

Nýsköpun & neytendur
Innovation & Consumers

Vinnsla, virðisaukning & eldi
Value Chain, Processing
& Aquaculture

Mælingar & miðlun
Analysis & Consulting

Líftækni & lífefni
Biotechnology & Biomolecules

Öryggi, umhverfi & erfðir
Food Safety, Environment
& Genetics



Bætt vatnsnotkun í fiskvinnslu

Stefán Freyr Björnsson

Vinnsla, virðisaukning og eldi

Skýrsla Matís 39-12
Desember 2012

ISSN 1670-7192

Report summary

<i>Titill / Title</i>	Bætt vatnsnotkun í fiskvinnslu / Improved water usage in fish processing		
<i>Höfundar / Authors</i>	Stefán Freyr Björnsson		
<i>Skýrsla / Report no.</i>		<i>Útgáfudagur / Date:</i>	Desember 2012
<i>Verknr. / Project no.</i>	2007-2189		
<i>Styrktaraðilar /Funding:</i>	AVS (S 12 004-12)		
<i>Ágríp á íslensku:</i>	<p>Markmið þessa forverkefnis var að afla grunnupplýsinga um vatnsnotkun í fiskvinnslu ásamt lífrænum efnum sem tapast í frárennslinu. Með bættri vatnsnotkun er hægt að ná fram hagræðingu í rekstri og auka virði framleiðslunnar með nýtingu aukaafurða úr frárennsli vinnsluvatns. Vatnsnotkun á Íslandi er mun meiri en í nágrennalöndum. Einnig eru reglugerðir að herðast með auknum skorðum á losun á úrgangi og sóun á vatni. Staða þekkingar var könnuð m.t.t fyrrgreindra atriða til að greina ávinning af hreinni framleiðslutækni í fiskvinnslu.</p>		
<i>Lykilorð á íslensku:</i>	<i>Vatnsnotkun, frárennsli, fiskur</i>		
<i>Summary in English:</i>	<p>The project objective was to summarize state of the art knowledge concerning water usage and utilization of by-products from effluents in fish processing. Operation can be improved with better use of resources entailing increased value for raw material processed. Water usage in fish processing in Iceland is more than in neighbor countries, while environmental regulations are becoming stricter. Methods for cleaner fish processing was researched in terms of recommending improvements for fish processing factories.</p>		
<i>English keywords:</i>	<i>Water usage, effluent, fish</i>		

Efnisyfirlit

Samantekt	1
1. Inngangur	1
2. Almennt um vatnsnotkun í fiskvinnslu	2
2.1 Reglugerðir	3
2.2 Efni í frárennsli.....	5
2.2.1 Skilgreiningar á hreinsun frárennslis	5
3. Vinnsluvatn og frárennsli	7
3.1 Bolfiskvinnsla.....	7
3.2 Staða erlendis	8
3.3 Staða héraðs.....	9
3.3.1 Flökunar- og roðflettivélar	10
3.4 Mögulegt notagildi aukaafurða í frárennsli.....	10
3.4.1 Efnahagslegur ávinningur af einangrun aukaafurða	11
4. Aðferðir og tillögur að bættum ferlum	13
4.1 Endurnýting vatns við þrif	13
4.2 Vatnsnotkun- og stýring	13
4.3 Bætt verklag	15
4.4 Þurrflutningur á aukaafurðum	15
5. Ályktun.....	17
6. Heimildir	18

Samantekt

Vatnsnotkun í fiskvinnslu er mjög mikil héraendis, en ekki hefur verið litið á það sem vandamál hingað til vegna þess hversu Ísland er ríkt af ferskvatnsforða. Kröfur og reglugerðir koma til með að herðast þegar kemur að vatnsnotkun og losun frárennslis eftir að framkvæmdatímabil vatnatilskipunarinnar tekur gildi 2016. Með innleiðingu á bættu verklagi og uppsetningu á búnaði má minnka vatnsnotkun töluvert og auka nýtingu aukaafurða. Heildarverðmæti aukaafurða héraendis úr vinnslu á flakaafurðum þorsks til manneldis er metið á rúmlega 300 miljónir. Þó á eftir að rannsaka tæknilega eiginleika leysanlegs próteins sem tapast með frárennslis eftir síun. Ávinningur þess að einangra þurrefni eða prótein úr frárennslis felst ekki aðeins í bættri nýtingu hráefna, heldur skilar það líka hreinna frárennslis með endurnýtingarmöguleikum á vinnsluvatni. Með hreinni framleiðslutækni að leiðarljósi voru tilgreindar aðferðir og tillögur að endurbótum á vinnsluferlum með áherslu á bolfiskvinnslu.

1. Inngangur

Ferskvatn er sífellt að verða verðmætari auðlind og hefur eftirspurn í Evrópu aukist jafnt og þétt síðustu ár. Tölur sýna að í Evrópu er 20% af yfirborðsvatni í mikilli mengunarhættu, 60% af evrópskum borgum ofnýta grunnvatnsforða sinn og 50% af votlendi er í hættu (ESB, 2010). En þar sem Ísland er ríkt af ferskvatnsforða hefur skortur á ferskvatni ekki verið vandamál enn sem komið er. Áætlað hefur verið að ferskvatnsforði á hvern íbúa samsvari um 532 þúsund tonnum sem er ríflega sexfaldur forði Norðmanna. Meðan lönd eins og Danmörk, Bretland og Þjóðverjar hafa einungis 2-3 þúsund tonn á hvern íbúa (Agnarsson, 2011). Vegna þess hversu ferskvatn er aðgengilegt á Íslandi er vatnsnotkun mikil.

Vatnsnotkun í fiskvinnslu héraendis hefur í för með sér mengun og kostnað. Möguleikar eru á að draga úr vatnsnotkun og bæta nýtingu hráefna sem tapast með vinnsluvatninu. Um er að ræða ýmis sóknarfæri á sviði umhverfismála er tengjast vatns- og frárennslismálum sem samtímis bæta arðsemi og öryggi í rekstrinum. Aukin umhverfis- og öryggisstjórnun skilar því bættu vinnsluferli. Fiskvinnslufyrirtækin er oftast helstu framleiðendur frárennslisvatns. Magn frá bolfiskvinnslu liggur í þessu sambandi á bilinu 20-30 tonn af vatni á hvert

hráefnistonn (Verið, 1999). Það er talið vera ríflega helmingi meira en í nágrennalöndunum. Það er því ekki óalgengt að fiskvinnslur hér á landi greiði árlega talsvert í aukavatnsgjald.

Megin áhersla verkefnisins er að kanna stöðu þekkingar á ferlum vatnsnotkunar í fiskvinnslu ásamt frárennsli. Áhersla verður lögð á bolfiskvinnslu og lagðar verða fram tillögur að bættum verkferlum út frá niðurstöðum gagnasöfnunar verkefnisins. Einnig verða skoðaðir möguleikar á að einangra lífræn hráefni sem tapast í frárennsli.

2. Almennt um vatnsnotkun í fiskvinnslu

Hreinlætis- og gæðakröfur eru miklar hérlendis til að standa undir þeirri ímynd sem íslenskar fiskafurðir hafa skapað sér, en til þess þarf mikið magn vatns í vinnslunni. Til að viðhalda kröfunum er mælt til að hlutfall vatns og hráefnis sé 1:1, en vatnsnotkun er oftast helmingi meiri eða 2:1 sé miðað við erlenda staðla (FAO, 1996). Skilgreina ber mun á vinnsluvatni og frárennsli en vinnsluvatn er ferskvatn sem notað er við meðhöndlun og vinnslu á hráefnum. Frárennsli er hinsvegar vinnsluvatn í bland við afgangsráefni ásamt öðrum úrgangi sem fellur til í vinnslunni og er skolað út um útrásir vinnslunnar.

Mikið af vatnsmagni fer í skolun á hráefnum, þrif á tækjum og sem kælimiðill fyrir geymslu fyrir og meðan á vinnsluferlinu stendur. Að auki er vatn notað sem flutningsmiðill við mismunandi meðhöndlun í fiskvinnslu. Það sem hefur áhrif á magn vatnsnotkunar er hvernig hráefni er verið að vinna, stærð vinnslunnar, tiltekið vinnsluferli hverju sinni og aðferðir sem notaðar eru við lágmörkun á vatnsnotkun. Þrif auka verulega vatnsnotkunina, því eru minni vinnslur með hærri vatnsnotkun á hverja framleiðslueiningu.

Megin umhverfisþætti ber að skoða í fiskvinnslu:

- Aukaafurðir
- Vatnsnotkun- og stýring
- Frárennsli
- Losun og orkunotkun

Ýmis tækifæri leynast í því að bæta vinnsluferla varðandi þessa umhverfisþætti. Hægt er að auka verðmæti með nýtingu aukaafurða sem falla til í fiskvinnslu, bæta vatnsnotkun og frárennsli sem eykur sparnað og skilar sér í minni losun og orkunotkun. Algengt er að einblínt

sé á að meðhöndla úttak sóunar í vinnslum en ekki uppsprettuna. Slíkar lausnir eru oft nefndar „end-of-pipe solutions“, þar sem úttak mengunar sem kemur út úr ferlinu er meðhöndlað áfram eða fargað. Þessi hugsun hefur þó verið að breytast með aukningu á hreinni framleiðslutækni sem stuðlar að bættri vatnsnotkun, hreinna frárennsli og lægri rekstrarkostnaði.

Allt vatn sem notað er í fiskvinnslu verður að frárennsli sem er mjög efnaríkt. Það sem frárennslið inniheldur er fisktægjur, hreistur, grugg og fitu sem dæmi um óuppleyst efni, en auk þess er að finna mikið magn lífrænna efnasambanda í frárennslisvatninu. Víða rennur frárennslið um eigin útrásir fyrirtækjanna í sjó.

2.1 Reglugerðir

Sú krafa er sífellt háværari að fyrirtæki tileinki sér umhverfisvænni og gegnsærri vinnubrögð með lágmörkun úrgangs. Að því leyti eru reglugerðir varðandi frárennsli að verða strangari. Kröfur um hreinsun á frárennslisvatni eru mismunandi frá einu landi til annars. Almennt eru kröfurnar strangastar í Danmörku, en einnig þar eru þær mismunandi frá einu sveitarfélagi til annars. Árið 2000 innleiddi ESB rammatilskipun um verndun vatns (tilskipun 2000/60ESB). Alþingi samþykkti árið 2007 þingsályktunartillögu um að innleiða vatnstilskipunina hér á landi. Vatnastilskipunin var síðan innleidd með lögum nr. 36/2011 um stjórn vatnamála vorið 2011, og með setningu reglugerðar nr. 535/2011 um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun, ásamt reglugerð nr. 935/2011 um stjórn vatnamála. Undir hatti stjórnar vatnamála eru allar reglugerðir til varnar mengun vatns og grunnvatns, fráveitur og skólp, köfnunarefnis frá landbúnaði og fleiri reglugerðir á sviði umhverfisverndar. Innleiðingartímabil stjórnar vatnamála er árin 2011-2015 og fyrsta **framkvæmdatímabil vatnastjórnar er árin 2016-2021**. Því mega fiskvinnslur búast við hertari lögum og reglum varðandi losun á úrgangi eftir aðeins nokkur ár þegar þessi orð eru rituð.

Heilbrigðisnefndir sveitarfélaga undir yfirumsjón MAST hafa eftirlit með fiskvinnslum. Íslandi er skipt upp í 10 eftirlitssvæði og er hvert þeirra sjálfstætt stjórnvald. Mjölfiskvinnslur eru háðar grænu bókhaldi og er eftirlit tíðara með losun frá vinnslu á uppsjávarfisk heldur en frá bolfisk. Þau lög og reglur sem falla undir fráveitur hjá sjávarútvegsfyrirtækjum eru eftirfarandi:

Reglugerð um starfsleyfi fyrir atvinnurekstur sem getur haft í för með sér mengun Nr. 785. 29. október 1999¹.

- Reglugerð um fráveitur og skólp Nr. 798. 29. október 1999.
- Reglugerð um meðhöndlun seyru Nr. 799. 29. október 1999.
- Reglugerð um úrgang Nr. 805. 29. október 1999.

Samræmd starfsleyfisskilyrði fyrir fiskvinnslur vegna mengunarvarna, sbr. lög nr. 7/1998 um hollustuhætti og mengunarvarnir var gefið út af Umhverfisstofnun árið 2006. Undir 3 grein úr viðbót (samþykkt 2008) úr sömu reglugerð af sértækum skilyrðum fyrir fiskvinnslur skal vatnsnotkun ekki vera meiri en sem nemur 20 tonnum af vatni á hvert hráefnistonn. Einnig skal losun á lífrænum efnum vera innan neðangreindra marka sem eru meðaltöl fyrir stakan vinnsludag: gildin miðast við hámark úr fráveitu og ef gildi mælast hærri og vatnsnotkunin er lægri en 20 tonn af vatni á hráefnistonn, þá er óheimilt að margfalda upp mælinguna m.v. 20 tonna vatnsnotkun.

Tafla 1. Losunarmörk úrgangs frá fiskvinnslu (Reykjavíkurborg, 2008).

Mælipáttur	Lágmark	Hámark
Lífrænt efni sem COD, mgO ₂ /L	-	1.000
Svifagnir, mg/L	-	500
Olía og fita (óskautuð), mg/L	-	100
Hitastig °C*	-	35
Sýrustig, pH (meðaltal fyrir vinnsludag)**	6,5	10
Súlfat (summa súlfats, sulfíts, og bíosulfats sem súlfat) mg/L	-	500

*Almennt sé miðað við að hitastig sé undir 35°C en að víkja megi frá þessu hámarkshitastigi svo fremi að það sé undir 50 °C

** Tímabundið má sýrustig fara niður í 4 sem nemur samtals einni klukkustund á viku en það vari aldrei lengur en sem nemur 10% af hverri klukkustund í hvert sinn.

Mælingar á vatnsstreymi, magni lífrænna- og ólífrænna efna í fráveituvatni fyrirtækja er grunnur til að meta losun. Ætla mætti að lífrænn úrgangur valdi ekki umhverfisskaða þar sem hann er jú lífrænn og ætti því ganga aftur inní hringrás náttúrunnar. Staðreyndin er þó sú að í miklum mæli veldur lífrænn úrgangur oft töluverðum skaða. Lífræn efni sem eru losuð út í sjó þurfa súrefni vegna niðurbrots örvera. Þegar mikil rotnun á sér stað á tilteknu svæði t.d. hafbotni, getur súrefni minnkað það mikið að aðstæður verða ekki lífvænlegar. Þegar

¹ <http://www.reglugerd.is/interpro/dkm/WebGuard.nsf/lookByNumer/7851999?OpenDocument>

súrefnisþurrð á sér stað þá grípa aðrar örverur inní við rotnunina en þær nota sulfat í stað súrefnis. Þessar örverur losa frá sér brennisteinsvetni í rotnunarferlinu, lofttegund sem er hættuleg stærri lífverum. Því getur losun á lífrænum efnum ekki aðeins stuðlað að súrefnisþurrð á hafsvæðum heldur einnig valdið eitrun. Helstu efni sem eru losuð frá fiskvinnslum eru fita, lífræn efni, næringarefni, næringarsölt, olía og sápur. Mun minna er um bakteríur og þungmálma í frárennsli fiskvinnsla heldur en í skólpi frá heimilum.

2.2 Efni í frárennsli

Hátt hlutfall af lífrænum efnum í frárennsli hefur háa kröfu um súrefnisupptöku, BOD (Biochemical oxygen demand) sökum blóðs, vefja og leysanlegra próteina. Aðferðin er notuð til að mæla hlutfall lífefna í vatninu, þar sem loftháðar örverur þurfa ákveðið mikið súrefni til að brjóta niður lífefnin við ákveðnar aðstæður og tiltekinn tíma. Mælieiningin er hve mikið súrefni þarf til að brjóta niður úrgang í einum lítra frárennslisvatns. Ef þörf er á 10 milligrömmum af súrefni á hvern lítra er hin svokallaða lífræna súrefnisþörf BOD 10 mg/L. Mæling á BOD er nokkuð tímafrek svo oftast er í staðinn fyrir mælingar á BOD, mæld efnafræðileg súrefnisþörf COD (Chemical oxygen demand), sambandið milli þessara mælieininga er $COD = 2,25 \times BOD$. Algengustu mælikvarðar við mat á samsetningu frárennslis eru: lífrænt efni COD, heildarköfnunarefni TN (total nitrogen) sem gefur m.a. innihald próteins, heildarfösfór (total phosphorus) og svifagnir.

Frárennsli inniheldur einnig kemísk spilliefni þar á meðal ýmis hreinsiefni sem geta verið til staðar eftir þrif á tækjum og aðstöðu. Töluvert af efnum sem notuð eru í þrif eru súr, basísk ásamt hlutlausum hreinsiefnum eins og sótthreinsiefnum. Algengustu sótthreinsiefnin innihalda klór, vetnisperoxíð og formaldehýð. Mælingar á vatnsstreymi og á innihaldi lífrænna og ólífrænna er mikilvægt skref til að hægt sé að meta hvert raunverulegt álag frárennslis er á umhverfið.

2.2.1 Skilgreiningar á hreinsun frárennslis²

Eins þreps hreinsun er hreinsun skólps með aflfræðilegum og/eða efnafræðilegum aðferðum þar sem svifagnir eru botnfelldar eða önnur hreinsun þar sem BOD5-gildi skólps er lækkað um að minnsta kosti 20% áður en það er losað og heildarmagn svif-agna í skólpi er lækkað um að minnsta kosti 50%.

² Stjórnartíðindi Reglugerð um fráveitur og skólp Nr.798 gr. 3.14

Grófhreinsun er hreinsun fastra hluta úr fráveituvatni með rist, síu eða öðrum búnaði til að koma í veg fyrir sjónmengun.

Tveggja þrepa hreinsun er frekari hreinsun skólps en eins þreps með aðferð sem oftast felur í sér líffræðilega hreinsun sem fylgt er eftir með botnfellingu eða öðru ferli. Rotþró með siturlögn eða sandsíu telst t.d. vera tveggja þrepa hreinsun.

Viðunandi hreinsun er hreinsun skólps með viðurkenndum hreinsibúnaði í samræmi við ákvæði reglugerðar svo að gæðamarkmiðum fyrir viðtaka/umhverfið sé náð.

Himnusíun er skilvirk aðferð við að endurvinna frárennslisvatn frá fiskiðnaði. Tæknin er hinsvegar dýr ásamt háum rekstrarkostnaði sem stjórnendur fiskvinnslufyrirtækja héraendis eru almennt ekki tilbúnir að leggja úti.

3. Vinnsluvatn og frárennsli

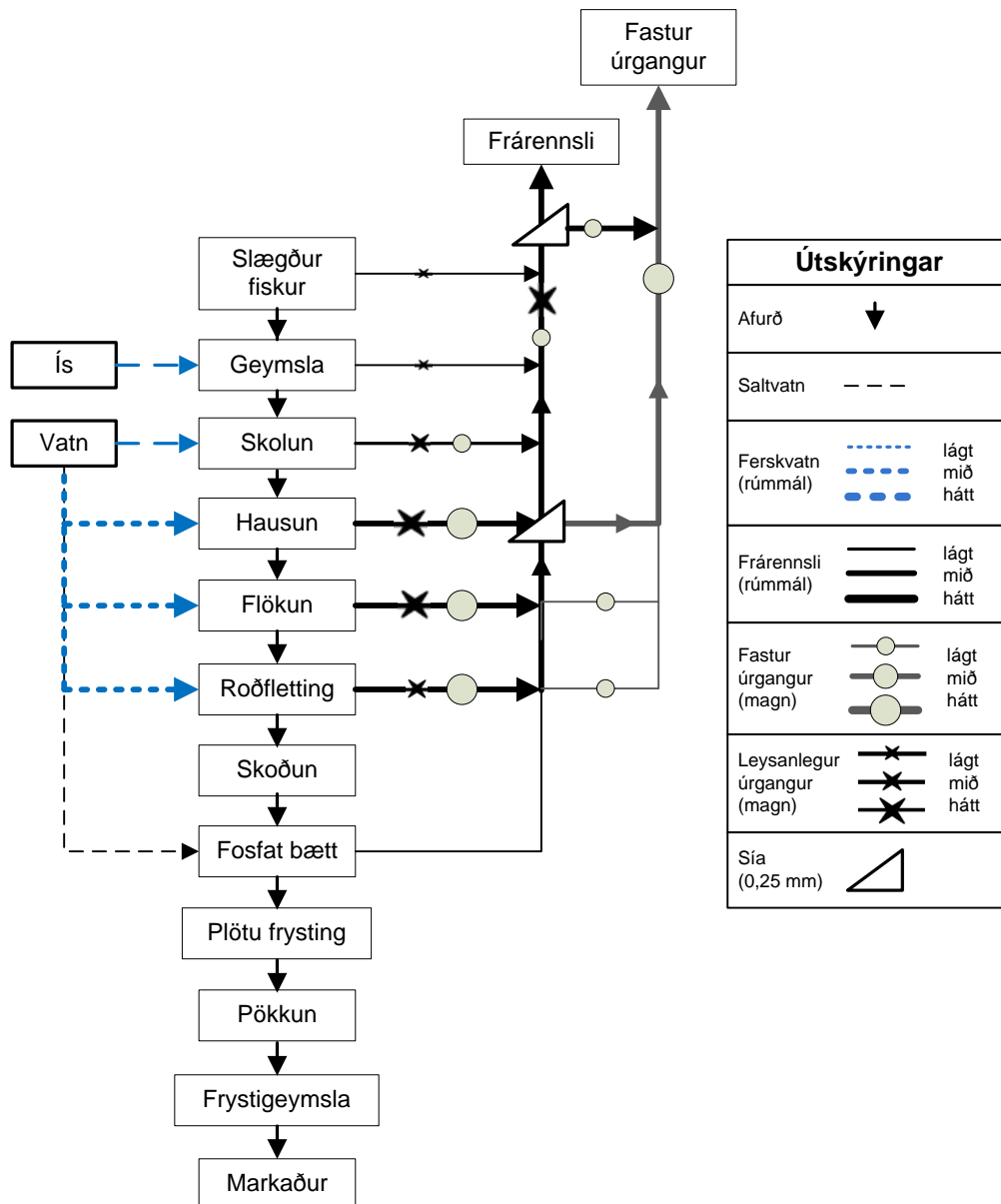
Þegar dregið er úr notkun á vinnsluvatni í fiskvinnslu þarf að hreinsa minna vatn í frárennsli og líklegt að útskolun á hráefnum minnki að einhverju leyti. Þar með er hægt að ná fram sparnaði og hreinsibúnaður verður að sama skapi minni umfangs ef hann er til staðar.

Helstu þættir sem liggja að baki mikilli vatnsnotkun í fiskvinnslu eru eftirfarandi:

- Geymsla og flutningur
- Skolun á hráefni
- Frysting og afþýðing
- Saltpæklar
- Úðarar
- Úrgangur úr ferlinu
- Kælivatn
- Gufun
- Þrif á búnaði og aðstöðu

3.1 Bolfiskvinnsla

Dæmigert ferli fyrir bolfiskvinnslu má sjá á mynd 1 og hvernig vatnsstraumar skiptast ásamt úrgangi í ferlinu þar sem magnið er námundað með þremur mælikvörðum. Vatnsnotkun vegna þrifa er ekki meðtalin í skýringarmyndinni hér fyrir neðan.

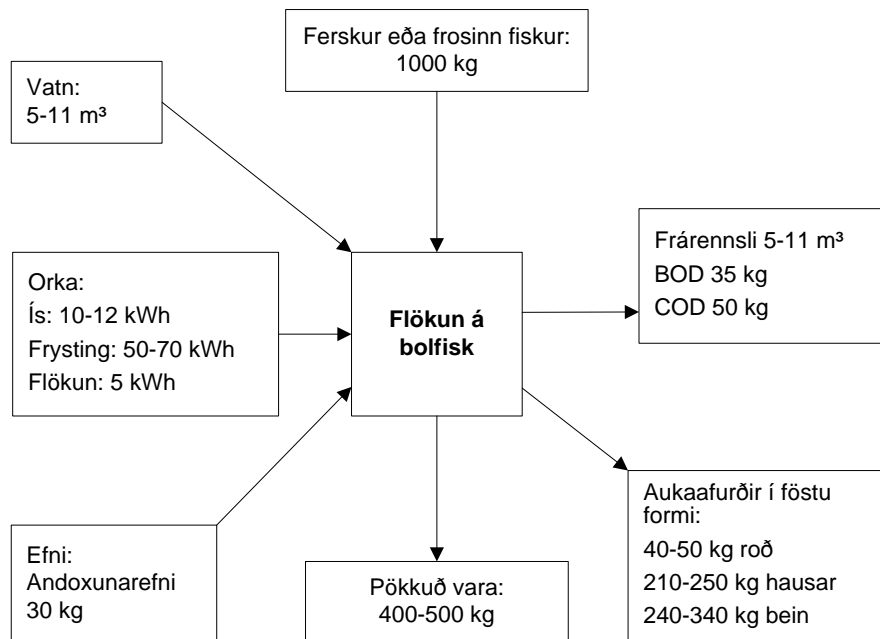


Mynd 1. Dæmigert ferli fyrir bolfiskvinnslu ásamt vinnsluvatni, úrgangi og frárennsli (AMEC, 2003).

Mesti leysanlegi úrgangurinn kemur frá hausun og flökun, þó hafa mælingar hérlandis gefið til kynna örlítið meira magn próteina í frárennsli frá roðflettingu heldur en flökun (Arason o.fl., 2005). Vatnsnotkun við fiskvinnslu getur verið mismunandi eftir stærð og ástandi véla viðkomandi vinnslu.

3.2 Staða erlendis

Hér verða teknar saman tölur yfir vatnsnotkun, efni í frárennsli og orkunotkun fyrir bolfiskvinnslu. Dæmigerðar tölur fyrir ferskvatnsnotkun á tonn hráefnis erlendis eru 5-11 m³ fyrir flökun í bolfiskvinnslu. Sem dæmi þá eru tölur frá Noregi á bilinu 7-10 m³/hráefnistonn og frá Danmörku að meðaltali 8,6 m³/hráefnistonn (TemaNord, 1997).



Mynd 2. Inntak og úttak fyrir flökun á bolfisk miðað við miðlungs tækni (COWI, 2000).

Með bestu fánlegu tækni, mætti bæta eftirfarandi notkun á auðlindum og losun á úrgangi:

- Vatnsnotkun sem leiðir til myndunar á frárennsli væri hægt að minnka um 1,2 -4,4 m³ á tonn hráefnis.
- Lífræn efni mætti minnka um 12 kg BOD eða 17 kg COD á tonn hráefnis eða um 34%.
- Orkunotkun mætti einnig minnka, sérstaklega ef búnaður og frystiklefar yrðu bættir.
- Magn á vöru myndi aukast og þar af leiðandi minnkar úttak af úrgangi.

Sé miðað við forsendur um vatnssparnað þá mætti spara **21,6 – 79,2 kr** á hvert hráefnistonn sé miðað við algengt verð á köldu vatni 18 kr/m³ til fiskvinnslufyrirtækja. Samkvæmt forsendum um lífræn efni er um 5% í frárennsli að meðaltali á tonn. Ef hægt væri að minnka þetta um 34% eins og gefið er til kynna þá væru heimtur á lífrænum efnum um **2,3% - 3,3%** á tonnið.

3.3 Staða hérlendis

Fáar rannsóknir hafa verið framkvæmdar hérlendis er varða vatnsnotkun í fiskvinnslu en til eru misgamlar tölur um vatnsnotkun fyrir vinnslu á flestum hráefnum. Eins og áður hefur komið fram er vatnsnotkun hérlendis meiri en annarstaðar. En tölur gefa til kynna að vatnsnotkun sé á bilinu **9-25 m³/hráefnistonn** (TemaNord, 1997). Sem dæmi þá fer u.þ.b. 20

m³ af vatni á hráefnistonn í bolfiskvinnslu HB Granda³ og yfir 25 m³/hráefnistonn hjá bolfiskvinnslu Eskju ehf.

3.3.1 Flökunar- og roðflettivél

Hjá bolfiskvinnslu Brims hf. og Toppfisk ehf. voru gerðar forathuganir fyrir nokkrum árum við vatnsmælingar og síun aukaafurða frá roðfletti- og flökunarvélum í bolfiskvinnslu sem skilaði eftirfarandi niðurstöðum.

Tafla 2. Vatnsnotkun miðað við roðfletti- og flökunarvél (Arason o.fl., 2005).

Vatnsnotkun	Roðflettivél	Flökunarvél
L/mín	13,0	11,9
L/fisk	0,45	0,40
L/kg (m.v. 2 kg fisk)	0,24	0,20
L/kg afurða (m.v. 50% vinnslunýtingu)	0,45	0,40

Þörf var á fullkomnari útfærslu á söfnunarbúnaði til að ná meira vatni. Hlutfall próteina í frárennslisvatni fyrir var um 0,3% frá flökunarvél en um 0,7% frá roðfletti vél. Heimtur próteina við síun þurrefnis var um 37,7% úr vatni frá flökunarvél og um 62,5% úr vatni frá roðfletti vél (Arason o.fl., 2005). Síaður fiskmassi var með mun lægra þurrefnisinnihald en fiskflök sem unnin voru á sama tíma. Hann var ekki eins hvítur og útlit var háð fínleika síunarinnar, en þegar búið var að sía grófasta hráefnið út varð fiskmassinn hvítari og einsleitari. Greining sýndi ekki fram á marktækan mun á próteinsamsetningu fiskmassa og fiskflaka. Minnka mætti próteintap um helming með tiltölulega grófri síun, en til þess þarf hentugan búnað sem tryggir að síur stíflist ekki og að öryggi og heilnæmi fiskmassans sé ásættanlegur til mannelis (Arason o.fl., 2005).

3.4 Mögulegt notagildi aukaafurða í frárennsli

Það sem fellur til í fiskvinnslu er í fyrsta lagi föst efni sem falla í gólf og skolast ekki út í frárennslið og í öðru lagi þau leysanlegu efni sem tapast út í frárennslið. Lítið hefur verið skoðað af einangrun próteina úr frárennsli með tilliti til tæknilegra eiginleika þeirra. Einangraðar afurðir hafa verið nýttar í dýrafóður en gæði þeirra geta reynst það mikil að

³ Munnleg heimild

hægt sé að nýta til manneldis (Arason o.fl, 2005). En það fer eftir hvaðan vatnið kemur og hvernig efnið er einangrað.

Ýmsir möguleikar eru á að nýta hvorn úrgangsstraum fyrir sig.

- Eiginleikar einangraðra próteina úr frárennsli.
- Nýta aukaafurðir sem fiskmarning.
- Nýta prótein sem hreinsað er úr affallsvatni til fóðurgerðar.
- Nýta efni sem felld eru út sem áburð á tún.
- Nýta efni sem landfyllingu þar sem lífræn efni ná að brotna niður og verða að næringarríkum jarðvegi.

3.4.1 Efnahagslegur ávinningur af einangrun aukaafurða

Ávinningur af að einangra aukaafurðir úr frárennslisvatni er tvíþættur, annars vegar betri nýting á sjávarafurðum og hinsvegar hreinni framleiðslutækni þar sem minna af lífrænum efnum tapast úti umhverfið. Sem dæmi þá eru framleidd um 63 þús. tonn⁴ af landfrystum þorskafurðum í landvinnslustöðvum á hverju ári. Sé miðað við að 1% af hráefnisþyngd tapist við flökun og roðflettingu á hvern fisk með meðalþyngd 2 kg, samsvarar það um 1.260 tonnum af flökum. Það er því umtalsvert magn af losi fiskholds af flakaafurðum þorsks. Eftirfarandi tafla sýnir mismunandi tekjumöguleika á aukaafurðum miðað við 1.260 tonn sem tapast. Fiskmarningur til manneldis er metin á um 257 kr/kg⁵.

Tafla 3. Notagildi efna í frárennsli í bolfiskfiskvinnslu á ársgrundvelli.

Hliðarafurð	Verð (kr/kg)	Heildarverðmæti (milljónir)
Fiskmarningur	257	324
Fóður	15	19

Mælingar á frárennsli vinnslu Útgerðarfélag Akureyrar benda til að um 6% hráefnis tapast í formi uppleystra próteina, magn þeirra er um 150 tonn (Bjarnason & Friðsíksson, 2000). Með þeim hreinsunaraðferðum mætti vinna 50-90% próteinanna og selja til fóðurgerðar. Verð á

⁴ Magntölur af vef Hagstofu Íslands 2012.

⁵ Verð af vef Hagstofu Íslands 2012.

fersku hráefni frá fiskvinnslum sem fóður er metið á um 15 kr/kg⁶ sem er töluvert minna heldur en til manneldis, því er til mikils að vinna í nýtingu aukahráefna til manneldis. Þess má einnig geta að meðalverð loðnuhrats er á bilinu 16,7 – 21,5 kr/kg (Fiskistofa, 2012).

⁶ Viðtal við Einar E.Einarsson loðýraræktarráðunaut 2012.

4. Aðferðir og tillögur að bættum ferlum

Fyrsta skrefið við að minnka vatnsnotkun er að greina mynstur vatnsnotkunar vandlega t.d. með því að koma fyrir rennismælum. Þörf er á að safna gögnum á framleiðslutíma og sérstaklega við þrif. Einnig er gott að safna gögnum utan vinnutíma svo hægt sé að greina leka eða annarskonar sóun. Þegar vatnsnotkun hefur verið háþyrð fyrir nauðsynlegar aðgerðir er fyrst hægt að fara hugsa um endurnýtingu vatns. Frárennsli má ekki hafa áhrif á gæði vörunnar og hreinlæti, því er mikilvægt að halda þessu aðskildu á greinilegan hátt.

4.1 Endurnýting vatns við þrif

Almennt áætlað er að vatnsnotkun við þrif sé 60-70% af heildarvatnsnotkun og talið að um 70% fari í grófspúlun, sem gefur möguleika á að ná fram mesta vatnssparnaðinum (TemaNord, 1997). Við grófspúlun er vatninu ætlað að skola föstum efnum af vélum og af gólfum niður í gólfrennurnar. Eftir þeim rennur vatnið svo í síuband. Þetta síuband er forsenda þess að koma megi upp kerfi til endurnýtingar grófspúlunarvatns. Tiltekið kerfi er byggt upp á þann hátt að endurnýta má lítið magn af vatni mörgum sinnum á stuttum tíma með stöðugri síun þess. Að notkun lokinni er vatnið látið renna burtu og tekið að nota nýjan vatnsskammt, sem einnig er endurnýttur.

Slíkt kerfi samanstendur af tveimur 500 lítra vatnstönkum, tveimur dælum, flæðimæli, tímaklukku og ýmsum lokum. Búnaðurinn er svo úr garði gerður að er grófspúlunin hefst eru 500 lítrar af vatni látnir renna í tank nr. 1. Þegar flæðimælirinn hefur staðfest að þetta vatnsmagn hefur verið nýtt fjórum sinnum (tankurinn tekur u.þ.b. 2 m³) er tankur nr. 2 tekinn í notkun með sjálfvirkum búnaði, en í hann hefur runnið hreint vatn meðan tankur nr. 1 var í notkun. En með þessu er ferlinu ekki lokið. Meðan tankur nr. 2 er í notkun, tæmist tankur nr. 1 sjálfkrafa. Verði hlé á hreingerningastarfinu tæma tankarnir sig sjálfkrafa að 30 mínútum liðnum. Með þessari tækni erlendis hefur vatnsnotkun við þrif lækkað úr 70% í 55% (TemaNord, 1997).

4.2 Vatnsnotkun- og stýring

Möguleikar fyrir endurnýtingu vatns og minni vatnsnotkun eru sértækir. Engu að síður hafa eftirfarandi þættir reynst vel við stýringu á vatnsnotkun.

- Setja upp rennismæla við vatnsfrekan búnað fyrir skráningu og eftirlit.
- Setja tímaliða á vatnsslöngur, segulloka við vinnsluvélar og hæðarrofa í þvottakör.

- Setja upp vatnshemla á vélar og vatnsúrtök.
- Nota háþrýstibúnað með lágt rúmtak vatns frekar en venjulegan búnað með hátt rúmtak vatns.
- Endurnýta tiltölulega hreint frárennslisvatn; sem dæmi við forhrensun fyrir þrif.
- Nota þrýstiloft í stað vatns þar sem við á eins og við flutning á fisk- eða öðrum úrgangi.
- Fyrir úðara skal stilla úðunarmynstrið nákvæmt við hráefnið.
- Notkun á lokaðri rás fyrir kælikerfi.
- Þurrflutningur á úrgangi, færribönd eða skotið með lofti.
- Forhrensa með kústum, sköfum o.s.frv. áður en þrif hefjast til að lágmarka útskolun efna í niðurföll.
- Hringrásun á hluta vatns t.d. í fleytikerfi.
- Tilkynna og laga leka um leið og þeir uppgötvast.

Um 40% minnkun á vatnsnotkun hefur náðst með uppsetningu á segullokum við flökunarvél (AMEC, 1999). Einnig samstilling á búnaði t.d. þegar færiband við flökunarvélina er ekki í gangi er lokað fyrir vatnið.

Oft vill gerast að lífrænn úrgangur er látin liggja talsvert lengi í rennandi vatni. Mögulegt er að minnka slíkt þar sem hægt væri að aðskilja vinnsluvatn frá t.d. roði áður en roð fellur í söfnunarlát til að koma í veg fyrir að vatn renni stöðugt á roðin. Þetta minnkar ekki vatnsnotkun en getur minnkað lífræn efni í frárennslinu. Á mynd 1. Er söfnunarkarfa með vatnshlíf sem hefur það hlutverk að beina mesta vatninu frá tilfallandi aukaafurðum í söfnunarkörfu.

Með því að auka eftirlit með nýtingu og stillingu á vélum og vinnubrögðum má draga úr COD í frárennsli. Setja mætti upp þurrflutning á úrgangi frá flökunarvélum, með síubandi í staðinn fyrir vatnsfleytingu og bæta við fínsíun á fleytivatni.



Mynd 3. Söfnunarkarfa með vatnshlíf sem minnkar rennsli á roð (AMEC, 1999).

4.3 Bætt verklag

Besta tæknin þegar innleiða skal aðferðir á bættri vatnsnotkun er góð hússtjórn ásamt því að sía og endurnýta vatn til grófspúlunar. Þá er miðað við að úrgangi sé þurrsafnað eins og mögulegt er. Ekki eru til tölur um minnkun á mengun sem næst með þurrsöfnun úrgangs fyrir hreingerningu, en ætlað er að vatnssparnaðurinn nemi um 40%. Síun og endurnýting vatns við grófspúlun er álitid að geti minnkað eyðsluna um 60% í viðbót. Af þessu leiðir að hægt er að minnka eyðsluna við grófspúlun um 75% (TemaNord, 1997).

Vissulega er hægt að ná fram vatnssparnaði með tæknilausnum en eitt það mikilvægasta atriði við minni vatnsnotkun og mengun frá fiskvinnslu er viðhorf stjórnenda til umhverfismála og vilji til að bæta verkferla. Einnig skiptir máli að starfsfólk sé samstíga stjórnendum við að ná settum markmiðum með bættum verkferlum. Því er þjálfun og fræðsla starfsfólks nauðsynleg við innleiðingu á bættu verklagi og/eða nýjum búnaði. Dæmi eru um að 30% vatnssparnaði hafi verið náð einungis með því að hvetja starfsfólk til að bæta verklag við vatnsnotkun (TemaNord, 1997).

Meðan á framleiðslu stendur er vænlegast að fjarlægja efni jafnt og þétt þegar þau falla til. Áður var siður að spúla vélar og gólf á vinnslutíma, en það leiddi til mikillar eyðslu á vatni og ónauðsynlega mikið af lífrænum efnum blandaðist vatninu. Fyrirtæki hafa því tekið upp þá hætti að "þurrsafna" úrganginum saman með handafli, áður en til greina kemur að spúla. Við hreingerningar að vinnu lokinni liggur beint við að spara vatnið með því að "þurrsafna" úrganginum með handafli, til dæmis upp í þar til ætlaðan vagn. Það magn af úrgangi sem berst frá grófspúlun má þannig minnka svo það takmarkast við fiskholdsagnir og þann úrgang sem eftir hefur orðið á og í vélbúnaðinum, en þar er erfiðara að handhreinsa. Talið er að minnka megi vatnsmagn við grófspúlun um 40%, með því að framkvæma "þurrsöfnun" (Bjarnason & Friðsiksson, 2000).

4.4 Þurrflutningur á aukaafurðum

Í staðinn fyrir að skola aukaafurðum út í frárennslisrennur er hægt að koma fyrir síuböndum undir flökunarlínum. Þessi aðferð er þekkt í fiskvinnslu, þó svo hún sé ekki notuð allstaðar. Vatn og leysanlegri efni fara í gegnum síuna (0,25 mm), meðan föst efni verða eftir. Talið er að minnka megi COD losun úr vinnslu um 5-15% með síubandi og með tromlusíu getur

minnkun orðið 15-25% (TemaNord, 1997). Með síubandi er ekki nauðsynlegt að spúla burt aukaafurðum af flökunar- og roðflettivél.

Þurrsöfnun á aukaafurðum með sögi frá flökunar- og roðflettivélum hefur skilað sér í bættri vatnsnotkun ásamt hreinna frárennsli. Slík kerfi eru hönnuð til að safna afgangsefnum beint frá vélum og losna því að mestu við snertingu vatns. Aukaafurðir falla í söfnunardalla þar sem hráefnið er sogað burt með stillanlegri tíðni eftir því hversu mikið af hráefni er verið vinna. Losun á COD hefur minnkað um 67% með slíku kerfi fyrir bolfiskvinnslu sé miðað við venjulegt kerfi með staðbundnu vinnsluvatni og frárennsli (TemaNord, 1997). Niðurstöður fyrir heildar-nitur, fosfór, þurrefni og vatnsnotkun voru svipaðar eða á bilinu 61-70%. Með slíku kerfi er því hægt að auka magn seljanlegra aukaafurða.

5. Ályktun

Afrakstur þessa verkefnis gefur til kynna að hægt er að gera betur til að minnka sóun á vatni og nýta lífræn efni sem tapast í frárennslinu. Sjávarútvegsfyrirtæki þurfa að hafa í huga að reglugerðir koma til með að herðast þegar kemur að losun á lífrænum efnum og ferskvatnsnotkun sbr. vatnatilskipun *nr. 36/2011*. Búast má við hertari lögum og reglugerðum þegar framkvæmdatímabil hefst árið 2016. Þá er við hæfi að sjávarútvegsfyrirtæki séu búin að rannsaka umhverfismál í fiskvinnslum og gera ráðstafanir áður en framkvæmdatímabil hefst.

Tveir meginþættir eru hvetjandi fyrir rekstraraðila fiskvinnslufyrirtækja til að ráðast í framkvæmdir með aukinni nýtingu vatns og frárennslis. Annarsvegar aukinn sparnaður eða arðsemi í rekstri sem afrakstur af fjárfestingu á nýjum búnaði og bættum verkferlum, og hinsvegar hertari reglugerðir sem skikka framleiðendur til endurskipulagningar. Hvað sem því líður þá er til mikils að vinna við að einangra þær aukaafurðir sem tapast með staðbundnu vinnsluvatni. Heildarverðmæti aukaafurða héraendis úr vinnslu á flakaafurðum þorsks til manneldis er metið á rúmlega 300 milljónir. Þó eru óþekktir tæknilegir eiginleikar leysanlegs próteins sem tapast með frárennslu eftir síun. Ávinningur þess að einangra þurrefni eða prótein úr vinnsluvatni felst ekki aðeins í bættri nýtingu hráefna, heldur verður frárennslu einnig hreinna og jafnvel hægt að endurnýta í vinnslunni.

Til að hægt sé að greina hversu mikill raunverulegur ávinningur hlýst af endurbótum sem fjallað hefur verið um í þessari skýrslu er mikilvægt að gera frekari rannsóknir á vatnsnotkun og frárennslu í fiskiðnaði. Frekari rannsóknir á bolfisk- og uppsjávarvinnslum gefa til kynna möguleika á verðmætaaukningu með nýjum lausnum og endurbættum vinnsluferlum. Slíkar umbætur þurfa ekki að vera dýrar tæknilausnir, þar sem t.d. er hægt að einangra talsvert af aukaafurðum með einfaldri síun. Næstu skref er að nýta afrakstur þessa verkefnis til áframhaldandi rannsókna á hreinni framleiðslutækni með það markmið að skapa nýjar lausnir við vatnsnotkun í fiskvinnslu.

6. Heimildir

- Agnarsson, S. (2011). *Hagfræðileg greining á nýtingu vatns*. Reykjavík: Háskóli Íslands - Hagfræðistofnun.
- AMEC. (2003). *Management of wastes from Atlantic Seafood processing operations*. Dartmouth, Nova Scotia: AMEC Earth & Environmental Limited.
- AMEC. (1999). *Reducing Water and Effluent Costs in Fish Processing: Environmental Technology Best Practice Program*. AMEC Environment & Infrastructure UK; Entec.
- Arason, S., Kristín, A. Þ., & Katrín, Á. S. (2005). *Prótein í frárennslisvatni: Forathugun á magni og eiginleikum*. Reykjavík: Rannsóknarstofnun fiskiðnaðarins.
- Bjarnason, B. H., & Friðsíksson, E. S. (2000). *Hreinna frárennsli*. Akureyri: Háskólinn á Akureyri.
- COWI. (2000). *Cleaner Production Assesment in Fish Processing*. UNEP/Earthprint.
- ESB. (2010). *Water Framework Directive*. European Commission.
- FAO. (1996). *Freshwater Fish Processing and Equipment in Small Plants*. Rome: FAO Corporate Document Repository.
- Fiskistofa. (janúar - september 2012). *Meðalverð loðnu selt beint til fiskverkenda*. Sótt Nóvember 2012 frá Verðlagsstofa skiptaverðs: http://www.verdlagsstofa.is/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=57
- IFC. (2007). *Environmental, Health, and Safety Guidelines for Fish Processing*. International Finance Corporation - World Bank Group.
- Reykjavíkurborg. (2008). *Reykjavíkurborg, Umhverfis- og samgöngusvið. Mengunarvarnir*. Sótt Nóvember 2012 frá reykjavik.is: http://www.reykjavik.is/Portaldata/1/Resources/umhverfissvid/heilbrigdiseftirlit/umhverfis_eftirlit/skilyrdi/Sertaek_skilyrdi_Fiskvinnslur.pdf
- sveitarfélaga, U. o. (án dags.). *Umhverfisstofnun*. Sótt Október 2012 frá <http://www.ust.is/atvinnulif/heilbrigdiseftirlit/starfsleyfisskilyrdi/>
- TemaNord. (1997). *BAT Best Available Technology in the Fish Industry*. Copenhagen: Nordic Council of Ministries.