



ARTO LATVALA & JUHA KÄÄRIÄ & OLLI LOISA

**PERKAUSVESIEN JÄTEVESIKUORMITUS
JA -KÄSITTELY PIENILLÄ
KALANKASVATUSLAITOKSILLA**



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
ÅBO YRKESHÖGSKOLA



TURUN AMMATTIKORKEAKOULUN PUHEENVUOROJA 26

Turun ammattikorkeakoulu
Turku 2006

Kannen suunnittelu: Jenni Rennie

ISBN 952-5596-56-7

ISSN 1459-7756

URL: <http://www.turkuamk.fi/julkaisut/isbn9525596567.pdf>

Turun AMK:n julkaisut verkossa osoitteessa: tk.turkuamk.fi/julkaisutoiminta

Myynti: julkaisumyynti@turkuamk.fi

SISÄLTÖ

Tiivistelmä	5
Sammandrag	6
Summary	7
I JOHDANTO	8
1.1 Tutkimuksen lähtökohta ja tavoite	8
1.2 Tutkimuksen toteuttaminen	8
1.3 Ympäristöluvut	8
2 PERUSSELVITYKSET	10
2.1 Kalankasvatuslaitokset	10
2.2 Esimerkkejä kalankasvatuslaitoksista	11
2.3 Jätevedenkäsittelyn nykytila	11
2.4 Laitetoimittajien ehdotukset	11
2.5 Kalanperkaus teknisenä prosessina	12
3 MITTAUKSET TOIMINNASSA OLEVILTA KALANVILJELYLAITOKSILTA	13
3.1 Ongelmana jätevesimäärät ja niiden vaihtelut	13
3.2 Kalanperkauslaitosten jäteveden laatu ja ympäristökuormitus	15
3.2.1 Saostuskaivosta otetut näytteet	15
3.2.2 Perkaus- ja verestysvesien laatu tutkituilla kalanviljelylaitoksilla	16
4 SAOSTUSKAIVOKÄSITTELYN JA MAASUODATTIMEN TOIMINNAN ARVIOINTI	21
4.1 Saostuskaivokäsittely	21
4.2 Maasuodattimen toiminta	21
5 KOEPUHDISTAMO	23
5.1 Koelaitoksen ja koekohteiden valinta	23
5.2 Tehdyt esikokeet	23
5.3 Koelaitoksen rakenne ja käyttöönotto	24
5.4 Koekäyttö	25
5.5 Tulokset	25
5.6 Kustannukset	28
6 TULOSTEN TARKASTELU	30
6.1 Kirjoloheen verestyksestä aiheutuva kuormitus	30
6.2 Ympäristökuormitus ilman jätevedenpuhdistusta	30
6.3 Kalanperkauksessa muodostuvan jäteveden määrän tarkkailu	31
6.4 Jätevedenpuhdistamoinvestoinnin valmistavat toimenpiteet	32
6.5 Koelaitoksen puhdistustulos	32
6.6 Kalanperkauslaitosten jäteveden käsiteltävyys ja käsittelyprosessit	33

7 JOHTOPÄÄTÖKSET	35
-------------------------	-----------

Kirjallisuutta	38
-----------------------	-----------

Liitteet

Pienten kalankasvatuslaitosten jätevesien puhdistaminen -projekti

Esimerkkejä kalankasvatuslaitoksista

Pienpuhdistamoiden laitetoimittajia

TIIVISTELMÄ

Perkausvesien jätevesikuormitus ja -käsittely pienillä kalankasvatustaloksilla -projektissa on selvitetty kirjolohen perkauslaitosten aiheuttamaa ympäristökuormitusta sekä ympäristökuormituksen vähentämismahdollisuuksia jätevedenkäsittelyllä. Kalanperkauslaitokset sijaitsevat monissa tapauksissa viemäröityjen alueiden ulkopuolella. Nykyisin jätevedet johdetaan pääsääntöisesti saostuskaivojen ja purkuputken kautta vesistöön. Saostuskaivokäsittelyllä ei ole jätevesien puhdistamisen kannalta kovin suurta merkitystä.

Kalanperkauslaitoksilta vesistöihin joutuva kuormitus on kahden osatekijän summa, verestysveden ja peratun kalan huuhteluveden aiheuttama yhteenlaskettu kuormitus. Tavallisesti kala perataan vielä käsin, mutta huuhdellaan koneellisesti. Perkausjätteet otetaan talteen siten, että niistä ei muodostu vesistöihin joutuvaa kuormitusta.

Perkausvesien kuormitus vaihtelee 265–383 kg BOD(ATU), 2,5–3,8 kg fosforia, 34–40 kg typpeä sekä rasvojen ja öljyjen osalta 18–55 kg välillä suhteutettuna 100 tonnin perkausmäärään ennen jätevesien käsittelyä. Koneellisessa perkauksessa kuormitus voi kuitenkin olla selvästi suurempi. Kalanperkauslaitoksilta ympäristöön joutuva fosfori- ja typpikuormitus on ennen jätevesien käsittelyä melko alhainen. Jätevedenkäsittelyn kannalta tämä merkitsee sitä, että esim. biologis-kemiallisen käsittelyn yhteydessä kyseinen fosforimäärä on helppo poistaa. Päähuomio joudutaan kiinnittämään biologisen hapenkulutuksen vähentämiseen sekä rasvan poistoon jätevesistä.

Projektin yhteydessä toteutettiin jätevesien puhdistuslaitos, mutta sitä ehdittiin kokeilla vain lyhyesti. Merikontin sisään rakennettu puhdistuslaitos voi olla eräs tapa toteuttaa jätevedenpuhdistus. Laitoksen prosessina oli esiselkeytys, biologinen käsittely biologisella suodattimella, kemiallinen käsittely ja jälkisuodatus. Laitoksen investoinnin aiheuttama vuosikustannus 100 tonnin kalanperkauslaitoksella on 2 000–4 000 € oletettaessa laitoksen käyttöikäksi 15 vuotta. Laitoksen käyttökulut ovat suuruusluokkaa 1500–1600 € vuodessa. Yhteensä nämä tekevät noin 0,035–0,055 € perattua kalakiloa kohti. Muut tarjolla olleet prosessivaihtoehdot osoittautuivat huomattavasti kalliimmiksi, eikä niitä voitu hankkeen aikana toteuttaa.

SAMMANDRAG

I projektet ”belastningen av avloppsvattnet från små fiskodlingars renshus samt behandlingen av detta”, undersöktes hur stor belastning som kommer från regngåglaxodlingarnas rensningsverksamhet, samt möjligheterna att minska denna belastning genom att rena vattnet. Renshusen är ofta belägna i glesbygden och inte anslutna till avloppsvattnenätet. Den vanligaste behandlingsmetoden är för tillfället att leda vattnet via sedimentationsbrunnar ut i havet. Sedimentationsbrunnarna har inte i praktiken någon större renande effekt på vattnet.

Den belastning på vattendragen som kommer från renshusen är summan av två faktorer, vattnet från blodtappningen samt sköljvattnet från rensningsprocessen. Vanligtvis rensas fisken ännu för hand, men sköljs maskinellt. Rensavfallet tas tillvara på ett sådant sätt att det i praktiken inte uppstår belastning från detta.

Belastningen i obehandlat avloppsvatten från renshusen varierar mellan 265–283 kg BOD(ATU), 2,5–3,8 kg fosfor, 34–40 kg kväve samt 18–55 kg fett och olja per 100 ton rensad fisk. Vid maskinell rensning kan belastningen vara klart större. Den mängd fosfor och kväve, som det obehandlade avloppsvattnet innehåller är rätt liten. Detta innebär att fosfor rätt enkelt kan fås bort genom biologisk-kemisk behandling. Den största vikten bör läggas vid att minska den biologiska syreförbrukningen, samt vid att försöka minska mängden fett i avloppsvattnet.

Under projektet byggdes ett behandlingssystem för avloppsvattnet, men detta hann provköras endast en kortare tid. En reningsenhet som byggts inne i en s.k. havscontainer, kan vara ett sätt att förverkliga avloppsvattenreningen. Processen var förbehandling, biologiskbehandling med filter, kemiskbehandling och till sist sedimentering. Investeringskostnaderna för ett företag som har en årsproduktion på ca.100 ton, uppskattas bli 2000–4000 € per år, om man utgår från en drifttid på 15 år. Driftkostnaderna beräknas vara 1500–1600 € per år. Totalt innebär detta en kostnad på 0,035–0,055 € per kilogram producerad fisk. Andra möjliga processalternativ visade sig vara betydligt dyrare, och kunde inte förverkligas under den tid projektet varade.

SUMMARY

The aim of the 'Waste Water Loading and Treatment in Small Fish Farms' –project was to estimate the effects of waste water loading and the possibilities of waste water treatment in the fish cleaning process. Fish processing industries are usually situated in rural areas where municipal waste water treatment is not available. Today the majority of the waste water is treated with precipitation tanks. Precipitation tank is, however, an inefficient way to treat such waters.

The waste water loading from fish processing industry consists of bloody waters and rinsing waters. Usually the fish is scaled and gutted by hand and rinsed mechanically. Solid waste is then collected to prevent loading to the waters.

The waste water loading before water treatment from a processing facility, cleaning an amount of 100 ton rainbow trout is BOD(ATU) 265-383 kg, P 2,5– 3,8 kg, N 34–40 kg and oils and fats 18–55 kg. When the fish is cleaned mechanically with machines the loading may be significantly higher. The phosphorus and nitrogen loading is relatively low. Therefore, it is easy to remove the phosphorus in waste water treatment process. Reducing biological oxygen demand and removing oils from the waste waters need more attention.

During the project a pilot waste water treatment plant was built up, but there was time only for a short-time test of this treatment plant. One practical possibility to treat the waste waters might be a waste water treatment plant situated inside a marine container. The annual investment cost of waste water treatment is 2000–4000 € when 100 tons of fish is cleaned and the operating time of the waste water treatment plant is 15 years. Operating cost is 1500–1600 € annually. The combined cost of waste water treatment is 0.035–0.055 € for each kg of fish cleaned. The other treatment options were discovered to be more expensive and could not be carried out during the project.

I JOHDANTO

I.1 Tutkimuksen lähtökohta ja tavoite

Lounais-Suomen ympäristökeskuksen alueella on noin satakolmekymmentä pientä kalanviljelylaitosta, joista noin viidelläkymmenellä on kalanperkaustoimintaa. Ympäristöhallinnon ympäristöluparekisteriä perustettaessa vuonna 2001 todettiin, että suurella osalla näistä kalanperkauslaitoksista ei ollut varsinaista ympäristölupaa, vaikkakin viranomaiset valvoivat laitosten toimintaa. Keskeinen ongelma on, ettei käytettävissä ole tarpeeksi ajan tasalla olevaa tutkimustietoa kalanperkauslaitosten ympäristölupapäätösten pohjaksi.

Aloitteita kalankasvatuslaitosten jätevedenkäsittelyn tehostamiseksi on tullut kuntien ympäristöviranomaisilta sekä Pro Saaristomeri -hankkeen (<http://www.prosaaristomeri.fi>) kautta. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kalankasvatuslaitosten perkaustoiminnasta aiheutuvaa vesistökuormitusta. Tutkimus toteutettiin yhteistyössä Suomen kalatalous- ja ympäristöinstituutin ja Turun ammattikorkeakoulun kanssa.

Useimmat kalankasvatuslaitokset sijaitsevat yleensä kunnallisen viemäriverkoston ulottumattomissa, joten niille täytyy rakentaa omia laitoskohtaisia jätevedenpuhdistamoita.

I.2 Tutkimuksen toteuttaminen

Lounais-Suomen ympäristökeskus myönsi vuonna 2001 ympäristönsuojelun edistämiseen tarkoitettua avustusta Suomen kalatalous- ja ympäristöinstituutille pienten kalankasvatuslaitosten jätevesien käsittelyn kehittämistä varten. Tutkimuksen muina rahoittajina ovat olleet Suomen kalatalous- ja ympäristöinstituutti, Turun ammattikorkeakoulu sekä yksittäiset kalankasvatuslaitokset ja jätevedenpuhdistuksen koelaitoksen toimittaja.

Tutkimus on toteutettu vuosina 2002–2006 Turun ammattikorkeakoulun tekniikan, ympäristön ja talouden tulosalueella. Tutkijana on toiminut tekn. lis. Arto Latvala sekä raportoinnin osalta tutkimus- ja kehityspäällikkö, FT Juha Kääriä ja projektipäällikkö, iktyonomi (AMK) Olli Loisa.

I.3 Ympäristöluvut

Vuonna 2002 voimaan tulleen ympäristönsuojeluasetuksen muutoksen (18.7.2002/621) mukaan kalastustuotteita käsittelevä laitos, jonka tuotantokapasiteetti on vähintään 50 tonnia vuodessa, tarvitsee ympäristöluvan.

Perkaamon tai kalaa käsittelevän laitoksen lupa-asian käsittelee

- a) kunta, jos toiminnasta ei aiheudu vesistön pilaantumisvaaraa (esim. perkaamo on liittynyt kunnalliseen viemäriin)
- b) ympäristökeskus, jos laitos aiheuttaa vesistön tai pohjavesien pilaantumisvaaraa (esim. päästö lasketaan käsittelyn jälkeen vesistöön tai ojaan tai maaperään)
- c) ympäristölupavirasto, jos kalankasvatuslaitos ja perkaamo muodostavat toimintakokonaisuuden (YSL 28 § 2 mom.1 kohta) esim. perkausvedet lasketaan samaan vesistöön missä kalankasvatuslaitos on tai johon kalankasvatuslaitos laskee päästönsä ja niillä katsotaan olevan yhteistä vaikutusalueita

Alle 50 tonnin vuosituotannon laitos ei ole asetuksen muutoksen jälkeen lupavelvollinen. Tätä pienemmätkin kalanperkaamot tai kalankäsittelylaitokset tulevat kuitenkin olemaan kuntien ympäristöviranomaisten valvonnan alaisena, vaikka ympäristöluvan saaminen ei olisikaan niiden toiminnan edellytys.



Kirjolohien perkaustoimintaa (kuva: Pasi Korvonen)

2 PERUSSELVITYKSET

2.1 Kalankasvatulaitokset

Lounais-Suomen ympäristökeskuksen alueella pieniä kalankasvatulaitoksia oli vuonna 2002 noin 130 kpl. Näistä 50–60 laitoksella oli myös kalanperkaustoimintaa. Näiden laitosten lisäksi on muutama iso laitos, joilla perkaustoiminta voi olla ympärivuotista. Pienillä laitoksilla perkaustoiminnan kesto vaihtelee laajoissa rajoissa. Eräillä laitoksilla kalanperkausta tapahtuu lähes ympäri vuoden, hiljaisena aikana esim. 1–2 päivää viikossa ja muutaman viikon sesonkiaikana kolme tai neljä päivää viikossa. Merkittävin perkausaika on ennen joulua ja sen pituus on yleensä noin 2–3 viikkoa. Joillakin laitoksilla on perkausta myös pääsiäissesonkia varten maaliskuussa.

Pienissä yrityksissä perattava kalamäärä vaihtelee 30 ja 100 tonnin välillä vuodessa. Suomalaiset kirjolohen kalankasvatulaitokset ovat melko pieniä, eikä ulkomailta löydy vastaavaa kokoluokkaa olevia laitoksia. Tämän takia vertailukelpoisten tutkimustulosten saaminen ulkomailta on ollut mahdotonta. Tästä syystä projektissa ei käsitellä lainkaan ulkomaisten kalankasvatulaitosten jätevedenkäsittelyä. Osalla suuremmista laitoksista jätevedet johdetaan kunnallisille jätevedenpuhdistamoille ja osalla on jo olemassa jätevedenkäsittelyä varten omia (esim. flotaatiosaostusprosessiin perustuvia) puhdistuslaitoksia.

Kalankasvatulaitosten kannattavuus ei ole ollut viime vuosina kovin hyvä tuottajan saaman kalakilon hinnan oltua tasolla 3–4 euroa/kg perattua kalaa. Kirjolohen kasvataminen 10 grammasta noin 1,5 kilon painoiseksi vaatii kaksi kesää. Rehukerros on noin 1,2–1,3 ja rehun hinta noin 1,2 € / kg. Rehukustannukset esimerkiksi 60 000 kalakilon kasvattamisessa vaihtelevat siten noin 85 000–95 000 € välillä, kalasta saatava hinta 2,5–3 euron mukaan on noin 150 000–180 000 €. Katetuotto jää nykyisin helposti yhden euron tasolle tai on voinut olla ajoittain jopa negatiivinen. Tämän seurauksena perheyriksen kannattavuusraja nousi ainakin väliaikaisesti noin 60 tonnin vuosituotannon tasolle. Koska useimmat kalanviljelylaitokset ovat olleet tätä pienempiä, ne ovat joutuneet toimimaan pitkäaikaisen kannattavuusrajan alapuolella.

Alalla vallitsevan käsityksen mukaan perkaustoiminnassa hygieenisistä syistä riittäväksi katsottava perkausvesien yhteismäärä on ollut kaksi litraa kalakiloa kohti. Monilla kalanperkauslaitoksilla käytettävä vesimäärä voi olla selvästi suurempikin. Perkausveden määrään ja laatuun ei aikaisemmin ole kiinnitetty erityistä huomiota eikä niitä pääsääntöisesti ole lainkaan puhdistettu ennen johtamista vesistöön. Puhdistamoiden rakentaminen kuitenkin edellyttää tietoa jätevesimääristä ja jäteveden laadusta sekä koko perkausprosessin tarkkailusta.

Kalanperkaustoiminnasta vesiin joutuva kuormitus muodostuu kalan teurastuksen yhteydessä muodostuvasta verestysvedestä ja kalanperkauksen yhteydessä käytetystä huuhteluvvedestä. Verestysvedessä kuormitusta aiheuttava aineosa on kalan veri, jota on

noin 3–4 % kalan painosta. Huuhteluvudessa puolestaan on runsaasti rasvaa. Kalanperkauslaitosten jäteveden tärkeä ominaispiirre on myös matala lämpötila eli pääsääntöisesti noin 5 °C tai vähemmän. Perkaustoiminnassa muodostuu perkausjätettä noin 15 % kalan tuorepainosta. Perkausjätteen käyttömahdollisuudet ovat hyötykäyttö, kompostointi tai kaatopaikkasijoitus.

2.2 Esimerkkejä kalankasvatuslaitoksista

Projektin alkuvaiheessa selvitettiin ne kalanviljelylaitokset, joilla oli halukkuutta osallistua perkausvesien puhdistamiseen tarkoitettun koelaitoksen rakentamiseen ja toiminnan seuraamiseen ja kehittämiseen. Kiinnostuneita kalankasvattajia pyydettiin ottamaan yhteyttä Suomen kalankasvattajien liiton kautta jäsenille lähetetyllä kirjeellä (liite 1). Vastanneiden kanssa selvitettiin kunkin laitoksen kalanperkaustoiminnan luonnetta ja jätevedenkäsittelyä (mm. perkausjaksojen määrää eri vuodenaikoina, vuorokaudessa ja viikossa perattavia kalamääriä hiljaisena aikana ja sesonkiaikoina). Pääosa laitoksista, jotka ottivat yhteyttä ja joista tietoja kerättiin, sijaitsevat Varsinais-Suomen alueella. Laitokset on luetteloitu ja esitetty ilman nimiä liitteessä 2.

2.3 Perkausjätevesien käsittelyn nykytila

Yksinkertaisimmillaan pienten kalanperkauslaitosten jätevedenkäsittelyprosessi sisältää kaksi–kolme kappaletta saostuskaivoja. Yleisimmin tällä hetkellä käytössä oleva menetelmä on kolme saostuskaivoa. Saostuskaivot on tarkoitettu jätevesien esikäsitteilyyn, laskeuttamaan kiintoainesta ennen varsinaista puhdistamista. Näiden erityisenä ongelmana on toimimattomuus hetkellisesti suurilla vesimäärillä. Jätevesi johdetaan useimmiten saostuskaivokäsittelyn jälkeen suoraan mereen.

Muutamissa yksittäisissä laitoksissa saostuskaivojen jälkeen seuraa maaperäkäsittely joko maasuodattamalla tai imeyttämällä jätevesi maahan. Käsittelyn tehoa ei pystytä arvioimaan koska suodattimien jälkeen ei yleensä ole rakennettu näytteenottokaivoja. Maahan imeytyksen osalta näytteenotto on hyvin vaikeaa toteuttaa. Muutamilla isomilla kalankasvatuslaitoksilla on toiminnassa flotaatiolaitoksia tai jätevedet johdetaan viemäriverkon kautta kunnalliseen puhdistamoon.

2.4 Laitetoimittajien ehdotukset jäteveden käsittelyn toteuttamiseksi

Tutkimuksen alkuvaiheessa neuvoteltiin kahdeksan eri jätevesien käsittelylaitteistoja valmistavan laitetoimittajan kanssa. Laitetoimittajilta pyydettiin ehdotuksia perkausjätevesien puhdistamiseksi. Kalanviljelyalan heikon kannattavuustilanteen takia erityisen ongelman muodostivat jätevesien puhdistukseen käytettävät niukat taloudelliset resurs-

sit. Enemmistö laitetoimittajista hyväksyi ajatuksen, että pienimmillä laitoksilla on mahdollista käyttää vain hyvin yksinkertaisia ja kohtuuhintaisia käsittelymenetelmiä.

Seuraavaan on koottu laitetoimittajien kanssa käydyissä keskusteluissa esille tulleita ehdotuksia perkausjätevesin käsittelemiseksi:

1. Kemialliset, biologiset ja biologiskemialliset jatkuvatoimiset prosessit.
2. Biologiset ja biologiskemialliset panosprosessit.
3. Siivilöinti, esim. rumpusiivilillä reikäkoko on 1,5–2,0 mm, ja sen jälkeen saostuskaivokäsittely. Rumpusiivilän pienentäminen alle 8 m³/h ei tuo kustannussäästöä, vaan on jopa vaikeampi valmistaa. Tämä tarkoittaa, että rumpusiivilää käyttävä laitos pystyy käsittelemään kahdeksan tunnin työvuoron aikana 48 m³ jätevettä, jos tehollista perkausaikaa on kuusi tuntia.
4. Turvesuodatus siten toteutettuna, että turvekerros on vaihdettavissa. Laitevalmistajilla ei kuitenkaan ollut näistä omakohtaisia kokemuksia.
5. Maasuodatuksen päälle asennettavilla moduuleilla tehostettu maasuodatus täydennettynä biologisella esikäsittelyllä ja tasausaltailla. Ennen maasuodatusta asennettävien moduulien tarkoituksena on estää suodatuksen tukkeutumista.
6. Yksinkertaistettu flotaatio, jossa ilmakuplat muodostetaan osittain mekaanisesti johtamalla ilmaa ennen vedenpumppeusta.
7. Isommille laitoksille soveltuva menetelmä on flotaatio, jota edeltää siivilöinti, reikäkoko esim. 1 mm. Tämä poistaa BOD-kuormituksesta 70–80 %.
8. Flotaation tulosta voidaan parantaa esim. ferrisulfaatin syötöllä, korkeatasoisiin tuloksiin pyrittäessä lipeän syötöllä pH:n tasaamiseksi ja maasuodatuksella. Täydentävien menetelmien tarkoituksena on tasata kuormitusvaihteluista mahdollisesti aiheutuvaa biologisen puhdistustuloksen heilahtelua.

Maasuodatusta sellaisenaan ei esittänyt yksikään haastatelluista laitevalmistajista.

2.5 Kalanperkaus teknisenä prosessina

Perusvaihtoehto kalanperkaustoiminnassa näyttää olevan kalan verestäminen, sen jälkeen tapahtuva käsin suoritettava perkaus ja peratun kalan koneellinen huuhtelu. Käsin suoritettavan perkauksen vaihtoehtona on koneellinen perkaus, jossa kala sekä perataan että huuhdellaan perkauuskoneessa. Useimmissa laitoksissa perkaus suoritetaan edelleenkin käsin ja joissakin tapauksissa kala myös huuhdellaan vesialtaassa ilman huuhtelukonetta.

Käytössä olevat huuhtelukoneet ovat joko kotimaista tai amerikkalaista alkuperää ja niiden ikä vaihtelee. Amerikkalaisille koneille on ominaista erittäin runsas vedenkulutus. Alalla vallitsevan käsityksen mukaan vettä tulisi käyttää huuhtelussa vähintään kaksi litraa kalakiloa kohti. Kotimaisen huuhtelukoneiden valmistajan mukaan he ovat selvittäneet 1990-luvun puolivälissä huuhteluveden määrää ja todenneet, että 0,5 litraa kalakiloa kohti on käytännön minimi, jolla voidaan varmistua siitä, että munuainen saadaan huuhdeltua kokonaan pois kauppaan toimitettavasta peratusta kalasta.

3 MITTAUKSET TOIMINNASSA OLEVILTA KALANVILJELYLAITOKSILTA

3.1 Jätevesimäärät ja niiden vaihtelut

Kirjoloihen kasvattamoilla kalanperkaustoiminta on useimmissa tapauksissa hyvin kausiluonteista. Sesonkiaikoina perataan suuria kalamääriä muutaman viikon aikana lähes joka päivä. Sen jälkeen toiminta hiljenee. Perkaustoiminnassa voi olla viikkojen tai kuukausien taukoja tai hiljaista aikaa, jolloin perkaustoimintaa on vain satunnaisesti parina päivänä viikossa. Hiljaisena aikana perattavat kalamäärät ovat usein pieniä. Perkausjätevesille rakennettavalle jätevedenpuhdistamolle tulevan kuormituksen vaihtelu voi siten olla suurta.

Seitsemällä laitoksella (taulukko 1) selvitettiin kalanperkauksessa käytetyn veden määrä. Pienimmillään vettä käytettiin kaksi litraa perattua kalakiloa kohden, enimmillään vettä kului yli 18 litraa, keskiarvon ollessa noin 6–8 litraa. Käytetty vesimäärä on verestysveden ja huuhteluveden yhteismäärä, paitsi laitoksen 7 tapauksessa, jossa 18 litraa on pelkästään huuhteluun kulunut vesimäärä. Tällainen vedenkulutus vastaa tilannetta, jossa kilon painoinen kala huuhdotaan 20 litran vesiastiassa ja astiaan vaihdetaan taas uusi vesi seuraavaa kalaa varten.

TAULUKKO 1. *Esimerkkitapauksia kalanperkauslaitoksista ja niiden vedenkäytöstä.*

	Vuosituotanto tonnia	Päiväkapasiteetti tonnia/d	Käytetty vesimäärä litraa/perattu kg	Käytetty vesimäärä maksimi m ³ /d
Laitos 1	100	0,4–4	6	18
Laitos 2	150	0,5–4	5	20
Laitos 3	150	2–9	4	36
Laitos 4	90	0,4–2	2	4
Laitos 5	120	0,4–3	6	18
Laitos 6	300	3–12	6–15 *	72
Laitos 7	180	ei tiedossa	18	>150

* koneellinen perkaus

Pienin käytetty vesimäärä esimerkkilaitoksilla oli kaksi litraa perattua kalakiloa kohti, yksi litra verestysvettä ja toinen huuhteluvettä. Suuri jätevesimäärä ei tähän saakka ole muodostanut ongelmaa, koska perkauslaitosten jätevesiä ei ole tarvinnut puhdistaa millään tavalla. Ei ole ollut merkitystä, millaiseen jätevesimäärään ympäristöön johdettava kuormitus on ollut sekoittuneena, kun sitä ei ole johdettu lainkaan puhdistamolle.

Perkaukseen käytettyjen vesimäärien ja päiväkohtaisten kulutuslukujen perusteella voidaan arvioida, montako kalanperkauspäivää tarvitaan, jotta laitoksen vuosituotanto

tulee peratuksi. Näyttää siltä, että siihen riittää kahden–neljän kuukauden työpäivät silloinkin, kun hiljaisen ajan ja sesonkiajan perkauspäiviä on yhtä paljon. Vuorokautiset maksimivesimäärät on esitetty taulukossa 1. Yleensä on kysymys vähintään kahdeksastatoista vesikuutiosta vuorokaudessa nykyisillä suurehkoilla vedenkäyttömäärillä. Kalanperkauslaitokset ryhmiteltiin myös kokoluokkiin (taulukko 2) vuorokautisen kalanperkausmäärän ja siihen kulutetun vesimäärän perusteella.

TAULUKKO 2. *Pienten kalanperkauslaitosten karkea jako kokoluokkiin vuorokautisen vedenkulutuksen perusteella.*

Vedenkulutuksellinen kokoluokka	pieni	keskisuuri	suuri
Perattava kalamäärä / vuorokausi	400–2000	400–3000	3000–9000
Käytetty vesimäärä (litraa / perattu kalakilo)*	2	6	6
Kokonaisvedenkulutus m ³ / vuorokausi	0,8–4	2,4–18	18–54

* verestysveden ja huuhteluveden yhteenlaskettu määrä

Taulukossa 2 käytetyt vesimäärät perustuvat tutkittuihin vedenkulutusarvoihin. Niitä pystytään pienentämään, kunhan asiaan kiinnitetään erityistä huomiota. Pienimmässä kokoluokassa käytetty vesimäärä on lähellä ajateltavissa olevia käytännön minimiarvoja.

Perkauksen yhteydessä on kalanpesussa nykyisin käytetty vähintään kaksi litraa vettä kalakiloa kohti. Osassa kalanpesukoneista vettä suihkutetaan runsaasti myös kalan ohi. Osa tutkituista perkaus- ja huuhtelukoneista oli selvästi peruskorjauksen tarpeessa ja laitteissa ei pääsääntöisesti ollut laitteen vedenkulutusta mittaavaa vesimittaria. Perkauksessa käytettävää vesimäärää ei siis pesukoneissa säädetty tarvetta vastaavaksi. Hetkellisen vedenkulutuksen mittaaminen vesimittarilla auttaisi vähentämään tarpeettonta vedenkulutusta. Erään kotimaisen laitevalmistajan selvitysten mukaan nykyaikainen kalanpesukone tuottaa hyvän hygieenisen tuloksen, kun käytetty vesimäärä on puoli litraa kalakiloa kohti ja käytetyn veden paine valmistajan ohjeiden mukainen. Toinen tehokas keino veden määrän vähentämiseen on perkaus- ja huuhtelukoneiden suuttimien tarkastaminen ja säätö. Vesimittarin hankinta ja koko vedenkulutuskysymyksen tarkasteleminen ja kokeilu on sellaista valmistelua, mitä kalankasvattaja itse voi tehdä. Vähentämällä perkaukseen käytettävää vedenkulutusta perkauslaitoksen jätevedenpuhdistuksen kustannuksia voidaan pienentää merkittävästi.

Tutkimuksen mukaan pesukone käyttää noin kaksi sekuntia yhden kalan huuhteleamiseen. Esimerkkitapauksessa koneeseen tuli keskimäärin yhdeksän kalaa minuutissa, jolloin niiden huuhteluun kului aikaa 18 sekuntia. Minuutin aikana kone siis suihkutti noin 40 sekuntia vettä tyhjään koneeseen. Kalanpesu- ja perkauskoneiden säätöautomaattikan kehittäminen onkin tärkeimpiä keinoja kalanperkauslaitosten tarpeettoman vedenkäytön rajoittamisessa.

Syntyvän jäteveden määrään vähentämiseen sijoitetut panokset tulevat takaisin jätevedenpuhdistuksen kustannusten alenemisena. Monissa tapauksissa jätevesien johtaminen yleiseen viemäriverkkoon esimerkiksi paineviemärintekniikalla saattaa olla kokonaistaloudellisesti toteuttamiskelpoisen vaihtoehto.

3.2 Kalanperkauslaitosten jäteveden laatu ja ympäristökuormitus

3.2.1 Saostuskaivosta otetut näytteet

Kalanperkauslaitosten jätevesien laatututkimukset aloitettiin keväällä 2002. Työ käynnistyi aluksi yhteistyössä Lounais-Suomen ympäristökeskuksen kanssa. Ensimmäiset näytteet otettiin Lounais-Suomen ympäristökeskuksen toimesta kalanperkauslaitosten saostuskaivoista ja näytteistä selvitettiin fosforin ja kemiallisen hapenkulutuksen osalta myös liukoisen kuormituksen osuutta. Kalanperkaus ei ollut käynnissä kummallakaan tutkitulla laitoksella juuri näytteenottohetkellä ja tämä heikentää olennaisesti tulosten käyttökelpoisuutta. Kalanperkaus oli lopetettu ennen näytteenottoa, joten jätevesi ei ollut aivan tuoretta. Jatkossa kaikki muut vesinäytteet on otettu tuoreesta jätevedestä ennen mahdollista saostuskaivoon johtamista kalanperkauksen ollessa käynnissä.

TAULUKKO 3. Poistuvan veden laatu kahdella kalanperkauslaitoksella (Kalastusyhtymä Valtanen, Luvia ja Rantamaan Lohi, Uusikaupunki). Näytteet otettu viimeisestä saostuskaivosta 15.4.2002 Lounais-Suomen ympäristökeskuksen toimesta.

		Valtanen Luvia	Rantamaan Lohi Uusikaupunki
COD (Cr)	mg/1 O₂	1700	970
liukoinen COD (Cr)	mg/1 O₂	780	650
liukoisen osuus	%	46	67
COD (Mn)	mg/1 O₂	180	110
liukoinen COD(Mn)	mg/1 O₂	140	95
liukoisen osuus	%	78	86
kokonaisfosfori	mg/1	12	17
liuennut kokonaisfosfori	mg/1	9,6	16
liunneen osuus	%	80	94
kokonaistyyppi	mg/1	100	96
kiintoaine (GF/A)	mg/1	260	130

Kemiallisen hapenkulutuksen määrityksissä on tutkimuksessa käytetty pääosin Mn-menetelmää sen paremman tarkkuuden ja toistettavuuden vuoksi Cr-menetelmään verrattuna.

Fosforin ja hapenkulutuksen osalta kuormituksesta 46–80 % oli liukoisessa muodossa (taulukko 3). Mikäli tämä yksittäinen analyysi on yleistettävissä, kalanperkauslaitosten jätevesien liukoisen kuormituksen suuri osuus ei tee näiden jätevesien käsittelyä kovin yksinkertaiseksi ja helpoksi.

Perkauksessa käytetyt vesimäärät vaihtelivat eri tutkituilla laitoksilla. Jätevesien kuormitusta mitattiin tuoreesta jätevedestä ennen sen joutumista saostuskaivoon. Saostuskaivoon jo ennestään kertyneellä kuormituksella ei siis näin ollen ollut vaikutusta mitattuihin tuloksiin.

3.2.2 Perkaus- ja verestysvesien laatu tutkituilla kalanviljelylaitoksilla

Kesän ja syksyn aikana vuonna 2002 tehtiin 100–1000 kilon kalaerien koeperkauksia. Käsittely kalamäärä punnittiin perattuna ja kaikki verestysvesi ja pesuvesi otettiin talteen. Jätevesien tilavuus mitattiin ja niistä otettiin vesinäytteet. Tutkimustulokset esitetään myös suhteutettuna sadan tonnin vuosituotantoa kohti (perattua kalaa).

Jätevesikuormitus Luvialla käsin peratusta koe-erästä ilman koneellista huuhtelua

Kalankasvatuslaitoksella Luvialla teurastettiin ja perattiin koe-erä kirjolohta 16.9.2002. Koe-erän perattu paino oli 148,1 kg ja talteen otetut perkausjätteiden paino oli 26,5 kg eli yhteensä kalaa oli 174,6 kg. Tässä määrässä ei ole mukana teurastuksen yhteydessä verestysveden tulleen kalan veren osuutta. Talteen otetun verestysveden tilavuus oli 146,5 litraa eli n. 1 litraa perattua kalakiloa kohti. Kirjoloheet perattiin käsin, jonka jälkeen ne huuhdeltiin vesiastiassa ilman pesukonetta. Käytetyn huuhteluveden tilavuus oli 124,3 litraa eli noin 0,8 litraa perattua kalakiloa kohti. Vesinäytteet otettiin tuoreesta verestysvedestä ja pesuvedestä ennen niiden johtamista saostuskaivoon (taulukko 4).

TAULUKKO 4. Tulokset Luvialta Kalastusyhtymä Valtasen laitokselta otetuista vesinäytteistä 16.9.2002. Näytteet on otettu tuoreesta verestysvedestä ja tuoreesta huuhteluvdestä huolellisen sekoituksen jälkeen ennen saostuskaivoon johtamista.

		Verestysvesi	Perkausvesi
BOD7 (ATU)	mg/l	3100	900
COD (Mn)	mg/l O ₂	1100	210
liukoinen COD(Mn)	mg/l O ₂	1000	100
kokonaisfosfori	mg/l	31	8,5
kokonaistyppe	mg/l	440	59
kiintoaine (GF/A)	mg/l	510	850
rasvat ja öljyt	mg/l	-	210

Verestysvettä 54 % ja huuhteluvettä 46 % kokonaisvesimäärästä.

Analyysituloksista ja vesimääristä laskettu ympäristökuormitus 100 tonnin vuotuista kalanperkausta kohti on esitetty taulukossa 5.

TAULUKKO 5. *Kalastusyhtymä Valtasen laitokselta Luvialla 16.9.2002 peratun koe-erän mukaan laskettu 100 tonnin vuotuisesta kalanperkauksesta aiheutuva ympäristökuormitus. Perattu käsin, ilman koneellista huuhtelua.*

		Verestysvesi	Perkausvesi	Yhteensä
BOD7 (ATU)	kg	307	76	383
COD (Mn)	kg O ₂	109	18	127
liukoinen COD (Mn)	kg O ₂	99	8	107
kiintoaineen COD (Mn)	kg O ₂	10	9	19
kokonaisfosfori	kg	3,1	0,7	3,8
kokonaistyyppi	kg	44	5	49
kiintoaine (GF/A)	kg	50	71	121
rasvat ja öljyt	kg	-	18	-
jätevesimäärä	m ³	99	84	183

Jätevesikuormitus, kun käsinperkauksen jälkeen suoritetaan koneellinen huuhtelu

Savon taimenen kalanviljelylaitoksella Västanfjärdissä perattiin koe-erä kirjolohta 7.8.2002. Perattuna kirjolohierän paino oli 645 kg. Kala verestettiin, verestysvesi otettiin talteen ja mitattiin sen tilavuus. Tilavuus verestyksen jälkeen oli 2 035 litraa eli 3,2 litraa perattua kalakiloa kohti. Kala perattiin käsin. Perkauksen jälkeen perattu kala huuhdeltiin koneellisesti. Huuhteluveden määrä selvitettiin huuhtelussa käytetyn vesimäärän (litraa sekunnissa) ja huuhtelun kestoajan avulla. Tulokseksi saatiin 3,3 litraa perattua kalakiloa kohti. Verestysvedestä ja huuhteluvdestä otettiin vesinäytteet, joiden tulokset on esitetty taulukossa 6.

TAULUKKO 6. *Tulokset Savon Taimenen laitokselta Västanfjärdissä otetuista vesinäytteistä 7.8.2002. Näytteet otettiin tuoreesta verestysvedestä huolellisen sekoituksen jälkeen ja tuoreesta huuhteluvdestä koneellisen huuhtelun jälkeen.*

		Verestysvesi	Perkausvesi
BOD7 (ATU)	mg/l	490	330
COD (Mn)	mg/l O ₂	150	98
liukoinen COD(Mn)	mg/l O ₂	96	49
kokonaisfosfori	mg/l	5,4	2,4
kokonaistyyppi	mg/l	73	33
kiintoaine (GF/A)	mg/l	130	290
rasvat ja öljyt	mg/l	-	96

Verestysvettä 49 % ja huuhteluvettä 51 % kokonaismäärästä.

- puuttuva tieto

Analyysituloksista ja vesimääristä laskettu ympäristökuormitus 100 tonnin vuotuista kalanperkausta kohti on esitetty taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Savon Taimenen laitoksella Västanfjärdissä 7.8.2002 peratun koe-erän mukaan laskettu 100 tonnin vuotuisesta kalanperkauksesta aiheutuva ympäristökuormitus. Perattu käsin ja huuhdeltu koneellisesti.

		Verestysvesi	Perkausvesi	Yhteensä
BOD7 (ATU)	kg	157	109	266
COD (Mn)	kg O ₂	48	32	80
liukoinen COD (Mn)	kg O ₂	31	16	47
kiintoaineen COD (Mn)	kg O ₂	17	16	33
kokonaisfosfori	kg	1,7	0,8	2,5
kokonaistyyppi	kg	23	11	34
kiintoaine (GF/A)	kg	42	96	138
rasvat ja öljyt	kg	-	32	-
jätevesimäärä	m ³	316	333	649

- puuttuva tieto

Uudessakaupungissa perattiin pieni koe-erä kirjolohta 14.8.2002. Kalanperkausmäärä oli poikkeuksellisen pieni, alle 100 kg. Myös verestysveden määrä oli poikkeuksellisen pieni, muodostuen lähinnä vain jäädytykseen käytetystä jäätystä eli vain 0,27 litraa perattua kalakiloa kohti. Huuhteluvettä käytettiin 5 litraa kalakiloa kohti. Verestysveden pieni määrä näkyy analyysituloksissa korkeina pitoisuuksina (taulukko 8).

TAULUKKO 8. Verestysveden ja huuhteluveden laatu Rantamaan Loben laitoksella Uudessakaupungissa 14.8.2002.

		verestysvesi	perkausvesi
BOD7 (ATU)	mg/l	5600	230
COD (Mn)	mg/l O ₂	2100	90
liukoinen COD(Mn)	mg/l O ₂	2000	42
kokonaisfosfori	mg/l	65	2,0
liukoinen fosfori	mg/l	48	2,1
kokonaistyyppi	mg/l	900	19
rasvat ja öljyt	mg/l	14	71

Tässäkin tapauksessa laskettiin 100 tonnin vuotuista kalanperkausmäärää kohti aiheutuva ympäristökuormitus (taulukko 9). Tulokset ovat samaa suuruusluokkaa kuin Savon Taimenen laitoksella Västanfjärdissä (taulukko 7).

TAULUKKO 9. Verestysveden ja huuhteluveden aiheuttama kuormitus 100 tonnin vuotuista perkausmäärää kohti Rantamaan Loben laitoksella Uudenkaupungissa 14.8.2002 tehtyjen mittausten mukaan.

		Verestysvesi	Perkausvesi	Yhteensä
BOD7 (ATU)	kg	151	115	266
COD (Mn)	kg O ₂	57	45	102
liukoinen COD (Mn)	kg O ₂	54	21	75
kiintoaineen COD (Mn)	kg O ₂	3	24	27
kokonaisfosfori	kg	1,8	1,1	2,9
liukoinen fosfori	kg	1,3	1,1	2,4
kokonaistyyppi	kg	24	10	34
rasvat ja öljyt	kg	0,4	36	36,4

Anavaisten Lohi teki 1000 kg kirjolohierän koeperkauksen 2.10.2002. Kaikki kuormitusta sisältäneet vesifraktiot otettiin talteen, niistä mitattiin tilavuudet ja otettiin vesinäytteet. Mittausten tulokset on esitetty taulukoissa 10 ja 11. Verestysveden määrä oli 1000 litraa eli 1 litra kalakiloa kohti. Huuhtelultaan veden tilavuus oli 500 litraa ja pesukoneelta tulleen veden määrä 400 litraa eli yhteensä 0,9 litraa kalakiloa kohti.

TAULUKKO 10. Mittaustulokset koeperkauksessa talteen otettujen vesifraktioiden laadusta Anavaisten Loben laitokselta 2.10.2002.

		Verestysvesi	Pesukone	Huuhteluallas
BOD7 (ATU)	mg/l	2300	380	1500
COD (Mn)	mg/l O ₂	-	120	400
liukoinen COD (Mn)	mg/l O ₂	-	57	350
kokonaisfosfori	mg/l	19	3,5	10
kokonaistyyppi	mg/l	320	37	120
kiintoaine (GF/A)	mg/l	250	230	750
rasvat ja öljyt	mg/l	<10	39	310

- puuttuva tieto

TAULUKKO 11. Koeperkauksessa talteen otettujen vesifraktioiden kuormitus 100 tonnin vuotuista perkausmäärää kohti laskettuna Anavaisten Loben laitoksella 2.10.2002.

		Verestysvesi	Pesukone	Huuhteluallas	Yhteensä
BOD7 (ATU)	kg	230	15	75	320
COD (Mn)	kg O ₂	70	5	20	95
liukoinen COD (Mn)	kg O ₂	56	2	18	76
kiintoaineen COD (Mn)	kg O ₂	14	3	3	20
kokonaisfosfori	kg	1,9	0,1	0,5	2,5
kokonaistyyppi	kg	32	1	6	39
kiintoaine (GF/A)	kg	25	9	38	72
rasvat ja öljyt	kg	<1	2	16	18

Huomiota kiinnittää pesukoneelta tulevan kuormituksen vähäisyys. Kuormituksesta merkittävä osa näyttää jääneen erilliseen huuhtelultaaseen. Vastaavia erillisiä huuhtelualtaita ei ole muissa esille tulleissa koekohteissa ollut käytössä.

Jätevesikuormitus, kun kala on perattu koneellisesti

Uudessakaupungissa perattiin 22.1.2003 koe-erä kirjolohta perkauskoneella. Koe-erän perkauksessa käytetyn verestysveden määrä oli poikkeuksellisen pieni, vain noin 0,5 litraa perattua kalakiloa kohti. Huuhteluveden määrä oli puolestaan 2,2 litraa perattua kalakiloa kohti. Taulukoissa 12 ja 13 on esitetty verestys- ja huuhteluviestä otettujen vesinäytteiden tulokset. Tutkitussa tapauksessa kuormitus on ollut selvästi suurempi kuin käsin perattujen koe-erien aiheuttama kuormitus.

TAULUKKO 12. *Verestysveden ja huuhteluvien laatu koneellisen perkauksen yhteydessä Uudessakaupungissa 22.1.2003.*

		Verestysvesi	Perkausvesi
BOD7 (ATU)	mg/l	6200	4500
COD (Mn)	mg/l O ₂	1700	1500
kokonaisfosfori	mg/l	69	44
liukoinen fosfori	mg/l	46	38
kokonaistyyppi	mg/l	1000	360
rasvat ja öljyt	mg/l	<40	250

TAULUKKO 13. *Verestysveden ja huuhteluvien aiheuttama kuormitus 100 tonnin vuotuista perkausmäärää kohti koneellisen perkauksen yhteydessä 22.1.2003 tehtyjen mittausten mukaan.*

		Verestysvesi	Perkausvesi	Yhteensä
BOD7 (ATU)	kg	310	990	1300
COD (Mn)	kg O ₂	85	330	415
kokonaisfosfori	kg	3,5	9,7	13,2
liukoinen fosfori	kg	2,3	8,4	10,7
kokonaistyyppi	kg	50	79	129
rasvat ja öljyt	kg	<2	55	55

4 SAOSTUSKAIVOKÄSITTELYN JA MAASUODATTIMEN TOIMINNAN ARVIOINTI

4.1 Saostuskaivokäsittely

Kalanperkauslaitosten jätevedet johdetaan yleensä saostuskaivojen ja purkuputken kautta vesistöön. Tavallisesti saostuskaivot ovat pieniä. Huomattavaa on, että perkauslaitosten vuorokautinen kuormitus tulee yleensä vain muutaman tunnin aikana. Saostuskaivot on alun pitäen suunniteltu yksittäisten talouksien käyttöön yhden tai korkeintaan kahden kuutiometrin vuorokausivirtaamille. Saostuskaivoilla ei varsinaisesti ole pintakuorman perustuvia mitoitusohjeita, kuten selkeytyksessä yleensä on tapana tehdä. Ohjeistuksessa onkin keskitytty pelkästään tilavuusvaatimukseen, koska yksittäisten talouksien tapauksissa pintakuorma jää yleensä jopa alle $0,3 \text{ m}^3$ vettä tunnissa saostuskaivon pinta-alaneliötä kohti.

Perkauslaitosten tapauksessa saostuskaivoja käytetään jäteveden selkeytysaltaina. Selkeytyksen mitoitusarvo on pintakuorma, joka tarkoittaa mitoitusvirtauksen (m^3 tunnissa) jakamista altaan pinta-alalla. Jotta selkeyttämöllä voitaisiin katsoa olevan jonkinlaista selkeytystehoa, ensimmäisen kaivon pintakuorman tulisi olla enintään mekaanisen etuselkeytyksen tasoa eli $2,0 \text{ m}^3$ jätevettä saostuskaivon pinta-alaneliometriä kohti tunnissa. Tämä merkitsee halkaisijaltaan vähintään 1,4 m saostuskaivoa, jos kuuden tunnin virtaus on 18 m^3 . Toisen ja mahdollisen kolmannen saostuskaivon halkaisijoiden tulisi olla suurempia eli halkaisijaltaan vähintään 2,0 m sillä perusteella, että niissä pintakuorman tulisi olla enintään $1,0 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$. Tätä arvoa käytetään selkeytyksen yleisenä mitoitusperusteena jätevedenpuhdistamoilla. Jotta tulos vastaisi yksittäisten talouksien saostuskaivokäsittelyn tulosta, esimerkkitapaus, jossa kuuden tunnin virtaus on 18 m^3 , vaatisi halkaisijaltaan vähintään 2,75–3,5 metrin saostuskaivot. Käytännössä suurillakin kalanperkauslaitoksilla saostuskaivot ovat tätä pienempiä. Koko saostuskaivokäsittelyn toiminta-idea on tällöin menetetty ja ne toimivatkin pääasiassa läpivirtauskaivoina.

Tulisiko saostuskaivoista kokonaan luopua ja rakentaa tilalle jotakin täysin muuta? Nykytilanteessa kyllä, mutta vastaus ei ole aivan yksiselitteinen. Mikäli vesimääriä pystytään rajoittamaan siten, että saostuskaivojen mitoituskuormitukset eivät ylitä, niistäkin voi olla hyötyä. Vesimäärien rajoittaminen on tärkeitä senkin takia, että suunniteltavien ja rakennettavien puhdistamoiden mitoitusvesimäärät ja rakennuskustannukset saataisiin kohtuullisemmalle tasolle ja samalla puhdistamoiden toiminta varmemmaksi ja tehokkaammaksi.

4.2 Maasuodattimen toiminta

Maasuodattimia on kalanviljelylaitoksilla käytössä muutamia kappaleita, tosin lähes kaikista puuttuu näytteenottomahdollisuus maasuodattimen läpi kulkeneesta, käsitellystä jätevedestä. Lisäksi on todettava, että uuden maasuodattimen seuranta koemie-

lessä tuottaa yleensä pitkäaikaisen käytön kannalta liian optimistisia odotuksia. Tämä johtuu siitä, että maasuodattimen tulos yleensä heikkenee käytön myötä, erityisesti fosforin pidättämisen suhteen. Täten varsinkin vasta käyttöönotetusta maasuodattimesta tutkitut tulokset antavat maasuodattimen suorituskyvystä liian myönteisen kuvan.

Seuraavassa on tuloksia toiminnassa olevalta laitokselta. Kyseessä on Virolahdella sijaitseva, vajaat kaksi vuotta käytössä ollut maasuodatin, joka oli ehtinyt käsitellä näytteenoton aloitushetken mennessä noin 200 kalatonnin (kirjolohta) perkausvedet. Vuosittainen perkausmäärä on ollut noin 150 tonnia ja perkaus on tehty perkauskooneella. Jätevedenkäsittelyn muodostaa kolme 10 m³ lietesäiliötä, jotka ovat käytössä esiselkeytystarkoituksessa sekä niiden jälkeen metrin korkea avoin 50 m² hiekkapatja.

Virolahdelle perattiin 13.5.2002 noin 4 000 kg kirjolohta 8 tunnin aikana. Vedenkäyttö oli puolet ajasta 40 l/min ja yhteensä noin 10 m³. Liukoisen fosforin osuus oli tulevassa kokonaisfosforissa 100 % ja lähtevässä 83 %.

Maasuodattimen toiminnasta otettiin vesinäytteet 14.5.2002 (taulukko 14). Yhden näytteen perusteella on kuitenkin mahdotonta tehdä johtopäätöksiä, koska maasuodattimeen johdettavan veden laatu vaihtelee. Tulosten perusteella maasuodatus vähensi kiintoainesta ja siten jätevesien happea kuluttava vaikutus pieneni.

TAULUKKO 14. Tuloksia maasuodattimelta Virolahdelta 14.5.2002, maasuodatin avoin, pinta-ala 50 m².

		Tuleva	Lähtevä	Reduktio
COD(Mn)	mg/l O ₂	300	200	33 %
COD(Mn)-liukoinen	mg/l O ₂	190	170	11 %
COD(Mn)-kiintoaineeseen				
sitoutunut osuus	mg/l O ₂	110	30	73 %
Kokonaisfosfori	mg/l	18	18	0 %
Liukoinen fosfori	mg/l	18	15	17 %
Kiintoaine (GF/A)	mg/l	300	50	83 %

Tavoitteena oli ottaa lisää näytteitä maasuodattimen toiminnasta, mutta kalanviljelijän maasuodatin tukkeutui, eikä lähtevästä vedestä saatu enää myöhemmin näytteitä. Yksittäinen tutkimustulos edustaa siten tukkeutumisvaiheessa olevan maasuodattimen toimintaa ennen maasuodattimen lopullista tukkeutumista.

5 KOEPUHDISTAMO

5.1 Koelaitoksen ja koekohteiden valinta

Projektin koepuhdistamoiden kohdepaikoiksi valittiin kalanviljelylaitokset niiden joukosta, jotka olivat ilmoittaneet kiinnostuksensa Suomen Kalankasvattajaliiton kautta lähetetyn informaation perusteella. Tarjousten perusteella valittiin koelaitosten puhdistusprosessit ja toimittajat. Jotta koepuhdistamoiden kustannukset olisivat pysyneet kohtuullisina, kohteiksi valittiin kaksi pientä kalanperkauslaitosta.

Maasuodatuksen täydentämiseen valitun kohteen omistaja ilmoitti, että he eivät halua toteuttaa kuin osan heille tehdyn tarjouksen mukaisista toimenpiteistä. Syynä oli sekä koko alan että yrityksen heikot talousnäkymät ja se, että heillä oli ympäristölupahakemus vireillä entisiin ehdoin. Laitoksella ei siis ollut voimassa olevaa velvoitetta jätevedenkäsittelyn tehostamiseen. Viljelylaitokselle oli alun perin tarkoitettu toimittamaan biologinen esikäsittely-yksikkö ja maasuodatuksen tehostus. Puhdistamon laitetoimittaja katsoi, että heidän tarjouksensa oli kokonaisuus ja toimittaja ei halunnut ottaa osatöimituksesta sellaista vastuuta, että toteuttaisivat puhdistamon, jonka toiminnasta eivät olleet vakuuttuneita. Myös toisen valitun koekohteen omistajat ilmoittivat, että he harkitsevat kalanviljelytoiminnan lopettamista.

Nämä tapahtumat johtivat tilanteeseen, jossa jouduttiin valitsemaan uusi kohde isompien kalanperkauslaitosten joukosta. Laitoksen kokoluokan muuttuessa ei ollut tutkimushankkeen puitteissa mahdollisuuksia kuin yhden koepuhdistamon toteuttamiseen. Puhdistamosta saatiin kuitenkin jätevedenkäsittelyprosessien osalta kattavampi siten, että se sisälsi sekä biologisen että kemiallisen osan ja jälkisuodatuksen. Puhdistamon laitteistojen tilaaminen viivästyi alkuperäisestä aikataulusta ja puhdistamo saatiin koekäyttökuuntoon vasta syyskuun lopulla 2003. Kalanviljelijällä ei tässäkään tapauksessa ollut jätevesilupaan liittyviä velvoitteita.

5.2 Tehdyt esikokeet

Hitaasti hajoavat kalarasvat haittaavat puhdistusprosessia ja rasvojen määrää tulee vähentää esikäsittelyssä ennen varsinaista puhdistusprosessia. Hankkeessa tutkittiin, voiko vesistökuormitusta pienentää yksinkertaisella esikäsittelyllä.

Kalanperkauslaitoksen jätevedet muodostuvat kahdesta fraktiosta, verestysvedestä ja kalanperkauksen jälkeisestä peratun kalan huuhtelusta tulevasta huuhteluviedestä. Savon Taimenen kalanviljelylaitoksella Västanfjärdissä huuhtelukoneesta tuleva vesi suodatettiin kivivillasuodattimella, jonka tilavuus oli noin 20 litraa. Tavoitteena oli selvittää, mitä rasvapitoisuudelle tapahtuu kivivillasuodattimessa. Perkausveden rasvapitoisuus oli 96 mg/l ennen kivivillasuodatusta ja kivivillasuodatuksen jälkeen aluksi 13 mg/l ja myöhemmin vakiintuneen toiminnan aikana 37 mg/l (taulukko 15). Jälkimmäinen tulos vastanee paremmin pidemmän aikavälin tulosta.

Verestysvettä säilytettiin yön yli yhden litran astiassa. Säilytyksen aikana näytteessä tapahtui sakan laskeutumista. Tulokset ennen ja jälkeen laskeutuksen on myös esitetty taulukossa 15.

TAULUKKO 15. *Esikäsitteilykokeiden tuloksia Savon Taimenen laitokselta Västanfjärdistä.*

		Verestysvesi		Perkausvesi	
		Käsittelemätön Laskeutettu		Käsittelemätön	Suodatettu ¹
BOD7(ATU)	mg/l	420	220	330	
COD (Mn)	mg/l O ₂		120	89	98
COD (Mn)-liuk.	mg/l O ₂	78	71	49	
Kokonaisfosfori	mg/l	4,9	3,1	2,4	
Kokonaistyyppi	mg/l	59	33	33	
Kiintoaine	mg/l	120	35	290	
Rasvat ja öljyt	mg/l			96	13–37

¹Suodatus tehty kivivillasuodattimella.

Verestysveden COD-kuormitus laski noin 25 % ja BOD-kuormitus noin 48 %. Fosforikuormitus puolestaan aleni 37 % ja typpi 44 %. Perkausveden rasvapitoisuus laski kivivillasuodattimella käsiteltynä lyhyellä aikavälillä noin 60 %. Kivivillasuodattimen käyttöaikana sen läpi johdettiin ennen suodattimen tukkeutumista noin kolmen viikon aikana yhteensä 7 880 kalakilon perkauksesta aiheutuneet huuhteluedet (3,3 l/kalakilo eli noin 26 m³ vettä). Kivivillan tarve ja kulutus oli siten noin 0,8 litraa jätevesikuutiota kohti ennen tukkeutumista. Tuloksia ei kuitenkaan voida yleistää, koska tutkimus tehtiin vain kertaluontoisesti yhdellä viljelylaitoksella.

5.3 Koelaitoksen rakenne ja käyttöönotto

Koelaitosprosessi sisälsi sisätiloihin sijoitettavan esisuodattimen sekä ulkopuolisen tasausaltaan, josta puhdistettava vesi nostetaan kello-ohjatulla pumpulla tasaisesti koko vuorokauden ajan varsinaiseen käsittelyyn. Käsittely sisälsi kolmeosaisen esiselkeytyksen, sen jälkeen tulevan biologisen käsittelyn biosuodattimella, kemiallisen jälkisaostuksen sekä jälkisuodatuksen kivivillasuodattimilla. Biologinen käsittely voitiin tarvittaessa ohittaa ja käyttää siten pelkästään esiselkeytystä, kemiallista käsittelyä ja jälkisuodatusta. Näytteenottomahdollisuudet olivat ennen puhdistamoa, biologisen käsittelyn jälkeen, kemiallisen käsittelyn jälkeen ja suodatuksen jälkeen. Koko puhdistuslaitos sijoitettiin 20 jalan merikonttiin. Laitos on siten mahdollista siirtää kokonaisuudessaan ja asentaa uuteen kohteeseen. Laitos oli myös lämpöeristetty seinien ja katon osalta sekä varustettu lämmityspattereilla. Alaosa tarvitsee asennuksen yhteydessä järjestettävän lämpösuojauksen. Puhdistuslaitos on mitoitettu käsittelemään

tasaisella kuormituksella jätevettä 18 m³/vrk. Laitteisto on mitoitettu laadultaan seuraavanlaiselle jätevedelle, BOD 900 mg/l, P 10 mg/l ja N 113 mg/l.

Puhdistuslaitoksella on ulkopuolinen tulopumppu, jolla jätevesi nostettiin laitokseen vanhan jätevesiprosessin saostuskaivoista. Pumpun teho oli 3,6 m³/h. Laitokseen rakennetun ohjausyksikön avulla pumpun käyntiaikaa voidaan ohjata ja siten pumpata laitokseen jätevettä eri määriä. Tulopumppausta voidaan laitteiston automatiikalla vaihdella portaittain tehosta 2,7 m³/vrk alkaen seuraavasti; 5,4 m³/vrk, 10,8 m³/vrk ja 21,6 m³/vrk.

Merikontin sisään asennettu puhdistuslaitos asennettiin Veli-Matti Rantamaan kalanperkauslaitokselle Uuteenkaupunkiin 24.9.2003. Tasausallasta ja esisuodatusta ei toteutettu. Tasausaltaan rakentaminen olisi viivästyttänyt koekäytön aloittamista.

5.4 Koekäyttö

Koekäyttö aloitettiin 2.10.2003 pumpaamalla jätevettä tehokkuudella 2,7 m³/vrk, jolloin tulopumppu kävi 0,46 minuuttia 15 minuutin jaksossa. Biologisen toiminnan käynnistyksen nopeuttamiseksi laitokseen lisättiin noin kilo kaupallisesti saatavaa alkubakteeriymppeä. Kokeessa käytettiin kemikaalina polyalumiinikloridia (PAC), joka kykenee saostamaan laajalla pH-alueella. Kemikaalia annosteltiin aluksi 300 g/m³ ja sitä syötettiin raakana ilman laimennusta. PAC-kemikaalin hinta pienissä erissä on noin 1,03 € / kg ja sitä käytettiin alkuvaiheessa 300 g/m³. Tämä kemikaaliannostus on korkea, koska tavoitteena oli saostaa fosforin ohella kiintoainetta ja BOD:tä, olettaen, että biologinen osa ei vielä alkuvaiheessa toimi kovin hyvin. Tulopumpun tehoa nostettiin 9.10.2003 lukemaan 10,8 m³/vrk, minkä jälkeen aloitettiin näytteenotto.

Koetilanteen alkuvaihe vastaa erityisesti tilannetta, jossa puhdistuslaitos on seissyt pitkiä aikoja ja jolloin puhdistustulos pyritään saamaan aikaan kemiallisen käsittelyn avulla. Puhdistustulos vastannee sesonkien ulkopuolella tehtyjä satunnaisien tai parina päivänä viikossa toistuvien pienehköjen kalanperkauserien yhteydessä muodostuvien jätevesien käsittelyä.

5.5 Tulokset

Syksyn 2003 koeajojakson tulokset on esitetty seuraavissa taulukoissa. Koeajot oli aloitettu edellisellä viikolla, näytteenottopäivät olivat 9.10., 13.10. ja 14.10.2003. COD-tulokset on esitetty taulukossa 16 ja BOD-tulokset taulukoissa 17 ja 18. Kokonaisreduktio on yli 90 % sekä COD:n ja BOD:n osalta.

TAULUKKO 16. COD(Mn) – tuloksia koepuhdistamolta 9.10., 13.10. ja 14.10.2003. Tulokset ovat päivittäin otetuista kertaäytteistä.

	Saostuskaivo mg/l O ₂	Biologisen jälkeen mg/l O ₂	Suodatuksen jälkeen mg/l O ₂	Reduktio %
9.10.2003	390	140	17	96
13.10.2003	330	56	22	93
14.10.2003	350	97	16	95
Keskiarvo	357	98	18	95

TAULUKKO 17. BOD7(ATU) – tuloksia koepuhdistamolta 13. ja 14.10.2003. Tulokset ovat päivittäin otetuista kertaäytteistä.

	Saostuskaivo mg/l	Biologisen jälkeen mg/l	Suodatuksen jälkeen mg/l	Reduktio %
13.10.2003	960	180	49	95
14.10.2003	1100	310	18	94
Keskiarvo	1030	245	34	94

TAULUKKO 18. Liukoinen BOD7(ATU) – tuloksia koepuhdistamolta 13. ja 14.10.2003. Tulokset ovat päivittäin otetuista kertaäytteistä.

	Saostuskaivo mg/l	Biologisen jälkeen mg/l	Suodatuksen jälkeen mg/l	Reduktio %
13.10.2003	570	130	26	95
14.10.2003	650	240	33	95
Keskiarvo	610	185	30	95

Tulokset kokonaisfosforin, liukoisen fosforin ja typen osalta on esitetty taulukoissa 19, 20 ja 21. Fosforin osalta tulokset ovat hyviä, yli 90 % reduktio, mikä selittyy suurella käytetyllä kemikaalimäärällä. Typpireduktio on ollut noin 50 %.

TAULUKKO 19. Kokonaisfosfori – tuloksia koepuhdistamolta 9.10., 13.10. ja 14.10.2003. Tulokset ovat päivittäin otetuista kiertanäytteistä.

	Saostuskaivo mg/l	Biologisen jälkeen mg/l	Suodatuksen jälkeen mg/l	Reduktio %
9.10.2003	13,0	8,6	0,23	98
13.10.2003	6,8	8,4	0,29	95
14.10.2003	6,0	6,4	0,65	89
Keskiarvo	8,6	7,8	0,39	95

TAULUKKO 20. Liukoinen fosfori – tuloksia koepuhdistamolta 13.10 ja 14.10.2003. Tulokset ovat päivittäin otetuista kiertanäytteistä.

	Saostuskaivo mg/l	Biologisen jälkeen mg/l	Suodatuksen jälkeen mg/l	Reduktio %
13.10.2003	5,3		0,09	98
14.10.2003	5,2		0,09	98
Keskiarvo	5,3		0,09	98

TAULUKKO 21. Kokonaistyyppi – tuloksia koepuhdistamolta 13.10. ja 14.10.2003. Tulokset ovat päivittäin otetuista kiertanäytteistä.

	Saostuskaivo mg/l	Biologisen jälkeen mg/l	Suodatuksen jälkeen mg/l	Reduktio %
13.10.2003	100		50	50
14.10.2003	100		42	58
Keskiarvo	100		46	54

Rasvat ja öljyt mitattiin kaksi kertaa ja niidenkin osalta prosessissa on tapahtunut merkittävä, noin 80–90 % vähentyminen. Lyhytaikaisessa kokeessa ei kuitenkaan voitu selvittää sitä, kuinka suuri riski on puhdistamon suodattimien tukkeutumiseen niihin jäävän rasvan seurauksena. On mahdollista tai jopa todennäköistä, että ennen pitkää näin käy ja suodattimien massat on vaihdettava.

TAULUKKO 22. Rasvat ja öljyt – tuloksia koepuhdistamolta 13.10. ja 14.10.2003. Tulokset ovat päivittäin otetuista kertanäytteistä.

	Saostuskaivo mg/l	Biologisen jälkeen mg/l	Suodatuksen jälkeen mg/l	Reduktio %
13.10.2003	93		<20	>78
14.10.2003	210		<20	>90
Keskiarvo	152		<20	>86

Yhden näytteenoton yhteydessä mitattiin väliarvoja kokonaisfosforista ja COD-tuloksista jotta voitaisiin selvittää tarkemmin prosessin eri vaiheiden tehokkuutta (taulukko 23). Puhdistustuloksen eri vaiheita on verrattu sakokaivosta otetun käsittelemättömän jäteveden laatuun.

TAULUKKO 23. Tuloksia koepuhdistamolta 9.10.2003. Näytteet on otettu useammista väli- vaiheista. Tulokset perustuvat yksittäisiin kertanäytteisiin.

		Ennen käsittelyä	Esiselkeytetty	Biologisen jälkeen	Kemiallisen jälkeen	Suodatuksen jälkeen
COD (Mn)	mg/l O ₂	390	230	140	19	17
COD (Mn)	reduktio%	0	41	64	95	96
Kokonaisfosfori	mg/l	13	9,3	8,6	0,38	0,23
Kokonaisfosfori	reduktio%	0	28	34	97	98

Taulukon 23 tuloksista nähdään, että esiselkeytyksen jälkeen oleva biologinen yksikkö yksinään on vähentänyt kemiallista hapenkulutusta yli 30 %. On oletettavaa, että biologinen hapenkulutus on vähentynyt vähintään samassa suhteessa. Biologisessa yksikössä kokonaisfosforipitoisuuksille ei ole tapahtunut merkittävää muutosta. Kemiallinen yksikkö on poistanut runsaasti sekä COD-kuormitusta että fosforia, johtuen mitä ilmeisimmin käytetystä suuresta kemikaalimäärästä 300 g/m³. Jälkisuodatuksella ei ole ollut kovin oleellista merkitystä, koska tulokset sitä ennen ovat jo nousseet korkealle tasolle.

5.6 Kustannukset

Kalanperkauslaitoksen, jonka vuotuinen kalanperkausmäärä on noin 100 tonnia, jätevesien käsittelyn investointikustannus koelaitoksen tyyppisellä puhdistamorakenteella on suuruusluokkaa 25 000–45 000 €. Se muodostuu tasausaltaasta (4 000–14 000 €) ja puhdistamosta (20 000–35 000 €) sekä asennuskuluista. Tällainen laitos pystyy käsittelemään jätevesiä noin 20 m³ vuorokaudessa. Investointikustannus on siten sadan

tonnin kalankasvattamolla 0,25–0,45 € laitoksen kasvatusluvassa olevaa kalakiloa kohti. Jos oletetaan puhdistamon käyttöikäksi 15 vuotta, investoinnin vuotuiskestä on 0,017–0,03 € vuosittain kasvatettavaa kalakiloa kohti lisättyä investoinnin korkokustannuksilla (500–1 000 € vuodessa).

Biologisen käsittelyn energiakustannukset ovat ilman laitoksen lämmityskuluja noin 100 €/vuosi. Ne muodostuvat 300 W pumpun käyttöenergiasta. Pumpun oletetaan käyvän puolet ajasta läpi koko vuoden ja energian hinnan olevan 8 senttiä/kWh.

Käytetyn kemikaalin, polyalumiinikloridin (PAC) kustannus pienissä erissä hankittuna on ollut 1,03 € /kg, mikä tekee 0,31 € vesikuutiometriä kohti, kun sitä on käytetty 300 g/m³. Vedenkäyttö kalanperkauslaitoksilla on yleisimminkin ollut noin 6 litraa kalakiloa kohti, kun mukana on sekä verestysvesi että kalanperkauksesta muodostuva huuhteluvesi. Kemikaalikustannus on tällöin 0,2 senttiä kalakiloa kohti eli 100 tonnin vuotuisesta kalanperkausta kohti noin 200 € vuodessa. Mikäli laitos rakennetaan siten, että 1 000 kg kemikaaliainetta voidaan sijoittaa lämpimään tilaan laitoksen sisälle, kemikaali voidaan hankkia 1 000 kg erissä. Silloin kemikaalikustannus on hieman yli 0,1 senttiä kalakiloa kohti.

Laitoksen esisuodattimen ja jälkisuodattimen materiaalin vaihtokulut vuodessa yhteensä siten vaihdettuna, että käyttäjä hankkii vaihtomateriaalia varastoon ja suorittaa vaihdot itse on kemikaalikustannuksen kanssa samaa suuruusluokkaa eli noin 200–400 € vuodessa.

Merikontin sisään rakennetussa puhdistuslaitoksessa on seinissä ja katossa sisäpuolinen lämmöneristys. Lattiarakenteessa lämmöneristystä ei ole. Laitos tulee sijoittaa ja asentaa siten, että se sijoitetaan esim. lämpöeristekerroksen päälle ja huolehditaan siitä, että kylmä ilma ei pääse laitoksen alle. Vuotuiset lämmityskulut riippuvat siitä, kuinka paljon laitosta käytetään talviaikana. Jos talviperkauksia ei tule, laitos voidaan tyhjentää talveksi ja ottaa lämmitys pois päältä. Laitoksen pitäminen lämpimänä läpi talven aiheuttaa Lounais-Suomen olosuhteissa suuruusluokaltaan noin 1 000 € kustannuksen.

Kaikki kulut yhteensä vuositasona ovat seuraavat: Investoinnista aiheutuu kuluja vuositasona 2 000–4 000 €. Laitoksen käytöstä aiheutuu kuluja seuraavasti; suodatinmateriaalit 200–400 €, biologinen yksikkö 100 €, kemikaalit 200 € ja laitoksen lämmitys 1000 € eli kaikki käyttökulut yhteensä 1500–1600 €. Investointi- ja käyttökulut 100 tonnin kalankasvattamolla ovat yhteensä 3500–5500 € vuodessa eli 0,035–0,055 € kalakiloa kohti.

Muodostuvan ylijäämälietteen käsittelystä aiheutuvia kustannuksia ei ole laskelmassa huomioitu. Liette joudutaan joko kuljettamaan esimerkiksi saostuskaivolietteen vastaanottokehteisiin tai käsittelemään erikseen esim. suodattamalla tai kompostoimalla.

6 TULOSEN TARKASTELU

6.1 Kirjoloheen verestyksestä aiheutuva kuormitus

Verestysvedessä kuormitusta aiheuttava aineosa on kalan veri, jota on noin 3–4 % kalan painosta. Kirjoloheen veren ravinnepitoisuuksista ei löytynyt tutkimustietoa, mutta lähtökohdiana voitaneen käyttää sian verta, jossa on 0,1 % fosforia ja 2,4 % typpeä (Pasternack 2003). Verestyksessä ulos tuleva verimäärä ei ole vakio. Ulos tulevaan verimäärään vaikuttaa mm. lämpötila. Sekä korkeissa että matalissa lämpötiloissa ulos saatava verimäärä voi jäädä alhaiseksi. Käytännössä ulos saatava määrä on noin 2/3 koko verimäärästä.

Tässä tutkimuksessa verestyksestä tulevan kuormituksen vaihtelurajat ovat olleet kokonaisfosforin osalta 1,7–3,5 kg ja kokonaistypen osalta 23–50 kg 100 tonnin kalanperkausta kohti (taulukko 24).

6.2 Ympäristökuormitus ilman jätevedenpuhdistusta

Kalanperkauslaitosten aiheuttama kokonaiskuormitus on laskettu 100 tonnin kalanperkausta kohti. Kalanperkaus on tapahtunut käsin ja peratun kalan huuhtelu on tehty koneellisesti tai huuhtelultaissa. Verestysveden fosforikuormitus on tällöin ollut 1,7–3,5 kg, typpikuormitus 23–50 kg ja BOD(ATU)-kuormitus 151–310 kg. Peratun kalan huuhtelusta aiheutuva kuormitus on ollut 0,7–1,1 kg fosforia, 5–11 kg typpeä ja BOD(ATU) 76–115 kg. Yhteenlaskettuna kuormitus on vaihdellut seuraavasti: fosfori 2,5–3,8 kg, typpi 34–49 kg ja BOD(ATU) 266–383 kg. Perkauskoneella tehdystä perkauksesta aiheutuva kuormitus voi olla paljon korkeampikin (taulukko 25). Huuhtelukoneen ja perkauskoneen aiheuttamat kuormitukset vaihtelevat niiden rakenteesta riippuen. Huuhtelukoneessa olevien munuaisenpoistonastojen mahdollinen suuri lukumäärä voi lisätä kuormitusta tässä saaduista arvoista.

Varsinaista mittauksiin perustuvaa vertailupohjaa aikaisemmin tehdyistä havainnoista ei ole ollut saatavilla mutta tulokset poikkeavat ennakko-oletuksista erityisesti ravintekuormituksen alhaisuuden suhteen. Keskeiseksi merkittäväksi kuormitustekijäksi jää näin ollen suoranainen happea kuluttava kuormitus, noin 270–380 kg BOD(ATU) sadan tonnin kalanperkausta kohti.

TAULUKKO 24. *Verestysveden aiheuttama kuormitus 100 tonnin kalanperkausmäärää kohti.*

		1.Luvia	2.Västanfjärd	3.Uusikaupunki	4.Kustavi	5.Uusikaupunki
		16.9.2002	7.8.2002	14.8.2002	2.10.2002	22.1.2003
BOD7 (ATU)	kg	307	157	151	230	310
COD (Mn)	kg O ₂	109	48	57	70	85
liukoinen COD (Mn)	kg O ₂	99	31	54	56	
kiintoaineen COD (Mn)	kg O ₂	10	17	3	14	
kokonaisfosfori	kg	3,1	1,7	1,8	1,9	3,5
kokonaistyyppi	kg	44	23	24	32	50
kiintoaine (GF/A)	kg	50	42		25	
rasvat ja öljyt	kg			0,4	<1	<2
jätevesimäärä	m ³	99	316		100	50

1. perattu käsin, ei koneellista huuhtelua 2., 3. ja 4. perattu käsin, koneellinen huuhtelu 5. koneellinen perkaus

TAULUKKO 25. *Huuhteluveden aiheuttama kuormitus 100 tonnin kalanperkausmäärää kohti.*

		1.Luvia	2.Västanfjärd	3.Uusikaupunki	4.Kustavi	5.Uusikaupunki
		16.9.2002	7.8.2002	14.8.2002	2.10.2002	22.1.2003
BOD7 (ATU)	kg	76	109	115	90	990
COD (Mn)	kg O ₂	18	32	45	25	330
liukoinen COD (Mn)	kg O ₂	8	16	21	20	
kiintoaineen COD (Mn)	kg O ₂	10	16	24	5	
kokonaisfosfori	kg	0,7	0,8	1,1	0,6	9,7
kokonaistyyppi	kg	5	11	10	7	79
kiintoaine (GF/A)	kg	71	96		47	
rasvat ja öljyt	kg	18	32	36	18	55
jätevesimäärä	m ³	84	333	500	90	220

1. perattu käsin, ei koneellista huuhtelua 2., 3. ja 4. perattu käsin, koneellinen huuhtelu 5. koneellinen perkaus

6.3 Kalanperkauksessa muodostuvan jäteveden määrän tarkkailu

Kalanperkausjätevesien käsittelyongelman ratkaisu edellyttää huomion kiinnittämistä erityisesti jäteveden määrään, jotta ei tarvitsisi rakentaa ylisuuria puhdistamoita. Kun jätevesiä ei ole käsitelty, on ollut tarpeetonta tarkkailla käytettyjä vesimääriä, vaikka ylisuuret vesimäärät ovat voineet vesilaskuissa näkyäkin. Perkaus- ja huuhtelukoneiden yhteydessä ei yleensä ole käytetty vesimittaria vedenkulutuksen tarkkailuun tai säätöön. Vedenkulutuksen mittaaminen mahdollistaa säätämään vedenkäyttöä oikealle ja kohtuulliselle tasolle. Toinen tehokas keino on perkaus- ja huuhtelukoneiden suuttimien tarkastaminen ja säätö. Useimmiten peratun kalan huuhtelun yhteydessä

on veden hukkakäyttöä. Koneista kannattaa tarkastaa, osuvatko suuttimista tulevat vesisuihkut huuhtelun kohteena olevaan kalaan. Ne suuttimet, jotka ovat väärin suunnattuja, tulee suunnata uudelleen tai poistaa käytöstä.

Huuhtelukone käyttää noin kaksi sekuntia yhden kalan huuhtelemiseen. Jos koneeseen tulee yhdeksän kalaa minuutissa, kuluu niiden huuhteluun 18 sekuntia. Toisin sanoen minuutin aikana kone suihkuttaa 40 sekuntia vettä tyhjään koneeseen. Koneiden säätöautomaattikka kehittämällä ja tarpeetonta veden hukkakulutusta rajoittamalla kalankasvattaja voi säästää perkausvesikuutioiden määrässä. Puolittamalla jätevesikuutioiden määrän jäteveden käsittelykustannuksia voidaan alentaa merkittävästi. Asian merkitys korostuu suuremmilla laitoksilla. Toinen merkittävä asia on se, että myös puhdistustulos paranee, kun puhdistuslaitoksen kapasiteetti ei ylitä.

6.4 Jätevedenpuhdistamoinvestoinnin valmistavat toimenpiteet

Puhdistamoinvestoinnin suuruuteen vaikuttaa, olipa menetelmä mikä hyvänsä, vesimäärä joka on käsiteltävä vuorokaudessa tai tasausallasta käytettäessä esim. viikon kuluessa. Vuorokautinen kalanperkaus kestää yleensä maksimissaan kuusi tuntia. Tutkituilla laitoksilla käytetty vesimäärä vaihteli välillä 2–20 litraa kalakiloa kohti sisältäen sekä verestysveden että perkaus- tai pesuveden. Yleensä on selvitty alle 6 litran vesimäärällä kalakiloa kohti. Taloudellisen puhdistamohankinnan edellytys on käytettyjen vesimäärien vähentäminen nykyistä käytäntöä alemmalle tasolle.

Esimerkiksi tietyssä tapauksessa kalakasvattajan omin keinoin pystyttiin koneellisen perkauksen yhteydessä saavuttamaan vedenkulutuksen osalta merkittävä muutos. Aikaisemmin käytetty vesimäärä oli 10,7 litraa perattua kalakiloa kohti. Perkauskoneen suuttimia pienentämällä, tukkimalla tarpeettomat suuttimet ja kiinnittämällä vesimääriin huomiota kyettiin vähentämään vesimäärä tasolle 2,7 litraa kalakiloa kohti, mikä merkitsi noin 75 % vähennystä vedenkäyttöön.

Vedenkulutuksen rajoittamiseen on monia keinoja, joista kalatalousyrittäjä selviää hyvin pitkälle omin neuvoin. Edellä mainittujen lisäksi vesimittareiden hankinta, mahdollisesti vedenpaineen alennusventtiilin hankinta ja asennukset sekä automaattiset rajoittimet, jotka sulkevat vedentulon, kun kalaa ei huuhtelu- tai perkauskoneeseen ole tulossa. Kotimaisen valmistajan selvitysten mukaan nykyaikainen kalanpesukone tuottaa hyvää tulosta, kunhan käytetty vesimäärä on puoli litraa kalakiloa kohti ja käytetyn veden paine valmistajan ohjeiden mukainen.

6.5 Koelaitoksen puhdistustulos

Koelaitoksella lyhyessä koeajossa saavutettu puhdistustulos oli hyvä ja sekä biologisen hapenkulutuksen että fosforin reduktio ylitti 90 %. Typeäkin saatiin pois noin puolet kokonaismäärästä. Puhdistustulokset saavutettiin käyttämällä suurta kemikaalian-

nostusta. Koelaitosta ei kuitenkaan päästy kokeilemaan täydellä kapasiteetilla joka olisi edellyttänyt tasausaltaan hankintaa laitoksen eteen saostuskaivojen tilalle tai niiden yhteyteen. Kalanviljelylaitoksen omistaja ei halunnut ottaa riskiä talven tullessa, koska putkiyhteydet olivat suojaamattomia pakkasta vastaan. Laitoksen puhdistustulosta ei voida lyhyen koesarjan perusteella lopullisesti arvioida.

Koelaitoksen kaltaisella puhdistusprosessilla voidaan mahdollisesti saavuttaa hyviä tuloksia kalanviljelylaitoksilla. Pitkäaikaisempia käyttökokemuksia koelaitoksesta on syytä hankkia lisää ja tämän tutkimuksen tulokset eivät ole yleistettävissä ennen pitkäaikaista jatkotutkimusta.

6.6 Kalanperkauslaitosten jäteveden käsiteltävyys ja käsittelyprosessit

Tämän tutkimuksen perusteella yhteenlaskettu kalanperkauslaitosten ympäristökuormitus oli 100 tonnin perkausmäärää kohti seuraavalla vaihteluvälillä: fosfori 2,5–3,8 kg, typpi 34–40 kg ja BOD(ATU) 265–383 kg sekä rasvojen ja öljyjen osalta 18–55 kg. Biologisen käsittelyn kannalta ongelmaksi muodostuu lähinnä edellä todettu epätasainen kuormitus, jonka vuoksi sitä ei voi suositella ainoaksi käsittelymenetelmäksi. Jätevedenkäsittelylaitoksen oltua pitkään pysähdyksissä on syytä varautua kemiallisen käsittelyn käyttämiseen, jotta alusta saakka on mahdollisuuksia tehokkaisiin puhdistustuloksiin.

Jätevesien happea kuluttava kuormitus, noin 270–380 kg BOD(ATU) sadan tonnin kalanperkausta kohti, on merkittävin ympäristöongelma. Pieniä eriä perattaessa paras tulos myös hapenkulutuksen vähentämisen suhteen saadaan todennäköisimmin kemiallisella käsittelyllä. Kemiallisesti voidaan tehokkaasti saostaa myös happea kuluttavaa kuormitusosuutta. Fosforin osuus perkauslaitosten jätevedessä näyttää olevan niin vähäinen, että pyrittäessä kunnolliseen BOD-tulokseen ja siinä onnistuttaessa jäteveden sisältämä fosfori poistuu tehokkaasti samalla puhdistusprosessilla.

Koelaitos sisälsi biologis-kemialliset puhdistusprosessit erillisinä. Pelkkä kemiallinen puhdistuskin olisi sovelias menetelmä tällaisten jätevesien käsittelyyn, koska se on heti toimintavalmis jätevesien kuormitustauonkin jälkeen. Liukoisen BOD:n osuus kokonais-BOD:stä oli suuri, noin 60 %. Liukoisen COD-Mn osuus oli jopa tätäkin korkeampi. Todennäköisesti biologisesta käsittelystä ennen kemiallista käsittelyä on siis selvää hyötyä, vaikka se ei täydellisesti onnistuisikaan. Kemiallisen käsittelyn tuloksen kannalta on käytännön merkitystä myös sillä, että jäteveden happipitoisuutta on biologisen käsittelyn avulla nostettu verrattuna hapettoman jäteveden käsittelyyn.

Prosessina koelaitos on yksinkertainen; esiselkeytys, biologinen käsittely väliaineena toimivan vuorivillan läpi kierrättämällä, kemiallinen käsittely ja jälkisuodatus vuorivillan läpi. Tähän voidaan lisätä esisuodatus, jonka avulla puhdistamolle menevän rasvan määrää voidaan vähentää, kuten kustannuslaskelmissa on oletettu. Tämän tyyppisen laitoksen etuina ovat mm. prosessin yksinkertainen säätö, koska laitos toimii lähes

automaattisesti verrattuna esim. aktiivilietelaitokseen. Tärkeintä on huolehtia, että lietemäärä ei pääse nousemaan biologisessa osassa liian korkealle. Tämä varmistetaan mittaamalla riittävän usein veden näkösyvyyttä ja huolehtimalla riittävästä ylijäämalietteen poistosta. Kemiallisessa osassa on huolehdittava kemikaalien riittävydestä. Mikäli näissä tehdään laiminlyöntejä, puhdistamon jälkisuodatus tukkeutuu ennen pitkää. Tällöin massat on vaihdettava normaalia useammin. Suodattimien massanvaihtoihin, koskien sekä esi- että jälkisuodattimia, tulee joka tapauksessa varautua puhdistamon hoitorutiineissa.

Biologis-kemiallisen puhdistuksen muihin prosessivaihtoehtoihin kuuluvan panosprosessin vaatima allastilavuus on koelaitokseen verrattuna huomattavasti suurempi ja se vaatii runsaasti säätöautomaatiikkaa.

Kalanperkauslaitoksissa saostuskaivoja on käytetty jäteveden selkeytysaltaina saostuskaivojen vakiintuneen käyttöalueen ulkopuolella. Jotta tulos vastaisi yksittäisten talouksien saostuskaivokäsittelyn tasoa, kalanperkauslaitos, jolla kuuden tunnin virtaus on 18 m^3 , vaatisi halkaisijaltaan vähintään 2,75–3,5 metrin saostuskaivot. Käytännössä ne ovat suurillakin kalanperkauslaitoksilla tätä pienempiä. Koko saostuskaivokäsittelyn toiminta-idea on tällöin menetetty jo virtausteknisen tarkastelun perusteella ja ne toimivatkin pääasiassa läpivirtauskaivoina.

Maasuodatusta on käytössä muutamissa laitoksissa, mutta ne ovat pääosin kontrolloimattomia, koska toteutuneissa maasuodatinratkaisuissa ei ole näytteenottokaivoa. Erästä vuonna 2000 rakennetusta maasuodattimesta saatiin näyte ennen sen tukkeutumista toukokuussa 2002. Hapenkulutus laski 33 % ja liukoinen hapenkulutus 10 %. Fosforitaso pysyi ennallaan. Tukkeutumisen takia muita näytteitä ei saatu. Maasuodattimilla on tavallisesti ongelmia suodatinhiekan tukkeutumisen vuoksi jo parin vuoden käytön jälkeen. Näin ollen maasuodattimesta ei saatu sellaista koesarjaa, josta voisi tehdä johtopäätöksiä.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kalanperkauslaitokset sijaitsevat yleensä etäällä viemärlaitoksista, joten niiden jätevedenkäsittelyä varten joudutaan rakentamaan laitoskohtaisia jätevedenpuhdistamoita. Hyvin harvoilla pienillä kalanperkauslaitoksilla on tällä hetkellä saostuskaivoja ja maa-suodattimia lukuun ottamatta minkäänlaista jäteveden käsittelyä. Perkaustoiminnasta vesistöihin joutuva kuormitus muodostuu kahdesta komponentista, verestysvedestä ja perkauksen yhteydessä muodostuvasta peratun kalan huuhteluvedestä. Tavallisesti kala perataan käsin, mutta huuhdellaan koneellisesti. Perkausjätteet otetaan talteen siten, että niistä ei muodostu vesistöihin joutuvaa kuormitusta.

Tehtyjen mittausten mukaan 100 tonnin kalanperkausta kohti tuleva kuormitus on seuraava, kun kala perataan käsin ja perattu kala huuhdellaan koneellisesti tai huuhtelultaissa: verestysveden fosforikuormitus on 1,7–3,5 kg, typpikuormitus 23–50 kg ja BOD(ATU)-kuormitus 150–300 kg. Peratun kalan huuhtelusta aiheutuva kuormitus on 0,7–1,9 kg fosforia, 5–11 kg typpeä ja BOD(ATU) 76–115 kg.

Kokonaiskuormitus vaihteli välillä 265–383 kg BOD(ATU), 2,5–3,8 kg fosforia ja 34–40 kg typpeä sekä rasvojen ja öljyjen osalta 18–55 kg 100 tonnin perkauksista ennen jätevesien käsittelyä. Koneellisessa perkauksessa perkauskoneesta tuleva kuormitus voi kuitenkin olla moninkertainen peratun kalan pesukoneesta tulevaan kuormitukseen nähden. Veriveden kuormitus pysyy tällöin ennallaan. Kalanperkauslaitoksilta ympäristöön joutuva fosfori- ja typpikuormitus ennen jätevesien käsittelyä on varsin alhaisella tasolla.

Kalanperkauksessa muodostuva jätevesi soveltuu koostumuksensa puolesta hyvin biologiseen käsittelyyn. Ravinteita on riittävästi, jotta biologinen jätevedenkäsittely voi onnistua. Perkaustoiminnan kausiluonteisuudesta johtuen jätevesikuormitus on kuitenkin epätasaista. Kalanperkauspäiviä laitoksilla on vuodessa 30–80. Tämä aiheuttaa erityisesti biologisille puhdistamoille kovia haasteita. Sen lisäksi perkausvesien matalat lämpötilat asettavat lisävaatimuksia biologisen käsittelyn mitoitukselle, koska matalassa lämpötilassa biologinen toiminta on hitaampaa. Tämän vuoksi pelkästään biologisen prosessin omaavia puhdistuslaitoksia ei voi suositella.

Kemiallisen käsittelyn ongelmana on se, että esim. BOD-kuormituksesta noin 60 % on liuenneessa muodossa. Tämä vaikeuttaa pelkän kemiallisen käsittelyn onnistumista erityisesti biologisen hapenkulutuksen vähentämisen osalta. Jotta voidaan olla varmoja saavutettavasta hyvästä tuloksesta biologisen hapenkulutuksen vähentämisen suhteen sekä matalassa lämpötilassa että vähäravinteisen jäteveden kyseessä ollessa tarvitaan sekä biologinen käsittely että kemiallinen käsittely peräkkäin mainitussa järjestyksessä.

Projektin tavoitteena oli saada kaksi koelaitosta, toinen toteutuneen koelaitoksen kaltaisen, mutta pienempi ja toinen, biologisella esikäsittelyllä täydennetty maasuodatus. Aktiivisten yhteistyökumppanien löytyminen kalanviljelijöistä näytti selvältä, mutta peruuntui. Jouduttiin siihen tilanteeseen, että viivytyksen jälkeen saatiin toteutetuksi isompi, laitosmittakaavainen koelaitos, jossa olivat siirrettävään ja lämpöeristettyyn merikonttiin sijoitettuna esiselkeytys, biologinen yksikkö ja kemiallinen yksikkö sekä jälkisuodatus.

Laitos saatiin käyttökuntoon niin myöhään, että koeajot jäivät vajaaksi. Lyhyessä koeajossa vajaalla kapasiteetilla sekä biologisen hapenkulutuksen että fosforin osalta saatiin kuitenkin erinomainen tulos, yli 90 % reduktio käyttämällä kemikaalina 300 g/m³ PAC-polyalumiinikloridia. Tyypeäkin saatiin vähennettyä noin puolet. Pidempiin koeajoihin ei ollut projektin puitteissa mahdollisuuksia. Potentiaalia hyvään ympäristöön puhtistustulokseen hankitulla koelaitoksella kuitenkin on. Käyttökokemuksia kuitenkin suositellaan hankittavaksi lisää yhden vuoden koeajon verran, jotta voidaan määrittää vuositasolla saatava puhtistustulos.

Koelaitoksen tyyppisen puhtistuslaitoksen investointi- ja käyttökulut ovat yhteensä 3 500–5 500 € vuodessa 100 tonnin kalanperkauslaitoksella eli 0,035–0,055 € kalakiloa kohti. Lietteen käsittelykustannuksia ei tässä ole huomioitu. Muut tarjolla olleet prosessivaihtoehdot osoittautuivat huomattavasti kalliimmiksi, joten niitä ei projektin puitteissa ole voitu toteuttaa. Panosprosessin investoinnista aiheutuva vuotuisuus kustannus olisi ollut hintaluokaltaan 4 000–5 000 €, minkä lisäksi tulevat käyttökustannukset. Koelaitoksen toiminnasta ei esitetä tässä yhteydessä lopullisia tuloksia, koska koeajot jäivät liian lyhyeksi.

Verestysveden selkeyttämällä ennen puhdistamolle johtamista näytti olevan mahdollista pienentää verestysvedestä aiheutuvaa kuormitusta. Tämä voi olla suositeltavaa erityisesti, jos päädytään yksinkertaiseen puhdistusmenetelmään erityisen pienillä kalanperkauslaitoksilla. Sen kustannusosuutta ei kuitenkaan ole huomioitu kustannuslaskelmissa.

Eräs merkittävä seikka oli kalanperkauksessa käytetyt ylisuuret vesimäärät. Hygieenistä varmuutta on pyritty saavuttamaan sillä, että vettä on käytetty kalan huuhteluun, jopa lähes 20 litraa kalakiloa kohti. Yleisimmin käytettäneen noin 3 litraa verestysvettä ja noin 3 litraa huuhteluvettä kalakiloa kohti. Käytetyn vesimäärän rajoittamiseen ja optimointiin on syytä kiinnittää huomiota, jotta investoinneista ei tule kohtuuttoman kalliita. Kalan huuhtelu- ja perkauskoneita on mahdollista sekä säätää että kehittää tässä tarkoituksessa.

Saostuskaivojen mahdollinen käyttö kalanperkauslaitosten jätevesien käsittelyssä ei johda hyviin tuloksiin, koska niillä vesimäärillä, mitä kalanperkauksen yhteydessä syntyy, ne ovat alitehoisia eikä niillä voi poistaa liuennutta kuormitusta.

Maasuodatukselta ei saatu sellaista koesarjaa, josta voisi tehdä merkittäviä johtopäätöksiä. Niiden tuottama puhdistustulos jäänee kuitenkin tässä esiteltyyn biologis-kemialliseen koelaitokseen verrattuna huomattavasti vaatimattomammaksi. Ne vaativat toimiakseen mittavan edeltävän käsittelyn, mutta soveltunevat puhdistetun jäteveden jälkikäsittelyyn.

KIRJALLISUUTTA

Latvala A. Kalanperkaamojen jätevesiprojekti, Ympäristö ja Terveys 1/2003 s. 39–42.

Pasternack M. RKTL. Suullinen tiedonanto 2003.

Remes M. Perkaamojen jätevedet hallintaan, Kalankasvattaja 4/2002 s. 40–41.

Ruohonen K., Vielma J., Grove D.J. 1998a. Growth and food utilisation of rainbow trout fed low-fat herring and dry diets enriched with fish oil. *Aquaculture* 163 (1998) p. 275–283.

Ruohonen K., Vielma J., Grove D.J. 1998b. High dietary inclusion level of fresh herring impairs growth of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 163 (1998) p. 263–273.

Suomen kalatalous- ja ympäristöinstituutti
Kalakouluntie 72 21600 KIRJALA
Kari Penttinen, Arto Latvala
Maaliskuu 2002

Pienten kalankasvatuslaitosten jätevesien puhdistaminen -projekti

Ympäristöhallintoon perustettiin ympäristöluparekisteri vuonna 2001. Samalla todettiin, että suurella osalla kalanperkauslaitoksista ei ole ympäristölupaa. Esimerkiksi Lounais-Suomen ympäristökeskuksen alueella on noin satakolmekymmentä pientä kalanviljelylaitosta, joista noin viidelläkymmenellä on kalanperkaustoimintaa. Ympäristölupa tullaan jatkossa vaatimaan laitoksilta, joiden vuotuinen perattava kalamäärä ylittää 40–100 tonnia. Tätä pienemmätkin laitokset tulevat kuitenkin olemaan kuntien ympäristöviranomaisen valvonnan alaisena, vaikka niillä ympäristöluvan hakeminen ja saaminen ei olekaan toiminnan jatkamisen edellytys.

Kalanperkaus- ja kasvatustoiminnan kannalta katsoen voidaan todeta, ettei niin pahaa etteikö samalla jotain hyvääkin. Ympäristöviranomaiset eivät lähteneet esittämään ympäristölupaa koskevia vaatimuksia summanmutikassa suoralta kädeltä, vaan haluavat yhteistyössä elinkeinon kanssa selvittää, millaisia kalanperkauslaitosten jätevedenkäsittelyyn liittyvien vaatimusten tulisi olla, että siihen sijoitettava panos olisi kohtuullinen ja saatava tulos kuitenkin ympäristön kannalta mahdollisimman hyvä.

Tässä tarkoituksessa Lounais-Suomen ympäristökeskus on myöntänyt projektirahoitusta Suomen kalatalous- ja ympäristöinstituutille kalankasvatuslaitosten jätevedenkäsittelyn kehittämiseksi. Tavoitteena on selvittää pienille laitoksille teknistaloudellisesti soveltuvat jätevedenkäsittelyn menetelmät. Projekti toteutetaan pääosin kokeellisena toimintana. Tavoitteena on rakentaa muutamia koelaitoksia, joko paikalla tehtäviä taikka laitetoimittajilta hankittavia valmiita paketteja. Mukaan lähtevät laitokset saattavat saada jätevedenkäsittelynsysteeminsä kuntoon jonkin verran alennetulla hinnalla. Ainakin jotkut laitetoimittajat ovat valmiita tämän projektin yhteydessä tulemaan hinnassa vastaan. Vastapainoksi laitoksilta toivotaan yhteistyötä hankittavien laitosten käytössä, jotta tulokset ja käyttökokemukset saataisiin hyödyttämään koko elinkeinoä. Koelaitosten ei välttämättä tarvitse sijaita Lounais-Suomen ympäristökeskuksen alueella.

Tämän kevään aikana valitaan koekohteet, niissä käytettävä tekniikka ja valitaan mahdolliset laitetoimittajat. Tavoitteena on saada koelaitokset rakennetuksi, jotta käyttökokemuksia voitaisiin hankkia seuraavan kalanperkaussesongin aikana ensi syksynä. Koelaitosten määrää joudutaan käytännön syistä rajaamaan. Halukkuutensa voi ilmoittaa, asiasta keskustella tai lisätietoja kysyä Suomen kalatalous- ja ympäristöinstituutista p. 02-4546300, projektinjohtaja Kari Penttinen tai projektin tutkija Arto Lat-

vala. Projektille on muodostettu ohjausryhmä, jonka jäseniksi on pyydetty Harry Kieksi Suomen Kalankasvattajaliitosta, Erkki Kaukoranta Lounais-Suomen ympäristökeskuksesta, Sonja Lindstöm Dragsfjärdin kunnasta, Kari Penttinen Suomen kalatalous- ja ympäristöinstituutista, Kari Ranta-aho Varsinais-Suomen TE-keskuksesta ja Raimo Vierimaa Turun ammattikorkeakoulusta.

ESIMERKKEJÄ KALANKASVATUSLAITOKSISTA**Laitos A**

Tuottaa 90 tonnia kirjolohta vuodessa

Perkausjaksot pitkin vuotta, lukuun ottamatta kuuminta kesäaikaa (juhannus -15.8.)

Päivittäiset perkausmäärät 400–2000 kg

Huuhteluvesi porakaivovettä, vesimittaus on

Jätevesikäsittely: rasvanerotus + 3 muuta kaivoa, halkaisija 80 cm, korkeus 2m

Sijainti kalliomaastossa

Laitos B

Tuottaa 100 tonnia tuoretta kalaa vuodessa, pääosin kirjolohta

Lisäksi savustuslaitos

Toimintaa on ympäri vuoden, perkauksen pääjaksot ovat 30.6.–1.8. sekä loka–joulukuu

Jätevedenkäsittely: 3 kpl halkaisijaltaan 1,5 m saostuskaivoja, syvyys 1,5 m. Viimeisestään saostuskaivosta vedet johdetaan padottuun maa-altaaseen, joka on entinen kasvatustusallas.

Perkaamo on melkein merenpinnassa: korkeus merenpinnasta noin + 100 cm, merivesi voi nousta +90cm. Maaperä savipitoista, vettä läpäisemätöntä. 1 ha tontti savikko, vanhaa merenpohjaa.

Laitos C

Tuottaa kirjolohta 150 tonnia vuodessa

Perkauskone, minkä vuoksi perkausvedessä enemmän rasvaa (kone raapii)

Toimintajaksot: toimintaa ympäri vuoden, keskikesällä hiljaisempaa. Syyskuun alusta enemmän, noin 3000–4000 kg / vrk

Vedenkulutus 10–20 m³ / vrk porakaivovettä

Jätevedet: 3kpl 10 m³ lietesäiliötä ja 1 m korkuinen avoin 50 m² hiekkapatja. Tehty osin itse, kustannukset noin 8 300 euroa, ollut käytössä kaksi vuotta

Viimeisenä kokoomakaivo, josta näytteenottomahdollisuus

Laitos D

Tuottaa 180 tonnia tuoretta kalaa vuodessa, pääasiassa kirjolohta, hieman siikaa

Perkausjaksot: jäiden lähdettyä (noin 22.4.) joulukuun asti

Perkaustapa: 2 allasta ja harjakone

Huuhteluvesi: Veda-uppopumppu täydellä teholla

Jätevedet: 3 kpl saostuskaivoja, 300 m purkputki mereen

Laitos E

Tuottaa kirjolohta ja hieman siikaa, yhteensä 150 tn vuodessa

Perkausjaksot: 90 % joulukuu-huhtikuu ja 10 % toukokuu

Sekä koneellista, että käsin perkausta

Sijainti kallioisella rannalla

Mahdolliseen maasuodatuspaikkaan matkaa 150–200 m, nostokorkeus 3–4 m

Huuhteluvesi porakaivovettä, ei vesimittaria

Jätevedet: rasvanerotus ja kaksi saostuskaivoa, suurempi saostuskaivo halkaisija 150 cm ja korkeudeltaan 120 cm

Perkausmäärät: 2–3 tonnia/päivä, maksimi 9 tonnia/päivä, yhtenä-kahtena päivänä viikossa

Käytössä rasvanpoistoaineita, pesuaineita ja desinfiointiaineita. VTT:n projekti desinfiointiaineiden soveltuvuudesta biologisen puhdistuksen ja maasuodatuksen kanssa.

Laitos F

Tuottaa kirjolohta 150–170 tonnia vuodessa, lisäksi siikaa, järvalohta ja nieriää yhteensä noin 200 tonnia/vuosi

Perkausvedet 45 m³ betonisäiliöön, joka on ollut entinen biologinen puhdistamo. Sen jälkeen pyörivä rumpu ja kemikaliointi jonka jälkeen jätevesi laskeutussäiliöön. Laitos ei ole toiminut, ja se on poistettu käytöstä.

Jäteveden puhdistusprosessi tällä hetkellä: sakokaivo ja 6 x 20 m imeytyskenttä, johon tulee myös ulkopuolisia valumavesiä. Imeytyskenttä uusittu vuonna 2001, kuitenkin kenttä tulvii. Imeytyskentän alla tiivis savi/kalliomaaperä.

Laitos G

Tuottaa kirjolohta 120 tonnia vuodessa

Perkaus aika: Juhannuksesta noin 15.1. asti 2–2,5 tonnia päivässä

Syksyllä 4 pv/viikko, kesällä 1–2 pv/viikko (200–1000 kg/pv)

Huuhteluvesi porakaivosta + merivettä pesukoneen pesuun

Jätevedet: kaksi kappaletta saostuskaivoja, halkaisija 140cm (korkeus 5 rengasta, yht. noin 3m). sen jälkeen imeytykseen. Imeytyshiekan määrä joitakin autokuormia.

Laitos H

Jätevedet: laskeutussallas 340 m², rakennettu 6–7 vuotta sitten kasvatusaltaan huuhteluvesiä varten. Tähän johdettu myös perkausvedet vuodesta 1998.

Laskeutusaltaasta vedet johdetaan 230 m² turvesuodattimelle, jossa on 60 cm rahkaturvekerros ja sen alla 50 cm kerros soraa tai hiekkaa, alla salaojitus

Perkausvesillä ollut aiemmin UPO-VESIMIIES pienpuhdistamo

Laitos J

Tuottaa 300 tonnia kirjolohta vuodessa

Perkaus koneella

Pääjakso syys/lokakuusta jouluuun ja toinen jakso helmikuu-huhtikuu-juhannus

Huuhteluvesi: kaupungin vettä 8 m³ /h

Perkausmäärät 1000–2000 kg kalaa tunnissa

Jäteveden käsittely: 150 m³ laskeutusallas, joka toimii samalla rasvanerottimeksi

Kalanperkaushuoneen lattianpesussa käytetään matalapaineista vaahtopesulaitetta, jossa sumuventtiili ja vedenkulutus vain noin 5 litraa/ minuutti

Laitos K

Luparaja 150 tonnia/vuosi. Halukkuutta toiminnan laajentamiseen, lupaehtot rajoittavat.

Perkausvesien käsittely: kaksi saostuskaivoa ja sen jälkeen omatekoinen maasuodatus/maahan imeytys. Perkaus- ja pesuvedet maasuodattimelle. Maasuodatinsysteemissä 120 m³ turvetta ja 500 m³ hiekkaa.

Ollut käytössä reilut kaksi vuotta, jona aikana perattu 300–350 tn, mutta poistoputkesta ei ole tullut vesiä.

PIENPUHDISTAMOIDEN LAITETOIMITTAJIA

Tiedossa olevia pienpuhdistamoiden laitetoimittajia:

Atomar Eero Kautia, Tampere, biologisia panospuhdistamoita

Ekofinn, Lahti, pienpuhdistamoita

Envet, Tampere, biologisia panospuhdistamoita

Greenrock, Ii, pienpuhdistamoita

Insinööritoimisto Instop, Viitasaari, pienpuhdistamoita

Tatu Mämmelä, Kalajoki, bioroottoreita

Esa Niemi, Lahti, bioroottoreita

Pomiltek, Ilmajoki, siivilöitä ja puhdistamoiden kokonaistoimituksia

Ilkka Raita Environment, Vantaa, pienpuhdistamoita ja mm. maasuodattimen tehos-

tus

Uponor, Lahti, pienpuhdistamoita

Veco Oy, Vantaa, flotaatio- ja lamelliselkeytysjärjestelmiä

Wiser, Kerava, flotaatiosaostusjärjestelmiä

Turun ammattikorkeakoulun julkaisusarjoissa ilmestyneitä teoksia

TURUN AMMATTIKORKEAKOULUN TUTKIMUKSIA

11. Keltaniemi-Koski, Arja: Kasvunpaikka – muutosprosessin kuvaus projektiopintojen aikana. Turku, 2004. 102 s. ISBN 952-5113-56-6.
12. Sainio, Elina: Suurten ikäluokkien ikääntyminen ja tulevaisuuden näkymät. Turku, 2004. 108 s. ISBN 952-5113-60-4.
13. Hilapieli, Sanna-Maria & Pajamäki, Salla: Asuinviihtyvyyden ja sosiaalinen pääoma Jyrkkälässä. Turku 2004. 109 s. ISBN 952-5113-61-2.
14. Mäntsälä, Tuuja: Järjestelmä on mutta toimiiko se? Opiskelijoiden arvio opinto-ohjauksen tilasta ja opintopolun eri vaiheiden ohjauksen kehittämistarpeista Turun ammattikorkeakoulussa. Turku, 2004. 97 s. + 17 liites. ISBN 952-5113-65-5.
15. Eskola, Eeva-Liisa & Palin, Olavi: Lääketieteen opiskelijoiden informaatiolukutaidot muuttuvassa oppimisympäristössä. Turku, 2004. 103 s. ISBN 952-5113-78-7.
16. Lindgren, Pia: "What Colour Are the Zebra's Stripes?" Business Bachelor Students' Perceptions of Teaching and Learning Intercultural Communication. Turku, 2005. 130 s. ISBN 952-5596-05-2.
17. Uusitalo, Ilkka: Työ tekijäänsä opettaa – sosionomi (AMK) asiantuntijavalmiuksia oppimassa. Turku, 2005. 253 s. ISBN 952-5596-18-4.
18. Laaksovirta, Heli: Laitoshoidossa olevien ikääntyvien suunhoitomallin kehittäminen. Turku, 2005. 63 s. ISBN 952-5596-31-1.
19. Nenonen, Suvi: The Nature of the Workplace for Knowledge Creation. Turku, 2005. 83 s. ISBN 952-5596-33-8.
20. Poikela, Heli: Keuhkohtaumatautia sairastavan potilaan ohjauksen kehittäminen. Turku, 2005. 81 s. + 9 liites. ISBN 952-5596-34-6.
21. Jalonen, Harri: Asian valmistelu kunnallisessa päätöksenteossa kommunikaation näkökulmasta – käsiteanalyttinen tutkimus. Turku, 2006. 77 s. ISBN 952-5596-45-1.
22. Hakulinen, Hannele: Ammatillista väylää ammattikorkeakouluun – tutkimus ammatillista polkua ammattikorkeakouluun edenneiden opiskelijoiden vaiheista. 95 s. + 7 liites. Turku, 2006. ISBN 952-5596-54-0.

TURUN AMMATTIKORKEAKOULUN RAPORTTEJA

24. Haapala, Juha: Bluetooth – teoriaa ja käytäntöä. Turku, 2004. 67 s. ISBN 952-5113-71-X.
25. Hautala, Tiina & Nenonen, Suvi & Saario, Ilona (toim.): Näkökulmia hyvinvointiin 3. Turku, 2004. 137 s. ISBN 952-5113-74-4.
26. Laine, Tom: Computer Software Development & Patenting Computer-Implemented Inventions. Turku, 2004. 108 s. ISBN 952-5113-79-5.
27. Härkönen, Pekka: Vavat verkkoon – kehittämismalli verkko-opintojen tarjontaan. Turku, 2004. 68 s. ISBN 952-5113-89-2.
28. Kopra, Pirjo: Hyvin suunniteltu, kerralla valmis – Turun ammattikorkeakoulun täydennyskoulutus- ja palvelukeskuksen koulutuksen suunnittelun prosessit. Turku, 2004. 94 s. ISBN 952-5113-90-6.
29. Tuohi, Raija & Helenius, Juha & Hyvönen, Raimo: Tietoa vai luuloa – insinööriopiskelijan matemaattiset lähtövalmiudet. Turku, 2004. 111 s. + 12 liites. ISBN 952-5113-91-4.
30. Koivuniemi, Sirkku & Lind, Kaija (toim.): Tutkien terveyttä 2004. Turku, 2004. 101 s. ISBN 952-5113-90-3.
31. Storti, Antonella & Tulonen, Arja: Onnistunut verkko-opetus – tietoa, taitoa vai tuuria? Turku 2005. 209 s. ISBN 952-5596-07-9.
32. Hautala, Tiina & Nenonen, Suvi & Tanskanen, Ilona (toim.): Näkökulmia hyvinvointiin 4. Turku, 2005. 131 s. ISBN 952-5596-30-3 (verkkajulkaisu), ISBN 952-5596-12-5 (painettu).
33. Koivuniemi, Sirkku & Sairanen, Raija & Tiilikka, Leila (toim.): Maailma kotiovella. Turku 2005. 134 s. ISBN 952-5596-17-6.

34. Elomaa, Leena & Koivuniemi, Sirkku & Veräjänkorva, Oili & Wiirilinna, Ulla (toim.): Vastauksia terveystieteen oppimishaasteisiin. Turku, 2005. 135 s. ISBN 952-5596-27-3.
35. Lind, Kaija & Saarikoski, Mikko & Koivuniemi, Sirkku (toim.): Tutkien terveyttä 2005. Turku, 2005. 133 s. ISBN 952-5596-35-4.
36. Lappalainen, Markku & Kääriä, Juha: Harjuluonto, pohjavesi, ihminen. Suuntaviivoja Virttaankankaan opastuskeskukselle. Turku, 2005. 87 s. ISBN 952-5596-26-5 (verkkojulkaisu), ISBN 952-5596-25-7 (painettu).
37. Saaristo, Heidi: Maisemanhoitosuunnitelma Aurajokilaakson kulttuurimaisemaan. Turku, 2005. 149 s. ISBN 952-5596-29-X (verkkojulkaisu), 952-5596-28-1 (painettu).
38. Haavisto, Petri & Lindström, Birgitta & Nurminen, Hanna: Psykiatrian hoitohenkilökunnan työnohjauskäytäntöjen kehittäminen – kokemukset Turun psykiatriassa saadusta työnohjauksesta. Turku, 2005. 56 s. + 12 liites. ISBN 952-5596-36-2.
39. Holma, Aulikki (toim.): Tiedosta tuottava – strategisen tietojohdantamisen kysymyksiä. Turku, 2005. 163 s. ISBN 952-5596-01-X.
40. Bergqvist, Nonna & Ojala, Tanja & Salonen, Elina & Savola, Anu: Sairaanhoidajan lääkehoitotaidot reumapotiilaan hoitotyössä – täydennyskoulutuksen vaikutus sairaanhoidajan lääkehoito-osaamiseen. Turku, 2005. 74 s. + 15 liites. ISBN 952-5596-39-7.
41. Leino, Irmeli & Pekola, Eine & Wiirilinna, Ulla: Vanhusten palveluketjun arviointi ja kehittäminen – hankkeen loppuraportti. Turku, 2005. 43 s. + 20 liites. ISBN 952-5596-40-0.
42. Laakso, Heini-Maija & Onninen, Johanna & Törnvall, Tytti: Lasten kognitiivisten valmiuksien dynaaminen arviointi – DOTCA-Ch:n soveltuvuus suomalaisille 6-vuotiaille lapsille. Turku, 2005. 55 s. + 9 liites. ISBN 952-5596-24-9.
43. Ekström, Anni: Sähköinen kirjaaminen tuli taloon – kirjaamisen kehittäminen Kukonkallion vanhainkodissa. Turku, 2006. 82 s. + 14 liites. ISBN 952-5596-46-X.
44. Laaksonen-Heikkilä, Ritva & Heikkinen, Katja & Koivuniemi, Sirkku & Rajala, Anita: Kokeilusta toimivaksi mentorointimaliksi – raportti terveystieteen opetuksen kehittämisestä. Turku, 2006. 79 s. ISBN 952-5596-50-8.
45. Laakso, Tiina & Äikää-Torkkeli, Sari (toim.): Osallisuudella onnistumiseen – loppuraportti nuorten osallisuushankkeesta Loimaan seutukunnassa. Turku, 2006. 137 s. ISBN 952-5596-52-4.

TURUN AMMATTIKORKEAKOULUN OPPIMATERIAALEJA

8. Seppälä-Kavén, Ulla: Muodon ajat – katsaus muotoiluun 1800-luvun lopulta nykypäivään. Turku, 2003. 78 s. ISBN 952-5113-44-2.
9. Viitanen, Anne: Visuaalisen markkinoinnin suunnittelu yrityskuvan rakentamisessa. Turku, 2003. 55 s. ISBN 952-5113-51-5.
10. Härkönen, Pekka: Opettajatuutorin käsikirja : tuutori-, alumni- ja mentoritoiminta Turun ammattikorkeakoulussa. Turku, 2003. 124 s. ISBN 952-5113-52-3.
11. Linnossuo, Outi (toim.): Sosiaalisen nuorisotyön toimintamalleja. Turku, 2004. 91 s. ISBN 952-5113-72-8.
12. Elomaa, Leena & Mikkola, Hannele: Näytön jäljillä – tiedonhaku näyttöön perustuvassa hoitotyössä. 3. tarkistettu painos. Turku, 2006. 56 s. ISBN 952-5113-75-2.
13. Adamsson, Virpi & Puukka, Jaana: IHME – yrittäjätarinoita Loimaan seudulta. Turku, 2004. 93 s. ISBN 952-5113-76-0.
14. Niemi, Linda: Brandien kilpailu kosmetiikan markkinoilla – erilaistumisen kautta menestykseen. Turku, 2004. 115 s. ISBN 952-5113-77-9.
15. Sorsa, Kaisa & Bona Sánchez, Carolina: Timeshare-liiketoiminnan perusteet. Turku, 2004. 92 s. ISBN 952-5113-83-3.
16. Bhatia, Eija & Viitakorpi, Marja-Leena: ”Me ollaa iha’ hyvii” – menetelmiä ja keinoja terveydenhoitajille lasten itsetunnon tukemiseen. Turku, 2005. 38 s. ISBN 952-5596-00-1.
17. Hirvirinne, Ari & Kähkönen, Anne & Moberg, Jaana: Hygienia – terveystieteen materiaali. Turku 2005. CD-ROM. ISBN 952-5596-02-8.
18. Hyvärinen, Anniina & Simolin, Maria & Kokkinen, Liisa & Soini, Tiina: Luusto vahvaksi – opas luuston terveyden edistämiseen ravitsemuksen ja liikunnan avulla. Turku, 2005. CD-ROM. ISBN 952-5596-03-6.

19. Falke, Israel: A Room for Three – An Exercise in Dramaturgical Adaptation for Puppet Theatre. Turku, 2005. 73 s. ISBN 952-5596-08-7.
20. Adamsson, Virpi & Puukka, Jaana: Vimma – naisten yrittäjätarinoita Turun seudulta. Turku, 2005. 90 s. ISBN 952-5596-06-0.
21. Parkkinen, Terttu & Keskinen, Soili (toim.): Lapsen sosiaalisen kehityksen moninaisuus. Turku, 2005. 117 s. ISBN 952-5596-15-X.
22. Siivonen, Tommi & Sinisalo, Toni: Ongelmalähtöinen oppimisympäristö. Turku, 2005. DVD. ISBN 952-5596-16-8.
23. Lauttalammi, Ari & Lehtonen, Jouko & Laine, Katariina (toim.): Talojen korjausrakentaminen – johdatus perusteisiin. Turku, 2005. 98 s. ISBN 952-5596-19-2.
24. Elomaa, Leena & Palta, Hannele & Saarikoski, Mikko & Sulosaari, Virpi & Ääri, Riitta-Liisa: Taitava harjoittelun ohjaaja. Turku, 2005. 62 s. ISBN 952-5596-38-9.
25. Grönlund, Inga: Kestilä – turkulaista vaatetusteollisuuden historiaa ja tuotesuunnittelijoita. Turku, 2005. 99 s. ISBN 952-5596-32-X.
26. Tuomi, Anu: Lähde väreihin. Turku, 2006. 114 s. ISBN 952-5596-44-3.
27. Laiho, Satu: Yrityksen visuaalisen linjan ja tavoiteimagon luominen. Turku, 2006. 53 s. ISBN 952-5596-48-6.
28. Kovanen, Anne & Leino, Maarit: Päähteetömyyden puolesta – terveyskasvatusmateriaali kouluterveydenhoitajalle ehkäisevän päihdekasvatuksen toteuttamiseen. Turku, 2006. 70 s. + 27 liites. + CD-ROM. ISBN 952-5596-53-2.
29. Krankka, Jaana & Mäkynen, Milla: Vanhemmuus lapsen päähteetömän elämän lähtökohtana – terveyskasvatusmateriaali vanhempainiltaan. Turku, 2006. CD-ROM. ISBN 952-5596-55-9.

TURUN AMMATTIKORKEAKOULUN PUHEENVUOROJA

18. Kallio, Nurmela, Tuomaala, Veräjänkorva & Wiirilina: Terveysalan koulutuksen laatu ja vaikuttavuus Turun ammattikorkeakoulussa – opiskelijoiden arvio omasta koulutuksestaan. 85 s. Turku, 2004. ISBN 952-5113-96-5 (verkkojulkaisu), ISBN 952-5113-95-7 (painettu).
19. Kasi, Ella (toim.): Yrittäjyyden kipinöitä – opiskelijoiden ajatuksia yrittäjyydestä. 48 s. Turku, 2005. ISBN 952-5596-11-7 (verkkojulkaisu), ISBN 952-5596-10-9 (painettu).
20. Kivinen, Outi (ed.): From Education to Work – Report from Friskie EU-Project. 80 s. Turku, 2005. ISBN 952-5596-14-1 (verkkojulkaisu), ISBN 952-5596-13-3 (painettu).
21. Palta, Hannele: Työelämän osaamisvaatimukset sairaanhoitajakoulutuksen lähtökohtana – kehittämistehtävän raportti. 25 s. Turku, 2005. ISBN 952-5596-21-4 (verkkojulkaisu), ISBN 952-5596-20-6 (painettu).
22. Kivisaari, Eino: Digital Concept Design Project 2004 – projektikurssin liiketoimintasuunnitelmien tulosten arviointi ja kooste. 297 s. Turku, 2005. ISBN 952-5596-23-0 (verkkojulkaisu), ISBN 952-5596-22-2 (painettu).
23. Tuominen, Telle & Lehtonen, Anna: Kotkan pesällä ja hyljeluodolla - reaaliaikaisen kuvan käyttöarvo saariston luontomatkailuelämyksessä. 32 s. Turku, 2005. ISBN 952-5596-42-7 (verkkojulkaisu), ISBN 952-5596-41-9 (painettu).
24. Lehtonen, Jouko & Kanerva-Lehto, Heli & Koivisto, Jenni: Tutkimuspaja mahdollisuutena yhdistää opetus ja T&K. 45 s. + 23 liites. Turku, 2006. ISBN 952-5596-47-8.
25. Veräjänkorva, Oili & Palta, Hannele: Suonensisäisen lääkehoidon luokkaopetuksessa käytettävät neste- ja lääkevalmisteet sekä niiden hankinta – raportti valtakunnallisesta ammattikorkeakouluihin suunnatusta kyselystä. 30 s. Turku, 2006. ISBN 952-5596-49-4 (verkkojulkaisu), ISBN 952-5596-51-6 (painettu).
26. Latvala, Arto & Kääriä, Juha & Loisa, Olli: Perkausvesien jätevesikuormitus ja käsittely pienillä kalankasvatuslaitoksilla. 38 s. + 5 liites. Turku, 2006. ISBN 952-5596-56-7 (verkkojulkaisu), ISBN 952-5596-57-5 (painettu).

Turun ammattikorkeakoulu
 Julkaisumyynti
 Sepänkatu 3
 20700 Turku

puh. 010 5535 810
 fax. 010 5535 791
 julkaisumyynti@turkuamk.fi
 tk.turkuamk.fi/julkaisutoiminta/tilaus.html