutoiminta on hyvin hajautettua ympäri Suomen, mutta toiminta painottuu silti Oulun eteläpuolelle ja eteläiseen Suomeen.



Kuva 13. Biokaasulaitoksia Suomen kartalla. (Kuvaleike Google maps, muokattu 2.3.2025)

7 HYÖDYNTÄMISPROSESSIN SUUNNITTELU JA TOTEUTETTAVUUS

7.1 Hyödyntämisen prosessin osa-alueet ja tekijät

Hyödyntämismenetelmän valinnassa on monta eri osa-aluetta, jota tulisi ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Monet eri tekijät vaikuttavat menetelmien toteutettavuuteen ja prosessin sujuvuuteen.

Käytännön näkökulmasta keskeisiä huomioon otettavia asioita ovat muun muassa kuljetukseen ja logistiikkaan liittyvät seikat sekä sivujakeiden säilöntämahdollisuudet. Myös laitosten sijainnilla on merkittävä rooli logistiikan ja toiminnan keskittämisen kannalta.

Muita huomioitavia tekijöitä on esimerkiksi aihetta koskevat lainsäädännöt ja mahdolliset luvanvaraiset toiminnot. Lisäksi kannattavuutta kannattaisi arvioida esimerkiksi kustannustehokkuuden näkökulmasta.

Seuraavissa alaluvuissa tarkastellaan edellä mainittuja tekijöitä ja seikkoja, joita olisi hyvä ottaa huomioon prosessin suunnittelussa.

7.1.1 Kuljetus ja logistiikka

Kalatuotannon sivuvirrat eli perkuujätteet ovat hyvin nopeasti pilaantuvaa massaa, minkä vuoksi kuljetusketjun toimivuus ja jakeiden esikäsittely sekä säilytys on hyvin tärkeää. Perkuujätteet tulisi käsitellä mahdollisimman nopeasti perkausprosessin jälkeen esimerkiksi viemällä ne kylmäsäilytykseen ja sekoittamalla happoa jätejakeisiin.

Koska kalajalostustoiminta on hajautettua ympäri Suomen, on tärkeää myös pohtia kuljetusmatkoja ja kuljetuskustannuksia. Pitkät kuljetusmatkat kuormittavat ympäristöä ja lisäävät kuljetuksesta syntyviä kustannuksia. Lisäksi kuljetusmatkat voivat lisätä jakeiden pilaantumisriskiä. Logistiikan näkökulmasta olisi siis tärkeää punnita prosessin kustannustehokkuutta ja kalajalostustoimijoiden sijaintia sekä pohtia, onko kuljetus kannattavaa esimerkiksi ympäristökuormituksen näkökulmasta.

7.1.2 Toimijoiden sijainti

Laitoksen perustaminen ja sen toimintamalli vaativat huolellista toteutettavuuden arviointia. Kalatuotannossa syntyvän perkuujätteen hyödyntämismahdollisuudet edellyttävät innovatiivisia ratkaisuja ja sidosryhmien välistä toimivuutta.

Tällä hetkellä kalajalostustoiminta on hyvin hajautettua. Sen seurauksena yksittäisten laitosten volyymit ovat melko pieniä, joten esimerkiksi raaka-aineen toimittaminen useille eri kalataloille ympäri Suomea ei olisi kannattavaa.

Mahdollisen jakeidenkäsittelylaitosten olisi hyvä sijaita keskeisellä paikalla kala-alan toimijoiden näkökulmasta. Kalankasvatustilojen tulee myös hyötyä perkuujätteiden hyödyntämisestä eikä siitä tulisi syntyä liikaa ylimääräisiä kustannuksia toimijoille. Kuljetuskustannukset eivät siis saisi olla kohtuuttomat tai vaihtoehtoisesti jakeet vastaanottava käsittelylaitos voisi kustantaa kuljetuksen.

Kalankasvatus Vääräniemi toimittaa kaloja, kuten kirjolohta perattuna Kuopioon kalatalo Kalavapriikille, jossa kalasta valmistetaan muun muassa fileitä jälleenmyyntiin (Vääräniemi 2025). Tämän pohjalta vaihtoehtona olisi, että perkaamot toimittaisivat perkuun sivuvirtoja yhteen kalataloon tai kalateollisuuden toimijalle, jotta toiminta saataisiin keskitettyä.

7.1.3 Lainsäädäntö ja luvat

Jätejakeiden hyödyntämisessä tulee ottaa huomioon ympäristönäkökohdat ja erilaiset säädökset niiden käsittelyssä. ELY-keskuksen tai Aluehallintoviraston myöntämä Ympäristölupa tulee olla esimerkiksi rehua valmistavilla toimijoilla, kalankasvatusta harjoittavilla toimijoilla sekä eläinperäistä jätettä käsittelevillä toimijoilla (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, Liite 1.)

Lisäksi jätteiden käsittelyyn ja hyödyntämiseen liittyvän toiminnan tulee noudattaa Jätelain mukaisia vaatimuksia. Jätelakia sovelletaan eläimistä saataviin sivutuotteisiin, joita hyödynnetään esimerkiksi biologisissa käsittelylaitoksissa (Jätelaki 646/2011, 3 §.)

7.1.4 Kustannustehokkuus

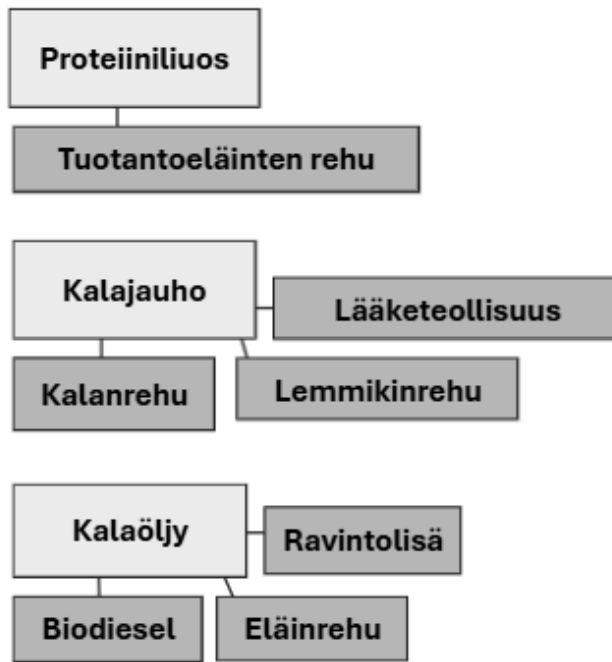
Hyödyntämisprosessin tulisi olla kaikille osallisille taloudellisesti kannattavaa ja hyödyntämisketjun tasapainossa kustannusten ja tulojen näkökulmasta. Kustannuksia voi syntyä esimerkiksi logistista, lupahakemuksista, uusista investoinneista, jätemaksuista sekä markkinoinnista.

Kalajätteiden hyödyntämisprosessien toimivuuteen vaikuttaa kala-alan toimijoiden osallistuminen prosessiin. Käsittelyprosessin tulee siis olla kannattava kalankasvatustiloksille, jotta alan toimijoita saadaan kannustettua siihen mukaan sen sijaan, että laitokset veisivät jakeet jätteenkäsittelylaitoksille.

7.2 Hyödyntämismenetelmien vertailua

Kalan prosessoinnin sivuvirroista on mahdollista jalostaa useita erilaisia lopputuotteita. Kuvassa 14 on esitetty esimerkkejä kalojen sivuvirroista valmistettavista raaka-aineista ja niistä jalostettavista lopputuotteista. Hyödyntämiskohteiden valinnassa on tärkeää huomioida, mihin tarkoitukseen raaka-aineet lopulta käytetään. On esimerkiksi harkittava, onko kannattavaa valmistaa suoraan lopputuote, kuten lemmikinruokaa, vai vaihtoehtoisesti tuotantopanoksia, kuten kalajauhoa, jota voidaan hyödyntää edelleen esimerkiksi kalan- tai lemmikinrehun valmistuksessa.

Menetelmän valintaan vaikuttavat muun muassa Suomen markkinatilanne, olemassa olevat toimijat sekä prosessin taloudellinen kannattavuus. Lisäksi on tärkeää ottaa huomioon laitosten välinen etäisyys ja saatavilla olevan perkuujätteen määrä. Vaikka esimerkiksi kalaöljystä olisi teknisesti mahdollista valmistaa useita tuotteita, ei Suomessa välttämättä ole tarvittavia resursseja tai markkinoita tällaisen toiminnan toteuttamiseen.



Kuva 14. Kalateollisuuden sivuvirroista valmistettavia raaka-aineita ja niiden lopputuotteita (Saari 2025, CC-BY-SA)

Tuotantoketjun toimivuuden kannalta tulee pohtia oikean hyödyntämiskeinon ja kohteiden lisäksi useita eri näkökulmia, kuten logistiikkaa, kustannustehokkuutta ja taloudellista kannattavuutta kaikille toimijoille sekä vastuullisuutta ympäristön ja kestävän kehityksen näkökulmasta.

Kalajätteiden hyödyntämisessä on tärkeää pohtia ja vertailla erilaisten hyödyntämiskeinojen hyötyjä ja haasteita. Hyödyntämistavan tulisi olla mahdollisimman tehokas ja resurssiviisas sekä itse prosessin tulisi olla selkeä ja kustannustehokas. Kuvassa 15 on esitetty pohdintaa erilaisten lopputuotteiden ja niiden valmistuksen hyödyistä ja haasteista.

	Hyödyt	Haasteet
Biokaasu ja biodiesel	<ul style="list-style-type: none"> - Oivallinen raaka-aine mädätysprosessille - Ajankohtainen käyttökohde, kysyntä todennäköisesti kasvaa tulevaisuudessa - Raaka-aineelle mahdollisesti tarvetta tulevaisuuden markkinoilla 	<ul style="list-style-type: none"> - Raaka-aineen käsittely ja kuljetus voi tuottaa haasteita ja pienentää kustannustehokkuutta
Lemmikinrehu	<ul style="list-style-type: none"> - Selkeä toimintaketju, toimijoita laajasti Suomessa - Hyödyntämiskeino jo käytössä Suomessa - Vastuullisempaa ja kotimaista rehutuotantoa 	<ul style="list-style-type: none"> - Käytännön järjestelyt ja toiminnan sujuvuus - Järkevän ja toimivan kuljetusketjun kehittäminen voi tuottaa haasteita
Kalanrehu	<ul style="list-style-type: none"> - Kalanruoan kotimaisuus lisää kalateollisuuden kotimaisuutta - Voi parantaa markkinoita ja kuluttajien ruokailutottumuksia 	<ul style="list-style-type: none"> - Suomessa ei tällä hetkellä välttämättä tarpeeksi toimijoita - Vaatii innovaatiota prosessin toimivuuteen ja tasalaatuisen tuotantoon
Lannoite	<ul style="list-style-type: none"> - Edistää maaperän hyvinvointia - Tuotteelle voi olla runsaasti kysyntää 	<ul style="list-style-type: none"> - Voi tarvita muita lannoitteita puutteellisten pitoisuuksien vuoksi - Haju Haitat - Kuljetus ja säilytysmenetelmät vaativat resursseja ja tarkempaa pohdintaa
Lisäravinne	<ul style="list-style-type: none"> - Edistää terveyttä - Arvokas tuote 	<ul style="list-style-type: none"> - Vastaako markkinat ja kysyntä tuotantomääriä ja kustannusvaatimuksia? - Laadun ja turvallisuuden suhteen täytyy olla erityisen tarkka, kun kyseessä on ihmisravinto

Kuva 15. Kalatuotannon sivuvirtojen käyttökohteita ja niiden hyötyjä ja haasteita (Saari 2025, CC-BY-SA)

Kalateollisuuden perkuujätteiden hyödyntäminen biokaasun ja biodieselin tuotantoon mahdollistaa vastuullista energiantuotantoa. Rasvainen kalajäte on oivallinen syöte reaktorille ja kalaöljyä on

mahdollista hyödyntää biodieselin valmistuksessa. Sivujakeita hyödynnetään jo tällä hetkellä biokaasun tuotantoon Suomessa, joten prosessi on todettu toimivaksi. Haasteita biokaasun ja biodieselin hyödyntämisessä on esimerkiksi raaka-aineen kuljetus ja kustannuskysymykset.

Sivujakeiden käyttö lemmikinrehun valmistuksessa takaa vastuullisempaa ja kotimaista rehuntuotantoa. Lemmikinrehun valmistajia on Suomessa runsaasti ja kalan sivujakeita hyödynnetään tälläkin hetkellä rehun valmistuksessa. Haasteina voi olla raaka-aine määrän ja kysynnän vastaavuus sekä toimintaketjun rakentaminen sujuvaksi ja kustannustehokkaaksi.

Perkuujätteiden hyötykäyttö kalanrehun tuotannossa vaikuttaa suoraan kalankasvatusteollisuuden vastuullisuuteen ja kotimaisuuteen. Kotimainen, kiertotalouden mukainen ja vastuullinen kalatuotanto voi parantaa kuluttajien ruokailutottumuksia ja kotimaisen kalan suosimista markkinoilla. Haasteina voi esiintyä alan toimijoiden vähäisyys Suomessa ja menetelmän kannattavuus sekä tuotantoprosessin toimivuus.

Lannoitteen valmistaminen kalan perkuujätteistä edistää maaperän hyvinvointia ja kiertotaloutta. Vastuulliselle lannoitteelle on mahdollisesti kysyntää tulevaisuuden markkinoilla. Haasteita voi olla lannoitteesta ja raaka-aineesta syntyvät hajuhaitat sekä kalalannoitteen puutteelliset ravinnepitoisuudet.

Kalaperäisistä sivutuotteista valmistettu lisäravinne on arvokas tuote markkinoilla ja sen vuoksi varsin kustannustehokas. Haasteina esiintyy kuitenkin toimijan löytäminen Suomesta, riittävä kysyntä markkinoilla sekä tuotteen tasalaatuisuus ja turvallisuus.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää ja pohtia hyödyntämiskeinoja Suomen kalateollisuudessa syntyville sivuvirroille eli kalan perkuujätteille. Kalan perkausprosessin yhteydessä syntyy suuria määriä kalan sivujakeita, jotka koostuvat verestä, kalan suolista ja muista sisälmyksistä. Kalan file-roinnista syntyviä sivujakeita eli muun muassa kalan päätä ja kiduksia ei otettu työssä huomioon.

Suomen kalankasvatusteollisuudessa syntyy vuosittain yli kymmenen miljoonaa kiloa perkuu- ja file-rointijätettä, jotka päätyvät pääasiassa kettu- ja minkkitarhoille rehun raaka-aineeksi. Tarhaustointiminta on kuitenkin vuosikymmenten ajan ollut tasaisessa laskussa, mikä avaa uuden ongelman kalateollisuuden näkökulmasta, kun kalan sivujakeille ei ole enää suurta tarvetta tarhoilla.

Kettu- ja minkkitarhoille päätyvän rehun lisäksi kalan perkuujätettä hyödynnetään Suomessa muun muassa lannoitteen, lemmikinrehun, biodieselin sekä biokaasun valmistukseen. Suomessa on meillä hankkeita uusien hyödyntämiskeinojen mahdollistamiseen ja kartoittamiseen.

Euroopassa on kohdattu samanlaisia haasteita kalateollisuuden sivujakeiden hyödyntämisen kannalta. Euroopassa kuten Norjassa ja Islannissa kalateollisuuden sivujakeita käytetään lemmikin ja kalan rehuksi, biokaasuun ja biodieseliin, kosmetiikkaan, ravintoaineisiin sekä kalajauhoon ja kalaöljyyn. Erityisesti Islannissa sivujakeiden hyödyntäminen on poikkeuksellisen kehittyntä ja tehokasta.

Kalan sivuvirtoja voidaan potentiaalisesti hyödyntää kalaöljyn ja kalajauhon valmistukseen. Kalaöljyä voidaan käyttää biodieselin, lemmikinrehun sekä ravintolisän valmistukseen. Lisäksi kalaöljyn valmistuksen yhteydessä eroteltua proteiiniliuosta voidaan hyödyntää tuotantoeläinten rehuna. Kalajauhoa on mahdollista käyttää kalanrehun, eläinrehun ja antibioottien valmistukseen. Suomessa on tällä hetkellä vain muutamia yrityksiä, jotka työskentelevät kalaöljyn ja kalajauhon valmistuksen parissa.

Lisäksi kalan perkuujätteitä olisi mahdollista hyödyntää lemmikinrehun raaka-aineena. Kalan sivujakeet koostuvat muun muassa rasvasta, proteiinista ja vitamiineista, jota lemmikkieläimet tarvitsevat. Lemmikinruokatehtaat ovat Suomessa melko harvassa, mutta silti keskeisillä pakoilla sivujakeiden kuljetusprosessin toimivuuden kannalta.

Sivuvirtoja voidaan lisäksi hyödyntää kalanrehuksi. Kalanrehua valmistetaan paljon Suomen ulkopuolella, mutta kalanrehutuotannon kotimaistaminen lisäisi suoraan myös kalankasvatusteollisuuden kotimaisuutta. Kalanrehutuotannossa on tärkeää ottaa huomioon kalanrehun sisältö ja koostumus. Kalanrehua ei pääasiassa kannata valmistaa samasta kalalajista, kuin mille rehu on tarkoitettu. Se on toki mahdollista, mutta vaatii enemmän toimenpiteitä. Suomessa toimii tällä hetkellä yksi kalanrehutehdas.

Kalan sivujakeista voidaan valmistaa myös lannoitetta. Lannoitetta valmistaessa voidaan prosessin yhteydessä erotella kalaöljyn ja kalajauhon valmistukseen hyödynnettävät raaka-aineet ja jäljelle jäävästä massasta on mahdollista valmistaa lannoitetta. Kalalannoite ei välttämättä itsestään riitä maaperän lannoittamiseen, mutta se voi toimia hyvin muiden lannoitteiden kanssa yhteiskäytössä. Kalalannoite voi olla hyvin toimiva maaperään, jossa ei ole riittävästi fosforia. Kalan sivujakeiden hyödyntäminen lannoitteissa lisää lannoitetuotannon vastuullisuutta korvaamalla raaka-aineita, jotka eivät ole kestävä kehityksen mukaisia.

Muita potentiaalisia käyttökohteita kalojen sivujakeille on biodieselin ja biokaasun tuotanto, jossa kalan suolet voisivat esimerkiksi toimia mainiona syötteenä reaktorille niiden korkean rasvaprosentin ansiosta. Biokaasulaitoksia on myös laajasti ympäri Suomea, mikä mahdollistaisi toiminnan keskittämisen ja useiden eri kala-alan toimijoiden sivujakeiden hyödyntämisen.

Kalajätteiden hyödyntämiskeinojen suunnittelussa ja toteuttamisessa on tärkeä ottaa huomioon monta eri tekijää. Ensimmäisenä haasteena prosessin toimivuudessa on kuljetus ja logistiikka. Koska käsiteltävä materiaali on herkästi pilaantuvaa, massa täytyy käsitellä esimerkiksi muura-haishapon avulla. Koska kalankasvatustoiminta on hyvin hajautettua, kuljetuksen aikana pilaantumisen riski kasvaa. Hajautetun toiminnan seurauksena myös kuljetuskustannukset voivat olla melko korkeat.

Toimijoiden sijainti on tärkeässä asemassa hyödyntämisprosessin suunnittelun kannalta. Koska kalankasvatustilat sijaitsevat ympäri Suomea, on tärkeää pohtia hyödyntämistoiminnan keskittämistä alueelle, josta kaikki toimijat hyötyvät. Hyvä sijainti ja toiminnan keskittäminen varmistaa prosessin toimivuuden ja minimoi kustannuksia ja investointeja.

Kustannustehokkuus on olennaista prosessin toimivuuden kannalta. Sivujakeiden hyödyntäminen voi vaatia erilaisia investointeja prosessin kannalta sekä yhteistyötä ja kommunikointia sidosryhmien välillä. Prosessi vaatii myös markkinointia ja kala-alan toimijoiden osallisuutta hyödyntämistavan onnistumisen kannalta. Merkittävin tekijä oikeanlaisen menetelmän kannalta on tulojen ja kustannusten tasapaino kaikkien sidosryhmien osalta.

9 POHDINTA

Kalankasvatusteollisuuden sivuvirtojen suuret volyymit ja niiden tehokas hyödyntäminen on hyvin ajankohtainen ongelma Suomessa ja muualla maailmalla. On hyvin todennäköistä, että ongelma tulee tulevaisuudessa kasvamaan tarhaustoiminnan hiipuessä entisestään.

Onnistuin opinnäytetyössä kartoittamaan Suomessa ja Euroopassa hyödynnettäviä menetelmiä kalateollisuuden sivuvirtojen hyödyntämiseksi. Lisäksi onnistuin löytämään tietoa erilaista tutkimuksista ja hankkeista Suomessa ja maailmalla liittyen kalatuotannon sivuvirtojen hyödyntämisen kehittämiseen.

Opinnäytetyössä pystyin vertailemaan ja löytämään erilaisia keinoja sivuvirtojen hyötykäyttöön ja pohtimaan niiden toimivuutta eri näkökulmista Suomen mittakaavassa. Pystyin perehtymään eri hyödyntämiskeinojen periaatteisiin ja prosesseihin pinnallisesti ja kartoittamaan tuotantolaitosten sijaintia Suomessa.

Suomessa sivujakeiden oikeanlaisen hyödyntämistavan löytäminen vaatii vielä paljon pohdintaa ja tutkimuksia. Ongelman ratkaisu ei siis ole yksiselitteistä ja suoraviivaista. Oikeanlaisen menetelmän ja ratkaisun löytäminen vaatii sidosryhmien välistä kommunikointia ja eri vaihtoehtojen vertailua ja punnitsemista. Oikeanlaisen menetelmän valintaan vaikuttaa monet eri tekijät, kuten kustannukset sekä eri kala-alojen yritysten halukkuus ja mieliala aiheeseen liittyen. Kun ongelman ratkaisua pohditaan, haasteena voi olla useiden eri osallistujien halukkuus yhteistyöhön ja heidän lopulliset tavoitteensa.

Opinnäytetyön aihe vaatii vielä runsaasti lisätutkimuksia ja aiheeseen perehtymistä. Aihe vaatii tulevaisuudessa toimenpiteitä, kuten uusia hankkeita aiheen tiimoilta. Sivujakeiden hyödyntäminen ja prosessin toimivuus vaatii toimijoiden kommunikointia ja yhteistyötä.

Haasteena opinnäytetyön tekemisessä oli aiheen laajuus ja olemassa olevan tiedon niukkuus. Oikeanlaisen hyödyntämismenetelmän valitseminen vaatii kuitenkin paljon enemmän toimenpiteitä, johon vaaditaan enemmän resursseja, kuin mitä minulla oli opinnäytetyötä tehdessä käytettävissä.

Olisin halunnut kerätä enemmän tietoa aiheeseen liittyen ja haastatella alan toimijoita, mutta tiedon löytäminen ja niiden käsitteleminen vaatisi paljon enemmän aikaa ja yhteistyötä alan ammattilaisten kanssa.

10 LÄHDELUETTELO

- Ahuja, I., Ween, O., Ebbesvik, M., Kvande, I., de Boer, A. & Ahlin, J. 2021. Fish waste as fertilizer. NORSØK. Vol 6. https://orgprints.org/39724/1/Fish%20waste%20as%20fertiliser_NORS%C3%98K%20Rapport_OrganicEprints.pdf. Viitattu 5.3.2025.
- All you need to know about fish fertilizer. 2023. Pennington. <https://www.pennington.com/all-products/fertilizer/resources/what-is-fish-fertilizer>. Viitattu 10.4.2025.
- Arvot ja vastuullisuus. n.d. Prima Pet Premium Oy. <https://primapetpremium.com/tietoa-meista/arvot-ja-vastuullisuus/>. Viitattu 5.2.2025.
- Biokaasulaitokset kartalla 2024. 2024. Google maps. <https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=1ZHpWSB6Av2QQIZSGySCriDCW7piuX-nBM&ll=63.28492194731908%2C26.043213842152774&z=6>. Viitattu 1.3.2025.
- Biopolttoaineen valmistusprosessi kalaöljystä. 2012. Opasnet. https://fi.opasnet.org/fi/Biopolttoaineen_valmistusprosessi_kala%C3%B6ljyst%C3%A4. Viitattu 2.3.2025.
- Fish entrails and processing waste as a raw material. 2017. Eurofish international organization. 12.10.2017. <https://eurofish.dk/fish-entrails-and-processing-waste-as-a-raw-material/>. Viitattu 20.2.2025.
- Fish waste for profit 2024 -transforming the blue economy to 100 % green. n.d. World fishing. <https://www.worldfishing.net/icefish-conference/the-conference/conference-programme>. Viitattu 1.4.2025.
- Heikki Ali-Hokka. 2023. Ruokavirasto aikoo tarkistaa kaikki Suomen turkistarhat lintuinfluenssan varalta. Yle uutiset. <https://yle.fi/a/74-20045161>. Viitattu 20.3.2025.
- Hiidenhovi, J., Saarni, K., Koskela, J., Välimaa, A-L., Kankainen, M., Järvenpää, E., Setälä, J., Pap, N., Mattila, P., Tupasela, T., Lehtonen, A & Laaksonen, P. 2017. Kalan elintarvikejalostuksen sivutuotevirtojen jalostaminen kalaöljyksi. Luonnonvarakeskus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 51/2017. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/540233/luke-luobio_51_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Viitattu 1.3.2025.
- Hyödyntämisesimerkkejä biomassoilta. Luonnonvarakeskus n.d. Verkkójulkaisu. <https://www.luke.fi/fi/luonnonvaratieto/tiedetta-ja-tietoa/biomassaatlas/hyodyntamisesimerkkeja-biomassoille>. Viitattu 5.3.2025.
- Hyödyntämisesimerkkejä biomassoilta. n.d. Luonnonvarakeskus. <https://www.luke.fi/fi/luonnonvaratieto/tiedetta-ja-tietoa/biomassaatlas/hyodyntamisesimerkkeja-biomassoille>. Viitattu 10.4.2024.
- Jaies, I., Qayoom, I., Khan, S. & Saba, F. 2024. Fish wastes as source of fertilizers and manures. Researchgate. https://www.researchgate.net/publication/378259124_Fish_Wastes_as_Source_of_Fertilizers_and_Manures. Viitattu 27.3.2025.
- Järvinen, A. 2012. Poistokala, sen proteiinit ja kalajauho. Opinnäytetyö. Biotekniikka ja elintarviketekniikka. Turun ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2012060712171>. Viitattu 1.4.2025.

Jätelaki 646/2011. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2011/646>. Viitattu 2.5.2025.

Kalajätteen käyttömahdollisuudet. 2012. Opasnet. https://fi.opasnet.org/fi/Kalaj%C3%A4tteen_k%C3%A4ytt%C3%B6mahdollisuudet#cite_note-doria-7. Viitattu 1.3.2025.

Kalaperäisten sivutuotteiden luokittelu, hävittäminen ja käyttö. 2024. Ruokavirasto. Verkkojulkaisu. Päivitetty 2.2.2024. <https://www.ruokavirasto.fi/elaimet/elaimista-saatavat-sivutuotteet-ja-kuolleet-elaimet/kuolleet-elaimet/tuotantoelaimet/kalat/>. Viitattu 1.3.2025.

Kalasivuvirtojen prosessointi arvoaineiksi. n.d. Oulun yliopisto. <https://www oulu.fi/fi/projektit/kalasi-vuvirtojen-prosessointi-arvoaineiksi>. Viitattu 13.4.2025.

Karhula, T., Latukka, A. & Rekilä, T. 2008. Turkistilojen talous ja alan merkitys sekä tulevaisuuden näkymät Suomessa. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. MTT:n selvityksiä 160. <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/442277/mmts160.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Viitattu 15.2.2025.

Kestävä kehitys kalateollisuudessa. n.d. Opetushallitus. <https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/kestava-kehitys-kalateollisuudessa.pdf>. Viitattu 5.2.2025.

Laadukkaat ja turvalliset kiertotaloustuotteet. n.d. Honkajoki Oy. <https://honkajokioy.fi/mita-teemme/>. Viitattu 1.4.2025.

Lehto, M., Erkamo, E., Kuisma, R., Mäki, M., Haikonen, T., Jallinoja, M & Kymäläinen, H-R. 2021. Elintarviketuotannon sivujakeiden hyödyntäminen. Luonnonvarakeskus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 68/2021. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/547847/luke-luobio_68_2021.pdf?sequence=1. Viitattu 3.4.2025.

Lela Nargi. 2023. Iceland's quest to use 100 percent of its fish waste. Hakai Magazine. <https://hakaimagazine.com/news/icelands-quest-to-use-100-percent-of-its-fish-waste/>. Viitattu 27.3.2025.

Ramirez, Alberto. Innovative uses of fisheries by-products. 2013. Globefish research programme.

Rintamaa, T. 2022. Kaskisiin rakennetaan kalaöljyä ja kalajauhoa elintarvikekäyttöön tuottava tehdas. Yle uutiset. 28.2.2022. <https://yle.fi/a/3-12336278>. Viitattu 5.5.2025.

Rossow, H., Seppä-Lassila, L., Joutsen, S., Järvelä, T. & Tuominen, P. 2023. Turkistarhojen zoonositi -riskiprofiili. Ruokavirasto. Ruokaviraston tutkimuksia 2/2023. https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/yhteisot/riskinarviointi/projektit/ruokaviraston_tutkimuksia_2_2023_turkistarhojen_zoonositi-riskiprofiili.pdf. Viitattu 5.3.2025.

Ruokavirasto. 2025. Kala-alan laitokset. Excel. Päivitetty 5.5.2025. https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/yriytykset/elintarvikeala/toiminnan-aloittaminen/elintarvikehuoneistot/kala-alan_laitokset.xls. Viitattu 12.5.2025.

Setälä, J., Tarkki, V., Mannerla, M. & Vielma, J. Vajaasti hyödynnetyn kalan kaupalliset käyttömahdollisuudet. 2011. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. RKT:n työraportteja 11/2011. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/530750/rktltr2011_11.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Viitattu 5.2.2025.

- Setälä, Jari. 2017. Raaka-aineen saatavuus ja laatu. Luonnonvarakeskus. <https://www.prokala.fi/wp-content/uploads/2017/11/4.-Raaka-aineen-saatavuus-ja-laatu-Jari-Set%C3%A4l%C3%A4.pdf>. Viitattu 3.4.2025.
- Suhonen, O. & Vääräniemi, H. 2025. Kalankasvatus Vääräniemi. Haastattelu 22.1.2025.
- Suomen kalankasvattajaliitto ry. 2022. Kalanviljely Suomessa. <https://kalankasvatus.fi/wp-content/uploads/2024/11/Kalanviljely-Suomessa-2022.pdf>. Viitattu 5.4.2025.
- Suomen kalankasvattajaliitto ry. 2023. Suomen ainoa kalanrehutehdas jatkaa toimintaansa uudella nimellä. <https://kalankasvatus.fi/yleinen/suomen-ainoa-kalanrehutehdas-jatkaa-toimintaansa-uudella-nimella/>. Viitattu 27.3.2025.
- Söderkultalahti, P. & Moilanen, P. 2024. Ruokakalan tuotanto väheni vuonna 2023. Luonnonvarakeskus. <https://www.luke.fi/fi/uutiset/ruokakalan-tuotanto-vaheni-vuonna-2023>. Viitattu 26.5.2025.
- Talib Visram. 2023. From energy drinks to skin grafts: How Iceland uses 90% of its fish waste. Fast Company. <https://www.fastcompany.com/90935123/from-energy-drinks-to-skin-grafts-how-iceland-uses-90-of-its-fish-waste>. Viitattu 20.3.2025.
- The untapped potential of fish waste and by-products. Kneia. 2025. Valorish. <https://www.valorish.eu/news/untapped-potential-fish-waste-and-products>. Viitattu 6.4.2025.
- Törmä, K & Aalto, H. 2018. Elintarviketeollisuuden sivuvirrat ja niiden hyödyntäminen Suomessa. Opinnäytetyö. Insinööri (AMK). Bio- ja elintarviketekniikan tutkinto-ohjelma. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/160546/Aalto_Hanna.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Viitattu 1.2.2025.
- Transforming fish by-products: a path to sustainability and economic efficiency. n.d. Valorish. <https://www.valorish.eu/about-valorish>. Viitattu 5.3.2025.
- Tulonen, Saana. 2023. Sivuvirrasta lopputuotteeksi -biokierrotalouden pullonkaulat ja mahdolliset ratkaisut. Uusiouutiset. 29.11.2023. <https://uusiouutiset.fi/sivuvirrasta-lopputuotteeksi-biokierrotalouden-pullonkaulat-ja-mahdolliset-ratkaisut/>. Viitattu 3.3.2025.
- Tuotteet. n.d. Alltech Fennoaqua. <https://www.fennoaqua.fi/tuotteet/>. Viitattu 1.3.2025.
- Vang Ryde, Marianne. Today's fish waste can become tomorrow's nutritious food. 2024. DTU. <https://www.dtu.dk/english/newsarchive/2024/08/todays-fish-waste-can-become-tomorrows-nutritious-food>. Viitattu 5.3.2025.
- Vastuullisuus & valmistus. 2025. Lemmikki Oy. <https://elainruoka.com/pages/vastuullisuus-valmistus>. Viitattu 5.2.2025.
- Vielma, J., Setälä, J., Airaksinen, S., Kankainen, M., Tarkki, V., Kaitaranta, J., Norström, A. & Nurmio, J. 2013. Vähäarvoisen kalamateriaalin jalostus lisäarvotuotteiksi -liiketoimintanäkymät. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. RKTL:n työraportteja 28/2013. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/519969/rktrlr2013_28.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Viitattu 26.5.2025.
- Volume 110. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/10877502-1bdc-4a27-8229-a90c91d09c79/content>. Viitattu 5.3.2025.

Vääräniemi, H. 2025. Tuotantopäällikkö. Kalankasvatus Vääräniemi. Yksityinen sähköpostiviesti 11.4.2025. Viestin saaja: E. Saari.

Vääräniemi, K. 2025. Toimitusjohtaja. Kalankasvatus Vääräniemi. Yksityinen sähköpostiviesti 26.5.2025. Viestin saaja: E. Saari.

Windsor, M. L. Fish meal. 2001. <https://www.fao.org/4/x5926e/x5926e00.htm#Contents>. Viitattu 2.3.2025.

Ympäristönsuojelulaki 527/2014. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2014/527>. Viitattu 2.5.2025.

Yritys. 2022. Lemmikinkala. <https://www.lemmikinkala.fi/yritys/>. Viitattu 5.2.2025.

Yritys. Ab Salmonfarm Oy. <https://salmonfarm.fi/yritys#slide-out-widget-area>. Viitattu 25.5.2025.