Parhaat käytettävissä olevat menetelmät (BAT) kalanviljelyyn Pohjoismaissa

*Jostein Solbakken, Lars Windmar, Helge Liltved,
Jo Inge Hesjevik, Ragnar Johannson*

Parhaat käytettävissä olevat menetelmät (BAT) kalanviljelyyn Pohjoismaissa

TemaNord 2008:547

© Pohjoismaiden ministerineuvosto, Kööpenhamina 2008

ISBN 978-92-893-1699-6

Ekspressen Tryk & KopicenterKansi:

0Painettu ympäristöä säästävälle paperille, joka täyttää pohjoismaisen Joutsenmerkin kriteerit.

Julkaisua voi tilata osoitteesta www.norden.org/order. Muita julkaisuja on osoitteessa

www.norden.org/publikationer

Printed in Denmark

Nordisk Ministerråd

Store Strandstræde 18

DK-1255 København K

Puh. (+45) 3396 0200

Faksi (+45) 3396 0202

Nordisk Råd

Store Strandstræde 18

DK-1255 København K

Puh. (+45) 3396 0400

Faksi (+45) 3311 1870

www.norden.org

Pohjoismainen yhteistyö

Pohjoismainen yhteistyö on yksi maailman laajimpia alueellisia yhteistyömuotoja. Yhteistyön perustana on maantieteellinen, historiallinen ja kulttuurinen yhteenkuuluvuus, ja sen piiriin kuuluvat Islanti, Norja, Ruotsi, Suomi ja Tanska sekä itsehallintoalueet Ahvenanmaa, Färsaaret ja Grönlanti.

Pohjoismaista yhteistyötä tehdään politiikan, talouden ja kulttuurin aloilla tärkeänä osana eurooppalaista ja kansainvälistä yhteistyötä. Pohjoismaisen yhteisön tavoitteena on vahva Pohjola vahvassa Euroopassa.

Pohjoismainen yhteistyö pyrkii vahvistamaan pohjoismaisia ja alueellisia etuja ja arvoja globaalissa maailmassa. Maiden yhteiset arvot lujittavat osaltaan Pohjolan asemaa yhtenä maailman innovatiivisimmista ja kilpailukykyisimmistä alueista.

Sisällisluettelo

Johdanto	5
Maalla olevien kalanviljely-laitosten ympäristövaikutukset.....	6
Menetelmät, joiden voidaankatsoa olevan BAT maallasijaitseissa laitoksissa.	7
BAT tasot	14
Merellä sijaitsevien laitostenympäristövaikutukset	15
Menetelmät, joiden voidaan katsoa olevan BAT merellä tapahtuvassakalankasvatuksessa.	17

Johdanto

Kalanviljely Pohjoismaissa tuottaa kalaa pääasiassakulutukseen, mutta myös istutuksiin järviin javesialueille, joiden kalakannat ovat uhattuina taipienemässä. Kaloja viljellään yhteensä noin 12 eri merikala- ja makeanveden lajia. Näiden lajientuotanto edustaa huomattavaa osaa Euroopan kalanviljelyn vuosittaisesta tuotantomäärästä. Kalanviljelyn ympäristövaikutuksille on ominaistakorkea energiankulutus lämmitykseen, runsas vedenkulutus sekä orgaanisen materiaalin jätteen aineiden fosforin ja typen päästöt.

Tämän tekstin tavoitteena on suositella parhaita käytettävissä olevia menetelmiä (BAT), jotka vähentävät veden ja energian kulutusta, ravinnostaja ulosteista syntyvää kuormitusta sekä lääkkeiden ja kemikaalien käyttöä kalanviljelylaitoksissa merellä ja maalla.

Tässä BAT määritellään nykyaikaisessa kalanviljelyssä kokeiluiksi menetelmiksi, jotka vähentävät päästöjä sekä resurssien käyttöä ja samanaikaisesti ottavat huomioon kalan terveyden ja hyvinvoinnin. Samalla edellytetään, että menetelmiä on mahdollista käyttää ottaen huomioon tuotannolliset ja taloudelliset olosuhteet.

Perusmateriaali kerättiin valituilta mailla ja merillä sijaitsevilta kalanviljelylaitoksilta. Tietojasaatiin myös ympäristöviranomaisilta ja kulloinkin kyseessä olevan menetelmän laitteiden toimittajilta.

Esiteltävien menetelmien yhteydessä viitataan referenssilaitokseen tai menetelmään on yleinen käytäntö kalanviljelyssä. Investointikustannukset vaihtelevat paljon Pohjoismaiden välillä, ja annettuja arvoja on siksi vain pidettävä ohjeellisina.

Teksti on lyhennelmä raportista Parhaat käytettävissä olevat menetelmät (BAT) kalanviljelyyn Pohjoismaissa, Kööpenhamina, Pohjoismaiden Ministerineuvosto, Teema Pohjoinen 2005.

Maalla olevien kalanviljely-laitosten ympäristövaikutukset

Pohjoismaissa maalla olevien kalanviljelylaitostenkoko vaihtelee viljelejä kantoja vahvistaviinistutuksiin poikasia tuottavista maalammikoistasuuriin ruokakalaa tuottaviin laitoksiin. Lajit, joitaviljellään, ovat lohi, kirjo-lohi, nieriä, meritaimen,järvitaimen, siika, ankerias, kuha, turska,ruijanpallas, piikkikampela, kirjomerikissa jameribassi.

Istukaslaitos, jonka jätevedet johdettiin makeaanveteen, tuotti 79 milj. poikasta/istukasta, kun taassisävesistöön jätevetensä johtava ruokakalalaitostuotti 38.500 tonnia, joka jakautui 7 erilajiin(vuonna 2000/2001).

Meriveteen päästönsä johtavista laitoksistapoikaslaitokset tuottivat 183 milj.poikasta/istukasta, kun taas maalla olevatruokakalalaitokset tuottivat 3.094 tonnia, jokajakautui 5 kalalajiin (vuonna 2000/2001).

Makeaan veteen päästönsä johtavat laitokset ovatmaalla sijaitsevia hautomo- ja poikaslaitoksia,kassikasvatuslaitoksia makeissa vesissä,kalankasvatuslammikoita ja maalla oleviajatkokasvatuslaitoksia. Kalankasvatuslammikotvastaavat suurimmasta tuotantomäärästä.Meriveteen päästönsä johtavat maalla sijaitsevatlaitokset käsittävät pääasiassa lohen ja kirjo-lohenhautomoita ja istukaslaitoksia

Maalla sijaitseva laitos, jossa on hautomo jajakokasvatuslaitos, sisältää seuraavat vaiheet:emokalojen säilytys, mädin lypsy emokaloista/luonnollinen mädin kuteminen altaassa, munienhaudonta, starttiruokinta, poikasruokinta jajakokasvatus. Prosessit käsittävät seuraavat;kalojen ruokinta, lajittelu ja kuljetus, rokotus,lääkitys, käsittely loisia vastaan, altaiden ja putkienpesu, kalojen keräily ja teurastus.

Ympäristövaikutukset on pääasiassa kuvattu maallasijaitsevan lohen ja kirjo-lohen istukaslaitoksessatapahtuvien prosessien avulla, koska nämä laitoksetedustavat suurta osaa maalla sijaitsevista laitoksistaPohjoismaissa.

Energiankulutus

Maalla sijaitsevat kalanviljelylaitokset käyttävätenergiaa veden lämmitykseen ja pumppaukseen,valaistukseen, hapen tuotantoon ja hapetukseenekä sisääntulevan veden UV –käsittelyyn.

Monilla laitoksilla on lämpöpumput, missätuloveteen luovutetun energian ja kompressoriinsekä pumppuihin johdetun energian välinen suhde (järjestelmän tehokerroin) on 10 ja 20 välillä. Kokonaisenergiankulutus maalla sijaitsevissakalanviljelylaitoksissa vaihtelee paljon eriPohjoismaiden sisällä ja välillä. Yleisesti tasovaihtelee välillä 0 ja 60 kWh/kg tuotettua kalaariippuen kalalajista, elinkierron vaiheesta,lämmitetäänkö vesi ja missä määrin se kierrätetäänuudelleen.

Vedenkulutus

Vesi tuo kalalle happea ja kuljettaa pois kuona-aineita. Makea vesi otetaan pääasiassa läheisestä vesistöstä, jolla on riittävän suuri valuma-alue.

Vedenkulutus vaihtelee myös paljon laitoksissa eri Pohjoismaiden sisällä ja välillä. Arvot vaihtelevat 6 - 160 m³ vettä/kg tuotettua kalaa. Suhteellinen vedenkulutus maassa, jossa makeaa vettä on vähän ja/tai makeavesikustannukset ovat korkeat, on alhaisempi suhteessa maahan, jossa makeavesi varat ovat runsaat.

Lääkkeiden ja kemikaalien käyttö.

Lääkkeiden ja kemikaalien käyttö maallatapahtuvassa kalanviljelyssä käsittää antibiootit, anestesia-aineet, fungisidit, kauppanimellään helmintika tunnetut ja muut loisten torjunta-aineet kuten formaliiniin.

Antibioottien kulutus vaihtelee 21-760 kg/vuodessa Pohjoismaiden välillä. Yksi myötävaikuttava syy tähän voi olla kalojen käsittely sellaisten bakteeritautien, kuten *Flavobacterium psychrophilum* ja *Ichthyophthirius multifiliis* puhjetessa taimenen viljelylaitoksilla, joita vastaan ei ole olemassa rokotetta.

Ruoan ja ulosteiden päästöt

Maalla sijaitsevien hautomoiden jätteenkäsittelylaitosten jätevesi koostuu rehunjätteen, ulosteiden, puhdistusaineiden ja desinfiointiaineiden. Rehun jätteet ja ulosteet sedimentoituvat resipienttiin. Suurin osa fosforista kulkeutuu ympäristöön hukkaan menneen rehun ja ulosteiden muodossa, kun taas typpi kulkeutuu ympäristöön liuenneena muodossa, josta vain pieni osa onsitoutuneena partikkeleihin. Rehun kauttakulkeutuvan typen ja fosforin kokonaismäärästä noin 52 % typestä ja 63 % fosforista päätyy ympäristöön, jos otetaan lähtökohdaksi rehukerroin 1.04.

Ravintoaineiden päästöt vaihtelevat välillä 15 - 70 kg typpeä ja 1-10 kg fosforia/tonnia tuotettua kalaa. Vaihtelua aiheuttaa veden kierrätyksen aste jätteenkäsittelyn ja ulosteiden suodatus/talteenottolaitteistot laitoksen omissa puhdistusyksiköissä.

Menetelmät, joiden voidaan katsoa olevan BAT maallasijaitsevilla laitoksilla.

Tämän kappaleen tiedot on kerätty seuraavatyypisistä maalla sijaitsevista kalanviljelylaitoksista:

1. Kirjolohen ruokakalalaitos, jossa vedenkierrätyksen aste on korkea
2. Lohen ja kirjolohen istukkalaitos, jossa veden kierrätyksen aste on keskimääräinen.

3. Piikkikampelan ruokakalalaitos, jossa veden kierrätyksen aste on korkea.
4. Lohen ja kirjolohen istukaslaitos, jossa veden kierrätyksen aste on keskimääräinen.
5. Kirjolohen ruokakalalaitos, jossa on sedimentaatiolaitos.
6. Kirjolohen ruokakalalaitos, jossa on osittainen veden kierrätys.
7. Lohen ja kirjolohen istukaslaitos, jossa matala veden kierrätyksen aste.

Vedenkulutuksen ja energiankulutuksen vähentäminen

Se, kuinka paljon vedenkulutusta voidaan vähentää, riippuu lajista ja kehitysvaiheesta. Pienen kalanspesifinen hapenkulutus on korkeampi, ja sensietokyky aineenvaihdunnassa syntyville kuona-aineille on vähäisempi. Vedenkulutuksen vähentäminen pienentää jäteveden määrää, mikä yksinkertaistaa jäteveden puhdistamista. Sähkönkulutus lisääntyy laitoksen sisäisen pumpppauksen yhteydessä ja hapenliukenemisasteen mukaan.

Vedenkulutusta maalla sijaitsevilla poikaslaitoksissa ja ruokakalalaitoksissa voidaan vähentää ottamalla käyttöön seuraavia menetelmiä:

- Lohikalajien poikaslaitoksissa voivathapetuslaitteet ja allaskohtaiset hiilidioksidinilmastimet mahdollistaa makean vedenkulutuksen vähentämisen 100:sta 53 m³:iin/kg tuotettuja smoltteja (Menetelmä nro 1, Taulukko 1, Kuva 1).
- Partikkelisuodattimen, biosuodattimen ja hapettimen sisältävän kierrätysmenetelmän asentaminen voi vähentää makean vedenkulutusta vielä jopa 6,3 m³:iin/kg tuotettuja smoltteja (Menetelmä nro 2, Taulukko 1).
- Alhaisin veden- ja sähkönkulutus 10 - 500 lohikalajien tuotannossa saavutetaan asentamalla kierrätysmenetelmä, jossa käytetään mikro-suodatusta, biosuodatinta ja ilmaa vedenkuljetukseen ja ilmastukseen. Saavutettavaksi makean veden kulutus vähenee silloin 100:sta 0,06 m³:iin/kg tuotettua kalaa, ja sähkönkulutuksen 1,5 kWh/kg tuotettua kalaa (Menetelmä nro 5, Taulukko 1).
- Maalla sijaitsevilla lämpimän veden merikalajien jatkokasvatustiloissa voidaan vedenkulutusta vähentää 100:sta 0,8 m³:iin/kg tuotettua kalaa kierrättämällä vettä partikkelisuodatuksen, biosuodattimen, denitrifikaattisuodattimen, fosforin laskeutusjärjestelmän läpi ja lisäämällä veteenhappea ennen kuin se virtaa kala-altaisiin (Menetelmä nro 6, Taulukko 1, Kuva 2). Sähkönkulutus on silloin noin 11 kWh/kg tuotettua kalaa.

Kuva 1. Piirros menetelmästä, jossa vedenkulutusta on vähennetty hapettamalla ja ilmastamalla hiilidioksidia.

Kuva 2. Piirros menetelmästä, jossa veden uudelleen kierrätyksen aste on korkea lämpimän veden merikalalajienjatkokasvatuslaitoksessa.

Veden pumppaus

Kalanviljelyssä, missä täytyy pumpata suhteellisen suuria määriä vettä pienien korkeuserojen yli, suositellaan seuraavaa:

- Keskipakopumppujen ja siipipyöräpumppujen käyttöä.
- Käyttää pumppuja niiden ominaisuuksien keskitasolla.

Orgaanisen materiaalin päästöjen vähentäminen

Toimenpiteitä rehun kulutuksen vähentämiseksi

Rehun kulutuksen väheneminen vaikuttaa suoraan ravintoaineiden päästöihin. Maalla sijaitsevilla kalanviljelylaitoksissa rehun kulutusta voidaan vähentää:

- Käyttämällä sellaisia ruokintalaitteita, joihin on yhdistetty lohien tai muiden kalalajien uusimmat kasvumallit.
- Kytkeillä ruokintalaitteisiin lämpömittarit veden lämpötilan jatkuvaksi seuraamiseksi ja säännöstelemällä ruokintaa automaattisesti ennaltamäärätyn mallin mukaan. Tällä

tavallajärjestelmä itse säätelee rehun saantia altaassavallitsevien olosuhteiden mukaan.

- Käyttämällä suppiloa, joka asennetaan altaanviemäriin rekisteröimään syömättä jäänyttärehua. Syömätön rehu rekisteröidään niin, että infrapunainen valonsäde taittuu, kunrehupelletit laskeutuvat suppilon läpi.
- Käyttämällä ruokintalaitteistoon kytkettyä ruokintapäiväkirjaa, joka mahdollistaa jatkuvanoppimisen kerättyä tietoa analysoimalla ja tuoesille tietoa siitä, milloin kala syö, kuinkapaljon kala syö ja kuinka nopeasti kala syö.

Rehuntahteiden ja ulosteiden keräily

Seuraavia menetelmiä voidaan käyttää vähentämään rehun ja ulosteiden päästöjä.:

- Pyörrepuhdistajien ja hiukkasten kerääjien käyttö jokaisen altaan viemäriissä, ja kiinnisaatujen partikkeleiden kerääminen (Kuva 3, Menetelmä nro 2, Taulukko 1).
- Sedimentaatioaltaan asentaminen ennenviemäriä (Menetelmä nro 4, Taulukko 1).
- Rumpusiivilän käyttö viemäriin yhteydessä (lohen istukaslaitos) vähentää rehuntahteista jaulosteista suspendoituneiden aineiden päästöjä jopa 67 % normaalissa rutiinitoiminnassa ja jopa 94 % tyhjennyksen tai altaiden ”huuhtelun” yhteydessä.

Kuva 3. Pyörreselkeytin (vas.) ja hiukkasten kerääjä (oik.), toimivat niin, että keskipaikoisvoima ja painovoima johtavat hiukkaset erottelijakeskelle, missä konsentroitui vesi (rejektivesi) johdetaan viemäriin, kun taas kirkas faasi (selkeytetty vesi) poistetaan ylijouksuputken kautta..

Pohjoismaisessa hautomossa ja 0,5 kg kirjolohenjatkokasvatuslaitoksessa on saavutettu varsin mataliupartikkelimaisen aineen ja ravintoaineiden päästöarvojakäyttämällä:

Kierrätysmenetelmää, joka sisältää hiukkastensuodatuksen tiheällä suodattimella, biosuodattimen, selkeyttävät ilmastusaltaat sekä paineilmaa vedenilmastukseen ja kuljetukseen. (Menetelmä nro 5, Taulukko 1).

Liuenneiden tai heikosti sitoutuneiden ravintoaineiden päästöjen vähentäminen

Jätevedessä olevia liuenneita tai heikosti sitoutuneita typpi- ja fosforimolekyylejä ei voida poistaa mekaanisella suodatuksella tai sedimentoimalla. Kun veden uudelleenkäyttöprosentti on korkea, nitraatti voi akkumuloitua suljetussa laitoksessa, missä vesikierrätetään. Denitrifikaatiosuodattimen käyttö muuttaa nitraatin typpikaasuksi, joka vapautuu ilmakehään. Ravintoaineiden päästöjä vähennetään edelleen:

- Asentamalla denitrifikaatiosuodatin suljettuun laitokseen puhdistamaan vesi liuenneista tai heikosti sitoutuneista typpimolekyyleistä (Menetelmä nro 3, Taulukko 1).
- Asentamalla fosforin laskeutusyksikkö suljettuun laitokseen puhdistamaan vesi liuenneista tai heikosti sitoutuneista fosforimolekyyleistä. Arvoja saavutettavista tasoista ei ole saatavana (Menetelmä nro 6, Taulukko 1),
- poistamalla flokkuloituneita partikkeleita fosforin laskeutusyksiköstä hihnasuodattimella (Menetelmä nro 6, Taulukko 1).

Lietteen käsittely

Lietteen kerääminen johtaa runsaaseen hiukkaspitoiseen ja heikosti sitoutuneen typen ja fosforin keräytymiseen. Lietteen käsittelyä voidaan käyttää laitoksilla, missä jäteveden määrä on pieni suhteessa jäteaineiden konsentraatioon. Mutta;

- kerätty liete on käsiteltävä prosesseissa, kuten puristaminen (veden poisto) ja stabilointi ennen kuin sitä voidaan käyttää maanparannusaineena.

Menetelmiä kalan terveydentilanvarmistamiseksi

Tässä kappaleessa kerrotaan vain tärkeimmistä menetelmistä. Nämä ovat tuloveden käsittely, hygieniasuunnitelmat/toimenpiteet, rokotus ja kalatienhoitojen säätely.

Tuloveden laatu pohjoismaisissa mailla sijaitsevilaitoksissa vaihtelee varsin paljon, mistä johtuen eianneta mitään tarkkoja lukuarvoja.

Seuraavia tekniikoita ja menetelmiä suositellaan maallasijaitsevien laitojen kalojen terveydentilanvarmistamiseksi.:

- UV säteilyannosten käyttö inaktivoi 99,9 % kaloillepatogeenisista bakteereista tulovedessä.
- Riittävien otsonin jäännöskonsentraatioiden käyttö inaktivoi 99,9 % tuloveden (makean veden) viruksista.
- Tuloveden partikkeleiden poistaminen mekaanisella suodatuksella tuloveden UV ja otsonidesinfioinnin vaikutuksen tehostamiseksi ja kalapoikasten kidusärsytyksen vähentämiseksi.
- Hygieniasuunnitelmien tekeminen laitokseentulevan tartunnan, ja laitoksessa kalakantojen välillä tapahtuvan tartunnan todennäköisyyden pienentämiseksi. Tämä käsittää suunnitelmat kalojen siirtämisestä ja työntekijöiden liikkumisesta, hygieniasulkujen rakentamisesta osastojen välillä, desinfektiorutiinit, rutiinittuntematonta alkuperää olevan biologisen materiaalin tuomisesta laitokseen ja kalojenviemisestä pois laitoksesta.
- Kaiken myytävän kalan yksilöllinen rokottaminen asianmukaisilla rokotteilla ja asiaankuuluvilla rokotusstrategioilla. Viljeltävän lohen ja kirjolohen rokottaminen useimmin esiintyviä bakteerisairauksia vastaan on johtanut antibioottien kulutuksen pienenemiseen jopa 99 %. Kustannukset nousevat noin 11 % kokonaistuotantokustannuksista smolttia kohti.
- Kalojen pitäminen ohjeellisten maksimitiheyksien rajoissa (kg/m³).
- Biomassan säätäminen tasolle, jolla kalojen hapentarve tyydytetään suurimmaksi osaksi veden läpivirtauksen avulla mieluummin kuin hapettamalla.

Menetelmiä myrkyllisten ja mahdollisestihaitallisten kemikaalien päästöjenvähentämiseksi

Myrkyllisten ja mahdollisesti haitallisten kemikaalien, erityisesti puhdistusaineiden, päästöjen vähentämiseksi, voidaan suorittaa seuraavia toimenpiteitä:

- Kaikkien pintojen pitäminen vapaan kalapatogeenista bakteereista ja viruksista.
- Pesuaineiden käyttäminen rasvapitoisten kerrosten poistamiseksi ja desinfektioaineiden vaikutuksen maksimoimiseksi.
- Liukkaiden pintojen käyttäminen altaissa, seinissä ja lattiassa.
- Keinovalon käyttäminen leväkasvustojenvähentämiseksi seinillä ja altaiden pohjassa.
- ”Höyrystin” –toiminnon sisältävän korkeapainehuuhtelun käyttäminen korkeamman lämpötilan saavuttamiseksi, jolloin on helpompipoistaa rasvapitoisia aineita altaiden seiniltä.

Kuolleiden kalojen käsittely

Tavallinen menetelmä kuolleen kalan säilömiseksi on happosäilöntä tankkiin laitoksella.

Menetelmän käyttöedellyttää infrastruktuuria ja vastaanottojärjestelmää happosäilötylle kuolleelle kalalle. Menetelmä vähentää ympäristölle vähemmänystävällisten keinojen tarvetta ja varmistaa kuolleen kalan hygieenisen säilytyksen.

Menetelmiä kalojen karkaamisen ja karkaamisen haitallisten vaikutustenvähentämiseksi

Karkaaminen maalla sijaitsevilta laitoksilta on rajoitettua, mutta seuraavia toimenpiteitä voidaan suorittaa maalla sijaitsevilta laitoksilta tapahtuvan karkaamisen todennäköisyyden pienentämiseksi.

- Varmistustoimenpiteet siirrettäessä istukkaita maalla sijaitsevista altaista kuljetusveneeseen, kuten esim. putkien ja haavien varmistaminen.
- Kiinteiden pohjasihtien asentaminen ja esteiden asentaminen viemärin suulle mahdollisestikaranneiden kalojen keräämiseksi.

BAT tasot

Yhteenveto tasoista käytettäessä maalla sijaitseville kalanviljelylaitoksille tarkoitettuja tekniikoita jamenetelmiä, jotka on kuvattu tässä raportissa on Taulukossa 1. Esitetyt tasot vaihtelevat sijainnista riippuvien spesifisten olosuhteiden mukaan ja niiden on siksi katsottava olevan vain ohjeellisia. Investointikustannukset vaihtelevat myös paljon.

Pohjoismaiden välillä ja jälleen täytyy annettuja arvoja vain pitää ohjeellisina.

Nr	Teknik	Referensanläggning	Specifik belastning		Vattenförbrukning	Energiförbrukn.	Referensanläggning
			Kväve Kg/ton producerad fisk	Fosfor Kg/ton producerad fisk		KWh/kg producerad fisk	
1	Syresättning och utluftning av CO ₂	Såttfiskodling för laxfisk (0,5–100 g), sötvatten.	53,0	9,0	53 000	I.T.	7
2	Recirkulation med partikelfilter, biofilter och syresättning	Såttfiskodling för laxfisk (0,5–100 g), sötvatten.	40,0	4,0	6 368	20,0	2
3	Recirkulation med partikelfilter, biofilter, denitrifikationsfilter och syresättning	Matfiskodling laxfisk (10–500 g), sötvatten.	18,0	8,5	123	5,4	1
4	Sedimenteringsanläggning vid avlopp	Matfiskodling laxfisk (10–500 g), sötvatten.	15,0	1,0	120	I.T.	5
5	Recirkulation med finfiltrering av partiklar, biofilter, luftning och transport med tryckluft	Matfiskodling laxfisk (10–500 g), sötvatten.	2,8	0,1	56	1,5	6
6	Recirkulation med partikelfilter, biofilter, denitrifikationsfilter, fosforfälla och syresättning	Matfiskodling för plattfisk (piggvar, 10–500 g), havsvatten.	I.T.	I.T.	840	11,4	3

Taulukko 1. Typen ja fosforin päästöt ja veden ja sähkön kulutus maalla sijaitseissa kalanviljelylaitoksissa tarkasteltuna valituissa viljelylaitoksissa. Näitä menetelmiä käytettäessä täytyy tarkentaa että päästötasot vaihtelevat kalalajin, veden lähteen laadun, ruokinta-annosten jne. mukaan. Annetut arvot ovat siksi vain ohjeellisia. E.K.= tietoa ei ole käytettävissä.

Rehu- ja ulostepäästöt

Lohikalojen istukaslaitoksissa viemärin suulla olevilla partikkelienkerääjillä, joissa on lietteenkerääjä voidaan saavuttaa päästötaso 40 kg typpeä/tonnia ja 4 kg fosforia/tonnia tuotettua kalaa. Menetelmän nro 3 käyttäminen vähentää typpipäästöjä tasolta 45 tasolle 18 kg/tonnia tuotettua kalaa (Taulukko 1). Lisäksi fosforipäästöjä voidaan vähentää käyttämällä menetelmää nro 6, (Taulukko 1), mutta arvoja saavutettavista tasoista ei valitettavasti ole käytettävissä. Menetelmässä nro 5, (Taulukko 1) saavutetaan typen päästöarvojen pieneneminen tasolta 52 tasolle 2,8 kg/tonnia tuotettua kalaa ja fosforintasolta 9 tasolle 0,1 kg/tonnia tuotettua kalaa.

Vertailun vuoksi todetaan, että nykyiset keskimääräisetpäästöt maalla sijaitsevista kalanviljelylaitoksista

Pohjoismaissa ovat tasolla 55 kg typeä ja 8 kg fosforia/tonnia tuotettua kalaa. Käytettäessä menetelmiä, jotka kuvataan Taulukossa 1, täytyy tarkentaa, että päästötasot vaihtelevat kalalajin, veden lähteen laadun, ruokinta-annoksen jne. mukaan. Annetut arvot ovat siksi vain ohjeellisia.

Sähkön ja veden kulutus

Lohikalojen istukaslaitoksessa, missä käytetään menetelmää 1, voidaan veden kulutusta vähentää 100:sta 53:een m³/kg tuotettua smoltia (Taulukko 1). Jos käytetään menetelmää 2, voidaan veden kulutusta vähentää tasolle 6,3 m³/kg tuotettua smoltia (Menetelmä nro 2, Taulukko 1). Sähkönkulutuskuitenkin lisääntyy sisäisen pumppauksen ja korkean hapen liukenemisasteen yhteydessä. Tuotettaessa 10 -500 g lohikaloja voidaan saavuttaa veden kulutus 0,06 m³/kg tuotettua kalaa, ja sähkön kulutus 1,5 kWh/kg tuotettua kalaa (Menetelmä nro 5, Taulukko 1). Maallasijaitseissa merikaloiden jatkokasvatustiloissa voidaan saavuttaa vedenkulutustaso 0,8 m³/kg tuotettua kalaa (Menetelmä nro 6, Taulukko 1). Sähkönkulutuksen silloin noin 11 kWh/kg tuotettua kalaa.

Merellä sijaitsevien laitosten ympäristövaikutukset

Pohjoismaissa tuotettujen 7-10 lajin tuotantomäärä oli yhteensä 529.000 tonnia jakaantuen 1162 laitokselle (vuonna 2000). Suurin osa tuotannosta oli norjalaistaloilta ja kirjaloilta.

Merellä sijaitseviin laitoksiin istutetaan poikasia jaistukkaita, jotka ruokitaan teuraskokoon. Tämän vaiheen aikana suoritettavia prosesseja ovat ruokinta, kuolleiden kaloiden poiminta, verkkokassien vaihtaminen, verkkokassien pesu, käsittely loisiavastaan, käsittely sairauksia vastaan ja kaloiden kerääminen teuraaksi.

Merellä sijaitsevien kalanviljelylaitosten ympäristövaikutus on peräisin rehunkulutuksesta, rehun ja ulosteiden päästöistä, lääkkeiden käytöstä, myrkyllisten ja mahdollisesti myrkyllisten kemikaalien käytöstä, kuolleesta kalasta ja karkaamisesta, jätteistä, hajusta ja melusta.

Rehunkulutus

Rehunkulutus eri maissa on suoraan riippuvainen vuosittaisesta tuotantomäärästä. Vuonna 2001 rehunkulutus oli Norjassa 659.311 tonnia, Färsaarilla 81.000 tonnia ja Ahvenanmaalla 6.300 tonnia.

Lääkkeiden ja kemikaalien kulutus

Lääkkeiden määritelmässä on otettu mukaan vainantibiootit. Antibiootteja käytetään vainbakteerisairauksia saaneiden kalojen akuuttiinkäsittelyyn. Pohjoismaissa antibioottien kulutusvaihtelee välillä 0,005 ja 102 g/tonnia tuotettua kalaa, ja on alhaisin Ahvenanmaalla ja korkein Tanskassa.

Kemikaalit, joita käytetään ovat nukutusaineet, sienientorjunta-aineet, loisten torjunta-aineet sisältäenlohiloisen torjunta-aineet, kupari, desinfektioaineet japuhdistuskemikaalit. Vuonna 2001 kulutettiin 201tonnia kuparia Norjassa ja 31 tonnia Färsearilla. Erilaisia lohiloisen torjunta-aineita kulutettiin 119 kg Norjassa ja 13,4 kg Färsearilla.

Rehu- ja ulostepäästöt

Orgaaniset päästöt käsittävät rehun, ulosteet, typen ja fosforin. Pohjalle sedimentoituvien partikkeleiden päästöt riippuvat kalanviljely-yksikön alla olevastasyvydestä ja virtausolosuhteista.

Fosforipäästöjen määrä riippuu ensisijaisesti hukkaanmenneen rehun ja ulosteiden määrästä. Typpipäästöjen määrä riippuu hukkaan menneen rehun ja ulosteiden määrän lisäksi myös rehun sisältämästä proteiinista. Suurin osa tuestä joutuu ympäristöön liuenneessamuodossa, kun taas suurin osa fosforista kulkeutuu hukkaan menneen rehun ja ulosteiden mukana.

Tanskassa on alhaisin keskimääräinen päästötaso 45 kg typpeä ja 5 kg fosforia per tonnia tuotettua kalaa. Ruotsissa ja Suomessa päästötaso on korkein, 59 kg N ja 7-8 kg fosforia per tonnia tuotettua kalaa. Joillakin suomalaisilla laitoksilla päästötaso on alhainen, 36 kg typpeä ja 4,3 kg fosforia/tonnia tuotettua kalaa.

Karkaaminen

Kalojen karkaaminen laitoksilta on suuri ongelma. Norjalaisilta kalanviljelylaitoksilta karkasi vuonna 2000 noin 351.000 lohta ja kirjolohta, kun taas färsearelaisilta laitoksilta karkasi noin 1.000.000 lohtavuonna 2002.

Jäte, haju ja melu

Jäteproblematiikka on sama kuin maalla sijaitsevilla laitoksilla.

Verkkokassilaitoksen haju syntyy rehusta, kuolleestakalasta, kuivamassa olevien kasvatuskassien pinnalle kiinnittyneistä kuolleista organismeista japuutteellisesta puhdistamisesta. Merellä sijaitsevien laitosten mahdollinen melu rajoittuu henkilökuntaa jakalaa ja rehua kuljettavien veneiden moottorien ääneen. Ruokintalaitteista voi syntyä jonkin verran ääntä. Nämä eivät ole jatkuvia ääniä, vaan syntyvät satunnaisesti päivän

aikana ja eri vuodenaikoina Sähkögeneraattorit voivat myös aiheuttaa melua, mutta uudemmat generaattorit ovat hyvin äänieristettyjä eivätkä aiheuta oleellista meluongelmaa. Joillakin laitoksilla on paikanpäällä kasvatuskassien pesukone, joka voi aiheuttaa jonkin verran melua, mutta ei yli 40-50 dB(A).

Menetelmät, joiden voidaan katsoa olevan BAT merellä tapahtuvassakalankasvatuksessa.

Menetelmät, joiden voidaan katsoa olevan BAT merellä tapahtuvassakalankasvatuksessa.

1. Lohen ja kirjolohen ruokakalalaitos, jossa ontunnistinjärjestelmä kalanruokailukäyttämisen ja rehunhukkamäärien muutosten havaitsemiseksi.
2. Lohen ja kirjolohen ruokakalalaitos, jossa onhukkarehun ja kuolleiden kalojen keräilyjärjestelmä.
3. Lohen ja kirjolohen ruokakalalaitos, jossa käytetään huulikalaja lohiloisten poistoon.
4. Lohen ja kirjolohen ruokakalalaitos, jossa on automaattinen kasvatuskassien vaihtojärjestelmä.

Menetelmiä, jotka vähentävät orgaanisen aineen päästöjä.

Merellä sijaitsevilla laitoksilla ympäristöpäästöjensä suurin pienentyminen saavutetaan vähentämällä rehun hukkaa, koska hukkahunalla on suurempi vajomusnopeus kuin ulosteilla, ja siksi se sedimentoituu keskitetymmin laitoksen alle. Seuraavat menetelmät voivat auttaa vähentämään orgaanisen aineen päästöjä ja kuormitusta resipientissä:

- Sellaisten ruokintalaitteiden käyttö, joihin on ohjelmoitu kasvumallit, jotka ottavat huomioon lämpötilan, päivän pituuden ja joissa on kasvatuskassin pohjan päälle tai alle asennetut tunnistimet, jotka rekisteröivät syömättä jääneen rehun ja kalan aktiivisuuden (Kuva 4).
- Sellaisen keräilyjärjestelmän käyttö, joka kerää hukkahun ja kuolleet kalat, jotka muuten kuormittaisivat pohjaa/ympäristöä laitoksen alla (Kuva 5). Jatkuva kuolleiden kalojen keräily varmistamaan muun biomassan terveydentila.

Kuva 4. Periaatepiirros merellä sijaitsevastakalankasvatustaitoksesta, jossa on hukkarehun rekisteröiväinfrapunavalon (yllä) ja doppler tunnistimen (alla) sisältäväruokintajärjestelmä.

Kuva 5 Periaatepiirros hukkarehun, ulosteiden ja kuolleidenkalojen keräilyjärjestelmästä.

Menetelmiä, jotka varmistavat olemassa olevanbiomassan hyvän terveydentilan.

Seuraavat menetelmät voivat auttaa varmistamaan kalanviljelylaitoksessa olevien kalojen hyvän terveydentilan

- Kalatiheyden sovittaminen kunkin paikan virtausnopeuden ja lämpötilan mukaan.
- Ympäristöparametrien konsentraatioidensaännöllinen seuranta. Tällaisia parametreja ovat ammoniakki ja happi loppukesällä ja syksyllä, erityisesti virtapaikoissa, joissa veden vaihtuvuus on pieni.
- Huulikalan (Kuva 6) käyttäminen lohiloisen laiduntajana alueilla, joilla on suurempia villinhuulikalan esiintymiä.
- Synkronoidut, alueelliset lohiloisen torjunnat, esimerkiksi keväällä poistamaan mahdollisimman paljon sukukypsiä loisia ennen kuin lämpötila ja loisen lisääntymiskyky nousee.
- Vähennetyn valaistuksen käyttö kasseissa pinnalta tulevan valon sijaan edistämään lohien jakautumista syvemmälle kasseissa vuorokauden ympäri, mikä johtaa vähentyneisiin lohiloistartuntoihin.

Kuva 6. Viherhuulikala.

Menetelmiä, jotka vähentävät kemikaalienpäästöjä

Merellä sijaitsevilla laitoksilla käytetyistä kemikaaleista on eniten käytetty kuparikyllästämistä. Seuraavat menetelmät voivat vähentää/ eliminoida kuparikyllästämisen käytön;

- Kasvatuskassien kuivattaminen kassin pinnan leväkasvuston poistamiseksi käyttämällä kahden kasvatuskassin settiä, missä toinen kassi vedetään ylös ja kuivataan, sillä aikaa kun toinen on meressä.
- Kasvatuskassin molemmiin puoliin asennettujen sähkökäyttöisten rumpujen käyttö (Kuva 7) isommilla laitoksilla yksinkertaistamaan kasvatuskassin vaihtoa ja stimuloimaan useammin tapahtuviin suurempien kasvatuskassien vaihtoihin.
- Meressä olevan kasvatuskassin ylimpien 2-3 metrin huuhtelu painepesurilla, erikoisvalmistetulla laitteella, joka liitetään korkealla paineella tulevaan veteen (Kuva 8).

Kuva 7 Periaatepiirros automaattisesta kasvatuskassinvaihtojärjestelmästä merellä sijaitsevassa ruokakalalaitoksessa. Kuvassa sekä kiinteä rumpu että liikuteltava rumpu.

Kuva 8. Kasvatuskassien seinien pesukone.

Menetelmiä, jotka vähentävät kalojen karkaamista ja karkaamisen haitallisiavaikutuksia

Erityisen laitostekniikan valintaan vaikuttaa se, mitenvoimakkaasti sijainti on alttiina esim. tuulenvoimakkuus ja aallonkorkeus. Norjassa on otettu käyttöön hyväksyntäjärjestelmä kelluville laitoksille jakansallinen standardi kelluville kalanviljelylaitoksille (NS9415 – Kelluvat kalanviljelylaitokset. Suunnittelun, mitoituksen, toteutuksen, asennuksen ja toiminnanvaatimukset). Standardi tuli voimaan 1.4.2004. Standardin tarkoituksena on vähentää kalanviljelylaitoksen teknisestä pettämisestä taivirheellisestä käytöstä johtuvaa karkaamisriskiä. Kaikkien laitteiden, joita käytetään standardin voimaantulon jälkeen, on oltava tuotesertifioituja, kuntaas olemassa olevien kalanviljelylaitosten täytyy saada kelpoisuustodistus ennen vuotta 2006. Tämä dokumentoi laitoksen vastuullisen teknisen ta-

son. Esimerkkejä erilaisista laitoksista, joita käytetään säällealttiilla alueilla Kuva 9 ja Kuva 10).

- Kasvatuskassin tarkistaminen ja yksityiskohtaisten menettelytapojen kehittäminen käsittelyyn, kasvatuskassin tarkastukseen ennen ja jälkeen mereen sijoittamisen, sen laitokseen asentamiseen ja tuotantorutiineihin (kuten esim. veneen käydessä laitoksella).
- Törmäyssonnettomuuksien estämisen varmistaminen laitoksella tapahtuvan liikenteen yhteydessä riittävällä laitoksen valaistuksella, vilkkuvien lyhtyjen lisäksi, erityisesti silloin kun näkyvyys on huono.
- Kiinnitysköysien ja kasvatuskassien säännölliset tarkastukset ja huolto kasvatuskassien reikien sekä kiinnitysköysien ja laitoksen ankkurointien heikkouksien paljastamiseksi.
- Kasvatuskassien vaihtaminen usein, jotta kasvatuskassien tilaa voidaan hyvin kontrolloida.
- Säännöllinen tarkailukalastus verkoilla kalojen karkaamisen havaitsemiseksi nopeasti.
- Rutiinien kehittäminen veneiden laitoksella käyntien, kuten istukkaiden tuonnin, lohiloisenton junnun, kasvatuskassien vaihdon, rehunkuljetuksen ja kalojen keräämisen (sadonkorjuun) yhteyteen.

Kuva 10. Periaatepiirros lohi- ja turskakalojen tuotantoontarkoitettu alaslaskettavasta verkkokassista.

Menetelmiä, jotka vähentävät melua

Merellä sijaitsevista verkkokassilaitoksista meluasyntyy sähköaggregaateista, kuolleen kalan myllyistä jamahtavasti pesukoneista, mikäli kasvatuskassit pestään laitoksilla itse. Seuraavat toimenpiteet vähentävät merellä sijaitsevilla kalanviljelylaitoksilla syntyvää melua;

- Hiljaisten tai eristettyjen sähköaggregaattien käyttö.
- Kasvatuskassien kuivattaminen pesukoneen käytönsijaan laitoksella, erityisesti jos laitos sijaitsee asutuksen lähellä.
- Ruokintapisteen sijoittaminen veden alle melunvähentämiseksi ruokittaessa kuivarehulla, mikäli ruokintajärjestelmä sen sallii.

Estetiikka

Otettaessa huomioon muut käyttäjäintressit niillä alueilla, joilla kalanviljelylaitokset ovat, pitäisi suoritaa seuraavia toimenpiteitä laitoksensilmänpistävyden vähentämiseksi;

- Köysien kiinnityspoiijujen väri ei saa haitata ympäristöä.
- Kiinnitysköysien pitää olla järjestetty niin, että neon helppo huomata.
- Laitoksen valaistuksen on oltava sammutettuna öisin biologisia prosesseja kuten sukukypsyydensaavuttamista ohjaavaa valaistusta ja merkkivalojalukuun ottamatta.
- Biologisia prosesseja ohjaavan valaistuksen pitää olla upotettuna merenpinnan alapuolelle.

Menetelmiä laitoksen sijoittamiseksi ja ympäristön tilan tarkkailemiseksi

Optimaalisen paikan löytäminen kalanviljelylaitokselle on taloudellisesti tuottavan toiminnan avainedellytys. Laitoksen sijoittamisessa täytyy ottaa huomioon seuraavaa;

- On tehtävä asiantuntija-arvio paikan vuotuisista ympäristöolosuhteiden vaihteluista suhteessa kasvatettavan lajin ympäristövaatimuksiin.
- 1-5 km säteellä ei saa olla ollenkaan kalanviljelytoimintaa tai kalanviljelytoiminta on vähentynyt.
- Laitosta ei pidä sijoittaa kynnysvuonoihin eikä heikkovirtaisiin kynnysaltaisiin.
- Virtausnopeutta 5 cm sekunnissa tai enemmän suositellaan varmistamaan riittävä kalojen hapensaanti ja jätteiden leviäminen. Alhaisilla kalatiheyksillä veden vaihtuvuuden vaatimusta voidaan jonkin verran pienentää.

Menetelmiä alueen pohjan olosuhteista huolehtimiseksi ja sedimentin tilan tarkkailemiseksi

Sukupolviuotanto ja jokaisen kalankasvatuspaikankesannointi tarkoittaa, että jokaisella meressä sijaitsevalla kalanviljelylaitoksella täytyy olla käytössä 3-4 paikkaa, joita käytetään vuorotellen. Tässä konseptissa eri sukupolvet pidetään erillään eripaikoissa ja yksi paikka on aina kesannolla.

Sukupolviuotanto vähentää tautitartuntaa mereenistutettavien sukupolvien välillä, ja yhden paikankesannointi tuotantosyklin läpi mahdollistaa laitoksenalla olevan pohjaeläimistön ennalleen palautumisen, jänän vältetään myös hapettomien olosuhteiden kehittyminen. Hapettomissa olosuhteissa muodostuu usein kaasuja kuten metaania ja rikkivetyä, jotka taas ovat suoraan myrkyllisiä kaloille.

Kun pohjaeläinkoostumus on kehittyneeksi tasolle, kalat voidaan istuttaa kyseiselle paikalle. Pohjan olosuhteiden hoitamiseksi tietyllä paikalla suositellaan:

- Sedimentin tilan valvontaa MOM –menetelmällä (Matfiskanlegg – övervakning – modellering, Ruokakalalaitos – valvonta – mallintaminen) joka on järjestelmä, jota voidaan käyttää säätelemään mereisten kalanviljelylaitosten ympäristövaikutusta alueen kantokyvyn mukaan (NS 9410),
- Sedimentin tilan arviointia kuparin ja sinkin pitoisuuksien raja-arvojen avulla annettujen laskentalinjojen mukaan.
- Sukupolviuotannon ja alueen kesannoinnin käyttö vähentämään tautitartuntaa sukupolvien välillä jättämään hapettomia olosuhteita laitoksen alla.
- Kesannointijakson pituuden arviointi pohjaeläinkoostumuksen ja sedimenttien orgaanisen hiilen kokonaismäärän (TOC) avulla, koska TOC –arvon ja pohjaeläinkoostumuksen välillä on läheinen yhteys.

BAT tasot

Tässä kappaleessa esitetyt tasot vaihtelevat sijainnista riippuvien spesifisten olosuhteiden mukaan ja niiden on siksi katsottava olevan vain ohjeellisia. Investointikustannukset vaihtelevat myös paljon Pohjoismaiden välillä ja jälleen täytyy annettuja arvoja vain pitää ohjeellisina

Rehu- ja ulostepäästöt

Vaikka yksittäiset kalanviljelyviranomaiset Pohjoismaissa ovatkin aloittaneet käytännön, jossa kuhunkin lupaan sisältyy rajoitettu rehumäärä, rehunkulutus vähenee pääasiassa käyttämällä menetelmiä, jotka tunnistavat hukkarahun ja valvovat kalojen aktiivisuutta ja vertikaalista jakautumista. Sellaiset järjestelmät johtavat siihen, että voidaan saavuttaa rehu kerroin alle 1,00. Näin voidaan typen ja fosforin päästöt saada tasolle 45

kg N/tonnia ja 5 kgP/tonnia tuotettua kalaa. Menetelmä, joka keräähukkarehun kasvatuskassin pohjalta ja kuljettaa senpinnalle yhdessä kuolleiden kalojen kanssa, vähentääpäästöjä vastaavalle tasolle kuin käytettäessä ruokintalaitteita, jotka tunnistavat hukkarehun. Edelleen viimeksi mainittu menetelmä vähentääpaikallisesti orgaanista kuormitusta, koska sekähukkarehu että ulosteet kerätään talteen.

Lääkkeiden ja kemikaalien kulutus

Lääkkeiden, pääasiassa antibioottien, kulutus on 102g/tonnia tuotettua kalaa Tanskassa varrattuna 0,005-1g/tonnia tuotettua kalaa muissa Pohjoismaissa. Syysuureen antibioottien kulutukseen Tanskassa onfurunkuloosin ja ERM-taudinesiintymien korkeamäärä. Tanskassa rokotetaan vain 20-25 % kaikistamereen istutettavista kaloista, kun muissa Pohjoismaissa luku on lähes 100 %. Pohjoismaissatavallisia kalapatogeenisiä sairauksia vastaan yksilöllisesti rokotettujen istukkaiden ostaminen vähentää antibioottien kulutusta yli 99 %

Lohiloisen torjunta-aineiden käyttö lohen ja kirjolohenviljelyssä voidaan sulkea pois käyttämällä huulikaloja. Tämä on menetelmä, jota käytetään vain Norjassa. Tämä johtuu siitä, että suurempia määriä niitä erihuu-likalalajeja, joita käytetään loistentorjunnassa, esiintyy vain Norjassa.

Kasvatuskassien kuivattaminen vähentää kuparipitoisilla aineilla kyl-
lästämisen tarvetta, ja voisiten sulkea pois kuparin käytön. Toinen kassi riippuukuivamassa, kun toinen on käytössä. Suurille teräslaitoksille on olemassa automaattisia menetelmiä, jotka helpottavat kasvatuskassin vaihtotyötä. Automaattista menetelmää ei kuitenkaan voida käyttää suurien pyöreiden muovirenkaiden päällä. Sellaisille verkkokasseille on olemassa painepesureita, jotka poistavat leväkasvun 2-3 ylimmän metrin osalta kunkasvatuskassi on meressä. Menetelmää voidaan käyttää kasvatuskassin reunalta. Kasvatuskassin pesu kolme metriä syvemmällä vaatii ammattisukeltajien apua.

Karkaaminen

Karkaamisen vähentämistä edistäviä menetelmiä voivatolla laitoksen rakenteiden sopeuttaminen sen mukaan, miten altis sijainti on sään vaihte-
luille sekä upotettavien kasvatuskassien käyttäminen erityisen alttiilla alueilla. Muut menetelmät, kuten kasvatuskassin rutiinitarkastus, varmistus liikenteen varalta, laitoksen huolto, usein tapahtuvak kasvatuskassin vaihto, tarkkailukalastus verkoilla, jarutiinit veneiden laitoksella käyntien yhteydessä voivatauttaa vähentämään karkaamista jopa 100 %.

Kehitys tulevaisuudessa

Tämänhetkinen kalanviljelyn ympäristövaikutuksiavähentävien menetelmien tutkimus ja kehitys käsittäämm.:

- kohtuullisten menetelmien kehittäminen vedenkierrätykseen, ulosteiden keräämiseen, lietteenkäsittelyyn, lietteen jälkikäsittelyyn, vedenkulutuksen sekä lääkkeiden ja kirjolohenkasvatuksen apuaineiden käytön vähentämiseen (Tanska),
- suljetun kasvatuskassin ja siihen kytketyn puhdistusyksikön kehittäminen, joka tähänmennessä on vähentänyt fosforipäästöjä 90 % (Suomi),
- yritykset käyttää entsyymikäsiteltyä kuollutta kalaaväriaineen ja lannoitteen valmistukseen (Suomi),
- yritykset käyttää entsyymikäsiteltyä kuollutta kalaaväriaineen ja lannoitteen valmistukseen (Suomi),
- vedenkäsittelylaitosten kehittäminen merellisien kalalajien poikasten tuotannossa (Norja),
- kalanviljelylaitosten optimaalinen sijoittaminen (Norja ja Suomi),
- lohen ja kirjolohen kasvatuksen soveltuvuusanalyysit suhteessa vuorovesivirtauksiin ja aaltoihin (Färsaaret).

Kirjallisuus

Parhaat käytettävissä olevat menetelmät (BAT) kalanviljelyyn Pohjoismaissa, Pohjoismaiden Ministerineuvosto, TemaNord 2005:528.