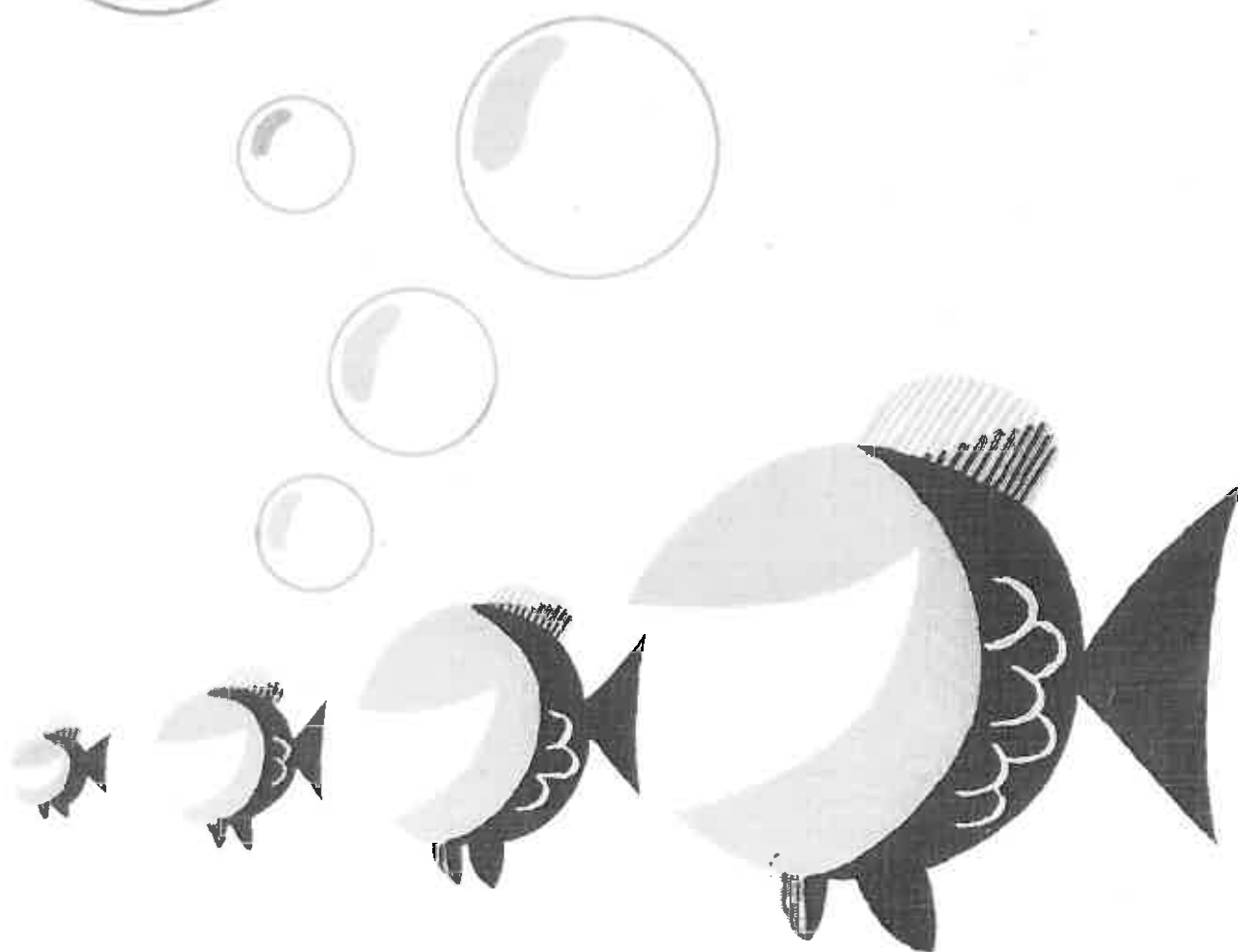


RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALANTUTKIMUSOSASTO



MONISTETTUJA JULKAISUJA

85
1989





RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALANTUTKIMUSOSASTO

MONISTETTUA JULKAISUA

Toimittaja: Viljo Nylund. Toimitussihteerit: Marja-Liisa Koljonen, Petri Suuronen.

Julkaisun jakelusta päätetään kunkin numeron osalta erikseen.

Julkaisua koskevat tiedustelut osoitetaan Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston kirjastolle, PL 202, 00151 Helsinki.

Monistettuja julkaisuja on jatkoa sarjalle: "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja". Kalantutkimusosaston muut julkaisusarjat ovat "Finnish Fisheries Research", "Suomen kalatalous", "Tiedonantoja" ja "Meddelanden".

Redaktör: Viljo Nylund. Redaktionssekreterare: Marja-Liisa Koljonen, Petri Suuronen.

Publikationens distribuering fastställs skilt för varje nummer.

Förfrågningar angående tidskriften riktas till bibliotekarien, Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet, fiskeriforskningsavdelningen, PB 202, 00151 Helsingfors.

Tidskriften är fortsättning på "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja". Övriga publikationsserier från fiskeriforskningsavdelningen är "Finnish Fisheries Research", "Suomen kalatalous", "Tiedonantoja" och "Meddelanden".

K A T S A U S J Ä T E L Ä M M Ö N K Ä Y T Ö S T Ä
V E S I V I L J E L Y S S Ä

POHJOISMAINEN MINISTERINEUVOSTO

Nordisk Ministerråd, 1985: Energiekonomisering i akvaindustrien eller utnyttelse av spillvarme til akvakulturformål. Toimittanut E. Lygren, Köbenhavn, 80 pp.

Norjankielisen oppaan käännöksen teki Lena Söderholm-Tana, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto.

SISÄLLYSLUETTELO

| | sivu |
|--|------|
| YHTEENVETO | 32 |
| 1. JOHDANTO | 35 |
| 2. POHJOISMAINEN VESIVILJELYELINKEINO | 36 |
| 2.1 Nykytilanne | |
| 2.2 Odotettu kehitys | |
| 3. VESIVILJELYN ENERGIATALOUS | 39 |
| 3.1 Vesiviljelyn energiatarve | |
| 3.2 Lämpöpumppujen ja lämmönvaihtimien yhteiskäyttö vesiviljelyssä | |
| 4. JÄTELÄMMÖN KÄYTÖN SYYT | 50 |
| 5. JÄTELÄMPÖVARAT | 51 |
| 5.1 Jätelämpövarojen katsaus | |
| 5.2 Jätelämpövarojen käytön vaatimukset | |
| 5.3 Jätelämpövarojen taloudellinen arvo kasvatuksessa | |
| 6. KEHITYSMAHDOLLISUUDET | 64 |
| 6.1 Lajien valinta | |
| 6.2 Markkinanäkymät ja hinnat | |
| 6.3 Kasvatusteknologia ja kustannukset | |
| 7. KIRJALLISUUS | 78 |
| 8. BIBLIOGRAFIA, YHTEYSHENKILÖIDEN NIMET JA OSOITTEET POHJOISMAISSA | 78 |

YHTEENVETO

Vesiviljely Pohjoismaissa

Lohi ja kirjolohi muodostavat pääasiallisen osan tämän päivän vesiviljelytuotannosta Pohjoismaissa.

Vuonna 1984 tuotettiin yhteensä 40 000 tonnia kirjolohta, josta 23 000 tonnia oli pientä kirjolohta (useimmiten 200 - 300 g:n annoskalaa) ja 17 000 tonnia isoa kirjolohta (useimmiten 2 - 4 kg). Annoskalat tuotettiin pääasiallisesti Tanskassa ja isot kirjolohet useissa maissa. Lohta tuotettiin 23 000 tonnia pääasiallisesti Norjassa. Kalat kasvatettiin 1 750 laitoksessa ja tuotannon arvo oli yli 2 miljardia Nkr. Lohen ja ison kirjolohen viljely lisääntyy nopeasti kun taas annoskalan markkinat ovat epävarmat ja hinta alhainen.

1990-luvulla odotetaan uusien lajien tulevan ajankohtaisiksi ja erityisesti ruijanpallas (kampelalaji) vaikuttaa lupaavalta, kunhan poikasten starttirehuongelma ratkaistaan.

Vesiviljelyn energiantarve

Energiantarve on erityisen suuri veden lämmityksessä. Lämpötila on happipitoisuuden ohella tärkein kalan kasvuun vaikuttava tekijä ja taloudellisesti voi olla erittäin edullista, jos pystytään lämpötilaa vaihtelemalla luomaan viljelylaitoksella toivotut kasvuolosuhteet.

Veden lämmitystä käytetään tänään ensi kädessä istukaskalan tuotannossa ja esimerkiksi Norjassa on kalanviljelylaitoksiin asennettu 50 lämpöpumppua ensimmäisen lämpöpumpun käyttöönoton jälkeen loppuvuonna 1980. Ruokakalantuotannossa vettä lämmitetään ensi sijassa ankeriaan kasvatuksessa. Käytettäessä uusia suljettuja laitostyyppisiä ja veden hapetusta sekä mahdollisesti veden uudelleenkierrätystä tullaan luultavasti myös muiden lajien ruokakalakasvatuksessa lämmittämään viljelyvettä. Tämä vaatii kuitenkin suuria määriä edullista energiaa, jota voidaan saada hyödyntämällä Pohjoismaiden suuria jätelämpövaroja.

Taulukossa 1 on arvioitu vuosittainen eri lajien ruokakalakasvatuksen sekä yksivuotiaiden lohismolttien tuotannon lämmitystarve. Energiantarve on arvioitu käytettäessä tarkoituksenmukaisinta tunnettua teknologiaa ja veden uudelleenilmastusta laitoksella.

Taulukko esittää nettotarpeen käytettäessä poistovedessä lämmönvaihdinta, joka ottaa talteen 60 % poistoveden energiasta.

Jätelämpövarat Pohjoismaissa

Vuosittain Pohjoismaiden teollisuus ja voimantuotanto tuottaa noin 225 TWh teknisesti hyödynnettävää energiaa jätelämmön muodossa. Tämä jakautuu seuraavasti: 180 TWh lauhdevoimalaitoksilta, 40 TWh teollisuudesta, 1.8 TWh vesivoimaloista ja 3.0 TWh muunta-

jista. Vain pieni osa tästä energiasta voidaan hyödyntää vesiviljelyssä. Tämä johtuu monesta seikasta:

- Lauhdevoimalaitosten jätelämpö jakautuu pienelle määrälle voimaloita. Viljely tilatarpeista, ympäristöllisistä ja kasvatushygieenisistä syistä voi olla vaikeaa hyödyntää varoja.

- Osa lämmönlähteistä voi olla liian pieniä tai liian kalliita hyödynnettäviksi joka johtuu riittävän hyvänlaatuisen kasvatusveden ja viljelyyn soveltuvan alueen etäisestä sijainnista, ja siitä aiheutuvista pitkistä vedensiirtomatkoista.

Taulukko 1. Vuosittainen nettolämmitystarve eri lajien kasvatuksessa eri puolilla Norjaa käytettäessä poistoveden lämmönvaihtimia jotka ottavat talteen 60 % energiasta. PN=Pohjois-Norja (Bodø), NV=Nord-Vestlandet, Ø=Østlandet (Østfold)

| Tuot. kalan koko (kg) | Vesi M=makea S=meri | PN | NV | Ø | Energiatarve | |
|--------------------------------|---------------------------|-----|-----|-----|--------------------|---------------------------|
| | | | | | kWh/kg tuot. kalaa | kWh/kpl tuot. lohismoltti |
| Ankerias | 0.3 | M | 3.8 | 3.4 | 3.1 | |
| Piikkikampela | 2.0 | S | 89 | 62 | 62 | |
| Lohi | 3.0 | S | 48 | 36 | 40 | |
| Kirjolohi | 2.5 | M | 52 | 40 | 36 | |
| Kirjolohi | 2.5 | S | 24 | 18 | 20 | |
| Lohismoltti | 0.040 | F+S | 14 | 9 | 8 | |

Hyödyntämällä 5 % energiavaroista voidaan saada aikaan poikas-tuotanto, joka riittäisi viisinkertaisesti tyydyttämään pohjoismaisen vesiviljelyn tämän päiväisen tarpeen. Hyödynnettäessä 2 % energiasta voidaan tuottaa kirjolohta ruokakalaksi noin 200 000 tonnia/vuosi, vaihtoehtoisesti lohta 100 000 tonnia/vuosi. Tämä on 4-5 kertaa enemmän kuin mitä tänään tuotetaan Pohjolassa.

Jätelämmön taloudellinen arvo kasvatuksessa

Tässä raportissa on esitetty jätelämpöön perustuvan laitoksen tuotantokulujen arvio ja verrattu sitä tavanomaiseen laitokseen. Arvio on tehty lohismolttituotantoa ajatellen ja sitä on sitten verrattu vastaavaan lämpöpumpun käyttöön perustuvaan laitokseen. Arvio on myös tehty 2.5 kg:n kirjolohta tuottavalle laitokselle, ja sitä on verrattu merivettä käyttävään laitokseen, joka perustuu samaan teknologiaan kuin jätelämpölaitos ja joka sijaitsee norjalaisella, suhteellisen edullisella paikkakunnalla.

Jätelämmön arvo on se hinta, jota voidaan jätelämmöstä maksaa niin, että tuotantokustannukset vertailluissa laitoksissa olisivat samat.

Lohismolttituotannossa huomattiin, että jätelämpölaitoksen tuotantokulut olivat 7.74 Nkr/smoltti, kun taas lämpöpumppulaitoksen tuotantokulut olivat 8.50 - 8.74, paikasta riippuen.

2.5 kg:n kirjolohien tuotannossa jätelämpölaitoksen tuotantokulut olivat 18.24 Nkr/kg ja vastaavassa lämpöpumppulaitoksessa 19.40. Tästä arvioitu jätelämmön hinta on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Jätelämmön arvioitu arvo äyrejä/kWh (laskelma perustuu arvioihin eikä sitä tule pitää absoluuttisena).

| | Jätelämpöön perustuva kirjolohilait. (500 tonnia/v) Merivesi | Makeavesi | Jätelämpöön perustuva lohismolttilait. (500 000 smolttia/v) |
|----------------------|--|-----------|--|
| Pohjois-Norja (Bodø) | 4.6 | 2.2 | 7.3 |
| Østlandet (Østfold) | 5.4 | 3.2 | 9.3 |
| Nord-Vestlandet | 6.5 | 2.9 | 8.8 |

Lajivalinta

Nykyisin on vain muutama laji ajankohtainen jätelämpökasvatuksessa. Tämän päivän tiedoin ja markkinahinnoin nämä ovat luultavasti piikkikampela, kirjolohi ja lohen istukkaista sekä ruokakalaa, ankeriaan ruokakalaa ja osterin istukkaista. Tulevaisuudessa ruijanpallaksen sekä muiden kampelalajien istukkaat ja ruokakala sekä ravun ja hummerin istukkaat tulevat tärkeiksi.

On vaikeaa arvioida yleisesti, mitä lajeja tulee valita eri tapauksissa. Valinta on usein yritysstrategisen ja hoidollisen analyysin tulos yhdistettynä tiettyihin rajoituksiin, kuten käytävissä oleviin varoihin, vastaanotto-olosuhteisiin, lupiin jne. Yksittäisille yrityksille suositellaan useimmiten, että nämä analyysit tehdään yhteistyössä ammattimaisten konsulttien ja tutkimuslaitosten kanssa.

Kavatusteknologia ja kustannukset

Lohismoltti- ja istukastuotannon teknologia on hyvin tunnettu. Eräiden lajien poikasten (esim. piikkikampelan) tuotannon teknologiaa on maalla sijaitsevissa laitoksissa vähän kokeiltu ja vasta viime vuosina on tuotannollisessa viljelyssä onnistuttu. Viljely on suhteellisen monimutkaista ja vaatii jatkuvaa kehitystyötä, ennenkuin se hallitaan täysin. Bergenissä toimiva Havsforskningsinstituttet on pyrkinyt tuottamaan poikasia luonnontilaisissa merenlahdissa ja laitos on sitä mieltä, että menetelmä on taloudellinen ja varma. Suurin ongelma tässä viljelytavassa on, että tuskin voidaan tuottaa tarpeeksi monta kalaerää vuosittain, jotta jätelämpöön perustuva ruokakalalaitos voisi toimia tehokkaasti.

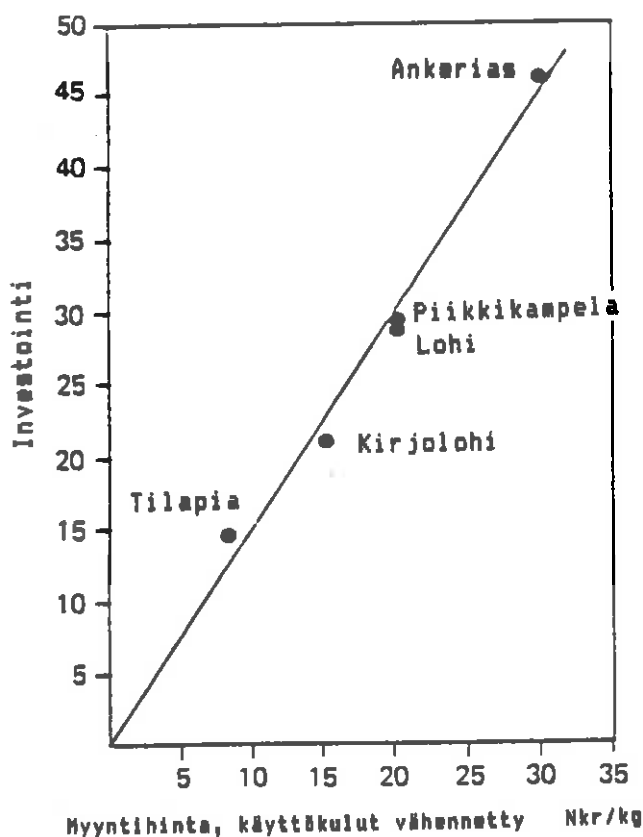
Ruijanpallaksen ja ankeriaan poikasten tuotantotekniikkaa ei

hallita ja ankeriaan osalta kasvatus perustuu luonnonpoikasten (lasiankerias) pyydystämiseen. Jätelämpöä hyödyntävä ruokakalalaitos perustuu usein maalla sijaitseviin altaisiin, veden uudelleenilmastukseen monen eri kalasukupolven samanaikaiseen viljelyyn sekä jatkuvaan teurastukseen ympäri vuoden. Toiminnaltaan riittävän tarkoituksenmukasta laitosta ei ole rakennettu kaupallisessa mittakaavassa Pohjoismaissa, mutta useat tutkimuslaitokset ja yritykset tekevät työtä eri lajeilla ja taloudelliset laitokset eri lajeille rakennettaneen lähi tulevaisuudessa.

Kuvassa 1 esitetään kokonaisinvestoinnit vuosittain tuotettavaa kalakiloa kohti, käytettäessä tarkoituksenmukaisinta tunnettua teknologiaa ja tuotantomuotoa.

Kuva 1. Eri viljelylajien investointikustannukset suhteessa myyntihintaan, josta on vähennetty tuotantokulut.

NKr/kg-vuosi



1. JOHDANTO

Teollisuus, lauhdevoimalaitokset sekä vesivoimalaitokset Pohjoismaissa tuottavat jätelämpöä, joka mahdollistaa monen sadan tuhannen tonnin vesiviljelytuotannon. Tuotannon markkina-arvo olisi noin kymmenen miljardia markkaa vuodessa.

Tätä taustaa vasten järjesti Pohjoismaiden ministerineuvosto yhdessä Norjan öljy- ja energiainministeriön, kalastusministeriön ja Norjan vedentutkimuslaitoksen kanssa seminaarin selvittämään jätelämmön käyttömahdollisuuksia vesiviljelytarkoituksiin. Seminaari pidettiin 19. ja 20. tammikuuta 1985 Osllossa ja se kokosi noin 120 pohjoismaista osaanottajaa. Osaanottajat edustivat jätelämpöä tuottavaa teollisuutta, vesiviljelyssä tarvittavien laitteiden ja tarvikkeiden tuottajia ja toimittajia, tutkimuslaitoksia, viranomaisia ja kasvattajia.

Tämä ohjekirja on muotoutunut seminaarin pohjalta. Ohjekirjan tavoite on olla apuvälineenä niissä päätöksissä ja selvityksissä, joita mahdolliset jätelämmön käyttäjät tekevät. Ohjekirjan toinen tavoite on antaa viranomaisille ja jo perustetulle vesiviljelyelinkeinolle tietoa jätelämmön antamista mahdollisuuksista.

Monet teknisistä, biologisista ja likaantumisongelmista jätelämpöä hyödynnettäessä ovat samat eri Pohjoismaissa. Pohjoismaiden T&K-yhteistyö olisi täten hyödyllistä ja opaskirjassa on viitattu tämän alueen tarpeisiin ja mahdollisuuksiin.

Opaskirjaa laadittaessa on eri luvuissa huomattavassa määrin käytetty seminaarissa esitettyä aineistoa (1). Yksinkertaisuuden vuoksi esitelmöitsijöihin ei ole viitattu, paitsi taulukoiden ja kuvien yhteydessä. Luettelo esitelmöitsijöistä on esitetty luvussa 9.

2. POHJOISMAINEN VESIVILJELYELINKEINO

2.1 Nykytilanne

Vuosisadan vaihteen vaatimattomasta alustaan lohikalankasvatus Pohjoismaissa on kehittynyt taloudellisesti merkittäväksi elinkeinoksi.

Taulukossa 2.1 on esitetty vuoden 1984 kulutukseen kasvatettujen kalojen arvioidut tuotantoluvut.

Taulukko 2.1. Arvioitu kirjolohen ja lohen tuotanto Pohjoismaissa vuonna 1984. (Osittain Solbergin (1985)(1) mukaan.)

| | Kirjolohi | | Lohi kaikki kokoluokat |
|-----------------|---------------|-----------------|---------------------------|
| | < 1 000 g | 1 000 - 5 000 g | |
| Tanska | 22 500 | 1 500 | - |
| Suomi | - | 8 000 | - |
| Färsaaret | - | 500 | 200 |
| Islanti | - | - | 200 |
| Norja | - | 4 000 | 22 000 |
| Ruotsi | 1 000 | 2 300 | - |
| Yhteensä | 23 500 | 17 300 | 22 400 |

Tuotanto jakautuu eri laitoksille kuten taulukossa 2.2 on esitetty.

Taulukko 2.2. Ruokakalalaitosten määrät pohjoismaissa 1983/84 (Osittain Solbergin (1985)(1) mukaan).

| | Merivesi laitokset | Makeavesi laitokset | Eri laitosten keskimääräinen tuotanto tonneja/vuosi |
|------------|-----------------------|------------------------|---|
| Tanska | 19 | 450 | 50 |
| Suomi | 100 | 300 | 18 |
| Färssaaret | 25 | - | 28 |
| Islanti | ? | - | ? |
| Norja | 500 | 55* | 47 |
| Ruotsi | 300* | | 11 |

* kokonaistuotanto < 500 tonnia/vuosi

** makea- ja merivesituotanto yhdessä

Kaupallisen tuotannon ohessa on kokeilulaitoksia tai vastakäynnistettyjä kaupallisia laitoksia, jotka viljelevät uusia lajeja kuten ankeriasta, sinisimpukkaa, osteria, rapua, hummeria, katkarapua, piikkikampelaa, puronieriää ja turskaa.

Viljely tapahtuu osaksi kelluvissa verkkoaltaissa, osaksi maalammikoissa. Isoja lohia tai kirjolohia (usein 2 - 5 kiloa) verkkokasseissa meressä viljelevät laitokset ovat viimeisten 10 vuoden aikana saavuttaneet hyviä taloudellisia tuloksia, kun taas annoskirjolohia maalammikoissa tai kasseissa makeassa vedessä viljelevien laitosten tulokset usein ovat taloudellisesti välttäviä.

Tämän päivän ruokakalalaitoksella on selvät teknologiset erikoispiirteensä. Tietyin poikkeuksin nämä ovat:

- pieniä laitoksia
- pienet investointikustannukset
- suuret tuotantokustannukset
- työympäristö melko huono
- merkittävä vahinko- ja tautivaara
- Norjassa esimerkiksi on sattunut yli sata vahinkoa viimeisten vuosien aikana ja niistä aiheutuneet menetykset olivat 1984 200 - 300 milj. Nkr eli 20 - 30 % kokonaisvaihdosta.
- matala automaatioaste ja pieni prosessiohjaus
- kasvun kannalta epätyytyttävä vedenlaatu
- korkea ympäristökuormitus
- vedenkäsittelyprosessien vähäinen käyttö

Tästä huolimatta kasvatuserinkeino Pohjoismaissa kasvaa merkittävästi. Tämä koskee erikoisesti Norjaa, jossa vuotuinen kasvu viime vuosina on ollut 30 - 40 %. Vuonna 1984 viennin arvo oli vähän yli miljardi Norjan kruunua.

2.2 Odotettavissa oleva kehitys

Pohjoismaissa on erilaiset luonnon ja kulttuurin säätelemät edellytykset kasvatukselle ja tämä tulee suuresti vaikuttamaan tulevaan kehitykseen.

Tanskassa jossa suurin osa annoskirjolohen makeavesikasvatuksesta tapahtuu maa-altaissa, näyttää tuotannon katto tulleen vastaan. Tämä johtuu luultavasti rajallisista taloudellisista mahdollisuuksista, käyttäjäosakkaiden ristiriidoista sekä laitosten jätevesiongelmista. Makeavesiviljelyn kehittyminen Tanskassa luultavasti vaatii uusia kasvatukseen menetelmiä ja lajeja.

Suurikokoisen kirjolohen kasvatuksessa merivedessä odotetaan kuitenkin pikaista kehitystä. Laitokset olisivat osaksi merilaitoksia, osa maalla toimivia pumppulaitoksia. Moni seikka viittaa siihen, että viimeksi mainittu tyyppi tulee yleisemmäksi.

Ruotsin tämänhetkinen kasvatusmäärä on vaatimaton ja se jakautuu suhteellisen suurelle määrälle pieniä laitoksia. Jatkuvaa kehitystä haittaavat suuressa määrin vesien likaantumista koskevat määräykset ja käyttäjäosakkaiden ristiriidat.

Suuri huoli ympäristövaikutuksista antaa aiheen kehittää ympäristöystävällinen laitos, joka perustuu osaksi uuden kasvatustekniikan käyttöön. Jätelämmön piirissä olevat laitokset voivat saada tärkeän osan uuden teknologian ja tuotantomäärien kehityksessä.

Suomessa, kuten Tanskassa, kehitetään luultavasti ensikädessä merilaitoksia samalla, kun makeavesilaitosten lukumäärän kasvu tulee olemaan kohtuullinen, mikä johtuu tämänkaltaisten laitosten synnyttämistä ympäristörasituksista. Luultavasti myös täällä teknologinen kehitys suuntautuu ympäristöystävällisempiin suljettuihin tai osittain suljettuihin kassirakennelmiin tai laitosten siirtämiseen maihin.

Färösaarilla tapahtuu luultavasti suhteellisen nopea merikasvatustalaitosten rakentaminen. 1990 odotetaan 15 000 tonnin lohien ja kirjolohen tuotantoa. Lämpötilaolosuhteet ovat Färösaarilla hyvät ja uusia lajeja kuten ruijanpallas ja turska tullaan kasvattamaan huomattavia määriä.

Islannissa kiinnostus vesiviljelyyn on suuri etenkin lohien suhteen. Kuitenkin tavanomaisten merilaitosten laajentaminen on epävarmaa. Islannilla on kuitenkin suuret määrät geotermistä lämpöä ja maaperäisen lämpimän veden pumppaamiseen on hyvät mahdollisuudet. Pumppulaitosten rakentaminen käyttämättä geotermistä lämpöä on myös ajateltavissa. Tuotannoltaan 5 000 tonnin laitoksen rakentamista tutkitaan parhaillaan.

Niinkutsutun merilaiduntamisen ("sea ranching") laajentamista voidaan myös odottaa, jolloin on tuotettava poikasia istutusta varten. Istutusten vaikutukset näkyvät muutaman vuoden sisällä saalistilastoissa.

Norja on mahdollisesti se Pohjoismaa, jossa olosuhteet ovat parhaat vesiviljelyelinkeino huomattavaan laajentumiseen. Pitkä suojaista rannikko, hyvät veden lämpötilaolosuhteet sekä halpojen raaka-aineiden runsaus ovat tärkeimmät syyt.

Tämänpäiväisten lupaehtojen määräämät kasvatustilavuudet mahdollistaisivat 70 000 - 80 000 tonnin vuosituotannon. Kasvatusmäärän nopeaa lisäystä odotetaan vuoteen 1990 mennessä varsinkin lohenkasvatuksessa. 1990-luvulla odotetaan, että sellaiset lajit kuin ruijanpallas ja turska tulevat tärkeiksi ja elinkeino perustan laajenee.

Tekniset seikat viittaavat siihen, että osa uusista laitoksista sijaitsee maalla ja ne saavat vetensä pumppaamalla. Näin on varsinkin silloin, kun kasvatetaan uusia kampelalajeja. Suhteellisten pienten, tilavuudeltaan alle 10 000 m³:n laitosten rakenne luultavasti säilyy ennallaan.

3. VESIVILJELYN ENERGIATALOUS

3.1 Vesiviljelyn energiantarve

Vesiviljelyn energiantarve on suuri. Energiantarve johtuu:

- veden siirrosta (virtauksen aikaansaanti, pumppaus jne.)
- veden ilmastuksesta ja erilaisista veden käsittelyprosesseista
- rehun käsittelystä
- kalan, rehun jne. kuljettamisesta
- veden lämmittämisestä

Lämmittämisen energiantarve on määrällisesti paljon suurempi kuin muut ja tämä tekee teollisuuden jätelämmön mielenkiintoiseksi.

Kalat ja äyriäiset ovat vaihtolämpöisiä eläimiä, joiden ruumiinlämpö ja aineenvaihdunta ovat riippuvaisia veden lämpötilasta. Alhaisissa lämpötiloissa eliön kasvu on hidasta. Kasvu lisääntyy lämpötilan noustessa maksimiarvoonsa, jonka jälkeen se pienenee kun hapensaanti vaikeutuu.

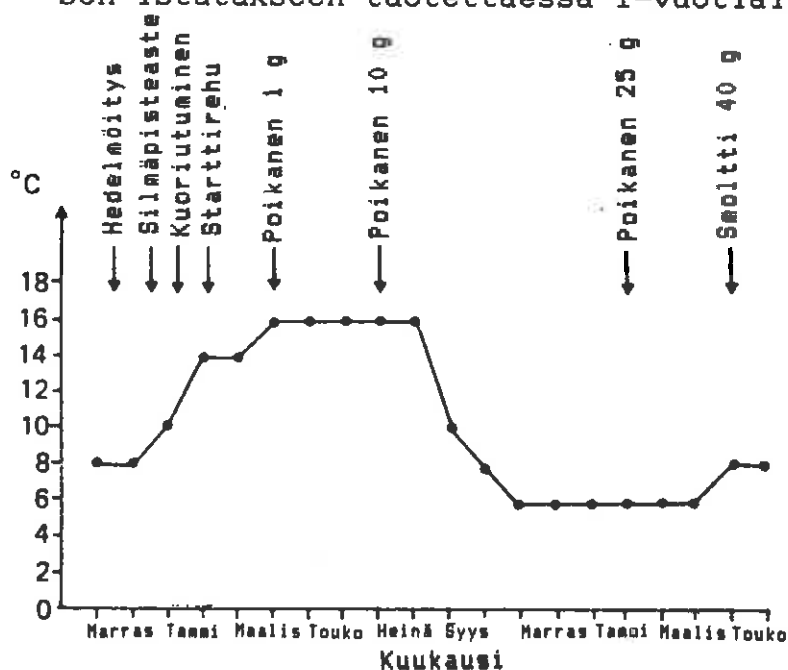
Lämpötila on happipitoisuuden ohella tärkein tekijä, joka vaikuttaa kalan kasvuun. Säättämällä lämpötila toivottuja kasvuolosuhteita vastaavaksi voidaan saavuttaa merkittäviä taloudellisia etuja.

Veden lämmittämistä tavanomaisin menetelmin tai mahdollisesti lämpöpumpuin käytetään nykyään lohi- ja kirjolohi-istukkaiden tuotannossa. Tämän päivän energiahinnoin useimmiten ei kannata lämmittää vettä ruokakalakasvatusta varten, eikä ruokakalalaitoksia ole rakennettu lämpimän veden hyväksikäyttöä silmälläpitäen (tästä poikkeuksen muodostaa ankeriaskasvatus, jossa käytetään suljettuja altaita ja pääasiassa veden uudelleenkierrätystä). Selvitämme siksi ensin suhteellisen tarkasti istukaskasvatuksen energiantarpeen esittämällä muutamia laskelmia tällaisten arvioiden pohjaksi. Esimerkkinä on erään lämmitetyn veden käytt-

öön perustetun lohismolttilaitoksen tarpeet. Vastaavan kirjolohilaitoksen tarve on usein hiukan pienempi, koska mahdollisuudet veden uudelleenkierrätykseen ovat suuremmat.

Lämmitettyä vettä käytettäessä halutaan yleensä tuottaa lohen vaelluspoikasia yhdessä vuodessa. 1-vuotias smoltti määritellään tässä loheksi, joka kestää merivettä viimeistään kesäkuussa, 19 kuukautta mädin hedelmöityksestä. Energiataloudellisesti on luultavasti edullisinta, että veden lämpötila seuraa kuvan 3.1 käyrää. Kuvassa on esitetty veden lämpötilan kehitys mädin lypsämisestä marraskuussa smoltin istutukseen touko-kesäkuussa.

Kuva 3.1. Veden lämpötila mädin lypsämisestä lohen vaelluspoikasen istutukseen tuottaessa 1-vuotiaita smoltteja.



Tämän lämpötilakehityksen valinnan tausta riippuu monesta tarkemmin selitettävästä syystä. Kalan kasvu on suuressa määrin riippuvainen veden lämpötilasta. Kittelsen (1981)(4) antaa seuraavan esimerkin lohipoikasten kasvusta eri lämpötiloissa:

| | |
|-------|-------------------------|
| 5 °C | 0-1 % kasvu viikoittain |
| 10 °C | 10 % " " |
| 15 °C | 13 % " " |

Taulukossa 3.1 on esitetty teoreettinen kasvu eri lämpötiloissa.

Ingebrigtsenin (1982)(2) mukaan 90 % lohenpoikasista smolttiutuu yhdessä vuodessa, jos päiväasteita on 4 000. Jos lämpötila on 15 °C koko kasvukauden, ovat kalat istukaskokoisia jo marraskuussa, eivätkä kokemukset näistä 1/2-vuotiaista smolteista tähän asti ole olleet erityisen hyviä (Boge(1983)(5)). Pitkällä aikavälillä, jos kalavalikoima on suuri, voi 1/2-vuotiaasta smoltista tulla vaihtoehto. 10 °C:een lämpötilassa lohenpoikanen on istukaskokoinen jo tammikuussa, ajankohtana, jolloin meren lämpötila on liian alhainen istutukseen. Kala, joka smolttiutuu liian aikaisin, de-

smolttiutuu, jos se ei pääse meriveteen tietyn ajan kuluessa. Toiset kasvattajat ovat sitä mieltä, että liian suuret istukkaat eivät ole hyviä, koska ne voivat tulla varhain sukukypsiksi, ja tekevät teuraskalan laadusta huonomman. Suuren istukaskalan pito laitoksella on myös epätaloudellista. 35 - 50 g:n smoltti katsotaan parhaaksi mahdolliseksi. Smoltin tuottamiseen tarvittavan päiväastesumman saavuttamiseksi, on energiataloudellisesti järkevää käyttää korkeaa lämpötilaa laitoksessa niin kauan kuin veden- tarve on pieni kalojen pienen koon vuoksi. Kasvukauden lopussa kalojen biomassassa tulee olemaan suuri ja vedentarve vastaavasti suuri. Laskemalla lämpötilaa tässä vaiheessa pienenee sekä veden- tarve että energiantarve, jolloin suurinta osaa 1-vuotiaista istukkaista ainoastaan ylläpidetään.

Taulukko 3.1. Lohen teoreettinen kasvu eri lämpötiloissa perustuen Kittelsenin (1981)(4) kasvutietoihin. Kasvu on esitetty grammoina.

| pvm | 15 °C | 10 °C | Lämpötila kuten kuvassa 3.1 on esitetty |
|----------------|-------|-------|---|
| 01.04 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 01.05 | 1.6 | 1.5 | 1.6 |
| 01.06 | 2.7 | 2.1 | 2.7 |
| 01.07 | 4.3 | 3.1 | 4.3 |
| 01.08 | 7.0 | 4.6 | 7.0 |
| 01.09 | 11.5 | 6.7 | 10.3 |
| 01.10 | 18.8 | 9.7 | 13.5 |
| 01.11 | 30.6 | 14.2 | 15.2 |
| 01.12 | 49.8 | 20.7 | 17.0 |
| 01.01 | 81.2 | 30.2 | 19.1 |
| 01.02 | 132.4 | 44.1 | 21.4 |
| 01.03 | 215.8 | 64.4 | 23.9 |
| 01.04 | 351.8 | 94.1 | 26.9 |
| 01.05 | 573.4 | 137.3 | 35.3 |
| Päiväastesumma | 6 390 | 4 260 | 4 136 |

Energiantarve riippuu laitoksen tuloveden lämpötilasta. Olemme siksi valinneet kolme eri maantieteellistä aluetta ja tarkastelleet meri- ja makeaveden lämpötiloja näillä alueilla.

Taulukossa 3.2 esitetään lämpötilat kuudessa eri tulovesilähteessä joita laskelmassa käytetään. Lämpötilat perustuvat norjalaisiin olosuhteisiin, mutta ovat toivottavasti edustavia myös joillakin alueilla muissa Pohjoismaissa.

Taulukossa 3.3 esitetään tietoja poikasista, vesimääristä ja lämpötiloista laitoksessa eri vuodenaikoina. Laitoksessa on marras - kesäkuussa kaksi kalasukupolvea, joilla on eri vesimäärän ja lämpötilan tarpeet. Olemme tarkastelleet kahta eri vaihtoehtoa, joista kumpikaan ei perustu uudelleenkiertoon.

A) 1. poikassukupolven poistovesi johdetaan ilmastuksen jälkeen

2:lle sukupolvelle

B) 1. poikassukupolven poistovettä ei johdeta 2:lle sukupolvelle

Taulukko 3.2. Lämpötilat kuudessa eri tulovesilähteessä, jotka ovat laskelmien perustana (Damhaug, Maroni (1985) (3)).

SV = merivesi, MV = makea vesi

| | Keskilämpötilat °C | | | | | |
|--------|-------------------------|-----|-----------------|----|------------------------|----|
| | Pohjois-Norja (Bodø) | | Nord-Vestlandet | | Østlandet (Østfold) | |
| | SV | MV | SV | MV | SV | MV |
| Marras | 6 | 4.5 | 9 | 4 | 10 | 6 |
| Joulu | 6 | 2.2 | 7 | 3 | 6 | 4 |
| Tamm | 6 | 1.1 | 6 | 2 | 2 | 2 |
| Helmi | 6 | 1.2 | 5 | 2 | 3 | 0 |
| Maalis | 5.5 | 1.3 | 4 | 2 | 3 | 0 |
| Huhti | 4.5 | 1.8 | 5 | 2 | 4 | 0 |
| Touko | 5.0 | 2.3 | 7 | 3 | 10 | 4 |
| Kesä | 7.0 | 3.2 | 11 | 7 | 14 | 10 |
| Heinä | 10 | 4.5 | 13 | 14 | 17 | 16 |
| Elo | 10 | 7.2 | 13 | 9 | 17 | 18 |
| Syys | 9 | 6.4 | 12 | 8 | 15 | 13 |
| Loka | 7.5 | 5.3 | 11 | 7 | 12 | 12 |

Taulukko 3.3. 500 000 lohismolttia vuodessa tuottavan laitoksen poikastiedot, vesimäärät ja lämpötilat (Damhaug, Maroni (1985) (3) mukaan).

| | POIKASTIEDOT | | VESIMÄÄRÄ | | | | | | | | LÄMPÖTILA | | | | | |
|--------|--------------|------|--------------|----|--------------|------|--------------------------------|------|--------------------------------|------|----------------------|-------|------------------------------|----|----------|----|
| | Sukupolvi 1 | | Sukupolvi 2 | | Vedenkulutus | | Makeavesi | | Merivesi | | Makeavesi + Merivesi | | Laitoksen tarvittu lämpötila | | | |
| | (G1) | Kk | (G2) | | l/min . kg | | Vedentarve m ³ /min | | Vedentarve m ³ /min | | A* | B* | Makeavesi | | Merivesi | |
| | Määrä x 1000 | g | Määrä x 1000 | g | G1 | G2 | G1 | G2 | G1 | G2 | G1+G2 | G1+G2 | G1 | G2 | G1 | G2 |
| Marras | 1 500 | - | 650 | 12 | - | 0.40 | 0.5 | 3.00 | - | 0.50 | 3.50 | 4.00 | 8 | 6 | 6 | |
| Joulu | 1 250 | - | 650 | 15 | - | 0.40 | 0.5 | 3.50 | - | 0.75 | 4.25 | 4.75 | 8 | 6 | | |
| Tamm | 1 250 | - | 650 | 18 | - | 0.40 | 0.5 | 4.00 | - | 1.00 | 5.00 | 5.50 | 10 | 6 | 6 | |
| Helmi | 1 150 | 0.15 | 650 | 25 | 1.9 | 0.40 | 0.50 | 5.50 | - | 1.50 | 7.00 | 7.50 | 14 | 6 | 6 | |
| Maalis | 1 000 | 0.25 | 650 | 30 | 1.75 | 0.40 | 0.75 | 6.00 | - | 2.00 | 8.00 | 8.75 | 14 | 6 | 6 | |
| Huhti | 750 | 1 | 650 | 35 | 1.65 | 0.40 | 1.50 | 7.00 | - | 2.50 | 9.50 | 11.00 | 16 | 6 | 6 | |
| Touko | 750 | 2 | 650 | 40 | 1.40 | 0.40 | 2.50 | 7.50 | - | 3.00 | 10.50 | 13.00 | 16 | 6 | 6 | |
| Kesä | 700 | 3 | 650 | 45 | 1.30 | 0.40 | 3.00 | 8.00 | - | 4.00 | 12.00 | 15.00 | 16 | 6 | 6 | |
| Heinä | 650 | 4 | | | 1.20 | | | 4.50 | | | 4.50 | 4.50 | 16 | | | |
| Elo | 650 | 5 | | | 1.15 | | | 5.00 | | | 5.00 | 5.00 | 16 | | | |
| Syys | 650 | 8 | | | 0.60 | | | 3.50 | | | 3.50 | 3.50 | 10 | | | |
| Loka | 650 | 10 | | | 0.40 | | | 3.00 | | | 3.00 | 3.00 | 8 | | | |

*A: Vaihtoehto A. ks. tekstiä

*B: Vaihtoehto B. ks. tekstiä

Taulukossa 3.4 on esitetty eri sijoitus- ja laitosvaihtoehtojen lämmitystarve eri osissa laitosta.

50 milj. 1-vuotiaan smoltin (vastaa noin 150.000 tonnin vuotuista ruokakalatuotantoa) tuotannon yhteenlaskettu lämmitystarve on suuruusluokkaa 1 - 2 TWh/vuosi (käyttämättä lämmönvaihtimia pois-

tovedessä). Lohi-istukaslaitoksen lämmitystarve vaihtelee vuoden aikana ja suurin tarve on ilmeisesti huhti-, touko- ja kesäkuussa (riippuen kasvatuslämpötilasta ja laitoksen toivotusta lämpötilasta). Lämmityksen maksimitarve vastaa 0.2 - 0.5 TWh:n kuukausittaista kokonaistarvetta kasvatettaessa 50 milj. smoltteja.

Taulukko 3.4. Eri laitosvaihtoehtojen, A ja B, kolmen eri sijoitusvaihtoehtoon vaatima lämmitys tuotettaessa 1-vuotiaita smoltteja.

| Kk | POHJOIS-NORJA (BODØ) | | | | | | ØSTLANDET (ØSTFOLD) | | | | | | NORD-VESTLANDET | | | | | | | | |
|--------|----------------------|----------|-----|-------------------|------|------|---------------------|----------|------|-------------------|------|------|-----------------|----------|------|-------------------|-----|------|------|------|------|
| | Tehontarve kW | | | Energiantarve MWh | | | Tehontarve kW | | | Energiantarve MWh | | | Tehontarve kW | | | Energiantarve MWh | | | | | |
| | Makeavesi | Merivesi | Yht | A* | B* | Yht | Makeavesi | Merivesi | Yht | A* | B* | Yht | Makeavesi | Merivesi | Yht | A* | B* | Yht | | | |
| G1 | G2 | G2 | A* | B* | A* | B* | G1 | G2 | G2 | A* | B* | A* | B* | G1 | G2 | G2 | A* | B* | A* | B* | |
| Marras | 122 | 315 | 0 | 315 | 437 | 227 | 323 | 70 | 0 | < 0 | 70 | 70 | 50 | 50 | 140 | 420 | 0 | 420 | 560 | 302 | 417 |
| Joulu | 202 | 930 | 0 | 930 | 1132 | 692 | 842 | 140 | 490 | 0 | 490 | 630 | 365 | 469 | 173 | 743 | 0 | 734 | 909 | 546 | 676 |
| Tamm | 311 | 1371 | 0 | 1371 | 1682 | 1020 | 1251 | 280 | 1119 | 280 | 1399 | 1679 | 1041 | 1249 | 280 | 1119 | 0 | 1119 | 1399 | 833 | 1041 |
| Helm | 449 | 1865 | 0 | 1865 | 2314 | 1253 | 1721 | 490 | 2308 | 314 | 2694 | 3184 | 1810 | 2369 | 420 | 1538 | 105 | 1643 | 2063 | 1104 | 1335 |
| Maal | 664 | 1972 | 70 | 2042 | 2708 | 1519 | 2015 | 734 | 2517 | 420 | 2937 | 3671 | 2185 | 2737 | 629 | 1678 | 280 | 1908 | 2537 | 1420 | 1888 |
| Huhti | 1490 | 2056 | 262 | 2318 | 3808 | 1669 | 2833 | 1678 | 2937 | 250 | 3187 | 4865 | 3295 | 3620 | 1469 | 1938 | 175 | 2133 | 3602 | 1536 | 2680 |
| Touko | 1395 | 1990 | 629 | 3619 | 6014 | 2693 | 4474 | 2098 | 1098 | < 0 | 2098 | 4196 | 1561 | 3121 | 2272 | 2622 | 210 | 2832 | 5104 | 2107 | 3797 |
| Kesä | 2685 | 2685 | 280 | 2965 | 5650 | 2135 | 4204 | 1259 | 0 | < 0 | 1259 | 1259 | 906 | 906 | 1049 | 539 | 0 | 1049 | 1606 | 735 | 1196 |
| Heinäk | 3619 | - | - | 3619 | 3619 | 2693 | 2693 | 0 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 629 | | | 629 | 629 | 468 | 468 |
| Elo | 3077 | - | - | 3077 | 3077 | 2289 | 2289 | 0 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 2448 | | | 2448 | 2448 | 1821 | 1821 |
| Syys | 881 | - | - | 881 | 881 | 634 | 634 | 0 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 490 | | | 490 | 490 | 353 | 353 |
| Loka | 566 | - | - | 566 | 566 | 417 | 417 | 0 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 210 | | | 210 | 210 | 156 | 156 |
| | 17246 23436 | | | | | | 10213 14245 | | | | | | 14422 15823 | | | | | | | | |

A* = Vaihtoehto A. kts. tekstiä

B* = Vaihtoehto B. kts. tekstiä

Taulukko 3.5. Laskelmien perustana käytetyt lämminvesilaitoksen tärkeimmät perustiedot (SV = merivesi, MV = makeavesi)

| Kala | Tuotetun kalan koko | Kasvatus vesi | Veden tarve l/min*kg | Laitoksen toivottu minimilämpötila | Laitoksen suhteelliset kalamäärät |
|----------------------|---------------------|---------------|---------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Ankerias | 0.3 kg | MV | 0.0017 | 25 | 0.4 |
| Piikikampela | 2 kg | SV | 0.09 | 12 | 0.8 |
| Lohi | 3 kg | SV | 0.13 | 10 | 0.5 |
| Kirjolohi | 2.5 kg | MV | 0.09 | 10 | 0.35 |
| Kirjolohi | 2.5 kg | SV | 0.09 | 10 | 0.35 |
| Lohismoltti vaiht. A | 40 g | SV+MV | 0.4 - 1.9 (kts.taul. 3.3) | 6 - 16 (kts. kuva 3.1) | - |
| Lohismoltti vaiht. B | 40 g | " | " | " | " |

60 % hukkalämmöstä talteenottavan lämmönvaihtimen käyttö poistovedessä, ilman siirtohäviötä, vastaa noin 0.4 - 0.8 TWh:n vuosit-

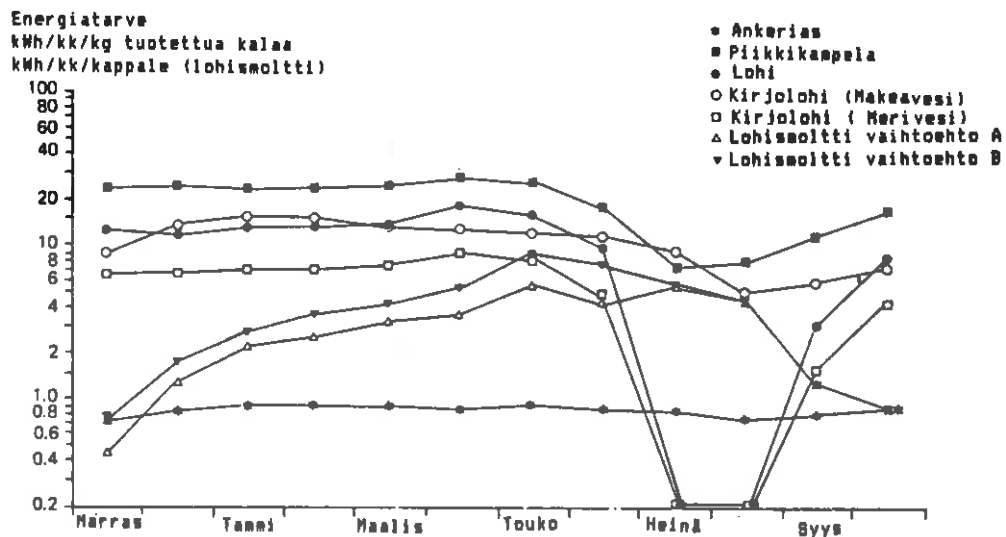
taista energiamäärää ja maksimisäästö kuukaudessa on n. 0.08 - 0.2 TWh. Verrattaessa tätä jätelämmön kokonaismäärään, jonka teknisesti käyttökelpoinen määrä Pohjoismaissa on yli 220 TWh/vuosi, huomaa helposti, että istukaskalan tuotto tarvitsee ainoastaan pienen osan tästä energiamäärästä. Siksi on myös mielenkiintoista tarkastella ruokakalan kasvatuksen lämmitystarvetta jätelämpöä käytettäessä.

Olemme laskeneet ruokakalalaitoksen lämmitystarpeen kasvatettaessa ankeriasta, piikkikampelaa, kirjolohta ja lohta. Lohi-istukas on vertailun vuoksi mukana. Arviot perustuvat laitostyyppiin, jolla on mahdollisimman pieni lämmitystarve tietyn lämpötilan ylläpitämiseksi laitoksessa. Laitoksella on sisäinen ilmastus, neljä poikaserää yhtä ruokakalasukupolvea kohti, lähinnä vakio-määrä kalaa laitoksessa ja jatkuva teurastus (kts. luvut 5.3 ja 6.3 lähempää selvitystä varten).

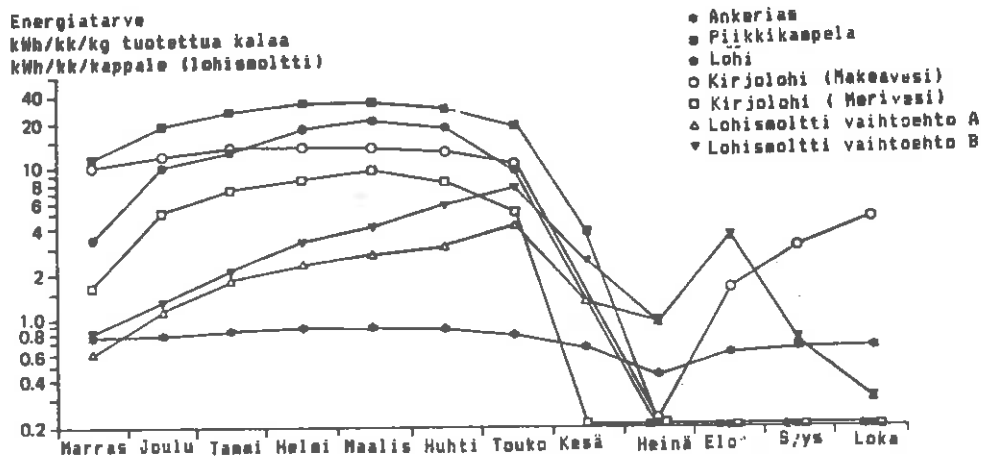
Taulukko 3.5 esittää tärkeimmät laskelmissa käytetyt perustiedot.

Laskelmien tulokset on esitetty kuvissa 3.2 - 3.4. Kuvista näkyy laitosten kuukausittaisen lämmitystarpeen vaihtelut sijoituspaikasta riippuen. Energiatarve vastaa teoreettista tarvetta käyttämättä lämmönvaihtimia ja ilman häviötä veden siirrossa tai laitoksella.

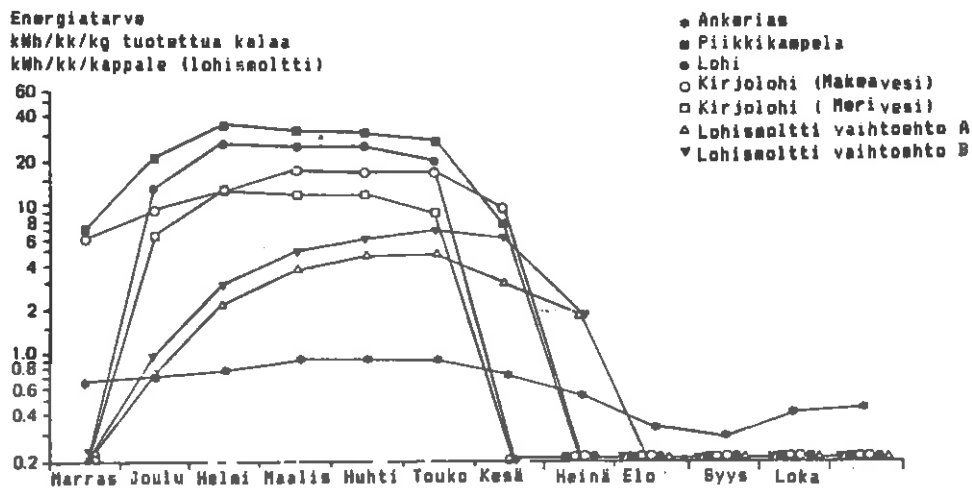
Kuva 3.2. Kuukausittainen lämmitystarve vuosituotantoyksikköä kohti optimaalisen lämpötilan saavuttamiseksi Pohjois-Norjassa sijaitsevassa laitoksessa. Kokonais-tarve ilman häviötä ja ilman lämmönvaihtimia.



Kuva 3.3. Kuukausittainen lämmitystarve vuosituotantoyksikköä kohti optimaalisen lämpötilan saavuttamiseksi Nord-Vestlandetissa sijaitsevassa laitoksessa. Kokonais- tarve ilman häviötä ja ilman lämmönvaihtimia.



Kuva 3.4. Kuukausittainen lämmitystarve vuosituotantoyksikköä kohti optimaalisen lämpötilan saavuttamiseksi Østlandetilla sijaitsevassa laitoksessa. Kokonaistarve ilman häviötä ja ilman lämmönvaihtimia.



Taulukossa 3.6 esitetään vuosittainen lämmitystarve 60 % poistoveden energiasta talteenottavia lämmönvaihtimia käytettäessä.

Jos 10 TWh/vuosi (alle 1/20 pohjoismaisesta jätelämmöstä) käytettäisiin kasvatukseen, voisi tämä johtaa taulukossa 3.7 esitettävään eri lajien tuotantoon. Taulukossa on myös esitetty, mitä lämmitys sähkön avulla maksaisi. Kuten käy ilmi, menot tulevat nopeasti liian suuriksi lämmitettäessä vettä tavanomaisin keinoin jätelämpöä käyttämättä.

Taulukko 3.6. Vuosittainen kokonaislämmitystarve (vuosituotantoyksikköä kohti) eri lajeja kasvatettaessa ja käytettäessä lämmönvaihtimia poistovedessä (60 % takaisinsaanto).

| | Vuosittaimen energiatarve kWh/kg tuot. kalaa kWh/kpl lohismoltteja | | | |
|-------------------------|---|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| | Vesi S=meri M=make | Pohjois- Norja Bodø | Nord- vest- landet | Øst- landet (Østfold) |
| Ankerias | M | 3.8 | 3.4 | 3.1 |
| Piikikampela | S | 89 | 62 | 66 |
| Lohi | S | 48 | 36 | 40 |
| Kirjolohi | M | 52 | 40 | 36 |
| Kirjolohi | S | 24 | 18 | 20 |
| Lohismoltti vaiht. A | M+S | 14 | 9 | 8 |
| Lohismoltti vaiht. B | M+S | 19 | 13 | 11 |

Taulukko 3.7. Mahdollinen tuotantomäärä käytettäessä 10 TWh/vuosi kalankasvatukseen ja käytettäessä lämmönvaihtimia jotka ottavat 60 % poistoveden energiasta talteen. Menot käytettäessä tavanomaisia lämmitystapoja on myös esitetty.

| | Tuotanto | Energia kulutus TWh/vuosi | Menot lämmittäessä sähköllä (25 äyriä/kWh) NKr/kg tuotettua kalaa |
|---------------|----------------|---------------------------------|--|
| Ankerias | 10 000 t/vuosi | 0.03 | 0.87 |
| Piikkikampela | 50 000 | 3.2 | 16 |
| Lohi | 50 000 | 2.0 | 10 |
| Kirjolohi | 200 000 | 4.0 | 5 |
| Lohismoltti* | 50 milj.kpl | 0.5 (0.7) | 2.5 (3.5) |

* Suluissa olevat luvut ilmaisevat B vaihtoehdon kulutuksen kts. tekstiä

3.2 Lämpöpumppujen ja lämmönvaihtimien yhteiskäyttö vesiviljelyssä

Käyttö, toiminta, kulut ja käyttöongelmat

Käyttö

Vesiviljelyssä on toistaiseksi käytetty lämpöpumppuja ainoastaan istukaskasvatuksessa ja ainakin Norjassa ne on otettu käyttöön vasta viime aikoina.

Norjan ensimmäinen lämpöpumppu asennettiin marraskuussa 1980.

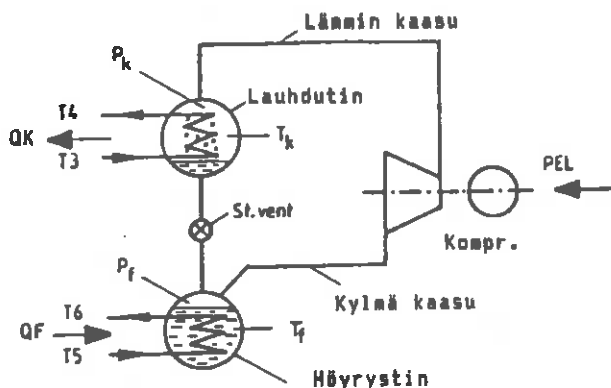
Vuodenvaihteeseen 1984/85 mennessä asennettiin yhteensä noin 50 seitsemän eri toimittajan lämpöpumppua norjalaisiin istukaslaitoksiin.

Lämpöpumppu yhdistetään aina poistoveden lämmönvaihtimeen. Lämmityssysteemi pyrkii silloin vain peittämään lämmönvaihtimen lämpötilaerot ja suorat kala-altaiden lämpöhäviöt.

Lämpöpumpun toiminta

Lämpöpumppu on laite, joka pumppaa matalan lämpötilatason lämpöä korkeammalle käyttäen korkea-arvoista energiaa (sähkö kompressorin moottoriin). Kompressorilämpöpumpun periaate selviää kuvasta 3.5. Antamalla jäähdytysnesteen höyrystimessä kiehua kompressorilla aikaansaadussa matalassa paineessa jäähtyy jäähdytysvesi T5:stä T6:een ja teho QF siirtyy jäähdytyskaasuun. Jäähdytyskaasu imetään kompressorin ja sähköenergia (PEL) käyttäen puristetaan lauhdutinpaineeseen (Pk) samalla, kun kaasun lämpötila nousee. Lauhduttimessa kaasu kondensoituu korkeassa lämpötilassa ja luovuttaa tehonsa QK kala-altaiden poistoveteen, joka lämpiää T3:sta T4:ään. Kondensoitunut jäähdytysneste menee tämän jälkeen höyrystimeen kuristusventtiilin kautta, jonka ainoana tehtävänä on paineen pienentäminen Pk:sta Pf:ään ja uusi kierto voi alkaa. Lauhduttimessa vapautuva teho QK vastaa suurin piirtein höyrystimessä vastaanotettavan tehon sekä kompressorimoottorin sähkötehon (PEL) summaa lukuunottamatta pientä häviötä ympäristöön. Lämpöpumpun koko esitetään yleensä lauhdutintehona.

Kuva 3.5. Kompressorilämpöpumpun periaatteet.



Lämpöpumpun tuottaman tehon (lauhdutintehon) suhdetta lämpöpumpun käyttötehoon (kompressoritehoon) kutsutaan lämpökertoimeksi E

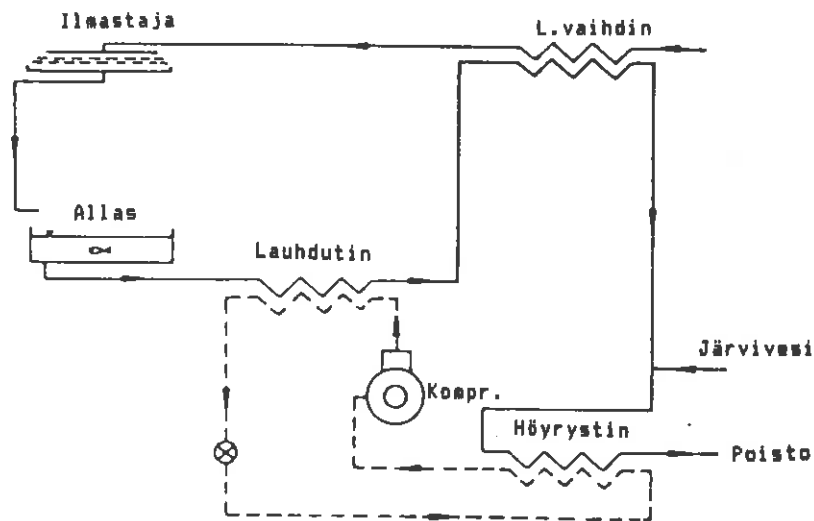
$$E = QK / PEL$$

Lämpökerroin kertoo kuinka tehokas lämpöpumppuprosessi on, ja kuinka suuri hyötyenergia on suhteessa kompressorimoottorin käyttämään sähköenergiaan. Lämpökerroin pienenee lämpötilaeron suuressa lauhduttimen ja höyrystimen ($T_k - T_f$) välillä. Kalankasva-

tuslaitoksessa lämpötilaero on pieni ja tehokerroin täten hyvin korkea, suuruusluokkaa 5 - 6. Esimerkiksi talonlämmityksessä kerroin on noin 2 - 3.

Kuva 3.6 esittää lämpöpumpun ja lämmönvaihtimen yhdistämisen periaatteen kalankasvatuksessa. Tulovesi lämmitetään lämmönvaihtimessa lämmitetyllä poistovedellä, jonka jälkeen se ilmastetaan. Kala-altaiden poistovesi lämmitetään ensin lauhduttimessa ja jäähdytetään lämmönvaihtimessa ja höyrystimessä. Lämpöpumpun lämmönlähteenä käytetään joko poistovettä tai saatavana olevaa järvi/merivettä, riippuen lämmönlähteen lämpötilasta ja kalanviljelylaitoksen maantieteellisestä sijainnista.

Kuva 3.6. Lämpöpumpun ja lämmönvaihtimen yhdistämisen periaate kalanviljelylaitoksella.



Kustannukset käytettäessä lämpöpumppua ja lämmönvaihdinta

Jotta lämpöpumppulaitos sopisi optimaalisesti lämmityssysteemiin, tietyjen seikkojen täytyy olla käyttäjälle selvät:

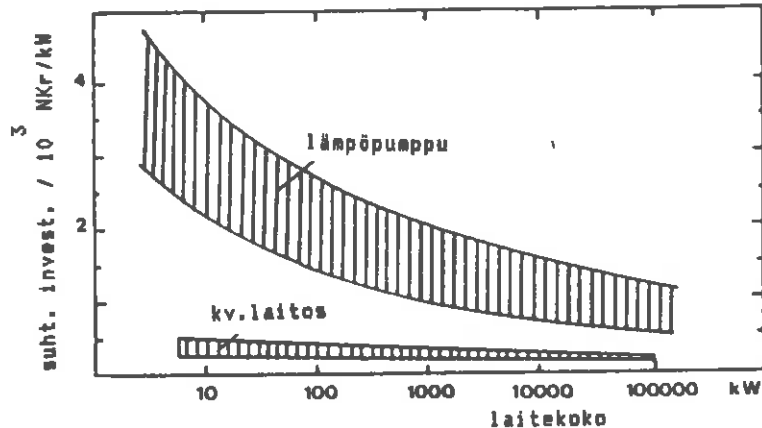
- lämpöpumpun asennus on pääomaa vaativa investointi
- lämpöpumpun koko vaikuttaa ratkaisevasti sen taloudellisuuteen
- lämpöpumput tulee yhdistää lämmön uudelleenkäyttöön

Laitetehon vaikutus tiettyyn investointiin (kr/KW) on esitetty kuvassa 3.7. Lämpöpumpun käyttökustannukset ovat sähkönhinta jaettuna lämpökertoimella, $E = 5 - 6$.

Useimiten käytetään levylämmönvaihdinta, jonka investoinnit ovat huomattavasti pienemmät kuin lämpöpumpun. Investoinnit vaihtelevat materiaalivalinnan ja lämpötilaohjelman mukaan (50 - 100 Nkr/asennettu KW).

Veden lämmityksen kustannukset lämpöpumpuin/lämmönvaihtimin lohi-istukaskasvatuksessa edellisten laskelmien mukaan on arvioitu taulukossa 3.8.

Kuva 3.7. Laitetehon vaikutus investointiin (Frivik (1981)(6)).



Taulukko 3.8. Kokonaiskäyttökustannukset lämmitettäessä vettä lämpöpumpuin/lämmönvaihtimin vuosittain 500 000 kpl 1-vuotiasta lohi-istukasta tuottavassa laitoksessa käyttäen taulukon 3.4 vaihtoehtoa A.

| | Yhteensä (1 000 Kr) Nkr/smoltti | | | |
|--|---------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| | Pohjois-Norja (Bodø) | Østlandet (Østfold) | Pohjois-Norja (Bodø) | Østlandet (Østfold) |
| 1. Muuttuvat kulut: suorat energiakulut (0.30 Nkr/kWh) | 414 | 245 | 0.83 | 0.49 |
| 2. Kiinteät kulut ylläpito | 30 | 30 | 0.06 | 0.06 |
| 3. Pääomakulut korot (10 % kokonaisinvestoinneista) | 250 | 250 | 0.50 | 0.50 |
| poistot (12 % ") | 300 | 300 | 0.60 | 0.60 |
| | 994 | 825 | 1.99 | 1.65 |

Jos lohi-istukkaan tuotantokustannukset ovat noin 8.74 ja 8.50 kr/kpl Pohjois-Norjassa ja Østlandetissa (kts. luku 5.3, taulukko 5.7) niin lämmityskulut muodostavat täten 19 - 23 % istukkaan kokonaistuotantokuluista.

Lämpöpumpun ja lämmönvaihtimen käyttöongelmat

Käyttöongelmat liittyvät yleensä lämmönvaihtimiin. Poistovesi, josta lämmönvaihto tuloveteen tapahtuu, aiheuttaa suuria ongelmia lämmönvaihtimessa. Rehujäännökset ja ulosteet, jotka sisältävät runsaasti rasvaa, tukkeuttavat virtausteiden kanavat. Lisäksi nämä muodostavat hyvän ravintoalustan bakteeri- ja sienikasvus-

tolle, joka kiinnittyy lämmönvaihdinlevyihin ja pienentää lämmönvaihtopintaa (Sjöli 1985)(7).

Vesi täytyy siksi käsitellä ennen käyttöä, muuten levylämmönvaihdin kapeine kanavineen toimii poistoveden suodattimena.

Olemassaolevat puhdistuskeinot ovat puutteelliset. Puhdistusteknisten menetelmien määrätietoisia tutkimuksia ei tähän liittyen ole tehty.

On kuitenkin selvää, että on olemassa suurta tarvetta tarkastella puhdistusteknisiä ratkaisuja kalankasvatuslaitoksella tapahtuvassa veden lämmönvaihdossa. Tyydyttävän toiminnan turvaavien menetelmien selvittäminen on tärkeä tehtävä.

Tulovesikään ei ole puhdasta. Sammalta ja lehtiä kertyy levyille pienentäen vaihtimen pintaa.

4. JÄTELÄMMÖN KÄYTÖN SYYT

Vesiviljely on yksi harvoista, ja usein ainoa vaihtoehto käyttää järkevästi hyväksi jätelämmön energiavaroja. Palaamme näiden varojen taloudelliseen arvoon luvussa 5.3. Puhtaasti käytännöllisten seikkojen ohella viittaamme välillisiin ja enemmän kansantaloudellisiin syihin, miksi jätelämpöä tulisi käyttää vesiviljelyssä.

- Kehitettävä teknologia hyödyttää merkittävästi myös muuta kalankasvatusta, koska voidaan tuottaa edullisia istukkaita.
- Jätelämpölaitokset tulevat olemaan esimerkkilaitoksia. Niiden uusi teknologia mahdollistaa merkittävän vientiteollisuuden perustamisen; nimittäin neuvonta-, urakoitsijatoiminnan ja tavaratoimituksen vesiviljelyelinkeino alalla.

Vesiviljelyelinkeino on nopeasti kehittymässä ja tutkimuksen tarve on erittäin suuri kaikilla aloilla. Mahdollisuudet parantaa käytössä olevaa kasvatusteknologiaa ovat hyvät. Lisääntyvä panostus tutkimukseen ja kehitystyöhön tässä vaiheessa saa luultavasti ratkaisevan merkityksen elinkeino tulevaisuudessa ja kilpailukyvyssä.

Tutkimus-, kasvatus- ja teollisuuspiireillä Pohjolassa on käytettävänä tietoa, joka voi muodostaa perustan uuden sukupolven kasvatusteknologialle. Valtion toimesta tulisi perustaa entistä suurempi määrä koelaitoksia. Nämä laitokset ovat läheisessä yhteistyössä tutkijapiirien, kasvatusteknologian ja teollisuuden tuotekehityspiirien kanssa.

Tieto kehitettävistä laitosjärjestelmistä tulisi olla mahdollisimman hyvin yleisesti saatavissa niin, että eri maiden kasvattajat voivat ottaa uutta tekniikkaa käyttöön. Laitosten tulee myös avata uusia maantieteellisiä kalankasvatuksen alueita, ja kehi-

tyksen tulee johtaa uusien lajien tuotantoon uusille markkinoille, jolloin elinkeinon perusta laajenee.

Jätelämpöä tuottava teollisuus on monessa mielessä avainasemassa uuden tekniikan käyttöönotossa.

- Jätelämpöä tuottavalla teollisuudella on asiantuntijoita tämän tapaisten prosessitekniisten laitosten rakentamiseen.
- Osalla jätelämpöä tuottavasta teollisuudesta on suuret aineelliset varat rakennusten, altaiden sekä teknisten tarvikkeiden muodossa. Nämä ovat vapautuneet rationalisoinnin, supistamisen ja uudelleenjärjestelyn yhteydessä. Myös huomattava määrä henkilöresursseja on vapautettu, joka usein muodostaa työttömyysongelman paikallisella tasolla.
- Vesiviljely on yritysten kannattavimpia jätelämmön käyttöalueita. Uuden teknologian kehitys voinee siksi tapahtua kaupallisten laitosten yhteydessä. Nämä pystyvät maksamaan tutkimus- ja kehitysmenoja mihin eivät tämän päivän laitokset pysty.
- Laitokset toiminevat kasvatuselinkeinon esimerkkilaitoksina, opetuslaitoksina jne. sekä laitosten että asiantuntijoiden markkinoinnin ja myynnin edistäjinä.

Erityisen mielenkiintoista on, että lämmin vesi suo mahdollisuudet kasvattaa maailmalla yleisimpiä lämminvesilajeja. Antamalla tutkijapiireille mahdollisuudet työskennellä näiden lajien parissa ja ottaa osaa uuden teknologian kehittämiseen lisäämme alan pätevyyttä Pohjoismaissa. Tällainen tieto on hyvin kysyttyä nykyään ja se luo perustan vientipohjaiselle, laajamittaiselle toiminnalle - neuvojille, urakoitsijoille ja toimittajille.

Jalostustutkijat ovat erityisen kiinnostuneet tilapiasta, joka karpin ohella on eniten käytetty kasvatuskala maailmassa nykyään. Jalostussuunnitelmien koekalaksi myöhään sukukypsyyden saavuttaville lajeillemme se sopii erityisesti, koska sillä on lyhyt sukupolvenkierto.

Teollisuudelle systemaattisen jalostustyön myötä voitaneen kehittää merkityksellinen vientituote jalostetusta mädistä ja poikasista.

Kehitysyhteistyöasiantuntijoiden koulutuksessa ja muussa koulutuksessa on merkittävää, että meidän tutkijamme saavat tehdä työtä sellaisten kala- ja äyriäislajien kanssa, jotka ovat lämminvesilajeja.

5. JÄTELÄMPÖVARAT

5.1. Jätelämpövarojen katsaus

Jätelämmöllä tarkoitetaan sitä energiaa, joka menetetään ympä-

ristöön erilaisissa teollisuuden prosesseissa ja sähköntuotantolaitoksissa.

Ainoastaan osa tästä jätelämmöstä on käytettävissä ja siitä taas vain pieni osa on teknisesti mahdollista hyödyntää. Tästä jälleen vain pieni osa on käytännöllisesti ja taloudellisesti hyödynnettävissä vesiviljelyssä.

Taulukossa 5.1 on esitetty teknisesti hyödynnettävät jätevesimäärät Pohjoismaissa. Taulukossa on myös laskettu vastaavat vesimäärät, jotka on lämmitetty 10 °C tulovettä lämpimämmäksi.

Taulukko 5.1. Teknisesti hyödynnettävä jäteveden energia (kaasua ja vettä) Pohjoismaiden teollisuudesta, lämpövoimalaitoksista, vesivoimalaitoksista ja muuntajista. Vastaavat vesimäärät lämmitettynä 10 °C lämpimämmäksi verrattuna tuloveteen on esitetty omina sarakkeinaan.

| | Teollisuus | Lämpövoimailat | Vesivoimailat | Muuntajat | Teollisuus | Lämpövoimailat | Vesivoimailat | Muuntaja | YHT |
|---------|------------|----------------|---------------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | TWH/v | TWH/v | TWH/v | TWH/v | m ³ /s | m ³ /s | m ³ /s | m ³ /s | m ³ /s |
| Tanska | 4 | 40 | - | 0.3 | 11 | 110 | - | 0.8 | 122 |
| Suomi | 10 | 40 | 0.2 | 0.5 | 28 | 110 | 0.6 | 1.4 | 140 |
| Islanti | 1 | - | - | - | 2.8 | - | - | - | 2.8 |
| Norja | 10 | - | 1.0 | 1.0 | 28 | - | 2.8 | 2.8 | 34 |
| Ruotsi | 15 | 100 | 0.6 | 1.2 | 42 | 280 | 1.7 | 3.4 | 327 |
| Pohjola | 40 | 180 | 1.8 | 3.0 | 112 | 500 | 5.1 | 8.4 | 626 |

Taulukossa 5.2 esitetään vastaavat teoreettiset kirjolohen tai lohen istukaskalan tai vaihtoehtoisesti lohen, piikkikampelan tai kirjolohen ruokakala tuotantopotentiaalit.

Laskelma perustuu vuoden suurimpaan kuukausittaiseen lämmitystarpeeseen. Eritelty laskennallinen lämmöntarve:

| | |
|------------------|-----------------------------------|
| Piikkikampela: | 30 MWh/kk/tonnia tuotettua kalaa |
| Lohi: | 25 " |
| Kirjolohi: | 10 " |
| Istukkaita, lohi | 4 MWh/kk/ 1000 tuotettua poikasta |

Kuva 5.1 esittää Pohjoismaiden lämpölaitosten, muuntajien ja vesivoimaloiden yleiskatsauksen. Kuten kuvasta käy ilmi ovat muuntajien ja vesivoimaloiden suhteellisen pienet jätelämpömäärät hajaantuneet laajalle. Pohjoismaissa on esimerkiksi noin 150 muuntajaa, joiden kokonaisjätelämpömäärä vastaa 9 m³/s (10 °C tulovettä lämpimämpää) vesimäärää. Tämä vastaa noin 60 l/s keskimääräistä vesimäärää laitoksella tai noin 500 000 90 g:n kirjolohen istukastuotannon keskimääräistä kasvatuspotentiaalia. Tämä on mahdollista käyttämättä poistoveden lämmönvaihdinta ja kasvatusveden käytön ollessa 0.1 l/min*kg kalaa kalan painaessa 65 g.

Taulukko 5.2. Teoreettinen, vaihtoehtoisesti istukaskalan tai ruokakalan tuotanto teknisesti hyödynnettävän Pohjoismaisen teollisuuden, vesivoimalaitosten, muuntajien ja lauhdevoimalaitosten jätelämmön avulla. Energiavaihdon ja laitosten häviötä eikä kasvatuslaitoksen poistoveden lämmönvaihtimen käyttöä ei ole otettu huomioon.

| | Istukaskalaa (milj.kpl/v) | | | | Ruokakala (1 000 t/v) | | | | | |
|----------------------|---------------------------|-----|-------------------------|------|-----------------------|-----|-----------|-----|------|-----|
| | Lohi | | Kirjolohi Piikkikampela | | Lohi | | Kirjolohi | | | |
| | A* | B* | A | B | A | B | A | B | | |
| Tanska | 850 | 90 | 1700 | 180 | 110 | 12 | 130 | 14 | 330 | 36 |
| Suomi | 850 | 75 | 1700 | 150 | 110 | 30 | 130 | 36 | 330 | 90 |
| Islanti | - | 20 | - | 40 | - | 3 | - | 3 | - | 8 |
| Norja | - | 250 | - | 500 | - | 30 | - | 40 | - | 100 |
| Ruotsi | 2100 | 350 | 4200 | 700 | 280 | 50 | 330 | 60 | 830 | 140 |
| Yht. (pyöristettynä) | 3800 | 800 | 7600 | 1600 | 500 | 130 | 600 | 150 | 1500 | 400 |

A* = lauhdevoimalat, B* = teollisuus, vesivoimalat ja muuntajat

Lauhdevoimalaitosten suuret jätelämpömäärät toisaalta jakautuvat muutaman voimalan kesken. Tämä vähentää huomattavasti mahdollisuuksia käyttää lämpövarat vesiviljelyyn johtuen osaksi niistä ympäristöhaitoista, jotka se aiheuttaisi, osaksi tilanpuutteesta ja osaksi erittäin suurien vesiviljelylaitosten herättämästä vastustuksesta.

Luultavasti vain noin 10 % lauhdevoimalaitosten jätelämmöstä voidaan käyttää vesiviljelytarkoituksiin.

Teollisuuden jätelämpö sijaitsee, samalla tavalla kuin muuntajien ja vesivoimaloiden, hajautuneena monelle eri alueelle sijaitsevalle laitokselle. Kuva 5.2 esittää teollisten jätelämpölähteiden sijainnin tärkeimmässä osassa Ruotsia (lauhdevoimalat mukaan lukien). Harvoin lähteet ovat niin suuria että se rajoittaisi niiden käyttöä vesiviljelyssä. Puhtaan makea- tai meriveden saatavuus voi kuitenkin monessa tapauksessa olla esteenä käytölle.

Mainittakoon viimeksi, että Islannissa on suuret, maantieteellisesti hajanaiset, maalämpövarat. Nämä lähteet edustavat miltei rajattomia energiamääriä. Täällä puhtaan makea- tai meriveden saatavuus lämpölähteiden läheisyydessä rajoittaa vesiviljelyn mahdollisuuksia.

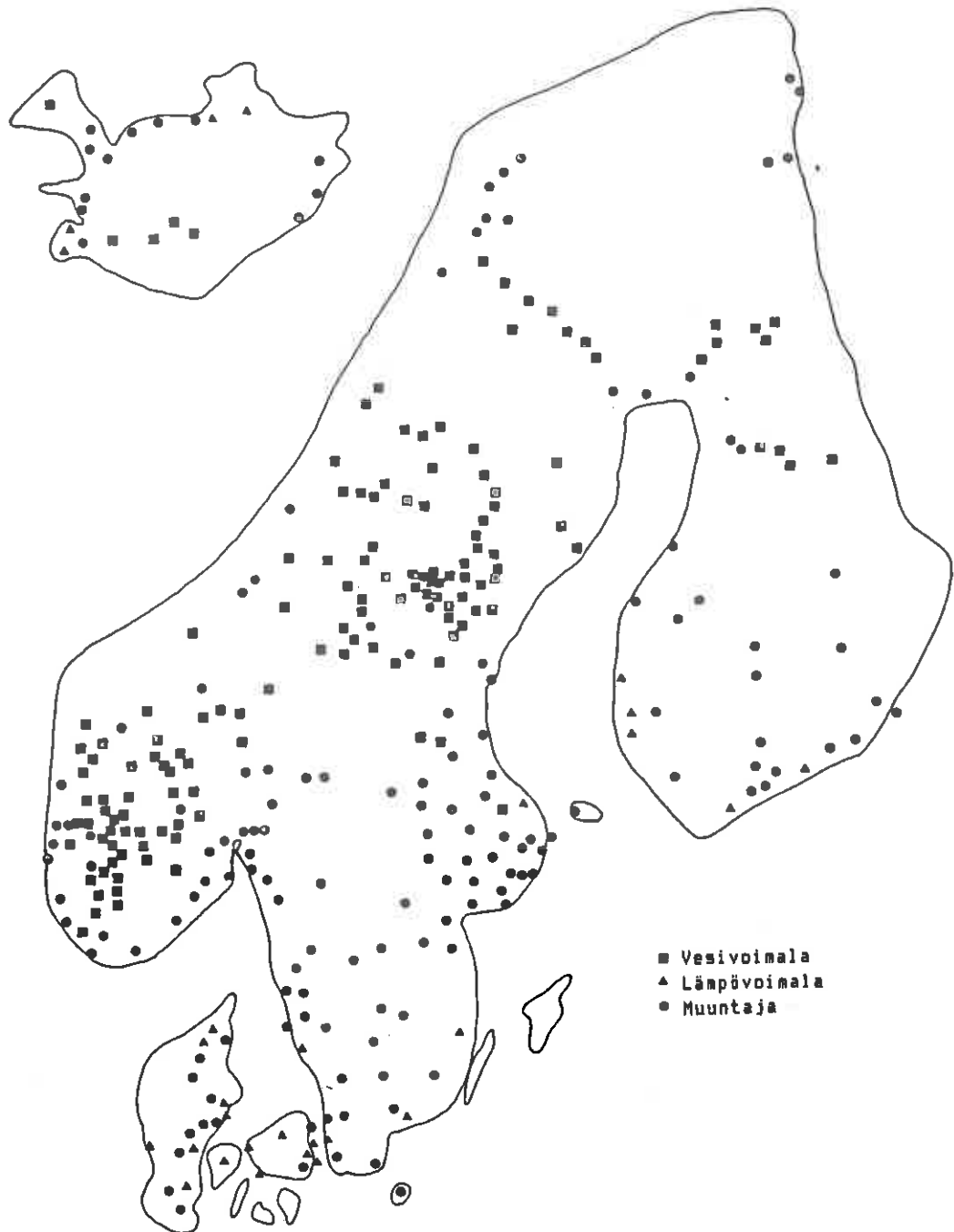
5.2. Jätelämpövarojen käytön vaatimukset

Tämä luku on suureksi osaksi lainattu Kittelsiniltä (1985(1)).

Käyttäjien, tässä tapauksessa kalankasvattajien, jätelämmölle asettamat vaatimukset, perustuvat kalan "viihtyvyyteen". Terveen kalan ja hyvän kasvun sekä myönteisen kasvatustuloksen välillä

on yhteys. Pohjoismaissa on olemassa tietoa ennen kaikkea lohikalojen viljelytekniikasta ja biologiasta. Siten meidän on helpointa määritellä lohikalalajien asettamat vaatimukset.

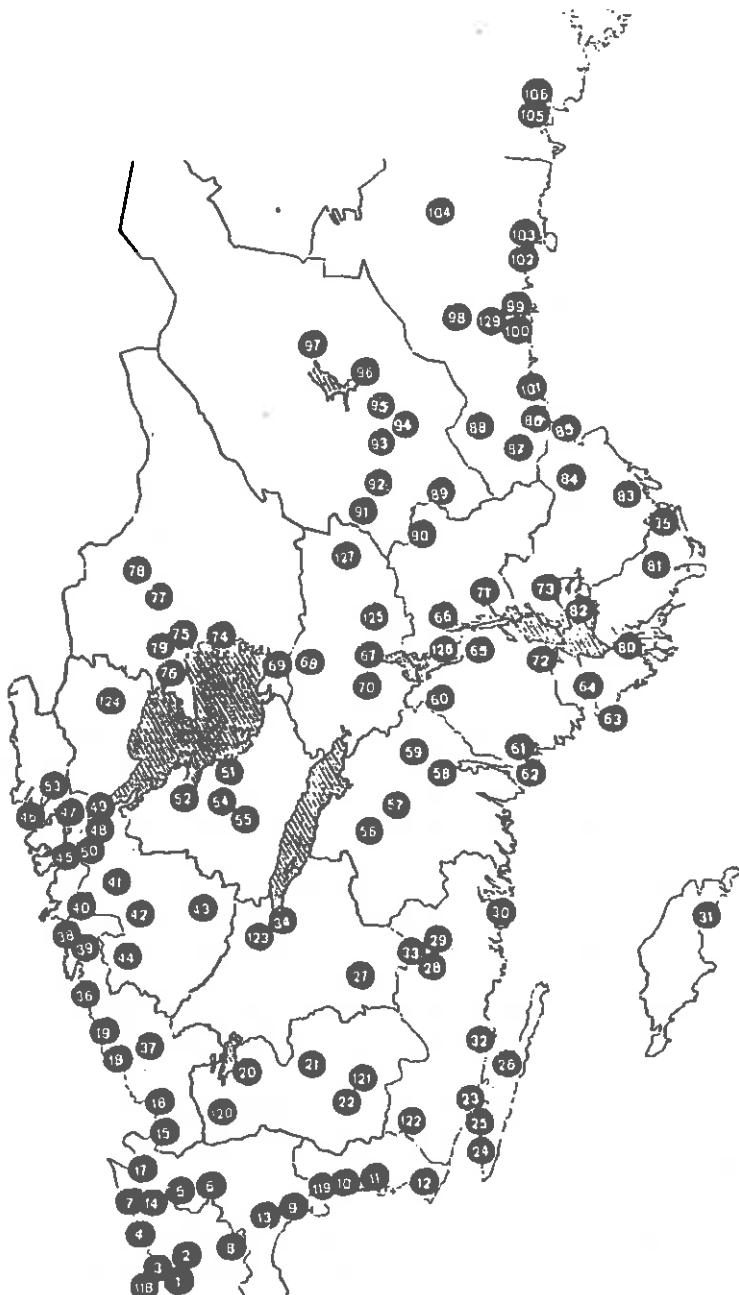
Kuva 5.1. Pohjoismaiden vesivoimalat, lauhdevoimalat sekä muuntajat.



Vaikka on suuria biologisia eroja kasvatettavien lajien välillä, keskitymme tässä veteen ympäristönä. Eri lajeilla on yhteisiä nimittäjiä kuten systeemin toimintavarmuus ja tekniset yksityiskohtaiset ratkaisut.

Kuten mainittu, norjalaisilla kasvattajilla on suurin tietämys lohikaloista, etenkin lohesta ja kirjolohesta. Lämpimän veden käyttö näillä lajeilla on antanut myönteisen tuloksen. Hyvän tuloksen lämpimässä vedessä antavat myös seuraavat lajit: makeavesirapu, makeavesikatkarapu, hummeri, tilapia, ankerias ja piikkikampela.

Kuva 5.2. Ruotsin keski- ja eteläosien jätelämpölähteet.



Lämminvesikasvatukselle asetettavat vaatimukset koskevat:

- veden määrä
- veden laatua
- säännöllisyyttä
- toimintavarmuutta
- paikalle asetettuja yleisiä vaatimuksia

Vesimäärän vaatimukset perustuvat kalan hapentarpeeseen. Taulukossa 5.3 on vertailtu jätelämmön laskettua määrää kalan vaatimaan vesimäärään. Vedentarve on laskettu sillä edellytyksellä, että kasvatusvesi on happikyllästeistä eikä sitä uudelleenilmas-teta laitoksessa.

Taulukko 5.3. Vedentarve l/min*kg kalaa istukaskalantuotannossa kalan hapentarpeen suhteen. Oletuksena on, että veden uudelleenhapetusta laitoksessa ei tapahdu ja vesi on happikyllästeistä (Kittelsen (1985)81)).

| Veden lämpötila °C | Kalan paino (g) | | | | | |
|--------------------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----------|
| | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 ja yli |
| 2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 4 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 6 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| 8 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 10 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.5 |
| 12 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.6 |
| 14 | 1.2 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 16 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.9 |
| 18 | 1.8 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 |

Veden laatu on kalan terveyden perusedellytys. Tähän kuuluvat seuraavat suureet: lämpötila, suolapitoisuus, likaisuus ja ilman suhteen ylikyllästeisyys. Vedenlaadun mittana voi olla lajin valinta ja lajin kehitysvaihe. Kasvatustuotannon tulovesi voi jossain tapauksissa olla suoraa jäähdytysvettä. Yleensä joudutaan lämmönvaihtimella siirtämään lämpö kasvatusveteen, joka otetaan lähellä sijaitsevasta vesilähteestä, tai mahdollisesti sekoittamaan lämmintä jäähdytysvettä kylmään luonnonveteen.

Äkilliset kalakuolemat maalla sijaitsevassa laitoksessa johtuvat usein **toimintavarmuuden** pettämisestä. On olemassa monta esimerkkiä siitä, että tämä usein johtuu lämmintä vettä tuottavasta systeemistä. Vedentuotannon puolen tunnin toimintakatko alueella voi saada aikaan katastrofaaliset seuraukset. Sekä käyttäjältä että teknisiltä asennuksilta vaaditaan siis paljon.

Monelle uudelle kalankasvattajalle ensimmäinen tehtävä on ollut **paikan valinta**. Käytettäessä jätelämpövaroja kasvatukseen paikka on yleensä määrätty.

Paikalle asetettavat vaatimukset ovat kiinnostavia ja tärkeimmät tekijät ovat vedenlaatu ja -määrä sekä korkeuserot laitoksen ja

tulovesilähteen välillä. Viimeinen vaatimus on tärkeä, jos vettä käytetään ruokakalan kasvatukseen.

5.3. Jätelämpövarojen taloudellinen arvo kasvatuksessa

Selvittääksemme tätä asiaa olemme tehneet yksinkertaistetun taloudellisen analyysin käyttäessä jäteveettä esimerkiksi 500 000 l-vuotiaan smoltin tuottamiseksi vuosittain ja tuotettaessa 500 tonnia isoa kirjolohta (2.6 kg/kpl) vuosittain. Lohenkasvatuslaitoksen tiedot perustuvat Damhaugin ja Maronin (1985 ; 3) vastaavaan analyysiin.

Lohi-istukkaan olemme verranneet jätelämpöä käyttäviä laitoksia vastaaviin lämpöpumppua käyttäviin laitoksiin kolmessa eri paikassa Norjaa (Østlandet, Nord-Vestlandet ja Pohjois-Norja).

Suurta kirjolohta tuotettaessa olemme verranneet jätelämpölaitoksia vastaavaan järvivettä pumppaavaan maalaitokseen. Tässä vaihtoehdossa järvivettä pumppaava laitos on sijoitettu vain yhteen paikkaan. Tätä laitosta on sitten verrattu jätelämpöön perustuviin makea- tai merivesilaitoksiin kolmella eri paikalla Norjassa (Østlandet, Nord-Vestlandet ja Pohjois-Norja).

Jätelämpölaitoksissa lämpö hyödynnetään prosessiveden lämmönvaihtimilla. Sekä jätelämpö- että lämpöpumppulaitoksilla on oletettu käytettävän poistoveden lämmönvaihtimia ja laskettu, että 60% poistoveden lämmöstä hyödynnetään.

Kokonaisinvestointi- ja käyttökustannusarvio on laskettu eri vaihtoehdolle (sisältäen jätelämmön käytön investointikustannukset). On otettava huomioon, että arviot eivät perustu yksityiskohtaisiin suunnitelmiin ja siten niitä tulee tarkastella tämänhetkisinä tietoina, kalan kokonaistuotantokulut on siten arvioitu. Tuotantokustannusten erot verrattujen vaihtoehtojen välillä jaettuna jätelämmön kokonaisenergiakulutuksella muodostavat jätelämmön arvon.

Koska yhdistetyt tuotantokustannukset ovat kiinnostavia, pääomakustannukset on yksinkertaisuuden vuoksi laskettu korkojen (10 % kokonaisinvestoinneista) ja lyhennysten (12 % kokonaisinvestoinneista) summana. Rahavirta-analyysia ei ole tehty.

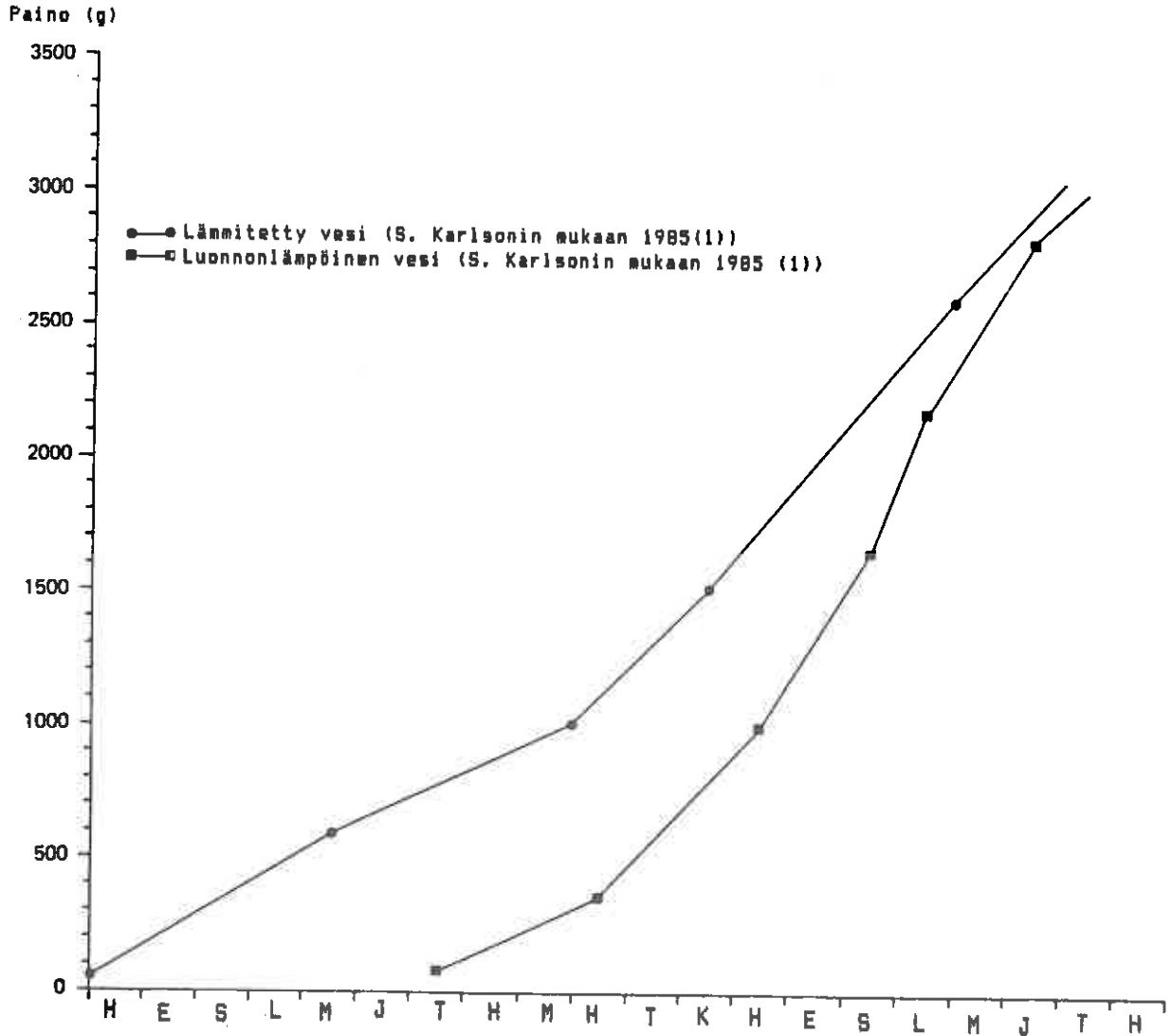
Kuvassa 3.1 (luvussa 3.1) on esitetty istukastuotantolaitoksen perustana olevat lämpötila- ja kasvusuhteet.

Kuvassa 5.3 on esitetty kahden vaihtoehtoisen ruokakalalaitoksen kasvuolosuhteet eri lämpötilaoloissa jätelämpölaitoksissa ja merivesilaitoksissa. On otettava huomioon, että talvikausi hidastaa kasvunopeutta käytettäessä merivettä.

Taulukko 5.4 esittää kahden ruokakalalaitoksen kalamäärät ja veden tarpeet. Laitokset perustuvat tilavuuden optimaaliseen käyttöön kasvatettaessa neljä eri sukupolvea laitoksessa, pysyvään tiheyteen ja jatkuvaan teurastukseen ympäri vuoden. Yksinkertaisuuden vuoksi kuvan 5.3 kasvukäyrät ovat pohjana kaikille

poikaserille.

Kuva 5.3. Ruokakalalaitoksen kasvuolosuhteet.



Taulukko 5.4. Ruokakalalaitoksen tuotantotaulukko (500 tonnia kirjolohta \dot{a} 2.6 kg vuosittain) perustuen kuvan 5.3 kasvukäyriin.

| Os. no. | Oleskeluaika päiviä | | Kalamäärä kpl | | Kalan paino kg | | Tiheys kg/m ³ | | Kokonaiskasvu tonnia | | Vesivoiyyimi m ³ | |
|---------|---------------------|-------------|---------------|-------------|----------------|--------------|--------------------------|--------------|----------------------|--------------|-----------------------------|---------------|
| | Jäte-lämpö | Luonn. vesi | Jäte-lämpö | Luonn. vesi | Jätelämpö | Luonnon vesi | Jäte-lämpö | Luonnon vesi | Jätelämpö | Luonnon vesi | Jätelämpö | Luonnon vesi |
| I | 90 | 135 | 50 000 | 77 000 | 0.075 - 0.35 | 0.75 - 0.60 | 30 - 40 | 30 - 40 | 3.7 - 17 | 5.8 - 45 | 123 - 420 | 193 - 1 125 |
| II | 90 | 135 | 48 000 | 75 000 | 0.35 - 1.0 | 0.60 - 1.0 | 40 | 40 | 17 - 48 | 45 - 75 | 420 - 1 200 | 1 125 - 1 875 |
| III | 90 | 135 | 48 000 | 75 000 | 1.0 - 2.2 | 1.0 - 2.0 | 40 | 40 | 48 - 106 | 75 - 150 | 1 200 - 2 640 | 1 875 - 3 750 |
| IV | 90 | 135 | 48 000 | 75 000 | 2.2 - 3.0 | 2.0 - 3.0 | 40 | 40 | 106 - 0 | 150 - 0 | 2 540 - 0 | 3 750 - 0 |
| YHT. | 360 | 540 | - | - | - | - | - | - | 175 | 275 | 4 400 | 6 900 |

Taulukossa 3.2 (luku 3.1) on esitetty energialaskelman perusteena olevien kuuden tulovesilähteen lämpötilaolosuhteet. Taulukko 3.3 esittää edelleen lohi-istukaslaitosten poikastiedot, vesimäärät ja lämpötilat. Lähtökohtana on tässä käytetty vaihtoehtoa A (kts. luku 3.1), jossa 1. sukupolven vesi johdetaan 2. sukupolvelle.

Ruokakalalaitoksen osalta on, kuten taulukosta 3.5 käy ilmi, käytetty laitoksen kasvatusvesimääränä 0.09 l/min * kg, toisin sanoen lämmitettyyn veteen perustuvan laitoksen kokonaisvedenkulutuksena 16 m³/min ja luonnonveteen perustuvan laitoksen 25 m³/min.

Ruokakalalaitoksen lämpötila on laskettu pidettävän 10 °C:ssa kylmänä vuodenaikana. Taulukko 5.5 esittää eri vaihtoehtojen lämmitystarpeet.

Taulukko 5.5. Lohi-istukaslaitoksen (50 000 istukasta/vuosi) ja ruokakalalaitoksen (500 tonnia/vuosi) lämmitystarve. (SV=merivesi; MV=makeavesi)

| | ENERGIATARVE MWh | | | | | | | | |
|----------|------------------|------------|---------------------|------------|----------|-----------------|----------|------------|-------|
| | Pohjois-Norja | | Østlandet (Østfold) | | | Nord-Vestlandet | | | |
| | Istukas- | Ruoka- | Istukas- | Ruoka- | Istukas- | Ruoka- | Istukas- | Ruoka- | |
| | laitos | kalalaitos | laitos | kalalaitos | laitos | kalalaitos | laitos | kalalaitos | |
| | SV | MV | SV | MV | SV | MV | SV | MV | |
| Marras | 227 | 3330 | 4575 | 50 | 0 | 3339 | 302 | 831 | 4990 |
| Joulu | 692 | 3330 | 6660 | 365 | 3330 | 4990 | 546 | 2500 | 5817 |
| Tammi | 1020 | 3330 | 7488 | 1041 | 6660 | 6660 | 833 | 3330 | 6660 |
| Helmi | 1253 | 3330 | 7488 | 1810 | 5817 | 8320 | 1104 | 4160 | 6660 |
| Maalis | 1519 | 3745 | 7175 | 2185 | 5817 | 8320 | 1420 | 4990 | 6660 |
| Huhti | 1669 | 4575 | 6660 | 2295 | 4990 | 8320 | 1536 | 4160 | 6660 |
| Touko | 2693 | 4160 | 6232 | 1561 | 0 | 4990 | 2107 | 2500 | 5817 |
| Kesä | 2135 | 2500 | 5817 | 906 | 0 | 0 | 755 | 0 | 2500 |
| Heinä | 2693 | 0 | 4575 | 0 | 0 | 0 | 468 | 0 | 0 |
| Elo | 2289 | 0 | 2500 | 0 | 0 | 0 | 1821 | 0 | 831 |
| Syys | 634 | 831 | 2915 | 0 | 0 | 0 | 353 | 0 | 1660 |
| Loka | 417 | 2077 | 3745 | 0 | 0 | 0 | 156 | 0 | 2500 |
| Yht.1** | 17246 | 31216 | 65649 | 10213 | 26614 | 44930 | 11401 | 22471 | 50755 |
| Yht.2*** | 6898 | 12486 | 26259 | 4085 | 10645 | 17972 | 4560 | 8988 | 20302 |

* Vrt. vaihtoehto A luvussa 3.1

** Kokonaistarve ilman poistoveden lämmönvaihdinta

*** Kokonaistarve käytettäessä poistoveden lämmönvaihdinta

Taulukossa 5.6 on esitetty kahden lohi-istukaslaitoksen investointikustannukset. Yksinkertaisuuden vuoksi investointikustannukset on oletettu laitoksen sijainnista riippumattomiksi. Jätelämpölaitoksen tulovesijohtojen kustannukset (1.9 milj) oletetaan korkeammiksi kuin lämpöpumppulaitoksen (1.3 milj). Jätelämpölaitoksella on myös kustannuksia (0.5 milj), jotka johtuvat edestakaisista putkista lämpöä tuottavan laitoksen ja kasvatuslaitoksen

välissä sekä lämmönvaihtimista (0.6 milj). Vastaavasti lämpöpumpulaitoksella on kustannuksia lämpöpumpuista sisältäen lämmönvaihtimet (2.5 milj), siten että lämpöpumpulaitoksen kokonaisinvestointikustannukset ovat hiukan korkeammat.

Taulukko 5.6. 500 000 lohi-istukasta vuodessa tuottavan jäte-
lämpö- ja lämpöpumpulaitoksen investointikustannukset (Damhaug, Maroni 1985 (3) mukaan).

| | Jätelämpö- laitos 1 000 NKr | Lämpöpumpu- laitos 1 000 NKr |
|--|-----------------------------------|------------------------------------|
| HAUTOMO, POIKASLAITOS JA VARASTO: | | |
| Perustamis- ja rakennustyöt | 1770 | 1770 |
| Sisäiset vesi- ja sähköjohdot | 1230 | 1230 |
| Prosessitekninen varustus | 2030 | 2030 |
| HALLINTO- JA LABORATORIORAKENNUS: | | |
| Perustamis- ja rakennustyöt | 280 | 280 |
| Varustus ja sisustus | 100 | 200 |
| VEDENTULO, VEDENPOISTO, ENERGIAVARUSTUS: | | |
| Makean vedentulo, sis. pumppuaseman | 1000 | 800 |
| Meriveden tulo- sekä poistojohto, sis. pumppuaseman | 900 | 500 |
| Edestakaiset vesijohdot teollisuuden lämmönvaihtimien ja kasvatuslaitoksen välissä | 500 | - |
| Prosessiveden ja poistoveden lämmönvaihtimet (2 kpl) | 600 | - |
| Täydellinen lämpöpumpulaitos, sis. poistoveden lämmönvaihtimen ja vesijohdot | - | 2500 |
| SUUNNITTELU, RAKENTAMISJOHTO JA ODOTTAMATTOMAT MENOT: | | |
| Suunnittelu | 500 | 500 |
| Rakentamisjohto | 300 | 300 |
| Odottamattomat menot | 700 | 700 |
| KOKO INVESTOINTI | 9910 | 10710 |

Taulukossa 5.7 esitetään eri istukaslaitosten kokonaiskäyttökustannukset. Tuotantokustannukset ovat 0.75 - 1 kr / kpl, korkeammat lämpöpumpulaitoksella kuin jätelämpölaitoksella.

Taulukossa 5.8 on esitetty kahden ruokakalalaitosten investointikustannukset. Yksinkertaisuuden vuoksi investointikustannukset on oletettu laitoksen sijainnista riippumattomiksi.

Jätelämpölaitos on tilavuudeltaan pienempi ja sillä on pienempi kasvatusveden kulutus mikä johtuu kalan nopeasta kasvusta. Tämä johtaa yleensä pienempiin laituskuluihin ja pienempiin kasvatusveden saannin kuluihin. Yleensä kulut ovat huomattavat edestakai-

sista vesijohdoista sekä lämmönvaihtimista lämpöä tuottavan teollisuuden ja laitoksen välillä. Kokonaisuutena kuitenkin merivettä käyttävän laitoksen investointikustannusten on oletettu olevan 1.3 milj. Nkr korkeammat kuin jätelämpöä käyttävän laitoksen.

Taulukko 5.7. 500 000 istukasta/vuosi tuottavien eri lohi-istukaslaitosten kokonaiskäyttökustannukset.
(PN=Pohjois-Norja, NV=Nord-Vestlandet, ØL=Østlandet)

| | Jätelämpö-laitos | | | Lämpöpumppu-laitos | | |
|--|------------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|-------------|
| | PN | NV | ØL | PN | NV | ØL |
| 1. Muuttuvat kustannukset | | | | | | |
| Mädin ostot (250 l) | | 220 | | | 220 | |
| Rehukustannukset (40 tonnia) | | 260 | | | 260 | |
| Energiakustannukset (0.26 kr/kWh) | | 100 | | 375 | 275 | 265 |
| Vakuutus | | 200 | | | 200 | |
| Yhteensä | 780 | 780 | 780 | 1055 | 955 | 935 |
| 2. Kiinteät kustannukset | | | | | | |
| Palkat | | 650 | | | 650 | |
| Koulutus, kurssit | | 50 | | | 50 | |
| Omaisuusvero/vakuutus (0.7 %) | | 70 | | | 80 | |
| Ylläpito | | 140 | | | 180 | |
| Yhteensä | 910 | 910 | 910 | 960 | 960 | 960 |
| 3. Pääomakustannukset | | | | | | |
| Korot, 10 % kokonaisinvestoinnista | | 991 | | | 1071 | |
| Poistot 12 % " | | 1189 | | | 1285 | |
| Yhteensä | 2180 | 2180 | 2180 | 2180 | 2180 | 2180 |
| YHTEENSÄ | 3870 | 3870 | 3870 | 4371 | 4272 | 4251 |
| Tuotantokustannukset (kr/istukas) | 7.74 | 7.74 | 7.74 | 8.74 | 8.54 | 8.50 |

Taulukossa 5.9 on esitetty eri ruokakalalaitosten kokonaiskäyttökulut. Tuotantokustannukset ovat edellä mainituin edellytyksin noin 600 000 Nkr tai 1.15 Nkr/kg pienemmät jätelämpölaitoksella verrattuna merivettä käyttävään laitokseen.

Taulukossa 5.10 jätelämmön arvo on arvioitu seuraavasti:
Verrattujen laitosten kokonaiskäyttökulujen erot Nkr/vuosi

Jätelämmön arvo (kr/kWh) = $\frac{\text{Energiantarve käytettäessä poistoveden lämmönvaihtimia kWh/vuosi}}{\text{Energiantarve käytettäessä poistoveden lämmönvaihtimia kWh/vuosi}}$

Taulukko 5.8. Jätelämpö- tai merivettä käyttävien laitosten investointikustannukset.

| | Investointikustannukset 1 000 Nkr | |
|---|--------------------------------------|----------------------------------|
| | Jätelämpö- laitos | Järvivettä käyttävä maalaitos |
| Altaat | 1 500 | 2 400 |
| Rakennukset | 1 200 | 1 200 |
| Laitospalkat | 500 | 750 |
| Mekaaninen varustus | 1 500 | 1 800 |
| Sähkö | 800 | 900 |
| Suunnittelu ja rakentaminen (15 %) | 800 | 1 050 |
| Odottamatonta (20 %) | 1 250 | 1 650 |
| Tontti ja tie | 150 | 150 |
| Kasvatusveden tulo sekä poistoputki sis. pumppuaseman | 500 | 700 |
| Vesijohto edestakaisin teollisuuden lämmönvaihtimien ja kasvatuslaitoksen välissä | 500 | - |
| Prosessiveden ja laitoksen poistoveden lämmönvaihtimet | 600 | - |
| Kokonaisinvestointi | 9 300 | 10 600 |

Taulukko 5.9. Eri ruokakalalaitosten kokonaiskäyttökustannukset tuotannon ollessa 500 tonnia kirjolohta á 2.6 kg vuosittain.

| | Maalla sijaitseva jätelämpölaite | | Järvivettä käyttävä maalaitos | |
|---|-------------------------------------|--------------|----------------------------------|--------------|
| | 1. Muuttuvat kulut | | | |
| Istukaskala | | | | |
| 200 000 kpl/v á 7Nkr/kpl | 1 400 | 2.80 | 1 400 | 2.80 |
| Rehu, rehukerroin=1.5, hintaa 5 Nkr/kg | 3 750 | 7.50 | 3 750 | 7.50 |
| Vakuutus 80 äyriä/kg kalaa laitoksessa | 130 | 0.26 | 210 | 0.42 |
| 2. Pysyvät kulut | | | | |
| Palkat | 1 250 | 2.50 | 1 250 | 2.50 |
| Sähkö: 0.26 Nkr/kW | 250 | 0.50 | 400 | 0.80 |
| Ylläpito ja eril. verot ja vakuutus: 3% investoinnista | 290 | 0.58 | 360 | 0.72 |
| 3. Pääomakustannukset | | | | |
| Korot: 10 % kokonaisinv. | 930 | 1.94 | 1 060 | 1.12 |
| Poistot: 12 % " | 1 120 | 2.32 | 1 270 | 2.54 |
| | 9 120 | 18.24 | 9 700 | 19.40 |

Taulukko 5.10. Jätelämmön arvioitu arvo (äyreja/kWh).

| | Jätelämpöä käyttävä | | |
|-------------------------|--|----------|---|
| | ruokakalalaitos 500 t kirjolohta/v makeavesi | merivesi | lohi-istukaslaitos 500 000 istukasta/v |
| Pohjois-Norja (Bodø) | 4.6 | 2.2 | 7.3 |
| Østlandet (Østfold) | 5.4 | 3.2 | 9.3 |
| Nord-Vestlandet | 6.5 | 2.9 | 8.8 |

Analyysin tarkastelu

Kustannusarvio perustuu muutamiin edellytyksiin, jotka suuresti vaihtelevat laitokselta toiselle. Erityisesti seuraavat seikat on otettava huomioon:

Lohi-istukaslaitoksen sijainti suhteessa jätelämmön lähteeseen ja kasvatusvesilähteeseen edellyttää usein pitkiä vesijohtoja, jotka pienentävät jätelämmön käytöstä saatua voittoa.

Ruokakalalaitoksen kustannukset vastaavasti riippuvat laitoksen sijainnista suhteessa jätelämmön lähteeseen ja kasvatusvesilähteeseen. Toisaalta useat seikat voivat lisätä jätelämmön oletettua arvoa ruokakalan kasvatuksessa.

- Jätelämpölaitoksia on verrattu merivettä käyttävään laitokseen, jolla on aika suotuisat lämpötilaolosuhteet Pohjoismaita ajatellen. Yleensä vaihtoehto on laitos, jossa kalojen kasvunopeus on pienempi (ja mahdollisesti puutteelliset talvehtimismahdollisuudet) ja siten korkeampi voitto tai arvo käytettäessä jätelämpöä.

- Ruokakalalaitoksen kalat ovat kestävämpiä kuin istukaslaitoksen kalat ja usein jäädytysvesi voidaan käyttää suoraan ruokakalan kasvatukseen, mahdollisesti sekoitettuna luonnolliseen kasvatusveteen. Tämä merkitsee pienempiä lämmönvaihtimien ja vesijohtojen kustannuksia.

- Esim. lohi-istukaslaitoksen poistovettä voidaan ajatella käytettävän ruokakalalaitoksen kasvatusvetenä. Vesi on silloin käytettävissä käyttämättä lämmönvaihtimia ja ilman kalliita vesijohtosennuksia. Tämä helposti kaksinkertaistaa jätelämmön arvon (äyri/kWh).

- Taloudelliset laskelmat on tehty hyvin tehokkaasti toimivassa laitoksessa ajatellen tuotantoa tilavuusyksikköä kohti. Jos käytetään enemmän perinteisiä kasvatusmenetelmiä, investointien määrät ja siten tuotantokustannukset tulevat ilmoitettua suuremmiksi, mikä merkitsee suurempaa voittoa käytettäessä jätelämpöä.

Valinta poikastuotannon ja ruokakalatuotannon välillä ei voi

perustua tiukempaan jätelämmön arvon laskelmaan kuin tässä luvussa on esitetty. Valinnan on perustuttava kokonaisvaltaiseen arvioon (vrt. lukuun 6.1). Markkina- ja hintakehitys ovat tässä keskeisiä. Poikasmarkkinat ovat melko rajoitetut. Markkina-alueet sijaitsevat pääasiassa sisämaassa ja tulevat pitkällä tähtäimellä olemaan alttiina suuremmille heilahteluille ja ylituotannon vaa-roille kuin ruokakalan tuotanto, joka aina voidaan myydä vienti-markkinoille. Useat seikat viittaavat siihen, että Norjan istu-kaskalan korkeat hinnat laskevat dramaattisesti, kun uusi kasva-tuslaki antaa vapaammat mahdollisuudet tällaisen laitosten perus-tamiseen ja kysyntä tyydytetään. (Vrt. kirjolohenpoikasen hintaan Tanskassa, joka on 6-7 kertaa alhaisempi kuin Norjassa).

6. KEHITYSMAHDOLLISUUDET

6.1 Lajien valinta

Tänään ovat vain muutamat lajit ajankohtaisia jätelämpöön perus-tuvassa kasvatuksessa. Tämä johtuu osaksi biologisista rajoituk-sista kuten, että ei hallita kalojen "keinotekoista" lisääntymis-tä ja osaksi taloudellisista rajoituksista laitoksissa, mikä riippuu tuotteen hinnasta suhteessa tuotantokustannuksiin.

Taulukossa 6.1 on katsaus ajankohtaisimmista lajeista, ryhmitel-tynä taloudellisen arvon mukaan, ja oletetusta tuotosta tuotteen tämänpäiväisen hintatason mukaan.

Taulukko 6.1. Katsaus ajankohtaisimmista lajeista jätelämmön yhteydessä.

| Kaupallinen arvo tänään | Lajit |
|--|--|
| Kohtuullisen tuoton antavien kaupallisten laitosten rakentaminen mahdollista. | piikkikampela, kirjolohi, lohen ja kirjolohen istukkaat, ankerias, lohi, osteri |
| Kaupallisten laitosten rakentaminen mahdollista, mutta laitos tuottaa luultavasti tappiota. | turska, katkaravut, merirapu hummeri, meriantura, punakam-pela, tilapia, karppikalat |
| Kaupallisessa mittakaavassa raken-taminen mahdotonta, kasvatustekno-logiaa tai ruokakalan kasvatustekno-logiaa ei tunneta tarpeeksi hyvin, tai ei tiedetä minkälaisia istutus-poikasia tulisi tuottaa. Kun kysymykset on ratkottu, kaupalliset laitokset antanevat kohtuu-llisen tuoton. | ruijanpallas, ravun ja hummerin istukaspoikasten laajamittainen kasvatus |

On vaikeaa antaa yksiselitteistä vastausta siihen, mikä laji tai mitkä lajit yksittäisissä tapauksissa tulisi valita. Valinta on

usein yritysstrategisen ja hoidollisen analyysin tulos yhdistettynä tiettyihin rajoituksiin, kuten käytettävissä oleviin varoihin, vastaanotto-olosuhteisiin, lupiin jne.

Yksittäisille yritykselle suositellaan useimmiten, että nämä analyysit tehdään yhteistyössä ammattimaisten konsulttien ja tutkimuslaitosten kanssa. Tässä lyhyesti pääkohdittain tärkeimmät seikat, joiden tulee vaikuttaa valintaan:

Jätelämpölähde:

- jätelämpömäärät ja niiden vaihtelut vuoden aikana
- lämpötila ja sen vaihtelut
- säännöllisyys ja toimitusvarmuus
- mahdollisen jäähdytysveden vedenlaatu
- kustannukset jätelämmön siirtämisestä vesiviljelylaitokselle.

Muut edellytykset:

- olemassa olevat rakennukset
- olemassa olevat altaat, pumput, erilaiset prosessivarustukset
- vapaat maa-alueet
- työvoimavarat
- puhtaan makeaveden saatavuus
- puhtaan meriveden saatavuus
- jäteveden vastaanotton järjestely.

Yritysstrategia:

- vesiviljelyä harkitaan, koska:
 1. käytettäisiin omia aineellisia varoja yrityksessä
 2. saataisiin aikaan tietoa (know how) muualle rakennettavia laitoksia varten, mahdollisesti yhteistyössä toisten kanssa
 3. myytäisiin laitoksia ja konsulttipalvelua.

Luvat:

- minkä laajuuden, mitkä omistussuhteet ja mitkä lajit ja kasvatusmuodot viranomaiset sallivat tietyllä paikkakunnalla poliittisten arvioiden mukaan
- joutuuko vesiviljelylaitos ristiriitaan ympäristön kanssa ajatellen kalatautien leviämistä, likaantumista, vieraita kalalajeja jne.

Markkinaolosuhteet:

- tuotteen odotettu hintakehitys ja hinnan vakavuus
- koti- ja vientimarkkinoiden suuruus ja oletettu kehitys
- tullirajoitukset
- kilpailun odotettu laajeneminen koti- ja ulkomailta.

Teknologia:

- onko kotimaassa olemassa rationaalista teknologiaa poikas- ja ruokakalatuotantoa varten vai pitääkö se tuoda muualta
- jos teknologiaa ei ole saatavissa tai tuotavissa, mikä on lajin tutkimuksen tila sekä poikas- että ruokakalatuotannossa.

Kustannusanalyysit:

- investointikustannukset
- käyttökustannukset

- rahavirta-analyysit
- herkkyyshanalyysit
- mitkä ovat laitoksen jätevesikustannukset eri lajeilla ja kasvatusmuodoilla, ja millä tavoin laitos kokonaisuutena toimii.

6.2 Markkinanäkymät ja hinnat

Viimeisten 10 - 15 vuoden aikana vesiviljely Euroopassa on kasvanut huomasti. Ensisijaisesti kirjolohen ja karpin makeavesiviljelystä on ala kehittynyt kirjolohen ja lohen merikasvatukseen Pohjois-Euroopassa. Lisäksi ovat kehittyneet sinisimpukan ja osterin kasvatusta sekä uudet tuotantomuodot pumppulaitoksissa, jätelämpölaitoksissa ja uudelleenkierrätyslaitoksissa kasvattamalla sellaisia lajeja kuin:

- kirjolohi
- ankerias
- piikkikampela
- meriantura (*Solea solea*)
- meriahven (*Dicentrarchus labrax*)
- kultaotsa-ahven (*Sparus auratus*)
- hummeri
- rapu
- katkarapu

Selvitämme joidenkin jätelämpökasvatuksessa ajankohtaisten lajien markkinatilannetta.

Norja ja Iso-Britannia kasvattavat nykyään arvoltaan suurimman osan lohesta. Yli 95 % lohesta viedään noin 20 eri maahan. Kasvatusta on kokonaan suuntautunut herkkumarkkinoille korkeine hintoineen ja suurine hintajoustavuuksineen. Ratkaisevana ovat siksi olleet laadun, säännöllisyyden ja ylellisyyden vaatimukset.

Norjassa kavatetaan 20 - 30 000 tonnia lohta vuodessa ja määrän odotetaan nousevaan 80 000 tonniin vuoteen 1990 mennessä. Vertailuna maailman tämän alan johtavat maat, USA ja Kanada, kalastavat vähän yli 300 000 tonnia Tyynen meren lohta vuosittain (josta 40 000 tonnia viedään Eurooppaan) kun lohisaalis Euroopassa on vain noin 7 000 tonnia.

Norjalaisten kalankasvattajien lohesta saaman hinnan kehitys esitetään taulukossa 6.2 (minimihinta). On epävarmaa miten hinta kehittyy, jos tuotanto lisääntyy niin voimakkaasti kuin odotetaan.

Kirjolohen ollessa kyseessä tulee erotella pieni ja iso kala. EC-markkinoilla pientä kirjolohta on hyvin vaikeaa myydä hyväksyttävään hintaan, sillä nämä maat kasvattavat itse tätä kalaa 80 000 tonnia/vuosi samalla, kun tullirajoitukset ovat huomattavat. Kasvattajan saama hinta on alle 20 Nkr/kg, joka on tehnyt tästä kannattavuudeltaan rajallisen tuotteen. Tanskalaiset kasvattavat makeavesilaitoksissaan noin 20 000 tonnia pientä kirjolohta vuosittain. Tämä vastaa kysyntää Pohjoismaisilla markkinoilla. Suurikokoista kirjolohta kasvattavat vain Skandinavian maat ja Iso-Britannia.

Taulukko 6.2. Taattu lohen minimihinta (Nkr/kg) toimitettuna lähimpään lähetyspaikkaan valmiiksi jäädytettynä ja pakattuna (hintaan sisältyy pakkaus ja kuljetuslaatikko) vuosina 1980 - 84. Hinnoista tulee vähentää Salgslagetin maksu, joka on 1.3 %. Todelliset hinnat ovat viime vuosina joinakin vuodenaikoina nousseet 12 Nkr yli minimihinnan, mutta ovat normaalisti 5 - 6 Nkr korkeammat.

| Kalan paino (kg) | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 |
|------------------|------|------|------|------|------|
| 0 - 1 | 23 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 |
| 1 - 2 | 27 | 26 | 26 | 26 | 26 |
| 2 - 3 | 32 | 28 | 28 | 27 | 30.5 |
| 3 - 4 | 36 | 29.5 | 29.5 | 31.5 | 34.0 |
| 4 - 5 | 40 | 32.5 | 32.5 | 34.5 | 37.0 |
| 5 - 6 | 41 | 33 | 33 | 36 | 38.5 |
| 6 - 7 | 45 | 36 | 36 | 38 | 40.5 |
| 7 - 8 | 49 | 39.5 | 39.5 | 40.4 | 42.0 |
| 8 - 9 | 50 | 44 | 44 | 44 | 43.5 |
| yli 9 | 54 | 48.5 | 48.5 | 48.5 | 48.5 |

Suurikokoisesta kirjolohesta on markkinamielessä tulossa houkutteleva ja turvallinen tuote, jolla on suuret markkinat. Kuluttaja yhdistää tämän kalan enemmän loheen kuin taimeneen ja sitä on helpompi savustaa ja graavata kuin pientä taimenta. EC-markkinoilla isolla kirjolohella on ennen ollut vaikeaa kilpailla Amerikasta tuotavan Tyynenmerenlohen kanssa. Viime vuosina nämä rajoitukset vaikuttavat poistuneen ja hintakehitys on ollut hyvä.

Taulukossa 6.3 on esitetty norjalaisten kasvattajien saama kirjolohen hinta (minimihinta) ja sen kehitys viime vuosina.

Taulukko 6.3. Taattu kirjolohen minimihinta (Norjassa) toimitettuna lähimpään lähetyspaikkaan valmiiksi jäädytettynä ja pakattuna (hintaan sisältyy pakkauskulut ja pakkaus) vuosilta 1979 - 1984. Hinnasta tulee vähentää Salgslagetin saama 1.3 % maksu. Todellinen hinta on viime vuosina eri vuodenaikoina ollut yli 7 Nkr annettuja hintoja korkeampi, mutta normaalisti se on 2 - 3 Nkr korkeampi.

| Kalan paino (kg) | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 - 1 kg | 13.91 | 14.70 | 14.08 | 14.47 | 15.15 | 18.25 |
| 1 - 2 | 16.16 | 16.39 | 16.20 | 16.72 | 18.99 | 21.50 |
| 2 - 2.5 | 17.26 | 18.69 | 17.97 | 18.17 | 20.90 | 22.50 |
| 2.5 - 3 | 18.54 | 20.62 | 18.38 | 10.74 | 24.06 | 23.25 |
| 3 - 4 | 22.9 | 23.44 | 20.49 | 23.86 | 27.55 | 26.75 |
| 4 - 5 | 24.50 | 25.22 | 21.48 | 25.01 | 27.88 | 27.50 |
| yli 5 | 25.21 | 27.45 | 21.94 | 25.01 | 28.23 | 28.25 |

Lohen ja kirjolohen istukaskalan hinta on esimerkki siitä, miten

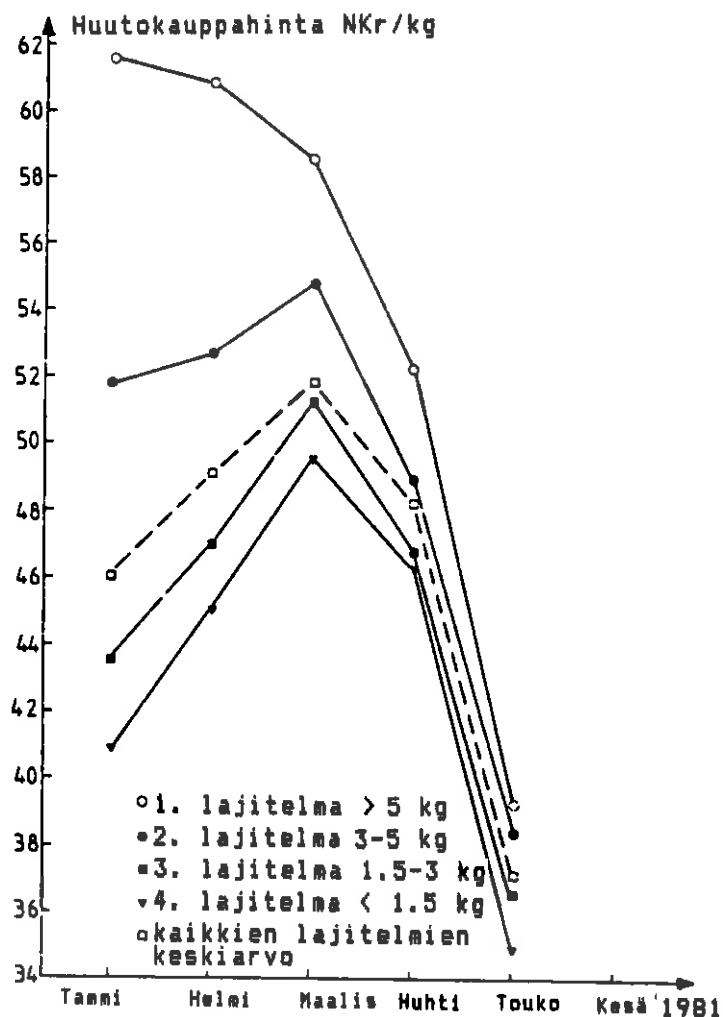
kysyntä markkinoilla vaikuttaa hintaan. Kun Norjassa joutuu maksaamaan 6 - 7 Nkr 75 g:n istutusvalmiista kirjolohesta, niin Tanskassa vastaavan kalan voi ostaa noin 1 kr:lla.

Samaten lohismoltin hinnat Norjassa ovat kohonneet yksittäisissä tapauksissa huimaan 20 - 30 Nkr kappalehintaan. Tämä johtuu pääasiassa ruokakalatuotannon suuresta lisäyksestä yhdistettynä istukaskalapuolen toimilupaohjailuun. Norjan viranomaiset ovat uudessa kasvatuslaissa, joka on hyväksyttävänä, ottaneet tämän huomioon ja tulevat lakkauttamaan toimilupajärjestelmän nykyisen muodon. Tämä tarkoittaa, että lähimmässä tulevaisuudessa rakennetaan lisää istukaslaitoksia ja luultavasti hinnat siten laskevat.

Piikkikampela on laji, jota useimmin mainitaan jätelämmön yhteydessä. Sitä kalastetaan Euroopassa vain noin 5 000 - 10 000 tonnia vuodessa. Piikkikampelan kausiluontoinen kalastus heijastuu huutokauppahintoihin, jotka kohoavat kevään syksyin sekä joulukuukausina. Hinnat ovat lisäksi hyvin riippuvaisia koosta.

Tanskassa kalastetaan noin 15 % Euroopan markkinoilla myytävästä piikkikampelasta ja kuvassa 6.1 esitetään tanskalaisissa huutokaupoissa saavutettuja hintoja.

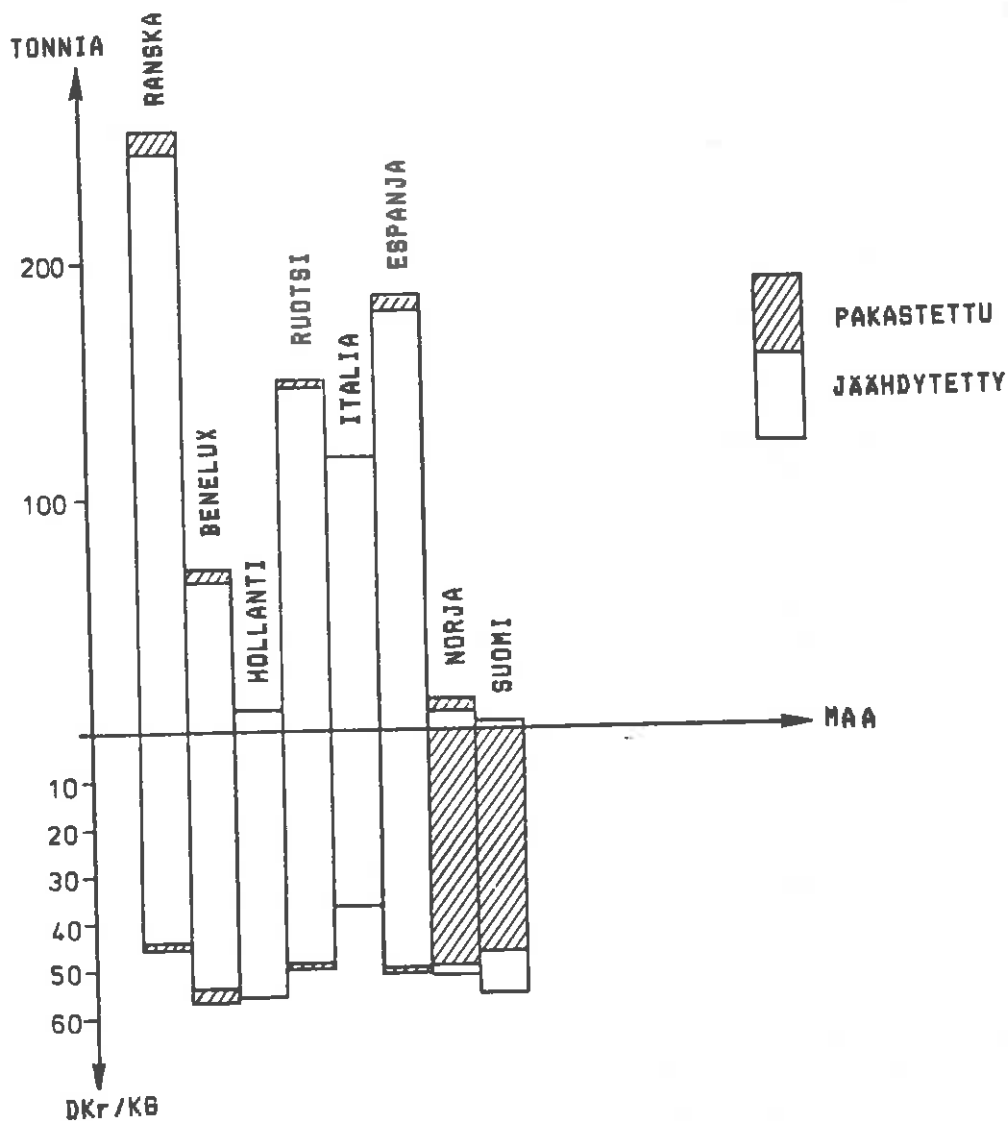
Kuva 6.1. Piikkikampelan huutokauppahinta Tanskassa (Olesen (1985)(1)).



Vain muutamissa maissa syödään piikkikampelaa. Kuva 6.2 esittää esimerkiksi ne maat joihin Tanska vie piikkikampelaa, miten suuri vienti on ja mitkä ovat keskivertohinnat.

On vaikeaa sanoa, miten piikkikampelan myyntimahdollisuudet muuttuvat, kun markkinoille tulee suuremmat määrät kasvatuskalaa. Tarjonnasta riippuvat hinnan suuret vaihtelut vuoden aikana viittaavat rajoitettuihin markkinoihin tänään, joten tulisi tehdä työtä uusien markkinoiden kehittämiseksi. On syytä olla myös selvillä suhteellisen korkeasta tullirajasta (15 % Norjalle), jonka EC määrää Pohjoismaille piikkikampelalle.

Kuva 6.2. Tanskan piikkikampelan vienti 1984 (Olesen (1985)(1)).



Pohjoismaissa on rakennettu tai rakennetaan noin 40 laitosta ankeriaankasvatusta varten, pääasiassa Tanskassa ja Ruotsissa. Nämä laitokset on ensi kädessä rakennettu jätelämmön yhteyteen ja tuotantokkyky on monta tuhatta tonnia vuodessa. Tekniikka perustuu

tuotujen lasiankerioiden kasvattamiseen 250 - 300 g:n painoisiksi noin yhdessä vuodessa ja näiden myymiseen Euroopan ja Japanin markkinoille. Japanissa ankeriaan tuotanto on noin 40 000 tonnia vuodessa, josta 90 % tulee kasvatuslaitoksilta. Euroopassa vuosituotanto on noin 14 000 tonnia, josta vain 5 % tulee kasvatuslaitoksilta. Suurimmat kasvatusmaat Euroopassa ovat Iso-Britannia, jossa laitokset perustuvat jätelämpöön (100 - 200 tonnia/vuosi), Italia, jossa kasvatus tapahtuu murtovesilaguuneissa (300 - 500 tonnia/vuosi) ja Puola (100 - 200 tonnia/vuosi). Tuotanto vaikuttaa olevan pienenemässä näissä maissa muiden suuremman tuoton antavien lajien eduksi.

Myyntimahdollisuudet katsotaan ruotsalaisten ja tanskalaisten ankeriaan kasvattajien keskuudessa hyväksi. Markkina-analyysien mukaan kokonaiskysyntä on arvioitu 30 000 tonniksi vuonna 1985 (kts. taulukko 6.4). Kalastuksen, joka on noin 14 000 tonnia, lisäksi tuotetaan vuosittain noin 1 000 tonnia Euroopassa olemassa olevilla laitoksilla sekä 6 000 tonnia tuodaan merientakaisista maista. Tyydyttämätöntä kysyntää oletetaan olevan tämän lisäksi noin 10 000 tonnia/vuosi.

Ankeriaan hinta riippuu suuresti jalostusasteesta, mutta on noin 40 Nkr/kg laitokselta saadusta käsittelemättömästä ankeriaasta.

Taulukko 6.4. Eurooppalaisen ankeriaan markkina-analyysi (1000 tonnia /vuosi) (Olesen 1985(1)).

| Vuosi | Tuotanto Euroopassa ja lähimaissa | Kysyntä Euroopassa | Tuonti | Tyydyttämätön kysyntä |
|-------|-----------------------------------|--------------------|------------|-----------------------|
| 1970 | 19.0 | 20.9 | 1.9 | 0 |
| 1971 | 19.0 | 22.2 | 3.2 | 0 |
| 1972 | 19.0 | 23.0 | 4.0 | 0 |
| 1973 | 17.0 | 21.5 | 4.5 | 0 |
| 1974 | 20.1 | 25.3 (*24.5) | 5.2 | 0 |
| 1975 | 16.6 | *25.0 | | |
| 1976 | 15.5 | *25.5 | 5.0 - 6.0 | 4.0 - 7.0 |
| 1977 | 14.1 | *26.0 | vuosittain | vuosittain |
| 1978 | 15.0 | *26.5 | | |
| 1979 | n. 15.2 | *27.0 | 6.0 | 5.8 |
| 1980 | 18.0 (\hat{c} 13.0) | 27.5 | maks. 7.4 | 7.1 |
| 1985 | 18.0 (\hat{c} 13.0) | 30.0 | n. 7.4 | 9.6 |

*Graafinen arvio
 \hat{c} uusi arvio

Euroopassa myydään noin 20 - 30 000 tonnia merianturaa (kielikampela) vuodessa ja pienikokoisen kalan hinta on korkein. Taulukossa 6.5 on esitetty anturan cif-hinta Oslossa.

Merianturan kasvatustekniikan kehitys ei kuitenkaan ole yhtä pitkällä kuin piikkikampelan. Ruokakalojen hidas kasvu on pääongelma. Poikasten hinta on hiukan korkeampi kuin piikkikampelan, eli 7 Nkr/kpl. Poikasten kasvatus vaatii lämmitettyä vettä.

Taulukko 6.5. Merianturan (kielikampelan) cif-hinta Oslossa (1984) (Steinsbø(1984) (8)).

| Koko | Nkr/kg |
|------------|---------|
| 300 - 500 | 50 - 60 |
| 500 - 800 | 40 - 50 |
| 800 - 1200 | 40 - 50 |

Hummerin suuret markkinat Euroopassa tyydytetään Kanadasta ja USA:sta tuotavalla pakastetulla hummerilla, mutta sitä lennätetään myös elävänä Atlantin yli, erityisesti jouluksi. Amerikkalaisen pakastetun hummerin hinta on noin 1/3 norjalaisen elävän hummerin hinnasta ja amerikkalaisen elävän hummerin hinta noin 50 - 70 % norjalaisen hinnasta.

Taulukossa 6.6 on esitetty hummerin hintatilanne Oslossa. Noin 70 % kalastetusta hummerista menee vientiin.

Taulukko 6.6. Hummerin hintataso Oslossa (1984) (Steinsbø (1984) (8)).

| Lajittelu/koko g | Laatikkohinta Nkr/kg |
|---------------------|-------------------------|
| Pienet | < 400 80 |
| Keskikokoiset | 400 - 800 80 |
| Suuret | 800 - 1000 80 |
| Erittäin suuret | 1000 - 2000 60 |
| Jättikokoiset | > 2000 38 |

EC:ssä useimmat Pohjoismaat kohtaavat tullirajoituksia (esim. Norja 8.8 % elävästä hummerista)

Hummeri on pohjaeläin, joka ei ole kovin vaativa ruoan suhteen ja korkeasta kilohinnasta johtuen hummerista voi tulla kasvatuksen mielenkiintoisimpia kohteita tulevaisuudessa. Intensiivinen kasvatus myyntikokoon ei kuitenkaan vaikuta taloudellisesti houkuttelevalta ja ensisijaisesti poikasten kasvatus istutusta varten on lupaavaa. Poikasten tuotannon tulee tapahtua lämmitetyssä vedessä.

Ravusta, samaten kuin hummerista, voidaan saada korkeita hintoja. Ruotsiin tuotiin vuonna 1982 2 730 tonnia rapuja, joiden tuonti-arvo oli 53 milj. kr. Matala hinta (noin 20 kr/kg) johtunee tuotujen rapujen pienestä koosta. Suuresta ravusta voidaan saada yli 100 kruunun kilohinta. Korkean hintaluokan rapujen markkinoiden koko on kuitenkin Pohjoismaissa ja muualla Euroopassa epäselvä. Tässä tapauksessa, kuten hummerin ollessa kyseessä, tuskin on taloudellisesti kannattavaa kasvattaa ravut täyteen myyntikokoon, vaan tulisi panostaa poikastuotantoon istutusta varten luontoon tai ekstensiiviseen viljelyyn.

6.3. Kasvatusteknologia ja kustannukset

Teollisuuden jätelämpöä voidaan hyödyntää istukaskalan tai ruokakalan tuotannossa. Jotta ruokakalan kasvatusta jätelämmön yhteydessä voidaan harjoittaa järkevästi, on hyödyllistä käyttää jatkuvasti tuottavia järjestelmiä, joilla kalantiheys laitoksessa on sama vuoden ympäri ja joilla on vähintään neljä poikasstarttia yhtä ruokakalasukupolvea kohti. Tämä on vastakohta tämän päivän laitokselle, jolla usein on yksi tai kaksi poikasstarttia vuodessa, vaihteleva kalantiheys laitoksessa vuoden aikana ja kausittainen teurastus.

Taulukossa 6.7 on esitetty arvio Pohjoismaissa, suljetussa laitoksessa jätelämmön yhteydessä tapahtuvasta poikastuotannon ja ruokakalatuotannon teknologisesta tilasta. Arvio on otettava viitteellisenä, koska tilanne kehitty nopeasti.

Taulukko 6.7. Jätelämmön yhteydessä, suljetuissa laitoksissa tapahtuvan poikas- ja ruokakalatuotannon teknillinen tila Pohjoismaissa (taloudellisia arvioita ei ole taulukossa tehty).

| tuotanto (poikassukupolvea/ ruokakalasukupolvi) | Poikastuotantolaitos | | Ruokakalalaitos |
|---|----------------------|--------|-----------------|
| | 1 tai 2 | väh. 4 | |
| Lohi | xxx | x | xx |
| Kirjolohi | xxx | xxx | xxx |
| Piikkikampela | xx | xx | xx |
| Ruijanpallas | 0 | 0 | x |
| Ankerias | 0 | 0 | xxx |
| Katkarapu | xx | xx | xx |
| Tilapia | xxx | xxx | xxx |
| Hummeri | xxx | 0 | xxx |
| Rapu | xx | 0 | x |

- O Tämän päivän tiedoin mahdoton
 X Tietoa on laboratoriomittakaavan laitosta varten
 XX Tietoa on teknisen mittakaavan pilottikoelaitosta varten
 XXX Tietoa on toimivaa suuren mittakaavan laitosta varten (ei välttämättä taloudellisesti kannattava)

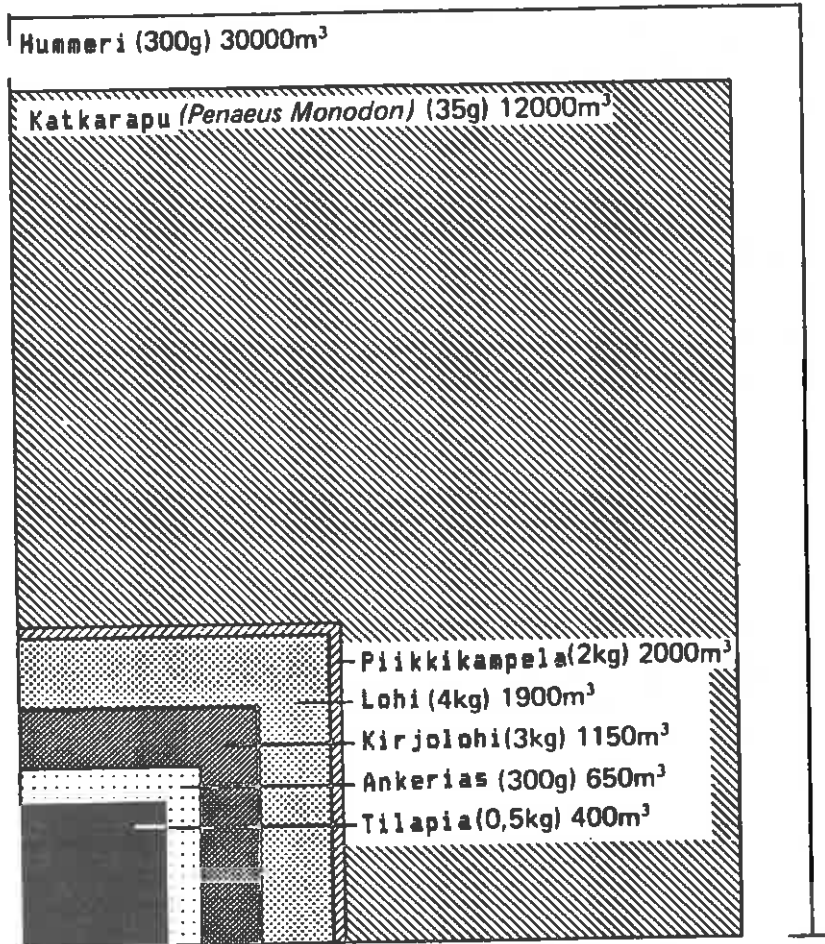
Jätelämmön yhteydessä tuotettavien poikasten menekkin tulee ehdottomasti olla turvattu. Tänään on siten syytä rakentaa ainoastaan lohen ja kirjolohen (ja mahdollisesti osterin) poikastuotantolaitoksia. Tällaisten poikastuotantolaitosten teknologia on hyvin tunnettu, joten me emme syvenny siihen tässä yhteydessä.

Jätelämmön yhteydessä toimivan ruokakalalaitoksen poikashankinnan tulee olla turvattu, usein vähintään neljä kertaa ruokakalasukupolvea kohti. Tämän päivän poikashankintatilanne ja teknologiset poikastuotannon mahdollisuudet muodostavat tärkeimpiä esteitä laitoksien rakentamiselle jätelämmön yhteyteen. Tämä perusteella teemme alustavan pääpiirteisen analyysin ruokakalalaitoksen ra-

kentamisestä edellyttäen, että niille voidaan hankkia poikasia tämän päivän markkinahinnoin ja sopivin väliajoin järkevää tuotantoa varten.

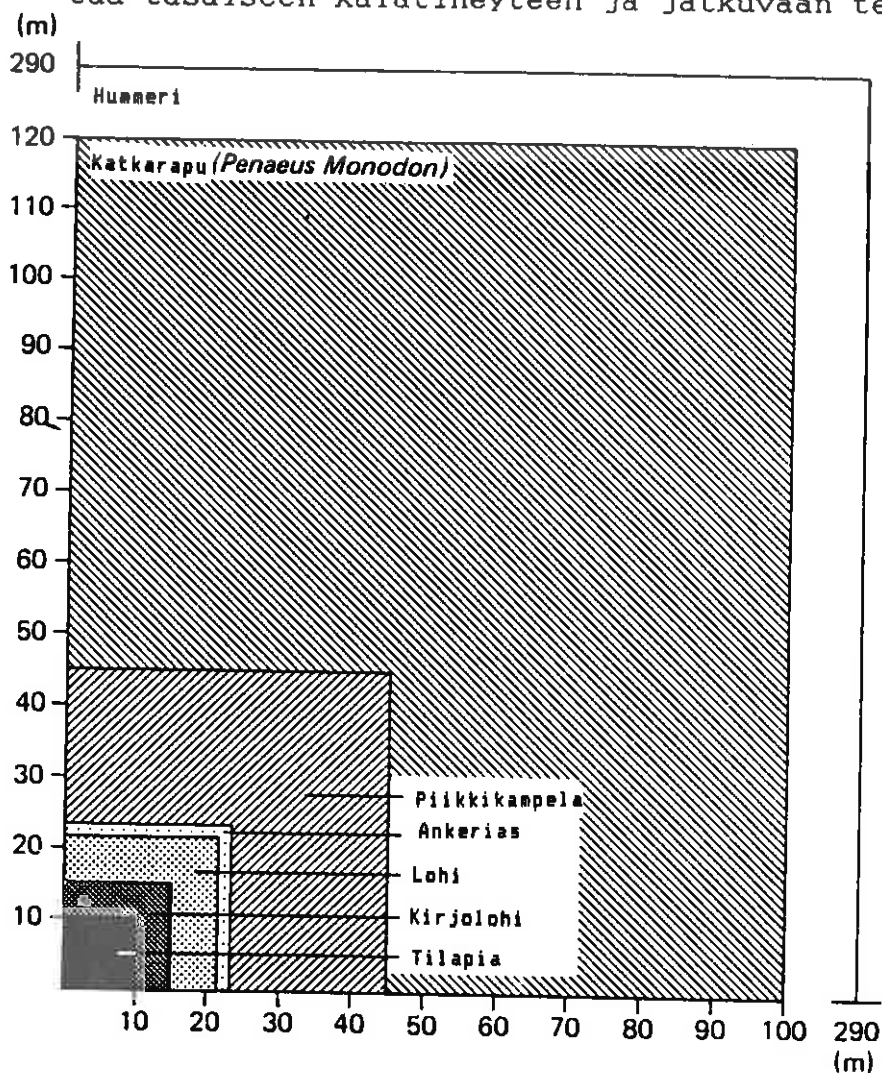
Kuvat 6.3 ja 6.4 esittävät 100 tonnia/vuosi tuottavan ruokakalalaitoksen eräiden lajien arvioidut allastilavuustarpeet ja allaspinta-alat.

Kuva 6.3. 100 tonnin vuosituotannon allastilavuustarpeet. Perustuu tasaiseen kalatiheyteen ja jatkuvaan teurastukseen.



Taulukko 6.8 esittää muutamia perustietoja sekä kasvatettujen eri lajien oletettuja myyntihintoja ja yhdistettyjä käyttökustannuksia maalla sijaitsevassa ruokakalalaitoksessa.

Kuva 6.4. 100 tonnin vuosituotannon allaspinta-alatarpeet. Perustuu tasaiseen kalatiheyteen ja jatkuvaan teurastukseen.

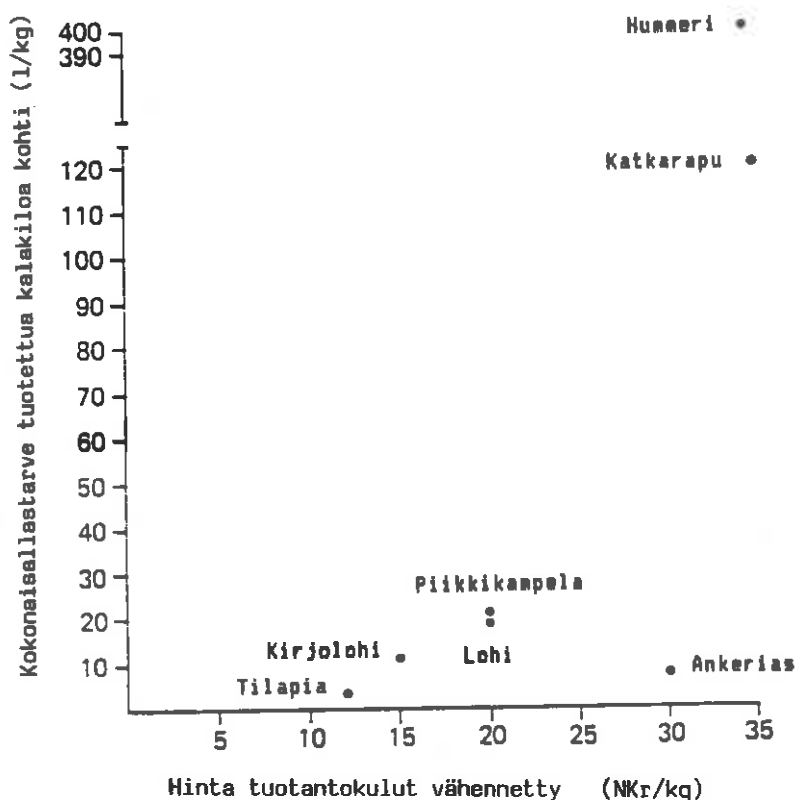


Taulukko 6.8. Maalla sijaitsevan ruokakalalaitoksen erät perustiedot, oletetut myyntihinnat ja yhdistetyt käyttökustannukset.

| | Keskim. tiheys kg/m ³ | Tuot. koko | A laitoksen myyntih. | B yhd. käyttökust. | A - B NKr/kg |
|---------------|--|---------------|----------------------------|--------------------------|-----------------|
| Taimen | 40 | 3 kg | 27 | 12 | 15 |
| Lohi | 30 | 4 kg | 35 | 15 | 20 |
| Piikkikampela | 40 | 2 kg | 35 | 15 | 20 |
| Ankerias | 65 | 300 g | 45 | 15 | 30 |
| Tilapia | 50 | 500 g | 20 | 12 | 8 |
| Katkarapu | 1 | 35 g | 60 | 25 | 35 |
| Hummeri | 1 | 300 g | 84 | 50 | 34 |

Kuvassa 6.5 on esitetty allastarve hinnan funktiona, käyttökustannukset vähennettynä. Käy ilmi, että hummeri ja katkarapu vaativat suhteettoman tilavuuden suhteessa hintaan. Katkarapu lisäksi ei kestä lämminvesipäästöjä talviaikaan. Nämä lajit ovat siten jätetty laajempien arvioiden ulkopuolelle.

Kuva 6.5. Allastilavuuden kokonaistarve hinnan funktiona, käyttökustannukset vähennettynä.



Uoma-altaat ("race-way") edustaa maalle perustetun ruokakalaitoksen järkevimpiä vaihtoehtoja. NIVA:lla on työn alla ajankohtaisten lajien tämän päivän uoma-allasmallien edelleen kehitys. Taulukossa 6.9 on esitetty investointianalyysin tulokset kirjjolohesta, lohesta, piikkikampelasta ja tilapiasta perustuen näihin edelleen kehitettyihin malleihin. Lisäksi on vielä kustannustietoihin perustuen lisätty sisälle rakennettu ankeriaslaitos, jossa on pieniä muovialtaita kahdessa kerroksessa. On huomattava, että laskelmat eivät perustu yksityiskohtaisiin suunnitelmiin ja että summittaisia yksikköhintoja ja mahdollisia pyöreitä lukuja on käytetty.

Kuvassa 6.6 on esitetty investointikulut tuotettua kalakiloa kohti vuodessa kalan hinnan funktiona käyttökulut vähennettynä. Kuten kuvasta näkyy, suhde eri lajien investointien ja myyntihinnan välillä on melko sama koskien investointia (Nkr/kg·vuosi)/-myyntihinta vähennettynä käyttökuluilla eli n. 1.5 Nkr/kg.

500 tonnia tuottavan piikkikampelalaitoksen rahavirta-analyysin perustaksi on tehty lähempi kustannuserittely taulukossa 4. Käyt-

tökustannukset perustuvat täystuotantoon laitoksessa. Poikaskulut muodostuvat tuottajalta ostetuista 5 g:n poikasista, jotka maksavat 7 Nkr/kpl. Rehukulut muodostuvat käytetyistä 4 kg:n laati-koista villakuoretta ä 1.60 Nkr/kg tuotettua piikkikampelakiloa kohti.

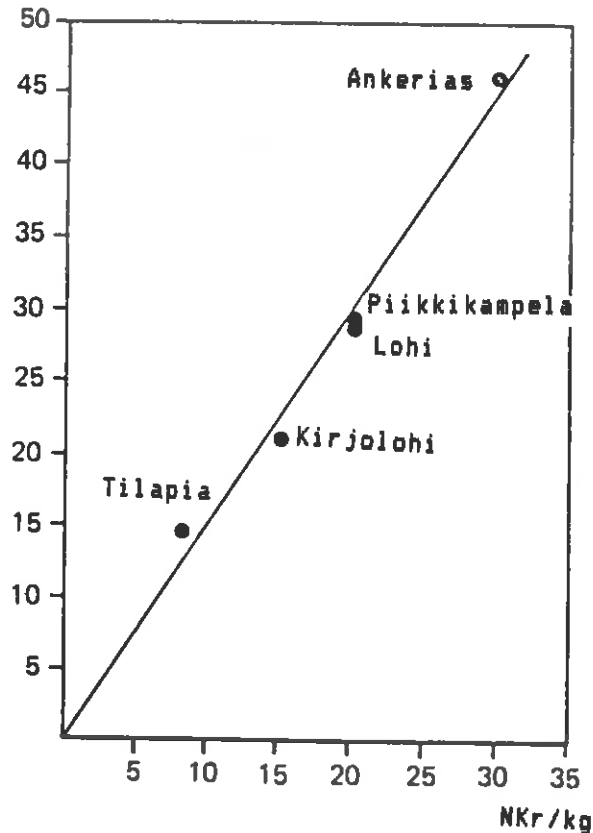
Taulukko 6.9. 500 tonnia/vuosi tuottavan ruokakalalaitoksen investointikustannukset.

| | Kirjo- lohi | Lohi | Piikki- kampela | Tilapia | Ankerias |
|----------------------------|----------------|------|--------------------|---------|----------|
| Altaat | 1800 | 3000 | 3000 | 1000 | 3300 |
| Rakennukset | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 | 5500 |
| Laitos/Tilapäisjärjestelyt | 600 | 850 | 850 | 450 | 1800 |
| Mekaaninen varustus | 1650 | 2150 | 2350 | 1350 | 4200 |
| Sähkö | 800 | 800 | 800 | 800 | 1200 |
| Sunnittelu ja rakentaminen | 900 | 1200 | 1200 | 700 | 2400 |
| Odottamattomat menot | 1400 | 1900 | 1900 | 1200 | 3700 |
| Tontti ja tie | 150 | 150 | 300 | 150 | 150 |
| Kasvatusvesisysteemi | 2000 | 3000 | 3000 | 500 | 500 |

Kuva 6.6. Ankeriaan, piikkikampelan, lohen, kirjolohen ja tilapian investointikulut suhteessa myyntihintaan, josta on vähennetty käyttökulut.

Investointi

NKr/kg-vuosi



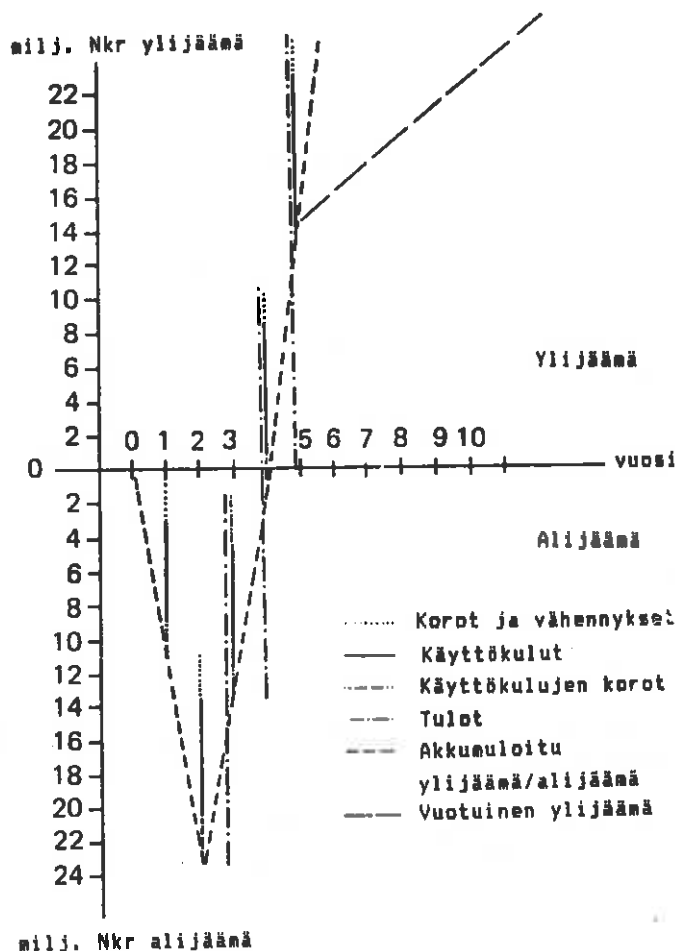
Myyntihinta, käyttökulut vähennetty

Taulukko 6.10. 500 tonnia vuodessa tuottavan piikkikampelalaitok-
sen investointi- ja käyttökustannukset.

| INVESTOINNIT | 15 000 |
|--------------------|--------------|
| Käyttökustannukset | |
| - palkkakulut | 1 750 |
| - sähkö | 160 |
| - huolto/korjaus | 140 |
| - vakuutus | 250 |
| - poikaset | 1 350 |
| - rehu | <u>3 050</u> |
| Yhteensä | 6 700 |

Kuvassa 6.7 on esitetty 500 tonnia tuottavan piikkikampelalaitok-
sen yksinkertaistettu rahavirta-analyysi. Yksinkertaisuuden vuok-
si oletetaan että koko 15 milj. investointimääräraha lainataan.
Lyhennysaika on 15 vuotta ja korko 12 %. Hinnannousun on oletet-
tu olevan 8 %/vuosi. Myyntitulo perustuu 35 kr:n kilohintaan ja
sen lasketaan nousevan 8 % vuodessa. Käyttöluoton korko on 14 %
ja se maksetaan mahdollisimman nopeasti takaisin.

Kuva 6.7. 500 tonnia tuottavan piikkikampelalaitoksen yksinker-
taistettu rahavirta-analyysi.



Kuten kuvasta ilmenee, muodostuu huomattava kerääntyvä alijäämä ensimmäisten vuosien aikana ja laitos saavuttaa nollatuloksen vasta neljän vuoden kuluttua. Tämän jälkeen ylijäämä on suhteellisen suuri. Kuten myös käy ilmi, käyttötulos on hyvin riippuvainen tuotteen myyntihinnasta ja käyttökuluista. Käyttötulos taas ei ole kovin riippuvainen investointikustannusten vaihteluista.

Kirjolohi-, tilapia- ja ankeriaslaitoksen käyttöalijäämä muodostuu pienemmäksi ja nollatuloksen saavuttaminen käy nopeammin. Tämä johtuu lyhyemmästä kasvuajasta ennen kalan myyntiä

7. KIRJALLISUUS

1. Nordisk Ministerråd (1985): "Akvaindustri". Samlig av foredrag fra Nordisk Ministerråds seminar i Oslo vedrørendeutnyttelse va spillvarme til akvakulturformål, 19. og 20. februar 1985.
2. Ingebrigtsen, O. (1982): "Akvakultur; Oppdrett av laksefisk". NKS-forlaget.
3. Damhaug, T., Maroni, K (1985): "Utredning av produksjonspris for 1-årig smolt baserat på spillvarmeutnyttelse som alternativ til energianlegg". NIVA 0-8523. Fortrolig notatrapport.
4. Kittelsen (1981): "Bruk av temperert vann i fiskeoppdrett". Vann nr. 16 (2).
5. Boge, (1983): "Foreløpige erfaringer med "1/2 års smolt"". Norsk fiskeoppdrett nr. 9, 1983.
6. Frivik, P.E. (1981). "Varmepumpeanlegg i energisystemet". Seminar om Elektrisk energi i damp og sentralvarmesystemer - elektrokjeler og varmpumper. Geilo 1981.
7. Sjøli, R. (1985): "Bruk av varmpumpe/varmeveksler i settefiskanlegg". Norsk Kjøleteknisk årsmøte. Trondheim 1985.
8. Steinsbø, O. (1984): "Markedsvurdering". Kapittel i: Fiskeoppdrett på Kårstø. Utredning om mulighetene for å etablere fiskeoppdrettsanlegg som behytter spillvarme fra gassterminalen på Kårstø. Fiskeridepartementet og Olje- og Energidepartementet (NIVA OF-8460206).

8. BIBLIOGRAFIA, YHTEYSHENKILÖIDEN NIMET JA OSOITTEET POHJOISMAISSA

Suositteluvia vesiviljelyä käsitteleviä kirjoja.

1. Wheaton, F.W. (1972): "Aquacultural Engineering". Wiley - Interscience publication, New York.
2. McVey, J.P (1983): "Handbook of Mariculture". Vol I, Crustacean Aquaculture CRC Press, Inc. 2000 Corporate Bluc, N.W. Boca

Ration, Florida, 33431.

3. Muir, J.F. (1982): "Recent advances in Aquaculture". Croom Helm, London & Canberra Ltd, 2 - 10. St. John's Road, London, SW 11.

4. Tiews, K. (1981): "Aquaculture in Heated Effluents and Recirculation Systems". Volume I and II. Proceedings of a EIFAC and ICES World symposium in Stavanger, May 28 - 30, 1980.

Pohjoismaisten ministeriöiden yhteyshenkilöt ja heidän osoitteensa sekä seminaarin eri esitelmänpitäjät:

Heikki Kotila,
Energiaosasto, Kauppa, ja teollisuusministeriö
Pohj. Makasiinikatu 6
00130 Helsinki, Suomi

Jon Ingimarsson
Energistýrælsen
Grenseavegur 9
Reykjavik, Island

Christian Mosgaard
Energistýrælsen
Landmaerket 11
1119 København K, Danmark

Arne Eriksson
Statens Energiverk
11787 Stockholm, Sverige

Jan Argaboda
Energiráðet
Svabosgøta 25
3800 Torshavn, Faerøylene

Dag R. Christensen
Olje- og Energidepartementet
Postboks 8148 Dep.
0033 Oslo 1, Norge

Brochmann, Bjørn S.
Fiskeridepartementet
Postboks 8118, Dep
0032 Oslo 1, Norge

Esitelmöitsijät:

Christiansen, Yngvar
Fjeldhammer Brug
Postboks 555
1472 Fjellhamar

Reinert, Andrias
P7F Fiksaaling
Fiskeirannsóknarstovan
Debesartröd
3800 Torshavn

Dahl-Madsen K.I.
 Dansk akvakultur institutt
 Agern allé 11
 DK 2970 Hørsholm

Hannervall, Lars
 Statens Vattenfallsverk
 162 87 Vällingby
 Sverige

Haugan, Bjørn-Erik
 Ikovations AS
 Aslakvn. 14
 0710 Oslo 7

Karlsson, Stellan
 Simontorp
 Aquaculture Ab
 X-27035 Bentarp, Sverige

Kittelsen, Arne
 Institutt for akvakultur-
 forskning
 6600 Sunndalsøra

Krohn-Hansen, Wollert
 Norske Fiskeoppdretteres
 forening
 Postboks 851
 7001 Trondheim

Munkejord, Svein
 Fiskeridepartementet
 Drammensvn. 20 c
 0032 Oslo 1

Olesen, Jens Ole
 Dansk Akvakultur institutt
 Agern Allé 11
 DK 29

Schou Cristiansen, Mogens
 Fiskeriministeriet
 Stormgade 2
 1470 København K

Sigurdsson, Jon
 Icelandic Alloys Ltd.
 Grundartangi
 301 Akranes, Island

Sjøli, Rune
 Institutt for kuldeteknikk
 7034 Trondheim NTH

Sjekkeland, Alf
 Øye Smelteverk
 4484 Øyestranda

Solberg, Svein O.
 Fiskeriministeriet
 Brons 6780 Skaerbaek
 Danmark

Swensen, Just
 Norsk Hydro A/S
 Bygdøy Allé
 0257 Oslo 2

Westman, Kai
 Riista- ja kalatalouden tutkimusl.
 PL 202
 00151 Helsinki

Øyestad, Victor
 Havsforskningsinstituttet
 5011 Nordnes Bergen

RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS, KALANTUTKIMUSOSASTO

MONISTETTUJA JULKAISUJA

- No 69. HEIKINHEIMO-SCHMID, O. ja HUUSKO, A.: Kemijärven kalatalouden nykytila ja ehdotukset kalakantojen hoitotoimenpiteiksi. Helsinki 1987. 212 s.
- No 70. AHLFORS, P., KUMMU, P. ja WESTMAN, K.: Karppi Suomessa — Katsaus viljely- ja istutustoimintaan 1951—1981. s. 1—22.
AHONEN, M.: Kalkituksen, lannoituksen ja istutustiheyden vaikutukset Inarin luonnonravintolammikoiden siianpoikastuot-
toon vuosina 1976—1983. s. 23—45.
KALLIO-NYBERG, I. ja PRUUKI, V.: Tornionjoen lohikannan kutunousu ja monimuotoisuus. s. 47—74.
SARJAMO, H.: Jerisjärven kalastus ja siikakannat vuosina 1978—1982. s. 75—104. Helsinki 1987.
- No 71. HONKASALO, L. ja JOKIKOKKO, E.: Uittoperkaukset ja perattujen jokien kunnostus kalatalouden kannalta. s. 1—45.
JUTILA, E.: Lohenpoikastuotannon ja kalansaaliiden kehitys Simojoessa koskien kunnostuksen jälkeen vuosina 1982—1985.
s. 47—96.
KÄNNÖ, S.: Kalakannan kehitys Rönkäjärven maalaiskunnan Kuohunkijoen koskien kunnostuksen jälkeen. s. 97—132.
JOKIKOKKO, E.: Taimenmäärät Suomussalmen Piipa- ja Mustajoen kunnostetuissa koskissa vuosina 1978—1985. s. 133—166.
JUTILA, E.: Taimenen poikastuotanto, kalastus ja saaliit Mäntyharjun reitin Puuskankoskessa kunnostuksen jälkeen vuosina
1978—1985. s. 167—206.
PURSAINEN, M., KUITTINEN, E., KANNEL, R. ja LOUHIMO, J.: Rapukannan kotiuttaminen kunnostettuun Tiilikanjo-
keen. s. 207—234. Helsinki 1987.
- No 72. AHVONEN, A.: Vaskiveden ja Toisveden kalakanta-arviot sekä suositus kalastuksen järjestämiseksi. Helsinki 1987. 54 s.
- No 73. Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella vuosina 1978—1984 tehtyjä tutkimuksia. Helsinki 1987. 275 s.
- No 74. NATIONAL CONTRIBUTIONS ON SUSPENDED SOLIDS FROM LAND-BASED FISH FARMS: Papers presented at the
first session on the EIFAC Working Party on Fish Farm Effluents. The Hague, Netherlands, 22—30 May and 1 June 1987. Edited
by M. Pursiainen. Helsinki 1988. 93 pp.
- No 75. VALKEAJÄRVI, P., BAGGE, P., ERONEN, T., HAKKARI, L., KÄRKKÄINEN, P. ja MÄKINEN, T.: Rautalammin reitin
koskien kalastusta ja erityisesti taimenen poikastuotannosta vuosina 1978—1984. (On the fish stocks of the rapids in the
Rautalampi watercourse, especially the densities of brown trout juveniles, in 1978—1984.) s. 1—22.
ROMAKKANIEMI, A. ja PRUUKI, V.: Könkämäen taimenkantojen tila ja hoitomahdollisuudet. (The status of the brown
trout stocks of the Könkämäeno River, northern Finland, and proposals for management.) s. 23—64. Helsinki 1988.
- No 76. KOLARI, I.: Etelä-Saimaalle istutettujen merkittyjen järviheimien istutustulokset. (Results of stocking with brown trout
(Salmo trutta m. lacustris L.) in the southern part of Lake Saimaa according to tag returns). Helsinki 1988. 69 s.
- No 77. Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1988. (Programme for the
Fisheries Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1988). Helsinki 1988. 135 s.
- No 78. HONKASALO, L. ja MANKKI, J.: Virkistys- ja kotitarvekalastus Kokemäenjoen vesistössä Nokian alapuolella vuonna 1984.
(Recreational and subsistence fisheries in the River Kokemäenjoki and in Lakes Kulovesi and Rautavesi in 1984). Helsinki 1988.
123 s.
- No 79. BÖHLING, P.: Ahvenen (Perca fluviatilis L.) kasvu ja kasvuun vaikuttavat tekijät Suomen rannikkoalueella. (The growth of
perch (Perca fluviatilis L.) and the factors affecting it in Finnish coastal waters). Helsinki 1988. 96 s.
- No 80. MUTENIA, A. ja VIHHERVUORI, A.: Ammattikalastuksen kannattavuuden kehitys Inarijärvellä vuosina 1976—1985. (The
profitability of the professional fishery in Lake Inari in 1976—1985). s. 1—30.
PALOMÄKI, R.: Selvitys kalojen ravintoeläinten siirtoistutuksista Inarijärveen. (Transplantation of fish prey animals to Lake
Inari). s. 31—79. Helsinki 1988.
- No 81. TOLONEN, J.: Ankeriaan ikä, sukupuolijakaumat ja kasvu eräissä eteläsuomalaisissa järvissä. (Age, sex ratio and growth of
the eel (Anguilla anguilla L.) in some lakes in southern Finland). Helsinki 1988. 106 s.
- No 82. Järvikalastussymposiumi, 5.—6.11.1987 Kerimäki. (Symposium on Lake Fishery, 5.—6.11.1987, Kerimäki). Toim. (ed.) A.
Lappalainen ja T. Paananen. Helsinki 1988. 89 s.
- No 83. HONKASALO, L. ja PENNANEN, J.T.: Kalatalouden ja vesistön käytön kehitys Kokemäenjoen vesistössä Nokian
alapuolella. (The development of fisheries and other ways of making use of the Kokemäenjoki watercourse downstreams of the
town of Nokia). Helsinki 1988. 104 s.
- No 84. TUUNAINEN, P., VUORINEN, P., RASK, M., JÄRVENPÄÄ, T. ja VUORINEN, M.: Happaman laskeuman vaikutukset
kaloihin. Raportti vuodelta 1987. English summary: Effects of acidic deposition on fish, Report 1987. Helsinki 1988. 103 s.

SISÄLTÖ — CONTENTS

| | |
|--|-------|
| VIRTANEN, E., ESKELINEN, U., WESTMAN, K., HUHTINEN, M., SÖ- DERHOLM-TANA, L. ja MÄKINEN, T.: Jätelämmön hyväksikäyttö kalan- viljelyssä. (Utilization of heated effluents in fish culture) | 1—28 |
| POHJOISMAINEN MINISTERINEUVOSTO: Katsaus jätelämmön käytöstä vesiviljelyssä. (Survey of the utilization of heated effluents in aquaculture) | 29—80 |