

## Inngangur

Fiskeldisiðnaðurinn á Norðurlöndum framleiðir fisk, aðallega til neyslu, en einnig til þess að honum verði sleppt í ár, stöðuvötn eða sjó. Samtals eru framleiddar u.þ.b. 12 tegundir mismunandi sjávar- og ferskvatnsfiska. Framleiðsla þessara tegunda er verulegur hluti af árlegri framleiðslu í fiskeldi í Evrópu. Áhrif fiskeldis á umhverfið einkennist af mikilli orkunotkun til upphitunar og dælingar, mikilli vatnsnotkun og losun lífrænna efna og næringarefnanna fosfórs og köfnunarefnis.

Markmiðið með þessu hefti er að mæla með bestu fíanlegri tækni (BAT) sem dregur úr vatns- og orkunotkun, álagi af völdum fódurs og saurs og notkun lyfja og kemískra efna í fiskeldisstöðvum í sjó og á landi.

Hér er besta fíanleg tækni skilgreind sem tækni sem hefur verið prófuð í nútímafiskeldi og dregur úr losun mengunarefna og notkun auðlinda og stuðlar heilbrigði og velferð fisksins. Jafnframt er það forsenda að unnt sé að beita tækninni með tilliti til rekstrarlegra og fjárhagslegra aðstæðna.

Upplýsingum hefur verið safnað frá völdum fiskeldisstöðvum á landi og í sjó. Upplýsingum hefur einnig verið safnað hjá umhverfisverndarstofnunum og seljendum tæknibúnaðar.

Viðkomandi tækni er felld inn í viðmiðunarkerfi eða henni beitt til almennra aðgerða í fiskeldinu. Fjárfestingarkostnaður er mismunandi á Norðurlöndum og því ber aðeins að nota uppgefið verð til viðmiðunar.

Heftið inniheldur útdrátt úr skýrslunni Beste tilgjengelige teknikker (BAT) for fiskeoppdrett i Norden (Besta fíanleg tækni við fiskeldi á Norðurlöndum (BAT), Kaupmannahöfn, Norræna ráðherranefndin, TemaNord 2005).

## Umhverfisáhrif fiskeldisstöðva á landi

Fiskeldisstöðvar á landi á Norðurlöndum eru allt frá því að vera litlar jarðtjarnir, þar sem framleidd eru seiði sem á að sleppa til að styrkja villta stofna, til stórra landstöðva til framleiðslu matfisks. Tegundir fiska sem notaðar eru til matfiskframleiðslu eru Atlantshafslax, regnbogasilungur, bleikja, sjóurriði, vatnaurriði, tjarnasíld, áll, gedda, þorskur, lúða, sandhverfa, smásteinbítur og sjávarvartari.

Seiðastöðvar, þar sem losað er í ferskvatn, framleiddu 79 milljónir seiða en matfiskstöðvar, þar sem losað er í ferskvatn, framleiddu 38.500 tonn af 7 tegundum (2000-2001).

Meðal stöðva, sem losa í ferskvatn, eru klakstöðvar á landi, sem framleiddu 183 milljón seiða en matfiskstöðvarnar framleiddu samtals 3.094 tonn af 5 fisktegundum (2000-2001).

Stöðvar, sem losa í ferskvatn, eru klakstöðvar á landi og seiðastöðvar, kvíaeldi í ferskvatni, eldi í jarðtjörnum og áframeldisstöðvar á landi. Eldi í jarðtjörnum er algengast og gefur mesta magnið. Stöðvar á landi, sem losa í sjó, eru einkum klakstöðvar og seiðastöðvar með lax og regnbogasílung.

Í klak- og áframeldisstöðvum á landi eru eftirfarandi framleiðslustig: stofn klakfiska, hrognataka úr klakfiski/náttúrlegt hrognagot í ker, klak hrogna, frumfóðrun, seiðaeldi og áframeldi. Eldisferlið samanstendur af eftirfarandi: fóðrun, flokkun, flutningi á fiski, bólusetningu, meðferð við sníkjudýrum, þvotti kara og leiðslna og slátrun.

Umhverfisáhrifum er einkum lýst með skírskotun til þeirra ferla, sem notaðir eru í seiðastöðvum með lax og regnbogasílung, vegna þess að slíkar stöðvar eru algengastar landstöðva á Norðurlöndum.

### *Orkunotkun*

Eldisstöðvar á landi nota orku til hitunar og dælingar vatns, til lýsingar, súrefnisframleiðslu og súrefnisbætingar vatnsins og meðhöndlunar þess með útfjólubláu ljósi.

Í mörgum stöðvum eru varmadælur þar sem hlutfallið milli orku, sem er nýtt fyrir inntaksvatnið, og aðfluttrar orku fyrir loftþjöppur og dælur (kerfisáhrifastuðull), liggur á milli 10 og 20. Heildarorkunotkunin í fiskeldi á landi er mismunandi milli Norðurlandanna. Almennt liggur orkunotkunin á milli 0 og 60 kWh/kg af framleiddum fiski, og fer það eftir fisktegundum, stigi í eldisferlinu, hvort vatnið er hitað og að hve miklu leyti það er endurnýtt.

### *Vatnsnotkun*

Vatnið færir fiskinum súrefni og flytur burt úrgangsefni. Ferskvatnið er einkum fengið úr aðliggjandi vatnskerfum með nægilega stóru vatnasviði.

Vatnsnotkun er einnig mjög breytileg í stöðvunum og einnig milli Norðurlandanna. Gildin eru frá 6 til 160 m<sup>3</sup> af vatni/kg framleidds fisks. Hlutfallsleg vatnsnotkun í landi með takmarkaðar ferskvatnsbirgðir og/eða háan vatnsskatt er minni en í landi með miklar ferskvatnsbirgðir.

### *Lyfja- og efnanotkun*

Lyfja- og efnanotkun í landstöðvum nær til sýklalyfja, deyfilyfja, sveppalyfja, ormalyfja (sem eyða sníkjudýrum í innyflum) og annarra sníkjudýralyfja, svo sem formalíns.

Notkun sýklalyfja er allt frá 21 til 760 kg/ár á Norðurlöndum. Ein af ástæðum þessa getur verið meðferð vegna faraldurs bakteríusjúkdóma,

svo sem *Flavobacterium psychrophilum* og *Ichthyophthirius multifiliis* í silungselði, en ekki er til neitt bóluefni gegn þeim.

#### *Losun fódurs og saurs*

Frárennsli frá klakstöðvum og matfiskstöðvum á landi inniheldur fódurleifar, saur, hreinsiefni og sótthreinsunarefni. Fódurleifar og saur falla til botns í viðtakanum. . Meginhluti fosfórs berst til umhverfisins í formi fódurleifa og saurs, en köfnunarefni berst til umhverfisins í uppleystu ástandi og aðeins lítill hluti er bundinn svifögnum. Af heildarmagni köfnunarefnis og fosfórs, sem berst með fóðrinu, enda u.þ.b. 52 % af köfnunarefni og 63 % af fosfór í umhverfinu ef miðað er við fóðrunarstuðulinn 1,04.

Losun næringarsalta er allt frá 15 til 70 kg af köfnunarefni og 1 til 10 kg af fosfór á hvert tonn af framleiddum fiski. Breytileikinn stafar af því hve mikið af vatninu er endurnýtt og tilhögun síunar fódurleifa og saurs og hve mikið verður eftir í hreinsibúnaði stöðvarinnar.

### Tækni sem telst besta fáanlega (BAT) í eldisstöðvum á landi

Upplýsingar í þessum kafla eru fengnar frá mismunandi fiskeldisstöðvum á landi:

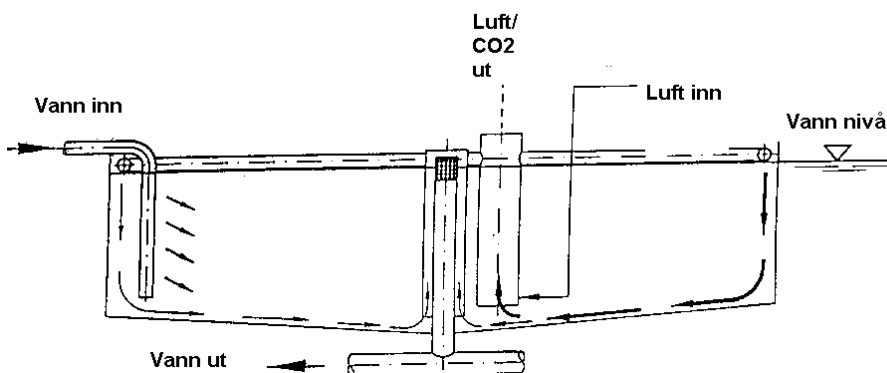
1. Eldisstöðvar fyrir regnbogasilung með mikla endurnýtingu vatns.
2. Seiðaeldisstöðvar fyrir lax og regnbogasilung með meðal endurnýtingu vatns.
3. Eldisstöðvar fyrir sandhverfu með mikla endurnýtingu vatns.
4. Seiðaeldisstöðvar fyrir lax og regnbogasilung með meðal endurnýtingu vatns.
5. Eldisstöðvar fyrir regnbogasilung með setþrær.
6. Eldisstöðvar fyrir regnbogasilung með endurnýtingu að hluta.
7. Seiðaeldisstöðvar fyrir lax og regnbogasilung með litla endurnýtingu vatns.

#### *Minnkun vatns- og orkunotkunar*

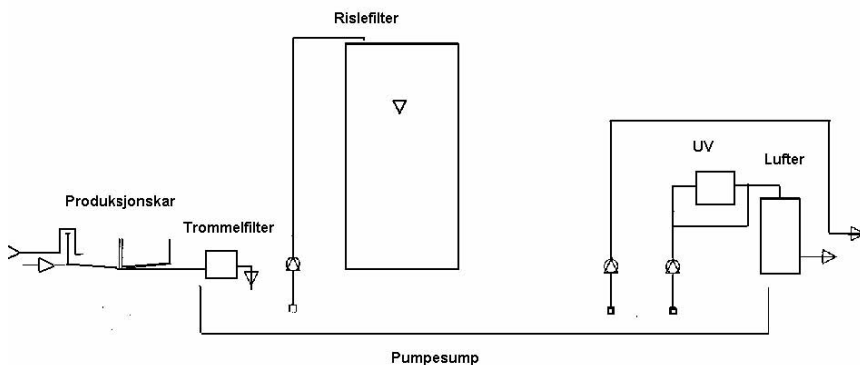
Hve mikið reynist unnt að draga úr vatnsnotkun fer eftir tegund og stöðu í lífsferlinu. Smáfiskur notar meira súrefni og hefur minna þol gagnvart úrgangsefnum frá efnaskiptunum. Minni vatnsnotkun dregur úr frárennslismagninu sem einfaldar hreinsun frárennslisvatnsins. Orkunotkun eykst við dælingu og súrefnisbætingu.

Vatnsnotkun í seiðaeldis- og matfiskstöðvum á landi má minnka með því að taka upp eftirfarandi tækni:

- Í seiðastöðvum með laxfisk er hægt að minnka ferskvatnsnotkun úr 100 niður í 50 m<sup>3</sup>/kg af framleiddum sjógönguseiðum með súrefnisgjöf og útloftun koltvísýrings (tækni nr. 1, tafla 1, mynd 1)
- Uppsetning endurnýtingartækni með svifagnasíu, lífrænni síu (biofilter) og súrefnisgjöf getur dregið enn frekar úr ferskvatnsnotkun, allt niður í 6,3 m<sup>3</sup>/kg af framleiddum seiðum (tækni nr. 2, tafla 1).
- Minnsta vatns- og orkunotkun við framleiðslu frá 10 til 500 g laxfiska fæst með uppsetningu endurnýtingartækni þar sem beitt er örsíum, lífrænum síum og loft er notað til vatnsflutnings og loftunar vatnsins. Hægt er að minnka ferskvatnsnotkunina úr 100 til 0,06 m<sup>3</sup>/kg af framleiddum fiski, en orkunotkunin mun verða 1,5 kWh/kg af framleiddum fiski (tækni nr. 5, tafla 1).
- Í eldisstöðvum á landi með hlýsjávartegundir er unnt að minnka vatnsnotkun úr 100 niður í 0,8 m<sup>3</sup>/kg af framleiddum fiski með því að endurnýta vatnið gegnum agnasíu, lífræna síu og köfunarefnissíu, og með fosfórfellingarbúnaði og súrefnisgjöf áður en vatninu er veitt inn í fiskikerin (tækni nr. 6, tafla 1, mynd 2). Orkunotkunin mun verða u.þ.b. 11 kWh/kg af framleiddum fiski.



Mynd 1. Mynd sem sýnir tækni þar sem dregið er úr vatnsnotkun með súrefnisgjöf og útloftun koltvísýrings



Mynd 2. Teikning sem sýnir tækni með mikla endurnýtingu vatns í eldisstöðvum fyrir hlýsjávarfisk. Dæling vatns

Í fiskeldi, þar sem ætlunin er að dæla tiltölulega miklu vatni í litla hæð, er mælt með eftirfarandi:

- Að nota miðflótttaafldsælur og skrúfudælur.
- Að knýja dælurnar á miðju afkastasniðsins.

#### *Dregið úr losun lífrænna efna*

Aðgerðir til að draga úr fódurnotkun

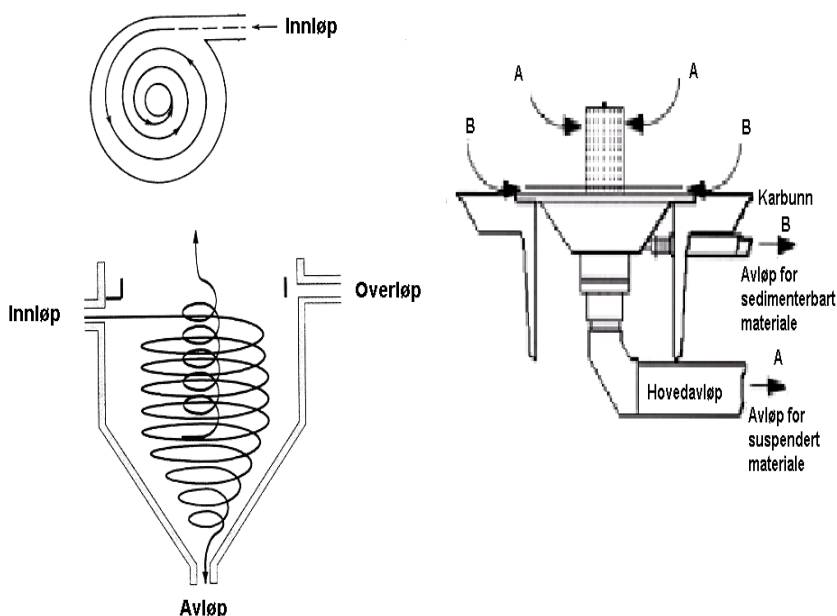
Ef dregið er úr fódurnotkun hefur það bein áhrif á losun næringarefna. Fódurnotkun í stöðvum á landi má minnka með:

- notkun fódrunarkerfa, sem búin eru nýjustu vaxtarlíkönum, fyrir lax og aðrar fisktegundir,
- tengingu varmanema við fódurkerfið til þess að fylgjast stöðugt með vatnshitanum og til þess að geta stjórnað fódruninni með sjálfvirkum hætti samkvæmt skilgreindu líkani. Með því móti mun kerfið sjálft stilla fódurgjöf eftir aðstæðum í kerinu,
- notkun trektar sem komið er fyrir í frárennsli kersins til þess að skrá óétið fóður, en fóður, sem fer til spillis, er skráð með innrauðum geisla sem rofnar þegar fódurkögglar fara gegnum trektina,
- notkun fódrunarskrár, sem tengd er fódrunarkerfinu, til samfelldrar skráningar með greiningu á því hvenær fiskurinn étur, hve mikið hann étur og hve hratt hann étur.

#### Söfnun fódurleifa og saurs

Unnt er að beita eftirfarandi tækni til að draga úr losun fódurleifa og saurs:

- Notkun hverfilskilja og sía/gildra á frárennsli hvers kers og söfnun svifagna (mynd 3, tækni nr. 2, tafla 1).
- Gerð setþróa fyrir frárennsli (tækni nr. 4, tafla 1).
- otkun tromlusíu á frárennsli (seiðaeldisstöð fyrir lax) dregur úr losun uppleystra efna úr fódurleifum og saur í allt að 67 % í venjulegum rekstri og allt að 94 % við tæmingu eða hreinsun kers.



Mynd 3. Vatnshverfill (t.v.) og síubúnaður (t.h.) verkar með miðflóttaafli og þyngdarafli þannig að agnirnar berast til miðju skiljunnar þar sem mettað vatnið er leitt til frárennslis, en hreinsaða vatnið er látið fljóta út um yfirfall.

Í norrænni klak- og áframeldisstöð fyrir 0,5 kg regnbogasilung hefur náðst mjög lítil losun svífefnis og næringarsalta með því:

- að beita endurnýtingartækni með finsíun agna, lífrænni síu, niðursökkum loftunarbrunnum og þrýstilofti til að lofta og flytja vatnið (tækni nr. 5, tafla 1).

#### Dregið úr losun uppleystra eða lausbundinna næringarefna

Uppleystar eða lausbundnar sameindir af köfnunarefni og fosfór í frárennslinu er ekki unnt að fjarlægja með vélrænni síun eða botnfellingu. Við mikla endurnýtingu vatns getur níturat safnast fyrir í endurnýtingarbúnaðinum. Með notkun á köfnunarefnissíu er unnt að breyta nítрати í köfnunarefnisgas sem sleppa má út í andrúmsloftið. Minnka má losun næringarsalta enn frekar með því:

- að setja köfnunarefnissíu í endurnýtingarbúnaðinn til að hreinsa úr vatninu uppleystar eða lausbundnar köfnunarefnissameindir (tækni nr. 3, tafla 1),
- að koma fyrir fosfórfellingareiningu í endurnýtingarbúnaðinum til að hreinsa úr vatninu uppleystar eða lausbundnar fosfórsameindir. Ekki er vitað um hvaða árangri hægt er að ná (tækni nr. 6, tafla 1),
- að fjarlægja uppsafnaðar svífagnir úr fosfórfellingarbúnaðinum með færibandssíu (tækni nr. 6, tafla 1).

### Meðhöndlun seyru

Söfnun seyru hefur í för með sér mikið magn af svifagnabundins og lausbundins köfnunarefnis og fosfórs. Meðhöndlun seyru er hægt að nota í eldisstöðvum þar sem frárennsli er lítið í hlutfalli við styrk úrgangsefna. En –

- seyru verður að meðhöndla með tilteknu ferli eins og þykkingu (afvötnun) og gera hana óvirka áður en hægt verður að nota hana sem jarðvegsbætir.

### Aðferðir til að tryggja heilbrigði fíksins

Í þessum kafla verður aðeins fjallað um mikilvægustu aðferðir, þ.e. meðhöndlun inntaksvatns, heilbrigðisáætlanir/aðgerðir og stjórnun á þéttleika fíksins í kvíum eða kerum.

Vatnsgæði inntaksvatns í landstöðvum á Norðurlöndum eru afar misjöfn og því verða hér ekki nefnd ákveðin tölugildi.

Mælt er með eftirfarandi tækni og aðferðum til að tryggja heilbrigði fíks í landstöðvum:

- Notkun geislaskammta (útfjólublárra geisla) sem valda 99,9% óvirkni sjúkdómsvalda í físki í inntaksvatni.
- Notkun nægilegs styrks ósóns sem dregur 99,9% úr virkni veirna í inntaksvatni (ferskvatni).
- Fjarlægingu agna úr inntaksvatni með mekanískri síun til þess að auka áhrif útfjólublárra geisla og ósónsóttreinsun inntaksvatns til að draga úr tálknaertingu í fiskseiðum.
- Að semja hreinlætisáætlun til að draga úr líkum á utanaðkomandi smitun inn í stöðina og smitun milli fiskstofna innan stöðvarinnar, þ.m.t. áætlanir um flutning fíks og starfsmanna, uppsetningu sóttvarnabúnaðar milli deilda, reglulegar sóttreinsunaraðgerðir, starfsreglur varðandi inntöku lífræns efnis af óþekktum uppruna og afhendingu fíks.
- Einstaklingsbólusetning alls fíks, sem seldur er, með viðeigandi bóluefni og tilheyrandi bólusetningaráætlunum. Bólusetning lax og regnbogasilungs gegn algengustu bakteríusjúkdómum hefur leitt til allt að 99% minnkunar á notkun sýklalyfja. Kostnaður eykst um u.þ.b. 11% af heildarframleiðslukostnaði á hvert sjógönguseiði.
- Að hafa þéttleika fíks í kvíum og kerum innan hámarksþéttleika ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) sem mælt er með.
- Að stilla lífmassann með þeim hætti að fiskurinn fái sem mest af súrefnisþörf sinni fullnægt með gegnumstreymi vatns fremur en súrefnisgjöf.

### *Tækni til að draga úr losun spilliefna og hugsanlega skaðlegra kemískra efna*

Til þess að draga úr losun spilliefna og hugsanlega skaðlegra kemískra efna, einkum hreinsiefna, er unnt að grípa til eftirtalinna aðgerða:

- Sjá til þess að yfirborð sé laust við sjúkdómsvaldandi bakteríur og veirur.
- Nota hreinsiefni til að fjarlægja fitulag til þess að hámarka áhrif sóttgreinsunarefna.
- Hafa slétta fleti í kerum, á veggjum og á gólfum.
- Nota raflýsingu til að draga úr myndun gróðurs á veggjum og botni kera.
- Beita háþrýstipvotti með gufubúnaði til að fá sem mestan hita sem auðveldar losun fituefna af veggjum kera.

### *Meðhöndlun dauðs fisks*

Algeng er að geyma dauðan fisk í tanki og rotverja hann með sýru. Til þess að unnt sé að beita slíkri tækni verður að vera fyrir hendi kerfi til þess að taka við og vinna slíkan fisk.

Þessi aðferð dregur úr þörf fyrir óvistvænni förgun og tryggir örugga geymslu fiskúrgangsins.

### *Tækni til að draga úr slyssleppingu og skaðlegum áhrifum hennar*

Strok úr úr eldisstöðvum á landi er lítið, en unnt er að gera eftirtaldar ráðstafanir til að draga úr líkum á því að fiskur sleppi úr eldisstöðvunum:

- Öryggisráðstafanir í tengslum við flutning eldisfisks úr kerum á landi til brunnbáta, svo sem að tryggja að flutningsbarkar og háfar séu í góðu lagi.
- Öruggar botnristar og búnaður í frárennslisrörum sem hindrar að fiskur sem hugsanlega hefur sloppið úr kerum komist út úr stöðinni.

**Tafla 1. Köfnunarefnis- og fosfórlosun og vatns- og orkunotkun í eldisstöðvum á landi í völdum viðmiðunarstöðvum. Við notkun þessarar tækni ber að gæta þess að losun er mismunandi eftir fisktegundum, gæðum vatnsbólans, fóðrunarmagni o.s.frv. Tilgreind gildi eru því aðeins til viðmiðunar.**

Nr.	Tækni	Viðmiðunarstöð	Tiltekið álag		Vatnsnotkun l/kg af framleiddum fiski	Orku- notkun kWh/kg af framleidd- um fiski	Viðmið- unarstöð Nr.
			Köfnunar- efni kg/tonn af framleidd- um fiski	Fosfór kg/tonn af framleidd- um fiski			
1	Súrefnisgjöf og útloftun CO <sub>2</sub>	Seiðastöð með laxfiska (0,5-100 g) ferskvatn.	53,0	9,0	53.000	Ekki tiltæk	7
2	Endurnýting með agnasíu, lífrænni síu og súrefnisgjöf	Seiðastöð með laxfiska (0,5-100 g) ferskvatn.	40,0	4,0	6.368	20,0	2
3	Endurnýting með agnasíu, lífrænni síu, köfnunarefnissíu og súrefnisgjöf.	Matfisksstöð með laxfiska (10-500 g), ferskvatn.	18,0	8,5	123	5,4	1
4	Botnfallsstöð með frárennsli	Matfisksstöð með laxfiska (10-500 g), ferskvatn.	15,0	1,0	120	Ekki tiltæk	5
5	Endurnýting með fínsíu agna, lífrænni síu, loftun og flutningi með þrýstilofti.	Matfisksstöð með laxfiska (10-500 g), ferskvatn.	2,8	0,1	56	1,5	6
6	Endurnýting með agnasíu, lífrænni síu, köfnunarefnissíu, fosfórfellin-garkerfi og súrefnisgjöf	Matfisksstöð með flatfisk (sandhverfu, 10-500 g), sjór.	Ekki tiltækt	Ekki tiltækt	840	11,4	3

## Gildi sem nást með bestu fíanlegu tækni (BAT)

Samantekin gildi við notkun tækni og aðferða við fiskeldi í landstöðvum, sem lýst er í þessari skýrslu, eru tilgreind í töflu 1. Birt gildi eru mismunandi eftir aðstæðum á hverjum stað og ber aðeins að líta á þau sem leiðbeinandi gildi. Fjárfestingarkostnaður er einnig mismunandi á Norðurlöndum og ber einnig að líta á hann sem leiðbeinandi gildi.

*Losun fóðurleifa og saurs*

Með hreinsun agna úr frárennsli og söfnun botnfalls er í seiðastöðvum fyrir lax unnt að ná köfnunarefnislosun sem nemur 40 kg/tonn af framleiddum fiski. Tilsvarandi fosfórlosun er 4 kg/tonn af framleiddum fiski. Með tækni nr. 3 er unnt að minnka losun köfnunarefnis úr 45 kg í 18 kg/tonn af framleiddum fiski (tafla 1). Frekari minnkun fosfórlosunar er unnt að ná með því að beita tækni nr. 6, (tafla 1), en ekki er vitað hvaða árangri hægt er að ná. Með tækni nr. 5 (tafla 1) er unnt að lækka köfnunarefnislosun úr 52 kg í 2,8 kg/tonn af framleiddum fiski og fosfórlosun úr 9 kg í 0,1 kg af framleiddum fiski.

Til samanburðar er núverandi meðallosun frá landstöðvum á Norðurlöndum er 55 kg af köfnunarefni og 8 kg af fosfór/tonn af framleiddum fiski.

Við notkun aðferða, sem lýst er í töflu 1, skal þess getið að losun er mismunandi eftir fisktegundum, gæðum vatnsbóls, fóðurnotkun o.s.frv. Tilgreind gildi eru því aðeins til viðmiðunar.

*Orku- og vatnsnotkun*

Í seiðastöðvum fyrir lax, sem nota aðferð nr. 1, er unnt að draga úr vatnsnotkun úr 100 í 53 m<sup>3</sup>/kg af framleiddum sjógönguseiðum (tafla 1). Ef beitt er aðferð nr. 2 er unnt að draga úr vatnsnotkun niður í 6,3 m<sup>3</sup>/kg af framleiddum seiðum (tækni nr. 2, tafla 1). Hins vegar eykst orkunotkun við súrefnisbætingu og dælingu. Við framleiðslu lax úr 10 til 500 g er unnt að ná vatnsnotkun niður í 0,06 m<sup>3</sup>/kg af framleiddum fiski og orkunotkun í 1,5 kWh/kg af framleiddum fiski (tækni nr. 5, tafla 1). Í áframleiddisstöðvum með sjávarfiska er unnt að hafa vatnsnotkun 0,8 m<sup>3</sup>/kg af framleiddum fiski (tækni nr. 6, tafla 1). Orkunotkun er þá u.þ.b. 11 kWh/kg af framleiddum fiski.

*Umhverfisáhrif sjóeldiskvía*

Af þeim 7-10 fisktegundum, sem framleiddar eru á Norðurlöndum, voru framleidd 529.000 tonn í 1.162 stöðvum (árið 2000). Meirihluti framleiðslunnar var norskur lax og regnbogasilungur

Í sjóeldiskvíar eru sett seiði og stór seiði sem fóðruð eru fram til slátrunar. Á þessu stigi eldisins eru mikilvægir þættir í eldinu: fóðrun, fjarlæging dauðra fiska, flutningur fisks á milli kvía, þrif kvía, fyrirbyggjandi aðgerðir gegn sníkjudýrum og sjúkdómum og slátrun á matfiski.

Umhverfisáhrif frá sjókvíum stafa af fóðurnotkun, losun fóðurleifa og saurs, lyfjanotkun, notkun eiturefna og efna sem geta verið hættuleg, dauðum fiski og fiski sem sleppur úr kvíum, sorpi og lykt og hávaða.

### *Fóðurnotkun*

Fóðurnotkun í hverju landi er í beinu hlutfalli við árlega framleiðslu. Árið 2001 var fóðurnotkun í Noregi 659.311 tonn, í Færeyjum 81.000 tonn og á Álandseyjum 6.300 tonn.

### *Lyfja- og efnanotkun*

Varðandi lyf er hér aðeins átt við sýklalyf. Sýklalyf eru aðeins notuð við bráðameðferð fisks sem hefur fengið bakteríusjúkdóma. Notkun sýklalyfja á Norðurlöndum er allt frá 0,005 g til 102 g/tonn af framleiddum fiski, minnst á Álandseyjum og mest í Danmörku.

Efnanotkun takmarkast við deyfilyf, sveppalyf, sníkjudýralyf, þ.m.t. laxalúsalyf, kopar, sóttþreinsunarefni og hreinsiefni. Árið 2001 var notað 201 tonn af kopar í Noregi og 31 tonn á Færeyjum. Af ýmsum laxalúsalyfjum voru notuð 119 kg í Noregi og 13,4 kg á Færeyjum.

### *Losun fódurs og saurs*

Losun lífrænna efna nær til fódurleifa, saurs, köfnunarefnis og fosfórs. Magn agna, sem setjast til á botninum undir kvíunum, fer m.a. eftir dýpi og straumhraða á hverjum stað.

Magn fosfórlosunar er einkum háð magni fódurleifa og saurs. Magn köfnunarefnislosunar er einnig háð magni fódurleifa og saurs, svo og prótíninnihaldi fódursins. Meirihluti köfnunarefnisins berst út í umhverfið í uppleystu ástandi en meirihluti fosfórs í fódurleifum og saur.

Í Danmörku er minnsta meðallosun 45 kg af köfnunarefni og 5 kg af fosfór pr. tonn af framleiddum fiski. Í Svíþjóð og Finnlandi er losunin mest, 59 kg af köfnunarefni og 7-8 kg af fosfór pr. tonn af framleiddum fiski. Í nokkrum finnskum stöðvum er losunin 36 kg af köfnunarefni og 4,3 kg af fosfór pr. tonn af framleiddum fiski.

### *Slysaslepping*

Strok úr eldi er mikið vandamál. Úr norskum fiskeldisstöðvum sluppu árið 2000 u.þ.b. 351.000 laxar og regnbogasilungar, en frá færeyskum stöðvum sluppu u.þ.b. 1.000.000 laxar árið 2002.

### *Frárennsli, lykt og hávaði*

Frárennslisvandinn er hinn sami og hjá landstöðvum.

Lykt frá eldiskvíum stafar af föðri, dauðum fiski, dauðum lífverum sem sitja á netpokum, sem hengdir hafa verið upp til þerris, og óþrifnaði. Hugsanlegur hávaði frá sjókvíum kemur frá vélarhljóðum báta, sem notaðir eru til að flytja starfsmenn, brunnbátum og fódurflutningsbátum. Þetta er ekki viðvarandi hávaði, heldur er munur á eftir dögum og

árstíma. Hávaði getur einnig stafað frá rafölum, en nýir rafalar eru vel hljóðeinangraðir og valda ekki verulegum hávaða. Í sumum stöðvum eru þvottavélar til að þrifa netpoka og getur valdið nokkrum hávaða, en ekki meira en 40-50 dB(A).

## Tækni sem líta má á sem bestu fíanlega tækni (BAT) í sjóeldisstöðvum

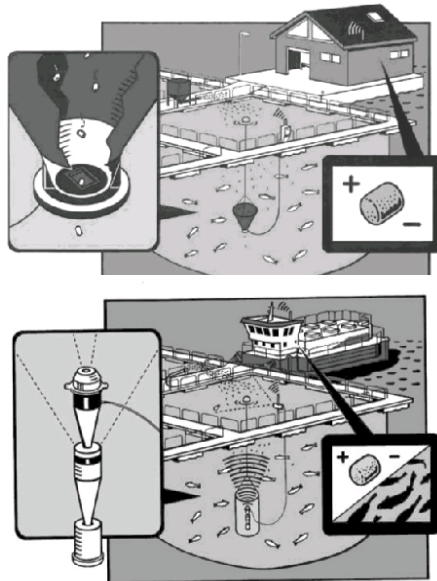
Upplýsingum og gögnum, sem birt eru í þessum kafla, hefur verið safnað í eftirtöldum stöðvum:

1. Matfiskstöðvar með lax og regnbogasilung með vöktunarkerfi til að greina breytingar á atferli við át og magni fódurleifa.
2. Matfiskstöðvar með lax og regnbogasilung með söfnunarkerfi fyrir fódurleifar og dauðan fisk.
3. Matfiskstöðvar með lax og regnbogasilung þar sem notaður er bergsnapi (leppefisk) til aflúsunar.
4. Matfiskstöðvar með lax og regnbogasilung með sjálfvirkt kerfi til að skipta um netpoka.

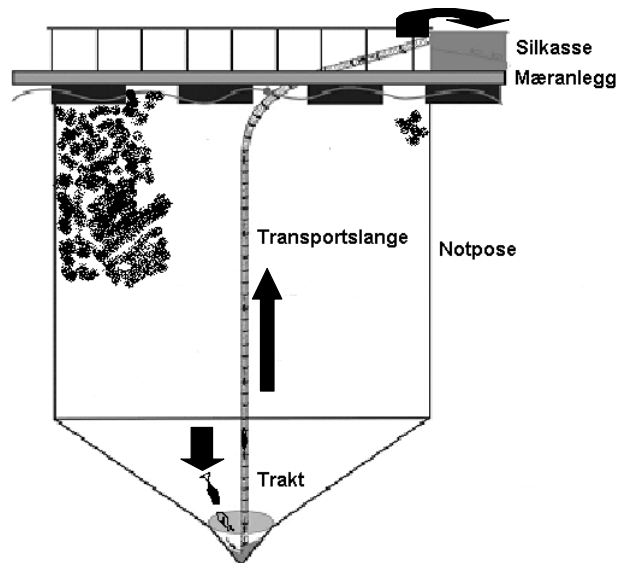
### *Aðferðir til að draga úr losun lífrænna efna*

Í sjóeldisstöðvum er unnt að takmarka losun út í umhverfið hvað mest með því að draga úr myndun fódurleifa vegna þess að fódurleifar falla hraðar til botns en saur og safnast því í ríkara mæli undir kvínni. Eftirtal-  
dar aðferðir geta stuðlað að því að draga úr losun lífrænna efna og álags á viðtakann:

- Notkun fódunarkerfa með forrituðum vaxtarlíkönum sem miðast við hita, daglengd og að hafa fódurskynjara sem komið er fyrir yfir netpokanum eða undir botni hans og skráir óétið fódur og hreyfingar fisksins (mynd 4).
- Notkun kerfis til að safna saman fódurleifum og dauðum fiski sem annars mundi hlaðast upp á botninum og valda álagi á umhverfið undir kvínni (mynd 5). Stöðug söfnun á dauðum fiski til að tryggja heilbrigði lífmassans.



Mynd 4. Yfirlitsmynd af sjóeldskvi með fýðrunarkerfi með inn-rauðum nema (fyrir ofan) og doppler-nema (fyrir neðan) til að greina fýðurúrgang.



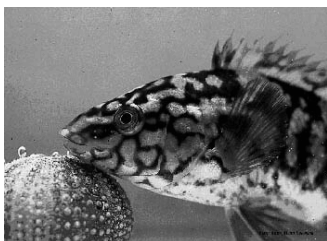
Mynd 5. Yfirlitsmynd af söfnunarkerfi fyrir fýðurúrgang, saur og dauðan fisk.

#### Aðferðir sem tryggja heilbrigði lífmassans

Eftirtalin tækni getur stuðlað að góðu heilbrigði fisks í eldisstöð:

- Aðlögun þéttleika fisksins að straumhraða og hita á hverjum stað.

- Tíð vöktun á styrk umhverfisþátta svo sem ammoníaks og súrefnis síðsumars og á haustin, einkum þar sem straumur er lítill og því lítil vatnsskipti.
- Notkun bergsnapa (leppefisk) (mynd 6) sem étur laxalús á svæðum þar sem er mikið af villtum bergsnapa.
- Samræmdar aflúsunaraðgerðir á svæðinu, t.d. á vorin, til þess að fjarlægja sem mest af kynþroska lús áður en hitinn eykst og þar með æxlunarmöguleikar lúsarinnar.
- Notkun neðansjárvarlampa í kvíunum í stað yfirborðsljósa til þess að stuðla að því að laxinn haldi sig neðar í kvínni allan sólarhringinn, en það leiðir til minni lúsagangs.

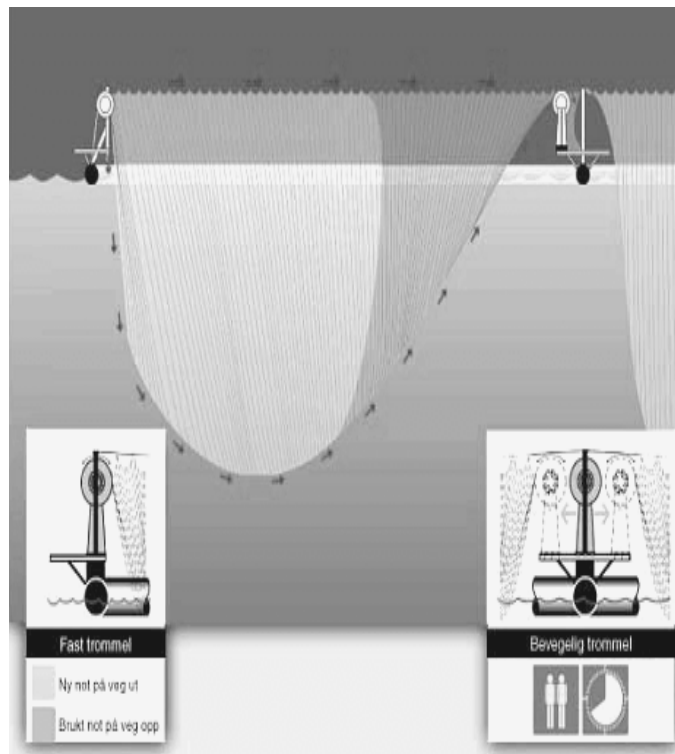


Mynd 6. Bergsnapi

#### *Aðferðir til að draga úr efnalosun*

Af þeim efnum, sem notuð eru í sjókvíum, er kopar mest notaður. Með eftirtöldum aðferðum er unnt að draga úr/hætta notkun á kopar:

- Þurrkun netpoka til að fjarlægja gróður með því að hafa tvö sett af netpokum, þannig að unnt sé að taka annan pokann upp til þerris á meðan hinn er í sjónum.
- Notkun rafdrifinna tromla sem komið er fyrir hvorum sínum megin við stóra kví (mynd 7) til þess að auðvelda pokaskipti og örva til tíðra skipta á stórum netpokum.
- Háþrýstispúlun efstu 2-3 metranna á netpokanum á meðan hann er í sjónum með sérstökum búnaði sem tengdur er við vatnsdælu með miklum þrýstingi (mynd 8).



Mynd 7. Yfirlitsmynd af tækni til sjálfvirkra skipta á netpoka í sjókví með matfiski.



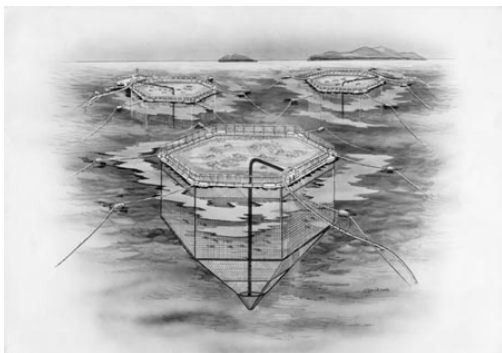
Mynd 8. Þvottavél til að þrifa veggi netpoka.

### Aðferðir til að draga úr slyasleppingu fiska og skaðlegum áhrifum hennar

Aðferðir miðast við aðstæður á hverjum stað, t.d. vindstyrk og ölduhæð. Í Noregi hefur verið komið á ákveðnu kerfi til viðurkenningar á gæðum flotkvía og landsstaðli fyrir fljótandi eldiskvíar (NS9415 – Fljótandi eldiskvíar. Kröfur um lögum, stærðir, hönnun, uppsetningu og rekstur).

Staðallinn tók gildi 1. apríl 2004. Markmiðið með staðlinum er að draga úr hættu á því að fiskur sleppi út vegna tæknilegra bilana og rangrar notkunar kvía. Allur búnaður, sem notaður er eftir gildistöku staðalsins, skal vera framleiðsluvottaður, en skylt er að afla hæfisskírteina fyrir þær eldiskvíar, sem eru þegar í notkun, fyrir árslok 2006. Í skírteininu skulu vera upplýsingar þess efnis að stöðin sé viðurandi með tilliti til tæknilegra krafna. Dæmi

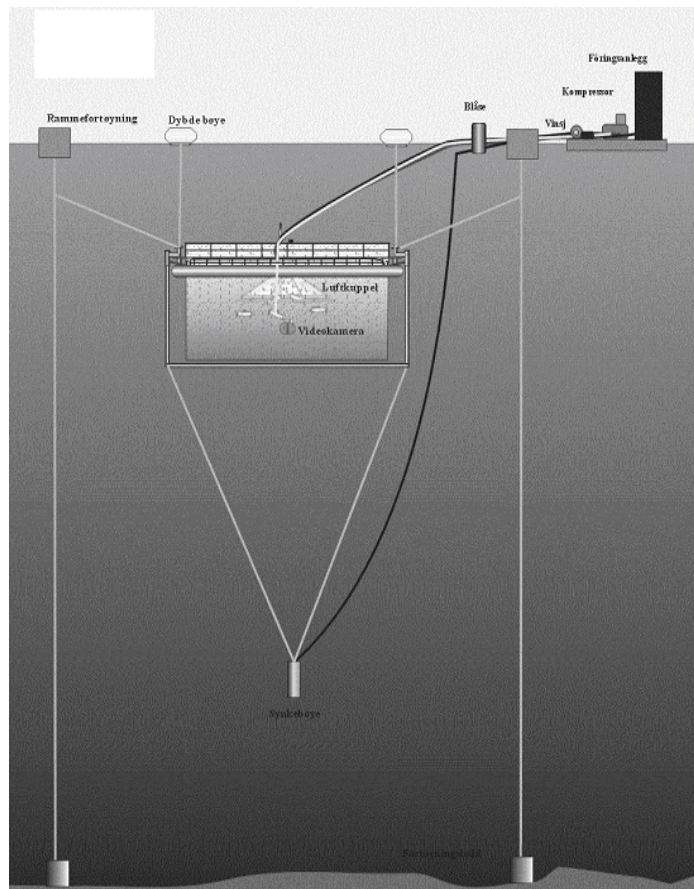
um mismunandi gerðir kvía, sem notaðar eru á eldissvæðum sem eru illa varðar fyrir vindi og öldu, má sjá á myndum 9 og 10.



*Mynd 9. Sjókvíar úr gúmmí.*

Í staðlinum NS9415 eru tilgreindar kröfur um uppsetningu, efnisstyrk og eftirlit/viðgerðir á netpokum sem notaðir eru í flotkvíum. Enn fremur eru í staðlinum ákvæði um notendahandbók um netpoka. Til þess að draga úr líkum á því að fiskur sleppi úr kvíum ber að gera eftirtaldar ráðstafanir í sjóeldisstöðvum:

- Eftirlit með netpokum og þróun nákvæmra verklýsinga fyrir meðferð og eftirlit með netpokum fyrir og eftir að þeim er komið fyrir í sjónum, við uppsetningu í stöðinni og varðandi vinnuferli (svo sem við aðkomu báta).
- Koma í veg fyrir árekstur þjónustubáta með því að koma upp lýsingu við stöðina, til viðbótar við blikkandi ljós, sérstaklega í lélegu skyggni. ndi lampa, einkum þar sem skyggni er slæmt.
- Reglulegt eftirlit með og viðhald festingartauga og netpoka svo að unnt sé að gera við göt á netpokum og skemmdir á festingartaugum og akkerum á kvínni.
- Tíð skipti á netum til þess að hafa gott eftirlit með ástandi netanna.
- Reglulegar veiðar í net til þess að unnt sé að uppgötva án tafar ef fiskur sleppur út.
- Mótun vinnuferla vegna aðkomu báta við flutning á seiðum, aflúsun, skipti á netpokum, flutning fóðurs og flutning til slátrunar.



Mynd 10. Yfirlitsmynd af sökkvanlegri kvi til framleiðslu á laxi eða þorski.

### Aðferðir til að draga úr hávaða

Hávaði frá eldiskvíum stafar af rafstöðvum, hakkavélum fyrir dauðan fisk og hugsanlega þvottavélum þar sem nætur eru hreinsaðar á staðnum. Eftirtaldar ráðstafanir draga úr hávaða frá sjóeldiskvíum:

- Notkun hljóðlátra og hljóðeinangraðra rafstöðva.
- Þurrkun netpoka í stað þess að nota þvottavél á staðnum, einkum ef stöðin er nálægt byggð.
- Að dreifa fóðri undir yfirborði sjávar til þess að draga úr hávaða við fóðrun með þurrfóðri, ef fóðrunarkerfið leyfir það.

### Fagurfræði

Með tilliti til hagsmuna annarra notenda svæðisins, þar sem eldiskvíarnar eru, ber að gera eftirtaldar ráðstafanir til þess að draga úr því að kvíarnar séu of áberandi.

- Festingartaugar eiga ekki að vera í lit sem hæfir ekki umhverfinu.

- Festingartaugum skal komið fyrir samkvæmt kerfi sem er ekki áberandi.
- Slökkt skal á lýsingu á nóttunni, að undantekinni lýsingu til að stjórna líffræðilegum ferlum, svo sem kynþroska og viðvörðunarljósum.
- Lýsingu til stjórnunar líffræðilegra ferla ber að koma fyrir undir yfirborði sjávar.

#### *Aðferðir við staðarval eldisstöðva og vöktun umhverfis*

Rétt staðsetning eldisstöðvar er meginforsenda þess að hægt sé að reka hana með hagnaði. Við staðarval ber að taka tillit til eftirtalinna atriða:

- Fram verður að fara faglegt mat á árstíðabundnum breytingum í umhverfinu með tilliti til þeirra umhverfiskrafna sem tengjast viðkomandi fisktegund.
- Ekki má vera nein – eða takmörkuð – önnur eldisstarfsemi innan 1–5 km fjarlægðar.
- Eldisstöðvum skal ekki velja stað í þröskuldsfjörðum, sem hindra vatnsskipti, eða á svæðum þar sem straumur er lítill.
- Mælt er með straumhraða a.m.k. 5 cm/sek. til þess að tryggja fiskinum nægilegt súrefni og að úrgangur dreifist nægilega. Ef þéttleiki fisksins er lítill er ekki nauðsynlegt að vatnsskipti séu eins mikil.

Aðferðir til að fylgjast með aðstæðum á botni og hafa eftirlit með ástandi botnsets

Kynslóðaeldi og hvíld hveftrar staðsetningar merkir að sérhver sjóeldisstöð verður að hafa til reiðu 3–4 staði sem notaðir eru til skiptis. Þetta þýðir að kynslóðum er haldið aðskildum og á mismunandi stöðum og einn staður er alltaf í hvíld.

Kynslóðaeldi dregur úr smithættu milli kynslóða, sem eru í eldi hverju sinni, og hvíldartími tiltekins eldisstaðar gerir enduruppbyggingu botndýralífs undir kvínni mögulega og með þessu móti er unnt að draga úr líkum á súrefnisskortri við botn sem veldur oft gasmyndun, svo sem myndun metans og vetnissúlfíðs, sem hefur beina eiturverkun á fisk.

Þegar botndýralífið hefur hefur jafnað sig má koma fiski fyrir á ný í kvíum á staðnum. Til þess að vernda botninn á tilteknum stað er mælt með eftirfarandi:

- Vöktun botnsets með MOM (Matfiskanlegg – overvákning – modellering) (matfiskastöð – eftirlit – gerð líkana), vöktunarkerfi sem má nota til að aðlaga umhverfisáhrif sjóeldiskvíar eftir því sem staðurinn þolir (NS9410).
- Mati á ástandi botnsets með tilliti til hámarksgildis kopars og sinks samkvæmt gefnum leiðbeiningum.

- Notkun kynslóðaeildis og hvíldartíma staðsetningar til að draga úr hættu á smiti milli kynslóða og til þess að forðast súrefnisskort undir kvíunum.
- Mati á lengd hvíldartíma staðsetningar með tilliti til samsetningar botndýralífs og heildarmagns lífræns kolefnis (TOC) í botnsetinu, vegna þess að nán tengsl eru milli TOC og samsetningar botndýralífs.

### *Besta fíanlegra tækni (BAT)*

Þau viðmið, sem tilgreind eru í þessum kafla, eru mismunandi eftir aðstæðum á hverjum stað og ber að líta á þau sem leiðbeinandi. Fjárfestingarkostnaður er einnig mjög mismunandi milli Norðurlanda og ber einnig að líta á þau gildi sem leiðbeinandi.

### *Losun fódurleifa og saurs*

Yfirvöld á sviði fiskeldis á Norðurlöndum hafa víða mælt fyrir um fódursnotkun í sambandi við leyfisveitingar. Fóðrun er best hægt að takmarka með að nota tækni sem fylgist með fóðruninni, hreyfingu fiskisins og lóðréttri dreifingu hans innan kvíarinnar. Slík tækni gerir það að verkum að unnt er að ná fóðrunarstuðli undir 1,00. Með því móti er unnt að koma losun köfnunarefnis niður í 45 kg/tonn af framleiddum fiski og losun fosförs niður í 5 kg/tonn af framleiddum fiski. Búnaður til að safna fódurleifum í botni netpokans og flytja hann upp á yfirborðið, ásamt dauðum fiski, dregur úr losun ámóta mikið og noktun búnaðarins sem lýst er hér að ofan. Síðarnefnda tæknin dregur úr lífrænu álagi þar eð bæði fódurúrgangi og saur er safnað saman.

### *Lyfja- og efnanotkun*

Notkun lyfja, einkum sýklalyfja, hefur náð 102 g/tonn af framleiddum fiski í Danmörku í samanburði við 0,005-1 g/tonn af framleiddum fiski annars staðar á Norðurlöndunum. Mikil notkun sýklalyfja í Danmörku stafar af mikilli útbreiðslu kýla- og rauðmunnaveiki. Í Danmörku eru aðeins 20-25% alls fiskis, sem alinn er í sjó, bólusett, en á öðrum Norðurlöndum eru því sem næst 100% alls fiskis bólusett. Kaup á seiðum, þar sem hver einstaklingur hefur verið bólusettur gegn sjúkdómsvöldum í fiski, eru algeng á Norðurlöndum, og getur slíkt dregið úr notkun sýklalyfja sem nemur meira en 99 %.

Unnt er að komast hjá notkun aflúsunarefna í eldi lax og regnbogasilungs með því að nota bergsnapa (leppefisk), en þeirri tækni er aðeins beitt í Noregi. Ástæðan er m.a. sú að meirihluti þeirra bergsnapategunda, sem notaðar eru til aflúsunar, er aðeins til í Noregi.

Þurrkun netpoka dregur úr nauðsyn þess að meðhöndla þá með koparríkum efnum og er með því móti hægt að hætta notkun kopars. Einn

netpoki er hengdur upp til þerris á meðan annar er í notkun. Í stórum stálkvíum er notuð sjálfvirk tækni sem auðveldar netaskipti. Hins vegar er ekki unnt að nota slíka sjálfvirkni á stórum kvíum sem búnar eru til úr plastringjum. Í slíkum kvíum má nota þvottavélar með háþrýstipvotti sem fjarlægja gróður af 2-3 metrum efst á netpokanum á meðan hann er á kafi í sjónum. Unnt er að beita slíkri tækni frá jaðri kvíarinnar. Til þess að þrifa netpokann í meira dýpi en þrem metrum verður að fá atvinnukafara til starfa.

### *Slysaslepping*

Aðgerðir, sem stuðla að því að færri fiskar sleppi, geta verið fólgnar í að velja kvíar í samræmi við það álag sem er á kvíarnar á eldisstaðnum og með því að nota sökkvanlegar kvíar við þær aðstæður þar sem álagið er sérstaklega mikið. Reglulegt eftirlit með netpokum, öryggisatriði vegna umferðar, viðhald kvía, tíð netaskipti, veiðar í net til eftirlits og tiltekna starfsvenjur um aðkomu báta getur stuðlað að því að koma alveg í veg fyrir að fiskur sleppi úr kvíum.

## Framtíðarþróun

Núverandi rannsóknir og þróun tækni til að draga úr umhverfisáhrifum fiskeldis snúast m.a. um:

- þróun aðferða til að endurnýta vatn, safna saman saur, meðhöndlun seyru, draga úr vatnsnotkun og notkun lyfja og hjálparefna í eldi regnbogasilungs (í Danmörku),
- þróun lokaðrar kvíar með samtengdri hreinsieiningu sem hingað til hefur leitt til 90 % minni fosfórlosunar (í Finnlandi),
- tilraunir til að nota meltu til framleiðslu litarefna og jarðvegsáburðar (í Finnlandi),
- þróun vatnshreinsistöva við framleiðslu seiða sjávarfiska (í Noregi),
- staðarval fyrir eldiskvíar (í Noregi og Finnlandi),
- hagkvæmnigreiningar varðandi eldi lax og regnbogasilungs miðað við sjávarföll og ölduhæð (í Færeyjum).

## Heimildir

*Beste tilgjengelige teknikker (BAT) for fiskeoppdrett i Norden*, (Besta fíanlega tækni (BAT) í fiskeldi á Norðurlöndum), norræna ráðherranefndin, TemaNord 2005.