

# VISTUM

## Nýting á krækling á fiskeldiskvíum

Magnús Þór Bjarnason

Eva G. Þorvaldsdóttir

Guðmundur Víðir Helgason

Þorleifur Eiríksson



Samstarfsaðilar: Ísfell ehf. og RORUM ehf.

Styrktaraðili: Uppbyggingarsjóður Vestfjarða

Vistum 2018 001

---

RORUM ehf

Brynjólfsgata 5 • 107 Reykjavík • +354 577 3337 • +354 864 7999 • [rorum@rorum.is](mailto:rorum@rorum.is) • [www.rorum.is](http://www.rorum.is)

**Lykilsíða**

<b>Skýrsla nr.:</b> VISTUM 2018 001	<b>Dags.:</b> 16.11.2018	<b>Dreifing:</b> Opin
Heiti skýrslu Nýting á krækling á fiskeldiskvíum		Fjöldi síðna: 23
<b>Höfundar:</b> Magnús Þór Bjarnason Eva G. Þorvaldsdóttir Guðmundur Víðir Helgason Þorleifur Eiríksson		<b>Verkefnisstjóri:</b> Magnús Þór Bjarnason
<b>Gerð skýrslu:</b> Lokaskýrsla		
<b>Styrktaraðili:</b> Uppbyggingarsjóður Vestfjarða		
<b>Samstarfsaðilar:</b> Ísfell ehf. RORUM ehf.		

## Útdráttur

Við innleiðingu á hugmyndafræði sjálfbærni og nálgunar hringrásar við vinnslu á því sem áður taldist úrgangur, er og mun breyta því hvernig við nálgumst úrgang okkar og byrjum að líta á hann sem hráefni. Í þessu verkefni er horft til nýtingar á skel sem fellur til við hreinsun fiskeldiskvía Ísfell á Flateyri, sem kemur frá fiskeldisfyrirtækjum á Vestfjörðum. Á fyrsta ári starfseminnar hefur um 30 tonnum á lífrænum úrgangi verið keyrt til urðannar í Fíflholti á Vesturlandi. Fyrir utan að vera kostnaðarsöm í peningalegu og umhverfislegu tilliti, þá verður þessi ósjálfbæra förgunaraðferð óleyfileg eftir 2023 og því er nauðsynlegt að líta á lífrænan úrgang sem hráefni. Umhverfi fiskeldiskvía er næringarríkt sem leiðir af sér ásætur sem setjast á kvía, þetta er vandi sem hefur verið leystur með gróf hreinsun í sjó og svo fullhreinsun í landi eða litun kvía þ.s. nótum er dýpt í kopar sem minnkar ásætur. Hingað til hefur fyrri aðferð verið beitt á Vestfjörðum og það kallar á þjónustu hreinsistöðva eins og Ísfells á Flateyri. Kræklingar og kræklingaþræðir eru einn sterkustu náttúrulegufestingarnar sem fyrir finnast, til þess að losa um krækling þurfa fiskeldisnætur að liggja í kör svo kræklingaþræðir fúlni af. Þetta hefur þau áhrif að nánast ekkert hold er eftir á skel þegar hún er þvegin, það úldnar burt. Þrátt fyrir þetta er nóg lífrænt efni í skel úrgang að hann teljist lífrænn úrgangur og heyrir undir reglugerðir þar um. Kræklingaskel er rík af kalki og öðrum steinefnum og getur nýst vel í margar vinnslur og helst innan landbúnaðar sem jarðvegsbætir. Það sem takmarkar notkunar á skel frá Ísfell á Flateyri er lítið og óreglulegt framboð. Sá kostur sem er fýsilegastur og getur lækkað kostnað við förgun á lífrænum úrgangi frá Ísfell á Flateyri er moltuvinnsla. Á haustdögum 2018 hófst moltuvinnsla í Skutulsfirði, kræklingaskel passar vel í þá vinnslu þar sem molta er súr, en með skel er ph-gildið hækkað sem gerir moltu að betri og næringaríkari jarðvegi. Þessi nálgun passar vel við hugmyndir um hringrás næringarefna og endurnýtingu.

**Efnisyfirlit**

Lykilsíða.....	2
Útdráttur .....	3
Efnisyfirlit .....	4
Inngangur .....	5
Aðferðir .....	6
Vetfangsferðir.....	6
Athuganir á vetfangi og sýnataka.....	7
Niðurstöður.....	8
Reglugerðir er varða meðferð á úrgangi til endurnýtingar.....	8
Reglugerð um meðhöndlun úrgangs nr.737/2033 .....	8
Reglugerð um endurnýtingu úrgangs nr. 1078/2015.....	8
Reglugerð Evrópuþingsins og ráðsins (EB) nr. 1069/2009.....	9
Vinnslumöguleikar á skel.....	10
Kræklingur og nýting á afurðum .....	10
Moltugerð.....	12
Landbúnaður.....	12
Fóðurbætir .....	13
Líftækni .....	13
Starfsemi Ísfells.....	13
Vinnsluferli.....	16
Sýnagreiningar.....	17
Efnagreining á sýnum.....	19
Umræður.....	20
Hagkvæmni notkunarkosta og mögulegur kostnaður.....	20
Lokaorð .....	21
Þakkir .....	22
Heimildir: .....	22
Vefsíður .....	23
Lög og reglugerðir.....	23

## Inngangur

Sá kræklingur og þari sem sest á fiskeldiskvíar kallast ásætur og talið með þeirra vandamála sem valda fiskeldisiðnaðinum miklum kostnaði. Það eru nokkrar aðferðir sem notaðar við hreinsun á kvíum. Kvíar hafa verið grófhreinsaðar í sjó og svo fullhreinsaðar á landi. Þetta er sú aðferð sem starfsemi Ísfells á Flateyri hefur unnið eftir.

Nýting aukaafurða er nú eitt megin viðfangsefnið í íslenskum sjávarútvegi og landbúnaði, bæði til að bæta afkomu og sporna gegn sóun. Hjá Ísfelli á Flateyri fellur til kræklingur og aðrar ásætur í tonnatali við þvott á fiskeldiskvíum. Þessi kræklingur er mjög smár og er ekki leyfilegt að nota hann til manneldis..

Í dag er kræklingi og öðrum lífmassa sem fellur til hjá Ísfelli ekið um 230 km til urðunar í Fíflholtum á Mýrum. Þessi förgun er dýr og eykur rekstrarkostnað við hreinsun eldiskvíá mjög mikið. Með hugsanlegri nýtingu á kræklingnum væri mögulegt að gera hreinsun sjóeldiskvíá hagkvæmari, bæta vistspor fiskeldis og skapað ný störf.

Í skýrslu um verkefni á vegum Norðurlandaráðs sem stýrt var af Matís, kemur fram að kræklingamjöl hentar vel til blöndunar í alifugla- og fiskafóður, vegna hásk hlutfalls fitusýra DHA/EPA sem er á milli 16% og 17% og hásk próteininnihalds upp á 66% (Ragnheidur I Thorarinsdóttir et al. 2011). Við prófanir var kræklingamjöl talið geta komið í staðinn fyrir fiskimjöl (Jón Árnason et al. 2015). Einnig er mögulegt að framleiða hágæða kalkríkan áburð með þurrkun og mólun hráefnisins.

Tilvist þessara ásætna í þvottastöð Ísfells á Flateyri varð kveikjan að verkefninu Nýting á krækling á fiskeldiskvíum en Vistum sótti um styrk til verkefnisins hjá Uppbyggingarsjóði Vestfjarða 2017 og fengust 1.000.000 kr. til verksins.

Verkefnið „Nýting á krækling á fiskeldiskvíum“ er samstarfsverkefni Vistum ehf., Rorum ehf. og Ísfells ehf.

Verkefnið verður innlegg í uppbyggingu atvinnustarfsemi á Vestfjörðum þar sem kannaðir eru möguleikar á því að skjóta fleiri stöðum undir atvinnulíf á svæðinu með nýtingu hráefnis sem nú er urðað með ænum tilkostnaði. Verði niðurstöður verkefnisins jákvæðar eru taldir auknir möguleikar í nýtingu á kræklingi til fóðurgerðar.

Í fyrsta hluta verkefnisins er farið yfir reglugerðir er varða meðferð á úrgangi til endurnýtingar.

Í öðrum hluta verkefnisins verður farið yfir vinnslumöguleika á skel eins og vinnslu á mjöli og hvaða önnur vinnsla sé fýsilegust með tilliti til nýtingar á því hráefni sem fellur til við hreinsun sjókvía. Kannað verður hvort hagkvæmt sé að þurrka og mala allan lífmassa sem fellur til saman eða hvort þurfi að flokka hráefnið fyrir vinnslu.

Þriðji hluti verkefnisins felur í sér könnun á samsetningu og magni þess efnis sem til fellur við kvíahreinsun. Greina þarf lífmassann sem safnast á fiskeldiskvíarnar eftir tegundum og hlutföllum s.s. kræklinga, sjávargróðurs og annarra sjávarlífvera. Hlutföll verða svo reiknuð yfir í þurrvig. Einnig þarf að kanna magn þungmálma, sérstaklega magn kadmíums en þekkt er að það getur verið allhált á Vestfjörðum.

Í fjórða hluta verkefnis verður farið yfir markaðslega stöðu fyrir mögulegra afurða sem hagkvæmt yrði að vinna úr því hráefni sem til staðar er, kannað hvaða markaðir eru til staðar fyrir vöruna og hvaða verð er í boði.

Í fimmta og síðasta hluta verkefnis verða teknar saman rekstrarforsendur fyrir verkefnið og hvort og hvernig sé best að halda áfram með niðurstöður þess. Hér verða forsendur rekstrar og niðurstöður verkefnis teknar saman og gerðar áætlanir um stofnun fyrirtækis fyrir vinnsluna, eða samning við fyrirtæki sem eru til staðar.

## Aðferðir

### Vetvangsferðir

Sumarið 2018 var farið í tvær vetvangsferðir á starfsstöð Ísfells á Flateyri (mynd 1). Í fyrstu ferðinni í júní 2018 var úti vinnusvæðið skoðað, myndir teknar og sýni tekinn, rekstrarstjóri Ísfells hafði gefið leyfi fyrir heimsókn en gat ekki verið viðstaddur. Seinni vetfangsferð var í byrjun september 2018 var farið í gegnum vinnsluferli með Bjarka Birkissyni rekstrarstjóra Ísfells á Flateyri.



Mynd 1. Vinnusvæði Ísfells á Flateyri.

Í fyrstu vetfangsferðinni var markmiðið að skoða aðstæður, sjá hvernig vinnsla fer fram og hvernig kræklingsskelinn og annar úrgangur frá þvottaferlinu lítur úr. Að lokum að safna sýnum frá ferð og senda til samstarfsaðila verkefnis RORUM til greiningar.

Seinni vetfangsferð sem fram fór í september eftir sumarleyfi var farið yfir vinnsluferli á kvíum með rekstrarstjóra Ísfells á Flateyri, Bjarka Birgissyni. Aðstaðan og planið var skoðað ásamt því að vinnuferli var skoðað á staðnum og í hverju það fælist (mynd 2). Farið var yfir það ferli sem nætur þurfa að fara í gegnum svo þær verði nothæfar á ný. Þegar nætur koma til hreinsunar til Flateyrrar þarf að taka til greina hvort þær hafi innihaldið sýktan fisk, slíkar nætur þarf að klóra í gegnum allt þvottaferlið.

## Athuganir á vetfangi og sýnataka

Úrgangsgámur frá Gámaþjónustustinni innihélt kræklingaskel og jarðveg af plani. Lyftari er notaður til þess að moka þeirri skel sem tilfellur af nótum í gáminn. Í seinni heimsókn var einnig skemmt nótaefni og kaðlar af fiskeldiskvíum í gámunum. Kar sem tekur við öðru lífrænu efni sem fellur til við þvottaferli inniheldur salla sem samanstendur af kræklingaþráðum, þörungum, slitið plast efni af kvíum og annað smálegt s.s. smádýr.



*Mynd 2. Kvíar á Vinnusvæði Ísfells á Flateyri.*

Að lokum voru sýni tekin af þremur stöðum. Sýnum var safnað í plastílát með loki, tvö sýni voru tekinn af hverjum stað nema fyrsta stað með heilum skeljum. Fyrsta sýnið var af heilum skeljum af fiskeldisnótum, annað sýnið var af skeljabrotum undir þvottatromlu og þriðja sýnið var úr kari með salla (mynd 3).



*Mynd 3. Sýni sem tekin voru af nót, undir þvottatromlu og affalls kari.*

Sýni voru svo undirbúin undir flutning og send með Flytjanda til RORUM, samstarfsaðila í verkefninu til greininga og rannsókna. Sýni sem send voru til RORUM voru fryst við komuna og voru síðan greind.

Eitt sýni var malað (2-4 mm) og sent til efnagreiningar hjá Efnagreining ehf. á Hvanneyri.

## Niðurstöður

Reglugerðir er varða meðferð á úrgangi til endurnýtingar.

Það eru 3 reglugerðir sem varða endurnýtingu á úrgangi og skel. Þetta er reglugerð 737/2003 um meðhöndlun úrgangs, reglugerð 1078/2015 um endurnýtingu úrgangs og reglugerð Evrópusambandsins nr. 1069/2009, sem tekur sérstaklega á meðhöndlun á skel og skelfisk úrgangi. Ef ekkert hold er í skelinni þá telst hún óvirkur úrgangur. En kræklingaskel frá nótaþvottastöð Ísfells er flokkuð sem lífrænn úrgangur vegna leyfa af kræklingaholdi sem í skelinni kunna að leynast. Af þessum sökum verður úrvinnsla á skel frá nótaþvottastöð Ísfells að uppfylla ofantaldar reglugerðir.

Reglugerð um meðhöndlun úrgangs nr.737/2033

Reglugerð um meðhöndlun á úrgangi hefur það markmið skv. 1. gr. „að stuðla að því að meðhöndlun úrgangs valdi sem minnstum óæskilegum áhrifum á umhverfið“, einnig að „dregið verði með skipulögðum hætti úr myndun úrgangs eins og unnt er. Þeim úrgangi sem myndast verði komið í endurnotkun og endurnýtingu og að sú förgun úrgangs sem nauðsynleg er verði með skipulögðum hætti þannig að hann nái jafnvægi við umhverfi sitt á sem skemmstum tíma.“ Þessi markmið rýma vel við þetta verkefni. 12. gr. Reglugerðar tekur á þessu atriði og kveður á um að „Ávallt skal leita leiða til að endurnota eða endurnýta úrgang. Þann hluta sem úrgangshafi nýtir ekki sjálfur skal flytja til söfnunar- eða móttökustöðva sem hafa starfsleyfi.“ Samkvæmt forgangsröðun um lausnir í úrgangsmálum sem skulu taka mið af umhverfislegum og efnahagslegumforsendum skal fyrst draga úr úrgangi og svo stefna að endurnotkun og endurnýtingu, endanleg förgun er lokaskref.

Tekið er á skyldum rekstraraðil í 18. gr. Og segir „Úrgangi sem fellur til við atvinnurekstur skal safna saman og flytja brott þegar í stað eða geyma með þeim hætti að óhollusta eða óþrífnaður stafi ekki af“. Enn fremur í sömu grein „Rekstraraðilar sem úrgangur fellur til hjá skulu sjá um flutning og bera kostnað vegna meðhöndlunar.“ Það er því Ísfells að lágmarka kostnað sinn við förgun úrgangs.

Reglugerð um endurnýtingu úrgangs nr. 1078/2015

Um endurnýtingu á úrgangi gildir reglugerð 1078/2015 og markmið hennar er skv. 1.gr. er „að stuðla að endurnýtingu úrgangs þannig að hann teljist ekki lengur vera úrgangur og svo að ekki skapist hætta fyrir heilbrigði manna og dýra og umhverfið verði ekki fyrir skaða.“ Í 3.gr. þessarar reglugerðar er eftirfarandi skilgreiningar, endurnýting skilgreind sem „aðgerð þar sem aðalútkoman er sú að úrgangur verður til gagns þar eð hann kemur í stað annars efniviðar sem hefði annars verið notaður í tilteknum tilgangi, eða hann er útbúinn til þeirrar notkunar, í



*móttökustöð eða úti í hagkerfinu.*“, og úrgangur er skilgreindur sem „*Hvers kyns efni eða hlutir sem handhafi úrgangs ákveður að losa sig við, ætlar að losa sig við eða er gert að losa sig við.*“

Þegar úrgangur fer í gegnum vinnslu sem ekki eru til viðmið um verður skv. 4. gr. „*skal sá rekstraraðili sem hyggst markaðssetja vöruna sækja um ráðgefandi álit Umhverfisstofnunar á því hvort úrgangurinn hætti að vera úrgangur þegar hann hefur farið í gegnum endurnýtingaraðgerðina.*“. Í 7.gr. um Ráðgefandi álit Umhverfisstofnunar um endurnýtingu úrgangs, segir að vara úr úrgang sé á ábyrgð framleiðanda og það er ábyrgð hans og að framleiðandi „*skal hafa hliðsjón af ráðgefandi áliti um endurnýtingu úrgangs*“. Enn fremur segir „*Við setningu viðmiða um lok úrgangsfasa fyrir úrganginn fellur ráðgefandi álit Umhverfisstofnunar úr gildi og ber rekstraraðilanum þá að fara eftir þeim viðmiðum um lok úrgangsfasa.*

Í 6. gr. reglugerðarinnar er fjallað er um þá matsþætti sem Umhverfisstofnun skal leggja til grundvallar við mat á því hvenær úrgangur sem hefur farið í gegnum endurnýtingaraðgerðir og getur ekki talist úrgangur. Fyrsti þáttur er að úrgangur er orðin að seljanlegri vöru. Annar þáttur er að hægt sé að nota úrgang á sambærilegan hátt og vöru á markaði sem ekki er úrgangur. Þriðji þáttur er að hægt sé að geyma úrgang sem farið hefur í gegnum endurnýtingarferli á sama hátt og vara á markaðir sem ekki er úrgangur. Fjórti þáttur er „*að umsækjandi tryggi að varan uppfylli ávallt settar kröfur*“.

#### Reglugerð Evrópuþingsins og ráðsins (EB) nr. 1069/2009

Þessi reglugerð fjallar um heilbrigðisreglur sem snerta aukaafurðir úr dýrum og tengdar afurðir sem ekki eru ætlaðar til manneldis. Fjallað er með beinum hætti um skeljar í þessari reglugerð. Megin reglan er að afleiddar afurðir skapi ekki óviðunandi hættu fyrir heilbrigði manna og dýra.

Fyrst er fjallað um skelfisk í atriðum sem taka þarf tillit til við reglugerð í lið nr. 42 og segir „*Skeljar af skelfiski, sem mjúkvæfur eða kjöt hefur verið fjarlægð úr, skulu falla utan gildissviðs þessarar reglugerðar. Vegna mismunandi aðferða sem beitt er í Bandalaginu við fjarlægingu slíkra mjúkvæfja eða kjöts úr skeljum skal vera mögulegt að nota skeljar, sem mjúkvæfur eða kjöt hefur ekki verið fjarlægð úr að öllu leyti, að því tilskildu að slíkt leiði ekki til þess að upp komi áhætta fyrir heilbrigði manna og dýra. Landsbundnar leiðbeiningar um góðar starfsvenjur gætu stutt við útbreiðslu þekkingar um tilhlýðileg skilyrði til að gera slíka notkun mögulega*“. Imprað er á þessu atriði í f-lið annars liðar 2.gr. þessarar reglugerðar en þar segir að reglugerð nái ekki yfir „*skeljar af skelfiski sem mjúkvæfir eða kjöt hefur verið fjarlægð úr. Skel án kjöts telst því óvirkur úrgangur og heyrir því ekki undir heilbrigðisreglugerð.*

Samkvæmt reglugerð ESB telst skelfiskur eða „*skelja af skelfiski með mjúkvæfjum eða kjöti*“, vera 3.flokks úrgangur, en það er úrgangur sem í tilviki skelfisks skv. f-lið „*sýndu engin merki um sjúkdóm sem getur borist með því efni í menn eða dýr.*“.

Fjallað er um förgun á 3. flokks úrgangi í 14. gr. en þar segir meðal annars um 3 flokks úrgang í c-lið „*fargað á viðurkenndum urðunarstað að undangenginni vinnslu, d-liður tekur á vinnslu nema að „nema ef um er að ræða efni í 3. flokki sem hefur breyst vegna rotnunar eða skemmt þannig að af afurðinni stafar óviðunandi áhætta fyrir heilbrigði manna eða dýra, og notað:*

- i. til framleiðslu á fódri fyrir alidýr önnur en loðdýr, sem setja skal á markað í samræmi við 31. gr., nema ef um er að ræða efni sem um getur í n-, o- eða p-lið 10. gr.,
- ii. til framleiðslu á loðdýrafóðri sem setja skal á markað í samræmi við 36. gr.,
- iii. til framleiðslu á gæludýrafóðri sem setja skal á markað í samræmi við 35. gr. eða
- iv. til framleiðslu á lífrænum áburði eða jarðvegsbætum sem setja skal á markað í samræmi við 32. gr., - fl. Aðrar áhugaverðar greinar um leyfilega notkun sem varða þetta verkefni eru:
  - f) mylt eða ummyndað í lífgas,
  - g) ef um er að ræða efni úr lagardýrum, verkað í síló, mylt eða umbreytt í lífgas,
  - h) ef um er að ræða skeljar af skelfiski, aðrar en þær sem um getur í f-lið 2. mgr. 2. gr., og eggjaskurnir, notað við skilyrði sem lögbært yfirvald ákveður og sem koma í veg fyrir að áhætta skapist fyrir heilbrigði manna og dýra,
  - i) notað sem brunaeldsneyti með eða án undangenginnar vinnslu,
  - j) notað til framleiðslu á afleiddum afurðum sem um getur í 33., 34. og 36. gr. og sett á markað í samræmi við þær greinar.

Um setningu á markað er fjallað um í öðrum kafla og skv. 31.gr. þá eru skel leyfð til fóðrunar á alidýrum að því gefnu að heilbrigðiskröfum hafi verið fylgt og þær komi frá samþykktum og skráðum fyrirtækjum. Um lífrænan áburð og jarðvegsbæti er fjallað um í 32.gr. að auki þeim kröfum sem koma fram í 31.gr. er fjallað um réttar merkingar um innihald og rétt aðildarríkja til að setja sér sérheilbrigðisreglur þegar kemur að jarðvegsbæti. Varðandi notkun á afleiddum vörum í t.d. snyrtivörur og lyf er vísað í tilskipanir sem fjalla um þann málaflökk.

Eins og sagt hefur verið er megin reglan í Evrópureglunum að úrgangur eða afleidd vara feli ekki í sér áhættu fyrir heilbrigði manna og dýra. Reglurnar eru því frekar almennar. Það atriði sem hefur sérstök áhrif á þetta verkefni eru tilskipun ráðherraráðs ESB ([99/31/EC](#)) varðandi urðun á úrgangi og innleiðingar á Hringrásarhagkerfi ESB. Samkvæmt Hringrásarhagkerfi ESB skal dregið úr urðun úrgangs og byrja að líta á úrgang sem hráefni.

### Vinnslumöguleikar á skel

Kræklingaskel og annar lífrænn massi eru efnin sem falla til við hreinsun á fiskeldiskvíum (mynd 4). Eins og efnisgreining hér að ofan vísar til er kræklingsskel náttúruleg og steinefnarík sem nýttá má á betri hátt en til urðunnar sem lífræn úrgangur. Einnig verður hafa í huga að urðun verður ekki möguleg eftir 2023, þegar tilskipun um sérstaka flokkun á lífbrjótanlegum úrgangi tekur gildi. Kræklingaskel getur haft aðra áhugaverða notkunarmöguleika við moltugerð, landbúnaði og hugsanlega líftækni. Það magn sem fellur til á Flateyri við hreinsun á eldiskvíum gefur þó ekki tilefni til stórtækra iðnaðarnotkunar, til þess er magnið of óreglulegt og takmarkað. Hér verður fjallað nánar um ofangreinda möguleika.

### Kræklingur og nýting á afurðum

Kræklingur vex vel við strendur Ísland, misjafnlega hratt en finnst víða um land. Nýtanlegir hlutar kræklingssinns eru holdið og skelin. Kræklingaholdið er um 65% og 8% fita og inniheldur þar að auki mörg næringarefni, fyrir utan notkun til manneldis hentar það vel sem fóður fyrir alifugla og í fiskeldi. Skel sem fellur frá við neyslu og notkun er 95% kalsíumkarbónat, sama



Mynd 4: Úrgangsskel undir tromlu.

steinefni og finnst í kalki. Skel er því notuð sem staðkvæmdarvara í stað kalks frá námum, sem umhverfisvænni kostur með minna kolefnisfótspor ([sebiology.org](http://sebiology.org)). Í Svíþjóð og Danmörku hafa verið og eru stór verkefni þar sem er varið að þróa kræklingarækt með þeim tvíþætta tilgangi að draga úr næringarofauðgun sjávar og skapa í leiðinni verðmætar vörur.

Kræklingar sía smápörunga úr umhverfi sínu og þannig fjarlægja þeir næringarefni úr sjónum, aðalega nítröt og fosföt en einnig stein- og snefilefni. Kræklingar eru neðarlega í vistkerfinu, aðeins einu skrefi frá frumframleiðanda. Í Danmörku er t.d. stórt verkefni sem kallast MuMiPro ([mumipro.dk](http://mumipro.dk)) og hefur þann tilgang að rækta krækling til fódurs fyrir svín og alifugla á hagkvæman hátt, ásamt því að hafa jákvæð umhverfisleg áhrif með því að draga úr áhrifum næringarofauðgunar í kringum Danmörk. Á þessum grundvelli þá er ræktun á krækling til fóðurframleiðslu í kringum fiskeldi hugmynd sem væri vert að athuga og hvort danska nálgunin væri hagkvæm og gerleg hér á landi.

Þegar hold kræklinga hefur verið nýtt er skelin eftir og hefðbundinn förgun á skel hefur verið urðun, sem verður að teljast kostnaðarsöm förgun á verðmætum lífmassa. Endurnýting á skel er aftur á móti gott dæmi um hugmyndir um hringrásar hafkerfi (circular economy) þar sem ný

not eru fundinn fyrir þennan verðmætan lífmassa, en við að forðast kostnað við urðun hafa þegar skapast verðmæti. Endurnotuð skel er helst notuð í landbúnaði sem fóður- og jarðbætir, einnig er skel notuð í iðnaði sem bætiefni í sement, vatnshreinsun, einnig hafa verið rannsóknir á notkun skeljaúrgangs innan líftækniíðnaðar. Einnig verður að hafa tilskipun ráðherra ráðs ESB 99/31/EC, varðandi urðun á sorpi.

### Moltugerð

Við framleiðslu á moltu er lífrænum úrgangi frá heimilum og fyrirtækjum safnað saman í hauga svo úr verði molta sem nota má aftur með mold. Molta hefur hátt sýrustig og þarf að blandast öðrum jarðvegi svo hún verði nothæf. Skelja innihalda hátt hlutfall kalks sem dregur úr sýrustigi moltu og gerir hana því betri. En til þess að kræklingaskel sé nothæf í moltugerð þarf að mylja hana niður með kvörn. Samkvæmt spænskri rannsókn skilar fín mulin skel skilar betri árangri en grófmöluð skel.

Kræklingaskel fylgir ýldulykt sem kemur frá lífrænu niðurbroti á kjötleyfum sem má finn á skelinni. Þessar lífrænu leifar eru það sem gera kræklingaskel af lífrænum úrgangi sem verður að meðhöndla samkvæmt ofangreindum reglugerðum. Samkvæmt sænskum rannsóknum þá dregur hálmur og timburkurl úr ýldulykt við moltugerð, en spurning hvort gras og trjáskurl hafi sömu áhrif.

Á haustdögum 2018 hóf Gámaþjónustan moltugerð í Engidal í Skutulsfirði. Heimili og fyrirtæki flokka nú lífrænan úrgang sérstaklega í þar til gerða poka. Kræklingsskel frá Ísfell passar vel við þessa vinnslu og er hún í samræmi við leyfða meðhöndlun á úrgangi. Hér virðist því vera kominn hagkvæmasta lausninn á förgun á skel.

### Landbúnaður

Innan landbúnaðra má nota skel með sama hætti og við moltugerð þ.e. sem jarðvegsbæti til að auka næringargildir jarðvegs og minnka sýrustig hans. Auk þess að kalka jarðveg inniheldur skel einnig fosfat (P) og súlfat (SO<sub>2</sub>), ásamt mikilvægum snefilefnum s.s. selen sem hafa jákvæð áhrif á plöntuvöxt. Blautur jarðvegur og mýrlendi er einkum hætt við að vera of súr og þörf á að kalka jarðveg.

Í samræðum við bændur á Vestfjörðum kom í ljós að þetta er ekki vandamál þ.s. auðvelt aðgengi er að skeljasandi í fjörum sem inniheldur mikið að skeljabroti. En samkvæmt samtali við Runólfur Sigursveinsson hjá Ráðgjafamiðstöð landbúnaðarins þá er nauðsynlegt að kalka jarðveg sérstaklega á öðrum svæðum s.s. á Mýrunum. Eigi að nota óunna skel, sem ekki hefur verið þurrkuð og mulin sérstaklega, þá er, samkvæmt samtali við Anton Helgason hjá Heilbrigðiseftirliti Vestfjarða, nauðsynlegt að plægja hana niður að hausti.

Á norður Spáni í Galísíu þar sem ein mesta kræklingarækt Evrópu fer fram, er kræklingaskel notuð til kölkunar á jarðvegi við mjög góða raun. Jarðvegur sem hefur verið meðhöndlaður með þurrkaðri fínmalaðri kræklingsskel skila betri jafn og betri uppskeru en jarðvegur sem eingöngu hefur verið kalkaður, munar þar mest um aukið innihald þurrefna í uppskeru.

Til þess að kræklingsskel sé nothæf í íslenskum landbúnaði mun þurfa mikið magn og stöðugt. Í Evrópu þ.s. kræklingur er notaður sem áburður og jarðvegsbætir er skipulögð ræktun á krækling og annarri skel til staðar sem tryggir stöðugt mikið og tryggt framboð. Þessar aðstæður

eru en sem komið er ekki til staðar á Íslandi og úrgangs skel frá Flateyri yrði því að vera við jaðaraðstæður þ.s. lítið og óstöðugt framboð er ekki til vansa. Möguleikar fyrir notkun á kræklingaskel er líklegast mestur innan landbúnaðar þar sem skel getur verið notuð til kalka jarðveg þ.e. lækka sýrustig hans. Blautur jarðavegur verður súr með tímanum sem minnkar framleiðslu hans við hærri sýrustig. Með því að bæta við kalk í jarðveg lækkar sýrustig hans og eykur framleiðslumagn hans (Alvarez et al. 2012).

### Fóðurbætir

Í Svíþjóð og Danmörku þ.s. mikið er ræktað af krækling í Skagerak, sem hluti af náttúrulegri leið til að draga úr næringarofauðgun. Þessi kræklingur er síðan notaður sem fóður fyrir lífrænna alifugla- og svínaræktun. Kræklingahold inniheldur svipað magn næringarefna og sojavörur og kræklingamjöl inniheldur svipað magn næringarefna og fiskimjöl. Í sænskri rannsókn á kræklingum sem fóður gjafa, var hænum gefið frjálst val um fæði soja eða krækling, og völdu þær kræklingahold fram yfir aðra kosti. Kræklingfóðrið hafði ekki áhrif á bragð eggja, en eggjagulan varð appelsínugul.

Eigi að nota kræklingaskel sem kalkbæti við alifuglarækt þá má skelin ekki flokkast sem lífrænn úrgangur. Skel verður því að vera laus við hold, þurrkuð og mulinn. Verpanði hænur þurfa t.d.4,0 til 4,5 gr. af kalki á dag, svo eftirspurnin er til staðar. En það aftur þá er þetta markaður sem þarf tryggara framboð og betri vöru en mögulegt er að anna með starfsemi á Flateyri.

### Líftækni

Í lestri vísindagreina fyrir þetta verkefni þá komu rannsóknir sem unnar hafa verið á skel til ýmissa líftæknilegra þátta s.s. aðstoð við að græða brotin bein, húðvörur og framleiðslu á kítósan, sem er bindiefnið í skeljunum. Þessar rannsóknir virðast ekki vera komnar lengra en virðast eins og er vera spennandi möguleikar. Þegar kemur að því að græða brotin bein, þá eru það steinefnablöndur sem líkjast efnainnihaldi mannabeina sem sóst er eftir og er spennandi. Þessi svipaði efniseiginleiki er einnig það sem sóst er eftir í húðvörum. Í afrískri rannsókn á kítin þá var niðurstaðan að afrískur kræklingur innihéldi um 23,25% af kítin, sem er svipað og rækjuskel (Abdulwadud et al. 2013). Þetta eru atriði sem spennandi er að fylgjast með, sérstaklega ef kræklingarækt þróast á Íslandi hvort sem er í tengslum við fiskeldi eður ei.

### Starfsemi Ísfells

Starfsemi á Ísfells á Flateyri fer fram í norðurenda Oddavegs 13 á Flateyri byggir á því að hreinsa og þvo fiskeldisnætur, laga net og gera þau klár til notkunar á ný. Ísfell keypti Oddaveg 13 í janúar 2017, en húsnæðið var áður í eigu fiskeldisfyrirtækisins Arctic Oddi, Ísfell hóf starfsemi sína í maí 2017. Stærstu viðskiptavinir Ísfells hafa verið Arnarlax og Arctic Fish, en aðallega hefur verið á tekið móti fiskeldiskvíum til hreinsunar frá Arnarfirði, Tálknafirði og Patreksfirði.

Í byrjun störfuðu tveir starfsmenn hjá Ísfelli á Flateyri við þrif á netapokum, en nú er eingöngu einn starfsmaður í föstu starfi við starfsstöðina. Kvíar hafa ekki komið eins títt í þvott hjá stöðinni eins og áætlanir gerðu ráð fyrir, kemur þetta til vegna lengri eldistíma og breytinga á tegundum netapoka sem nota á við eldisstarfsemi. Þetta hefur leitt til þess að ekki er verið að gera við notaða netapoka á Flateyri eins og gert var ráð fyrir.

Þegar komið er að vinnusvæði Ísfells á Flateyri er eitt af því fyrsta sem sést er þvottatromlan ásamt haugum af fiskeldisnótum, þegar gengið er inn á svæðið kemur í ljós gámur með skel og skeljabrotum sem mokað hefur verið upp í og kar með úrgangi sem kemur úr þvottatromlu. Planið í kringum vinnusvæði er alsett skeljabrotum og leyfum af kræklingaþráðum sem fallið hefur af fiskeldiskvíum við flutning í þvottatromlu. Stór lyftari og krani eru notaðir til þess að flytja nætur til á vinnusvæði.

Fiskeldisnætur á svæðinu komu frá Arnarlax í Arnarfirði samkvæmt rekstrarstjóra. Flestar kvíanætur koma frá Arnarfirði en kvíanætur koma einnig frá Patreksfirði og Tálknafirði. Á næstu misserum munu svo kvíanætur koma frá eldi Arctic Odda í Dýrafirði og fleiri stöðvum á Vestfjörðum. Horft er til eldiskvía í Önundarfirði og Skutulsfirði til framtíðar fyrir starfsstöðina, en starfsemi er óregluleg með stórum álagspunktum.

Þegar fiskeldisfyrirtæki hafa slátrað úr fiskeldiskví er hún alsett ásætum (fouling á ensku) sem samanstanda af þörungum og kræklingum. Áður en að þvotti kemur eru netin geymd úti þannig að ásæturnar rotna og byrja að losna af netunum. Mikið magn af kræklingaskeljum var sýnilegt á þeim nótum sem voru á plani Ísfells (mynd 5 og 6). Á nótum var einnig mikið af kræklingaþráðum (Byssus) sýnilegt eftir að kræklingar höfðu úldnað af. Ekki var áberandi ýldulykt á svæðinu þrátt fyrir stillt veður og heiðskýrt, næturnar sem voru til staðar voru því að verða tilbúnar fyrir þvott.



Mynd 5. Lífrænn salli úr þvottatromlu.



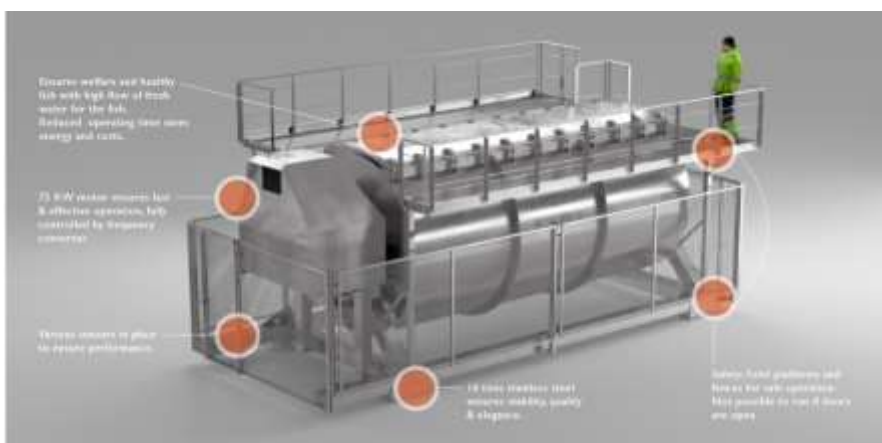
Mynd 6. Fiskeldis nót fyrir þvott - mikið magn skeljar.

Þvottatromlan sjálf er mikið verkfæri og öflugt (mynd 7). Tromlan opnast langsum og er nótum sigið niður í tromlu með krana sem til staðar er á svæðinu. Við flutning á nót í tromlu losnar skel úr tromlu og fellur á planið, þessari skel þarf að moka í gám. Í þvottaferli skolast restin af þeirri skel sem er í nót ásamt því lífræna efni sem er að finna á kví. Skel fellur úr tromlu í grófum brotum á planið. Annað lífrænt efni úr tromlu fellur frá í gegnum skilju og fer í gegnum snigil í þar til gert kar. Þær nætur sem lokið höfðu þvottaferli voru settar til hliðar tilbúnar fyrir frekari yfirferð og lagfæringar.



Mynd 7. Þvottatromla ásamt affalls salla úr þvottatromlu.

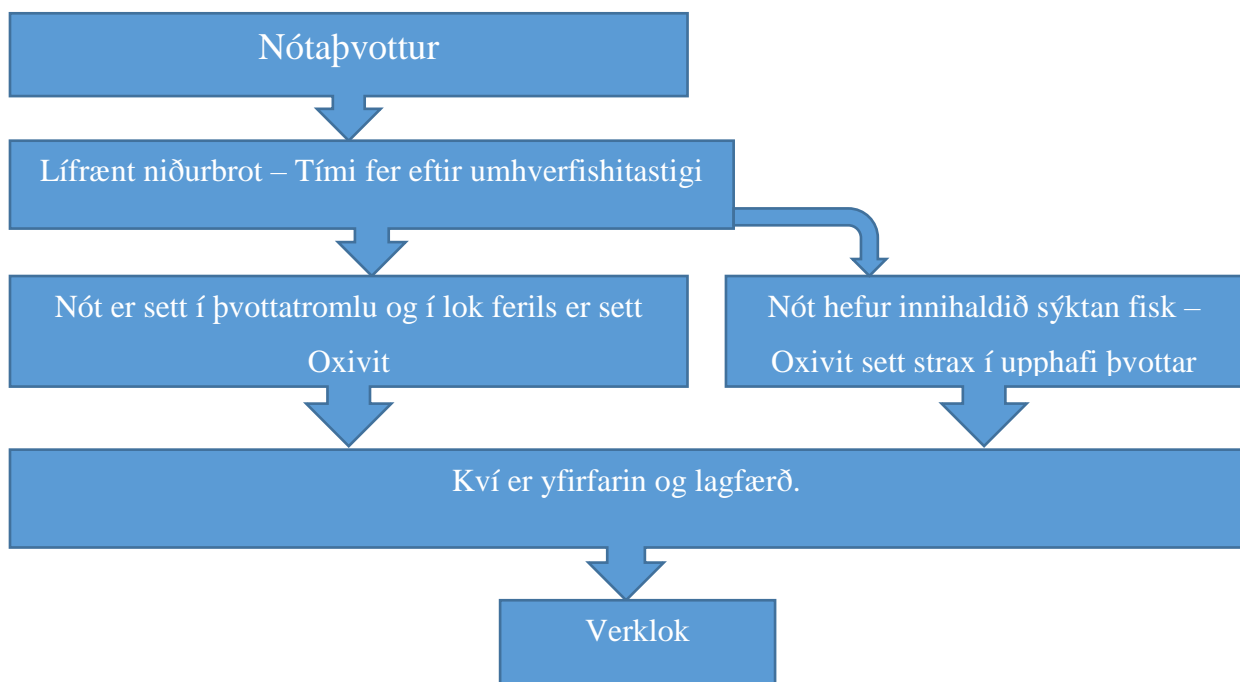
Þvottatromlan sem Ísfell notar kemur frá Björdal – Industrier í Ørsta, Noregi (mynd 8). P.E. Björdal framleiðir aðallega búnað fyrir sjávarútveg og fiskeldi og þar á meðal þvottatromlum fyrir stórar nætur og netapoka. Samkvæmt frétt um afhendingu stöðvarinnar á Flateyri kemur fram að stöðin er með NOOMAS vottun og uppfyllir hinn norska NS9415 staðal um vinnu við búnað til fiskeldis.



Mynd 8. Tæknimynd Björdal af "Impregnator" þvottatromlunni.

## Vinnsluferli

Þegar kvíar koma til Ísfells til hreinsunar er mikið magn af ásætum á þeim, þörungum og kræklingum. Kræklingar er fastir við nætur þegar þeir koma til stöðvarinnar og þurfa að kæsast í nokkrar vikur áður en frekari hreinsun getur farið fram, en spunapræðir kræklinga eru meðal sterkustu líma í náttúrunni. Þegar kræklingar hafa fúlnað af eru nætur settar í þvottatromlu Ísfells. Við þvottaferli er notaðu klórblandað hreinsiefni til hreinsunar á nótunum.



Mynd 9. Vinnsluferli við hreinsun nóta hjá Ísfell á Flateyri. Heimild: Bjarki Birkison.

Þegar þvottaferli hefst er nánast allt lífrænt efni úr krækling og þörungum orðið úldið og/eða uppþornað. Þetta lífræna efni skolest út í þvottaferlinu. Þegar nætur eru fluttar í þvottavél byrjar kræklingsskel að hrynja úr nótunum. Það sem situr eftir við þvottaferlið er það sem tilheyrir kræklingum skelinn og spunapræðir (mynd 9).

Upplýsingar um magn þess úrgangs sem hefur farið til urðunnar frá starfsstöð Ísfells á Flateyri og kostnaður vegna flutnings og urðunnar er að finna í bókhaldi Ísfells (tafla 1). Haft var samband við fjármálastjóra Ísfells, Baldur Haraldsson og tók hann saman niðurstöður úr

Tafla 1 Yfirlit um magn og kostnað vegna urðunar. Heimild: Ísfell.

Dags.	Kg.	Kr/m.vsk	Kr/án.vsk
20.6.2017	3.040	256.432	206.800
31.7.2017	10.020	559.116	450.900
1.11.2017	6.240	90.102	72.663
31.12.2017	4.940	284.022	229.050
30.6.2018	5.760	291.648	235.200
	30.000	1.481.320	1.194.613



bókhaldi Ísfells. Frá upphafi stöðvarinnar hafa 3 tonn af úrgangi verið send til urðunnar og hefur þessi flutningur kostað um 1,4 milljónir króna.

Óvissu er um hvernig þjónustu um fiskeldisnætur verða í framtíðinni, því hefur ekki verið farið í viðgerðir nótum og segja þurfti upp starfsmanni við stöðina. Miðað við þau áform sem núna eru uppi þá gera fiskeldisfyrirtæki ráð fyrir að lita kvíar, en við litum kvía er nótum dýpt í koparblandaða lausn til varnar ásætum. Þessi áform hafa mikil áhrif á framtíðarstöðu Ísfells á Flateyri, því finnst ekki hentugt húsnæði fyrir stöð mun þessi þjónusta flytjast til Hafnafjarðar. Hentugt húsnæði þarf mikla lofthæð 12 til 14 metra og gott gólfpláss, samkvæmt rekstrarstjóra Ísfells þá væri það helst húsnæði skipasmíðastöðvarinnar á Ísafirði sem gæti passað.

### Sýnagreiningar

Niðurstaða greiningar er eftirfarandi:

Sýni 1 Af kví áður en hún fór í þvott. Mest gróf muldar kræklingsskeljar allt að 2,8 cm langar. Smá kræklingstæjar og byssusþræðir með (Mynd 10).



*Mynd 10 Sýni 1 Af kví áður en hún fór í þvott*

Sýni 2 úr kari. Innihald: Mjög mikið af hveldýrum (Hydrozoa) auk þráðlaga brúnþörunga og þang (*Fucus* spp.) Skelbrot mest smár kræklingur en vottur af öðrum smávöxnum skeldýrum s.s. gluggaskel (*Anomya squamula*) (Ingimar Óskarsson 1982). Einnig voru kalpípuormar (*Serpulidae*) til staðar Smávegis var af bláum plastþráðum úr bandi í sýninu (mynd 11).



*Mynd 11. Sýni 2 úr kari.*

Sýni 3 úr skiljum í þvottarstöð. Innihald: Mjög svipað og sýni 2. Uppistaðan voru hveldýr. Meira var af þangi en þráðlaga þörungum. Skeljabrot voru fín mulin, mest smár kræklingur. Í sýninu var rauður plastþráður úr bandi og hvítt flatt plast (mynd 12).



*Mynd 12. Sýni 3 úr skiljum í þvottarstöð.*

Sýni 4. Skeljabrot undan þvottavél. Innihald var að mestu muldar kræklingsskeljar allt að 3 cm langar. Einnig voru til staðar hold úr kræklingi (þurrt), hveldýr, kalkpípuormar og þang (Mynd 13).



Mynd 13. Sýni 4. Skeljabrot undan þvottavél

Sýni 5. Skeljabrot undan þvottavél. Innihald: Mjög líkt sýni 4. Að mestu muldar kræklingsskeljar allt að 3 cm langar. Einnig voru til staðar hold úr kræklingi (þurrt), hveldýr, kalkþípuormar og þang.

### Efnagreining á sýnum

Niðurstöður efnagreiningar á sýni 5 (tafla 2 og 3).

Tafla 2: Niðurstöður efnagreiningar

Heiti	Tákn	Eining	Magn
Kalsíum	Ca	g/kg	474
Köfnunarefni	N	g/kg	9,81
Natríum	Na	g/kg	3,31
Brennisteinn	S	g/kg	1,79
Magnesíum	Mg	g/kg	0,9
Fosfór	P	g/kg	0,33
Kalíum	K	g/kg	0,05
Járn	Fe	mg/kg	333
Ál	Al	mg/kg	168
Mangan	Mn	mg/kg	12
Kopar	Cu	mg/kg	7,6
Sink	Zn	mg/kg	5,8
Kóbolt	Co	mg/kg	6,4
Mólybden	Mo	mg/kg	0,25
Selíum	Se	µg/kg	255

Tafla 3: Snefilefni.

Heiti	Tákn	Eining	Magn
Króm	Cr	mg/kg	2,9
Nikkel	Ni	mg/kg	4,4
Arsen	As	mg/kg	0,18
Kadmíum	Cd	mg/kg	0,09
Blý	Pb	mg/kg	1,01
Kvikasilfur	Hg	mg/kg	e.m.

## Umræður

Vetfangskannanir og nánari athuganir á aðstæðum leiddu í ljós að þær áætlanir sem lagt var upp með í verkefni t.d. varðandi vinnslu á mjöl, þurrkun á lífmassa eru ekki raunhæfar. Úrgangurinn sem kemur frá hreinsun á fiskeldiskvíum er mjög grófur og inniheldur meðal annars talsvert af plastögnum sem þarf að hreinsa frá eða eins og líklegt er, að urða áfram. Óreglubundinn rekstur og framboð á hráefni til vinnslu skapar einnig vandamál til framtíðar sem og óvissa um hvernig hreinsun og þjónusta á fiskeldiskvíum verður háttáð í framtíðinni. Hreinsun á nótum fiskeldiskvíá mun þurfa að vera áfram sem lengi sem fiskeldi í sjó er stundað og ekki eru líkur á neinum samdrætti á næstunni. Óvissan snýr að því hvaða leiðir verða farnar til hreinsunar af ásætum fiskeldiskvíá og hagkvæmasta leiðin er að ásæturnar setjist aldrei á kvíarnar.

Almennt álit á sýnum eftir skoðun þeirra var að það var mun verra en í fyrstu var talið. Slæmt ástand sýna var talið takmarka notkunar möguleika verulega og þá mögulegu notkun sem hugsað var til.

Úrgangur eftir þvott á netum í fiskeldi samanstendur af skel og greinum hveldýra (Hydrozoa), en einnig smáum ásætubörungum og brotum af öðrum skeldýrum svo sem gluggaskel. Einnig koma fyrir plasttæjur af neti.

Ef búa á til kalkáburð til sölu á almennum markaði þarf hann að vera með skilgreind gæði samkvæmt reglugerð um áburð. Upplýsingar um næringu á rúmmálseiningu.

Kalk ( $\text{CaCO}_3$ ) er notað sem jarðvegsbætir til þess að hækka sýrustig jarðvegs. Hér á landi er allt kalk innflutt og með skilgreind gæði (Barros et al. 2009).

Kalk er notað á ræktað land: gras-, korn-, matjurtarækt og í heimilis- og skrudgarða. Meðal annars hefur kalk verið notað á mosaríkum grasflötum en kalkið bætir samkeppnisstöðu grassins svo að mosinn verður undir.

Hugsanlega væri hægt að nýta seljabrotin með óskilgreind gæði í stórtæka moltugerð. Efnið þyrfti að þurrka og mala til þess að nota í moltu. Stórtæk moltugerð er stunduð á Akureyri af Gámabjónustunni, sennilega mun SORPA hefja moltugerð innan tíðar.

### Hagkvæmni notkunarkosta og mögulegur kostnaður.

Hér að ofan hefur verið farið yfir vinnsluferli, greiningu á þeirri skel sem fellur til við hreinsun á fiskeldiskvíum hjá Ísfell á Flateyri, einnig hvernig dæmi um hvernig úrgangsskel er nýtt í

Evrópu og að lokum hvaða reglugerðir ná yfir vinnslu á úrgangs skel. Þeir þættir sem takmarka nýtingu skel eru það magn og tíðni sem til fellur og ástand þeirrar skeljarinnar.

Magnið 30 tonn virðist vera mikið, við vinnslu jarðefna þá er slíkt magn dropi í hafið svo að segja. Hagkvæm vinnsla þarf að geta tekið við skel þegar hún er kominn og geta nýtt hana sem í þeim skömmtum sem hún kemur. Þeir möguleikar sem eru helst til jarðvegsbóta og kölkunar á bújörðum þ.s. jarðvegur telst með of lágt ph-gildi og talinn súr. Önnur möguleg notkun er við moltugerð, en ph-gildi moltu er lágt og súrt. Því er blöndun á kalkríkum skeljum æskileg og eykur gæði mottunnar.

Í september 2018 hófst söfnun á moltu á norðanverðum Vestfjörðum og er molta safnað saman til vinnslu í Engidal við Skutulsfjörð. Þegar rætt var við umsjónarmann moltugerðar Gámaþjónustunnar, Arngrím Sverrisson var hann meðvitaður um þá skel sem fellur til við hreinsun á fiskeldiskvíum á Flateyri og er hráefni sem hann gæti komið til vinnslu. Tíðni og magn þeirrar skeljar sem til fellur er ekki vandamál, hægt er að safna saman skel í hauga á svæði og nota eftir þörfum.

Til þess að skel frá starfsstöð Ísfells á Flateyri sé nothæf þarf hún að vera möluð, því fínna því betra. Fínna efni blandast betur við moltunna og hjálpar til við að laga ph-gildi, stærri skelbitar gera það mun síður. Samkvæmt Arngrími þá er kostnaður við þær kvarnir eins og þær sem nota má á milli 5 til 10 milljónir króna uppsett. Þetta er kostnaður sem þarf að taka tilgreina við móttöku á skeljum frá Ísfelli á Flateyri.

Sé miðað við að kvörn kosti 10 milljónir uppsett, með fjármagnskostnað upp á 12% og 10 ára afborgunartíma, þá þarf kvörn að skila 1,6 milljónir í tekjum á ári. Sé miðað við að 20 tonn af skel fari í gegnum kvörn á ári, þá er lágmarks skilagjald um 81 þúsund krónur á ári. Við þennan kostnað myndi bætast gámagjald og akstur.

Kostnaðarliðir eru flóknir í þessari mynd þ.s. Ísfell og Gámaþjónustan þurfa væntanlega að semja um þann kostnað sem til fellur. Gámaþjónustan getur ekki rukkað hærra verð en sem nemur flutning til urðunar í Fíflholt, þ.e. farið fram á hærra verð en farið fram er á núna. Urðun á lífrænum úrgangi mun ekki verða möguleg eftir 2023, sem miðað við þróunina er langur tími. Til þess að hagkvæmasti kosturinn, moltun á hráefni í heimabyggð, nýttist sem skildi þarf að huga að kostnaðarþáttum.

Ekki er forsenda fyrir stofnun sér fyrirtækis um nýtingu þess hráefnis sem tilfellur í dag. Til stofnun á fyrirtæki til nýtingar á skel þarf aðrar forsendur sem eru fyrir utan þessa skýrslu. Takist að nota þann úrgang eða hráefni sem til fellur við hreinsun á fiskeldikvíum á Flateyri til moltugerðar í héraði, þá er sú niðurstaða miðað við stöðu urðunnar mjög góð niðurstaða.

## Lokaorð

Markmið þessa verkefnis var að sjá með hvaða hætti hægt væri að breyta því sem hefur verið álitid úrgangur í hráefni. Þetta er atriði sem er í mikilli þróun þar sem hugmyndafræði hringrásar er að ryðja sér til rúms. Á grundvelli þeirrar hugmyndafræði skal leitast við sem mestri endurnýtingu á þeim úrgangi sem fellur frá heimilum og fyrirtækjum. Tími stórtækra urðanna er liðinn og verkefnið var unnið á grundvelli þess.

Í öðrum hluta verkefnis var farið yfir mögulega vinnslur á úrgangsskel, en förgun á skel er viðfangsefni í Evrópu þar sem mörg þúsund tonn falla frá við skeljavinnslu árlega.

Mögulegt er að nota skel við ýmiskonar vinnslu og sem staðkvæmdarvara fyrir kalk þ.s. mikið magn fellur til, einnig eru hafnar rannsóknir á nýtingu skelja í líftækni iðnaði. Miðað við ástand skelja, magn og vinnsluferli á hreinsun kvía, þá reyndust upphaflegar hugmyndir um mjölvinnslu óraunhæfar. Þær nýtingar sem raunhæfastar eru hér á landi eru sem kalkbætir á bújörðum og til moltugerða.

Niðurstaðan úr þessum hluta var að skel og lífrænn massi sem fellur til við hreinsun inniheldur margskonar lífrænn efni og vísar til fjölbreytts vistkerfis í næringaríku umhverfi fiskeldikvíá. Efnagreingin á sýnum af skeljum sýndi að sýnin voru rík af köfnunarefni ásamt öðrum efnum og snefilefnum. Affall frá starfsstöð Ísfells á Flateyri er því mögulegt að nota sem íblöndun í moltugerð.

Lágmörkun kostnaðar er það atriði sem hægt er að mæla með hér. Í samtölum við þá aðila sem liggur beinast við að ræða við, þá liggur fyrir að til þess að hráefni nýttist þá þarf að kvarna það niður í sand, en hvernig kostnaði við búnað verður háttar á eftir að koma í ljós.

Ekki er rekstrargrunnur fyrir sérvinnslu á hráefni frá Ísfell á Flateyri vegna í fyrsta lagi ótryggs rekstrarumhverfis vegna breytinga í rekstrarumhverfi og það magn sem tilfellur við hreinsun er ekki nóg fyrir sér vinnslu. Hagkvæmasta niðurstaðan er að leita leiða við lágmörkun á kostnaði við losun á lífrænum úrgangi frá hreinsun á fiskeldisnótum. Í þessu tilfelli mætti nota úrganginn sem íblöndurnarefni í moltu.

## Þakkir

Upplýsingar fengust hjá Ísfelli um vinnsluferlið. Starfsmenn RORUM aðstoðuðu á rannsóknarstofu.

## Heimildir:

Abdulwadud Abdulkarim, Muhammed Tijani Isa, Surajudeen Abdulsalam, Abubakar Jaju Muhammad, Alewo Opuada Ameh. 2013. Extraction and Characterisation of Chitin and Chitosan from Mussel Shell. Civil and environment Research, Vol.3, No.2, 2013.

Alvarez, E, M. Fernandes-Sanjurjo, N. Seco & A. Unez. 2012. Use of Mussel Shells as a Soil Amendment: Effects on Bulk and Rhizosphere Soil and Pasture Production. Pedosphere 22(2): 152–164.

Barros, M.C., P.M. Bello, M. Bao, J.J. Torrado. 2009. From waste to commodity: transforming shells into high purity calcium carbonate. Journal of Cleaner Production. 17, 400–407.

Ingimar Óskarsson. 1982. Skeldýrafána Íslands. Leiftur hf.

Jón Árnason, Rannveig Björnsdóttir, Bodil Katrine Larsen, Björn Thrandur Björnsson, Kristina Sundell, Ann-Cecilie Hansen, Elisabeth Holen, Marit Espe, Odd Lindahl, Stefanía Kalsdóttir. 2015. Local fish feed ingredients for competitive and sustainable production of high-quality aquaculture feed.

Odd Lindahl. 2013. Mussel meal production based on mussels from the Baltic Sea. Finnish game and research institute, Helsinki. ISBN 978-952-303-056-5.

Ragnheidur I Thorarinsdottir, Alfred Jokumsen, Bjorn Thrandur Bjornsson and Ole Torrissen.  
2011. Local raw materials for production of fish feed for aquaculture Nordic Innovation  
Centre Project no. 10102. Nordic Innovation publication 2015:02.

### Vefsíður

mumipro.dk

sebiology.org/news/article/2017/07/21/sea-shells-for-sale-a-new-source-of-sustainable-biomaterials

### Lög og reglugerðir

Reglugerð um (10.) breytingu á reglugerð nr. 340/2001 um eftirlit með fóðri.

Reglugerð nr. 737/2003 um meðhöndlun úrgangs.

Reglugerð um endurnýtingu úrgangs nr.1078/2015.

Reglugerð Evrópuþingsins og ráðsins (EB) nr. 1069/2009 frá 21. október 2009 um heilbrigðisreglur að því er varðar aukaafurðir úr dýrum og afleiddar afurðir sem ekki eru ætlaðar til manneðis og um niðurfellingu á reglugerð (EB) nr. 1774/2002 (reglugerð um aukaafurðir úr dýrum).