



Aukin framleiðslugeta bleikjueldisstöðva

Daníel Másson
Tryggvi Sigurðsson



**Iðnaðarverkfræði-, vélaverkfræði-
og tölvunarfræðideild
Háskóli Íslands**

Aukin framleiðslugeta bleikjueldisstöðva

Daníel Másson
Tryggvi Sigurðsson

30 eininga ritgerð sem er hluti af
Magister Scientiarum gráðu í iðnaðarverkfræði

Leiðbeinendur
Gunnar Stefánsson
Halldór Pálsson

Prófdómari / Fulltrúi deildar
Guðmundur Valur Oddsson

Iðnaðarverkfræði-, vélaverkfræði- og tölvunarfræðideild
Verkfræði- og náttúruvísindasvið
Háskóli Íslands
Reykjavík, janúar 2012

Aukin framleiðslugeta bleikjueldisstöðva
30 eininga ritgerð sem er hluti af *Magister Scientiarum* gráðu í iðnaðarverkfræði

Höfundarréttur © 2012 Daníel Másson og Tryggvi Sigurðsson
Öll réttindi áskilin

Iðnaðarverkfræði- vélaverkfræði- og tölvunarfræðideild
Verkfræði- og náttúruvísindasvið
Háskóli Íslands
VRII, Hjarðarhaga 2-6
107 Reykjavík

Sími: 525 4600

Skráningarupplýsingar:

Daníel Másson og Tryggvi Sigurðsson, 2012, *Aukin framleiðslugeta bleikjueldisstöðva*,
meistararitgerð, Iðnaðarverkfræði- vélaverkfræði- og tölvunarfræðideild, Háskóli Íslands, 70
bls.

Prentun: Háskólaprent
Reykjavík, febrúar 2012

Útdráttur

Í þessu verkefni er fjallað um aðferðir til aukningar framleiðslugetu fiskeldisstöðva sem stunda landeldi á bleikju. Forsendur stækkunar eru að fiskeldið öðlist meira eldishæft vatn. Í upphafi er fjallað um þrjár aðferðir til að ná í eldishæft vatn og þær bornar saman. Aðferðirnar eru borun eftir vatni, þaulnýting á upprunalegu eldisvatni með loftun og hreinsun og svo endurnýting á upprunalega vatninu einungis með loftun. Gerður er arðsemissamanburður á aðferðunum og kemur endurnýtingaaðferðin best út. Þá er unnin tæknileg útfærsla á stækkun bleikjueldisstöðvar í Galtalæk með endurnýtingu. Stöðin er í eigu fyrirtækisins Matorku. Gerð er kostnaðargreining og arðsemismat fyrir þá framkvæmd. Sú framkvæmd kostar um 35 milljónir ISK og skilar verkefnið hagnaði á fjórða ári. Eftir tíu rekstrarár er heildarnúvirði verkefnisins 60,5 milljónir ISK.

Lykilorð: Framleiðslugeta, fiskeldi, landeldi, loftun, bleikja, arðsemismat, endurnýting, þaulnýting.

Abstract

This project is about methods to increase a production capacity of an aquaculture station operating with inland farming of arctic charr. Basis for increasing production is to be able to get access to more usable water. In the beginning three methods for obtaining more water are discussed. They are drilling for groundwater, recirculation using aeration and cleaning and then re-use only with aeration. A financial feasibility study is made on all methods and based on it, the re-use method is the best choice. Following the financial feasibility study, a technical design is performed for increasing the production capacity of an Arctic Charr aquaculture station in Galtalækur using the re-use method. The station is owned by the company Matorka. A cost analysis and a financial feasibility study are made for that project. Increasing the stations production costs 35 million ISK and breaks even in year 4 of production. After 10 years of production the projects profit is 60,5 million ISK.

Key words: production capacity, aquaculture, aeration, arctic charr, financial feasibility, re-use, recirculation.

Efnisyfirlit

Myndir.....	vii
Töflur.....	viii
Þakkir	ix
1. Inngangur	1
2. Framkvæmd.....	5
3. Fræði.....	7
3.1. Arðsemismat.....	7
3.1.1. Tímagildi peninga	7
3.1.2. Fjárfestingaverkefni	8
3.1.3. Ávöxtunarkrafa.....	8
3.1.4. Heildarnúvirðisaðferðin	9
3.1.5. Internal Rate of Return aðferðin.....	10
3.1.6. Næmnigreining.....	10
3.2. Vatnsgæði.....	11
3.2.1. Súrefni	11
3.2.2. Koltvísýrlingur	11
3.2.3. Ammóníak.....	12
3.2.4. Úrgangur.....	12
3.3. Mismunandi aðferðir við loftun vatns.....	12
3.4. Fiskeldisker	13
3.4.1. Langker.....	13
3.4.2. Hringker	14
3.5. Forsendur framleiðslugetu.....	14
3.5.1. Framleiðslugeta	14
3.5.2. Lífmassi.....	14
3.5.3. Streymi	15
3.5.4. Fóðurstuðull	15
3.5.5. Úrgangsmýndun	15
4. Möguleikar til aukningar framleiðslu.....	17
4.1. Bora eftir vatni	17
4.2. Þaulnýting.....	18
4.3. Endurnýting.....	20
4.4. Samanburður á aðferðum til vatnsöflunar	21
5. Endurnýting - Dæmi um útfærslu.....	23
5.1. Fiskeldisstöðin í Galtalæk	23

5.1.1.	Svæðið sjálft.....	23
5.1.2.	Vatnsstreymi.....	24
5.1.3.	Fiskeldisrými í Galtalæk	24
5.1.4.	Vatnsskilyrði fyrir aukna framleiðslu	26
5.1.5.	Val á kerri og loftunarbúnaði.....	27
5.2.	Tæknileg útfærsla.....	27
5.2.1.	Undirbúningur á eldisrými	27
5.2.2.	Langker.....	27
5.2.3.	Frárennsli.....	30
5.2.4.	Loftun á vatni	31
5.2.5.	Grindur fyrir stærðarflokkun fiska	32
5.2.6.	Skúr utan um loftpumpur	32
5.2.7.	Meðferð úrgangs	32
5.2.8.	Úrgangstankur	36
5.2.9.	Lagnir	36
5.2.10.	Aðrir þættir	37
5.2.11.	Þættir til athugunar eftir framkvæmdir.....	38
6.	Arðsemisútreikningar fyrir Galtalæk	39
6.1.	Stofnkostnaður	39
6.2.	Rekstrarkostnaður.....	40
6.2.1.	Orkuþörf.....	40
6.2.2.	Mannþörf.....	40
6.2.3.	Fóður	40
6.2.4.	Flutningur	40
6.2.5.	Viðhald	40
6.2.6.	Annað	40
6.3.	Rekstrartekjur	41
6.4.	Ávöxtunarkrafa.....	41
6.5.	Núvirði	42
6.6.	Núllpunktsgreining.....	42
6.7.	Næmnigreining.....	42
7.	Niðurstöður og umræða.....	45
	Heimildir	49
	Viðauki A	53
	Viðauki B	59
	Viðauki C	69

Myndir

Mynd 1: Bleikjueldi á Íslandi.....	2
Mynd 2: Grunnmynd af Galtalæk, mynd: Helgi Mar Hallgrímsson, Arkþing.....	24
Mynd 3: Langker, séð að ofan.....	28
Mynd 4: Loftlyfta.....	29
Mynd 5: Skipulag eftir breytingar, mynd: Helgi Mar Hallgrímsson, Arkþing.....	30
Mynd 6: Stillanlegt frárennsli.....	30
Mynd 7: Virkni loftlyftu.....	31
Mynd 8: Úrgangskeilur.....	33
Mynd 9: Úrgangskeilur, mynd: Søren Jøker Trachsel.....	33
Mynd 10: Úrgangskeilur ofan í kerri, mynd: Søren Jøker Trachsel.....	34
Mynd 11: Tæming úrgangskeila.....	35
Mynd 12: Grind við enda kers, mynd: Søren Jøker Trachsel.....	36
Mynd 13: Núvirðisþróun.....	42
Mynd 14: Næmnistjarna.....	43
Mynd 15: Langker, málsetningar eru í millimetrum.....	54
Mynd 16: Plata, skorin niður í hliðar fyrir úrgangskeilur. Stærðir eru í millimetrum.....	55

Töflur

Tafla 1:Stofn- og rekstrarkostnaður vatnsöflunar	21
Tafla 2: Samanburður á vatnsöflunaraðferðum.....	22
Tafla 3:Lífmassi, rennsli og framleiðslugeta.....	25
Tafla 4:Stofnkostnaður	39
Tafla 5: Rekstrarkostnaður	41
Tafla 6: Rekstrartekjur	41
Tafla 7: Niðurstöður samanburðar (í milljónum króna).....	45

Þakkir

Gunnar Stefánsson

Halldór Pálsson

Ragnar Jóhannsson

Ragnheiður I. Þórarinsdóttir

Stefanía Katrín Karlsdóttir

Sveinbjörn Oddsson

Matorka

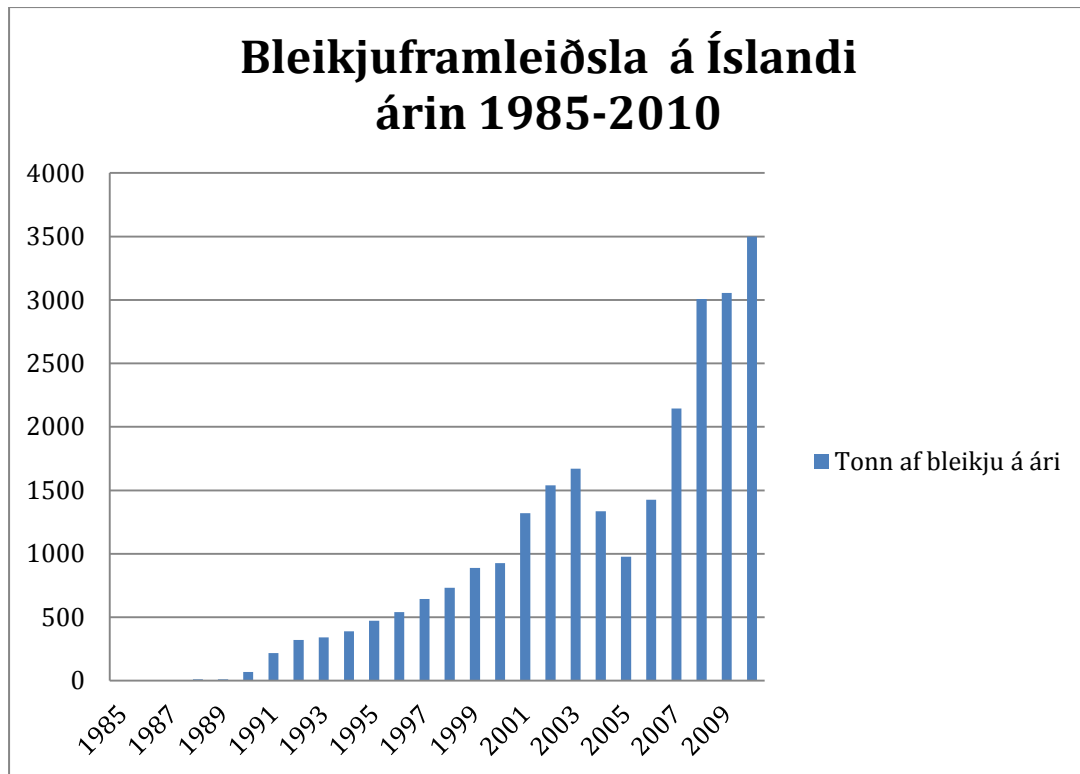
1. Inngangur

Fyrsti vísir að fiskeldi á Íslandi varð til veturinn 1884. Á fyrstu áratugum var aðeins um að ræða framleiðslu á kviðpokaseiðum til sleppingar í ár. Matfiskeldi hefur verið stundað á Íslandi frá um 1960. Það var þó ekki fyrr en í kringum 1985 að fiskeldi í einhverju magni fór að segja til sín. Í gegnum tíðina hefur lax verið meginframleiðslufurðin í fiskeldi á Íslandi og hámarkinu var náð árið 2006 þegar 7000 tonn voru framleidd af laxi eða um 70% af heildarfiskeldisframleiðslu Íslands. Síðan hefur dregið verulega úr laxaframleiðslu á meðan bleikjuframleiðsla hefur verið að aukast (Landssamband fiskeldisstöðva, 2009).

Bleikja (*Salvelinus Alpinus*, Arctic Charr) er laxfisktegund sem finnst á norður heimskautinu og lifir hún nyrst allra ferskvatnsfiska. Bleikja getur aðlagast mismunandi umhverfi, en hún getur lifað í köldum, óstöðugum og næringarríkum vötnum ásamt því sem hún getur hrygnt í stöðuvötnum og straumvötnum (Bjarnadóttir, 2007). Hún vex einnig mun hraðar við lágt hitastig en aðrar laxfisktegundir sem hafðar eru í eldi (Moleda, 2007).

Á Íslandi er gott aðgengi að köldu og hreinu vatni. Geta bleikjunnar til að lifa og vaxa í köldu vatni gerir það að verkum að landið hentar vel til framleiðslu. Bleikjan lifir við mikinn þéttleika og er því hægt að framleiða meira af henni á minna landssvæði en margar aðrar tegundir. Hún er hörð af sér, þolir flutning og meðhöndlun vel og hefur mikla mótstöðu gegn sjúkdómum. Bleikjan þykir hafa fallega liti, gott bragð og lágt fituhlutfall sem gera hana að aðlaðandi markaðsvöru (Moleda, 2007).

Bleikjueldi hefur verið stundað á Íslandi að einhverju marki frá árinu 1910. Þá hófst klak á bleikjuhrognum til fiskræktar við Mývatn. Á þriðja áratugnum voru starfandi mörg klakhús sem framleiddu seiði til að sleppa í ár og vötn. Árið 1961 hóf Laxeldisstöð ríkisins framleiðslu á bleikjuseiðum. Matfiskaeldi var í stöðinni til ársins 1980. Það var í litlu magni og náði það mest 1,3 tonni árið 1974 (Gunnarsson, 2006) Árið 1987 urðu þáttaskil í bleikjueldi þegar eldisstöðin Smári hóf bleikjueldi. Frá því jókst bleikjuframleiðsla jafnt og þétt næstu árin. Árið 1992 voru um 38 stöðvar með bleikjueldi. Eldisstöðvunum hefur fækkað síðan þá en þær hafa aftur á móti stækkað.



Mynd 1: Bleikjueldi á Íslandi

Eins og sést á mynd 1 yfir bleikjuframleiðslu á Íslandi hefur bleikjuframleiðsla aukist mikið frá árinu 1990 ef undanskilin eru árin 2004 og 2005 en þá var dreifingarbann á hrognum og seiðum hjá annarri af tveimur kynbótastöðvum landsins vegna nýrnaveiki þar á bæ (Landssamband fiskeldisstöðva, 2010; Gunnarsson, 2004).

Árið 2007 þegar laxeldi hrundi varð bleikjan mest framleiddi eldisfiskur hér á landi. Nú er bleikja um 60% af öllum eldisfisk hérlendis. Framleiðslan nam um 3000 tonnum árið 2008 og þar af voru um tveir þriðju hlutar framleiddir af Íslandsbleikju sem er stærsti bleikjuframleiðandi í heimi. Matfiskeldi á bleikju er stundað í rúmlega 15 stöðvum, flestar eru þær frekar litlar eða með undir 200 tonna ársframleiðslu (Landssamband fiskeldisstöðva, 2009).

Íslendingar eru stærstu framleiðendur á bleikju í heiminum. Stærsti hluti framleiðslunnar er fluttur út, mun minna fer á innanlandsmarkað. Aðallega eru það minni stöðvar sem selja sínar afurðir á innanlandsmarkaði. Hún er flutt út sem fersk flök, frosin afurð og slægður fiskur með haus. Íslendingar eru ráðandi í útflutningi á bleikju í heiminum og námu útflutningsverðmæti um 1,3 milljörðum króna á árinu 2008 (Landssamband fiskeldisstöðva, 2009).

Bleikjueldi er ekki mjög útbreitt í heiminum. Árið 2008 var heimsframleiðsla á bleikju um 5000 tonn. Þar af voru framleidd um 3000 tonn á Íslandi, eða um 60%. Íslandsmarkaður fyrir bleikju er áætlaður um 500 tonn á ári. Bleikjan hefur verið seld bæði í Norður-Ameríku og Evrópu. Gróf skipting markaða gerir ráð fyrir að um 60% framleiðslunnar fari til Bandaríkjanna, 30% til Evrópu en 10% sé seld innanlands. Bleikjan hefur ákveðna sérstöðu sem fiskur og er ekki í beinni samkeppni við aðrar tegundir. Það gerir það að verkum að verðið á henni hefur haldist frekar hátt. Á árunum 2007-2009 styrktu Framleiðnisjóður landbúnaðarins og AVS rannsóknasjóður

markaðsátakið „Íslensk bleikja á Bandaríkjamarkað“. Tilgangurinn með áttakinu var að stækka erlenda bleikjumarkaði án þess þó að stuðla að verðlækkun bleikjunnar. Þetta var gert með það í huga að geta aukið við framleiðslu á Íslandi. Lagt var upp með að auka sölu um 200% fyrsta árið og svo 30% annað árið. Gengu þau markmið eftir og hefur salan gefið vonir um að auka megi umtalsvert við framleiðslu hér á landi (AVS, 2009; Landssamband fiskeldisstöðva, 2010).

Framboð af bleikju mun aukast á næstu árum og er talið að aukningin komi aðallega frá Íslandi. Landsamband fiskeldisstöðva telur að vöxtur í bleikjueldi verði um 10% á ári fram til ársins 2015 og verði þá kominn í 5.000-6.000 tonn. Í þeirri áætlun er ekki gert ráð fyrir nýjum fiskeldisstöðvum heldur reiknað með aukinni nýtingu á þeim sem nú eru til. Þær stöðvar sem nú eru virkar í eldi hafa rými til talsverðar framleiðsluaukningar. Þá er hægt að auka framleiðslu í þeim landeldisstöðvum sem nú eru virkar með endurnýtingu á vatni. Landsambandið áætlar að miðað við fulla nýtingu og hugsanlegar stækkanir á eldisstöðvum sé hámarksframleiðslugeta Íslands 10.000 tonn á ári sem skiptist í 7.000 tonn í strandeldi og 3.000 tonn í landeldi. Matorka telur þó að auka megi fiskeldi a.m.k. tífalt og á það við um heildarmagn allra eldistegunda. Þannig kæmumst við í svipað magn og Danir eru að framleiða í dag, eða um 50.000 tonn á ári. Megnið af því eða um 40.000 tonn yrðu í landeldi. Samhliða áframhaldandi aukningu í framleiðslu á bleikju hér á landi er nauðsynlegt að halda áfram því markaðsstarfi sem að fram hefur farið á síðustu árum. Leggja má áherslu á það markaðsstarf sem borið hefur hvað bestan árangur svo sem bein markaðssetning og þátttaka á sýningum. Ljóst er að nú til dags er eftirspurnin meiri en framboðið en þar sem bleikjan er lítið þekkt tegund á erlendum mörkuðum er nauðsynlegt að halda áfram kynningum og markaðsstarfi. Það er því langtímaverkefni sem stöðugt þarf að halda áfram að þróa (Landssamband Fiskeldisstöðva, 2009; Steindórsson, 2009; Þórarinsdóttir, 2011).

Fiskeldi er hægt að stunda á stöðum þar sem rennandi vatn er að finna eða góðir grunnvatnsstraumar í jörðu. Fiskeldi er aðallega stundað á þrjá mismunandi vegu. Það er sjókvíaeldi, strandeldi og landeldi. Sjókvíaeldi byggist á því að koma sjókvíum fyrir úti á sjó. Þar er gegnumstreymi sjávar nýtt til að sjá fisknum stöðugt fyrir vatnspörf sinni. Hitastig skiptir miklu máli fyrir vaxtarhraða fiska og er lítil stjórn á því í sjókvíaeldi. Því þykir það henta best fyrir fiska sem eru komnir yfir fyrstu og viðkvæmustu skeið ævinnar og eru betur til þess fallnir að takast á við hitastigssveiflur og annað náttúrulegt áreiti sem hann getur orðið fyrir í sjónum. Strandeldi fer fram í eldiskerum á landi þar sem sjó er dælt upp í kerin. Íslendingar eru vel settir í sambandi við strandeldi þar sem ódýrt er að nálgast heitt vatn og heitan sjó á jarðhitasvæðum. Kostnaður er meiri í strandeldi en í sjókvíaeldi en á móti kemur að mun betri stjórn fæst á umhverfisaðstæðum í strandeldi og verður því vaxtarhraði fisksins meiri (Knútsson, 2001). Landeldi fer fram í eldiskerum á landi. Í landeldi er ósalt vatn, svo sem ár og lækir nýttir til fiskeldis en einnig lindavatn eða vatn úr borholum.

Landeldisstöðvar eru frekar litlar og takmarkast framleiðslugeta þeirra af því vatni sem þær hafa til umráða. Þær eru settar upp sem gegnumstreymisstöðvar þar sem vatn er nýtt einu sinni með því að láta það renna í gegnum stöðina og svo úr henni. Vatnið verður takmarkandi þáttur í stærð fiskeldisstöðva þegar súrefni verður af skornum skammti og hlutfall úrgangsefna verður skaðlegt fyrir fiskinn. Magn úrgangsefna og neysla á súrefni eykst með auknu eldismagni fisks og því er ljóst að til þess að auka

framleiðslu þarf að nálgast eldishæft vatn fyrir fiskinn á einn eða annan veg (Oddsson, 2011).

Viðfangsefni þessa verkefnis er að skoða ýmsa möguleika með arðsemi í huga til að auka við eldishæft vatn í landeldisstöðvum. Leitast verður eftir að svara eftirfarandi rannsóknarspurningu í verkefninu:

Hvernig er hægt að auka framleiðslugetu starfandi bleikjueldisstöðva, þar sem vatn takmarkar framleiðslugetu, á hagkvæman hátt með því að að afla aukins eldishæfs vatns?

Verkefnið er tvíþætt. Fyrsti hlutinn felst í því að kanna þrjá möguleika sem í boði eru við öflun eldishæfs vatns ásamt því að meta gróflega mögulega arðsemi þeirra út frá gefnum forsendum. Seinni hlutinn felst í því að fara nánar í endurnýtingu, þá aðferð sem skilar mestri innri ávöxtun úr arðsemismatinu. Það er gert með því að útbúa tæknilega útfærslu og arðsemismat fyrir raunverulegt dæmi. Dæmið sem notast er við er fyrirhuguð stækkun fyrirtækisins Matorku á fiskeldisstöðinni í Galtalæk.

Með auknu eldishæfu vatni getur framleiðslan aukist og þarf því að stækka stöðvarnar. Stækkun fiskeldisstöðva á landi hefur ýmsa kosti. Hægt er að nýta stóran hluta rekstrarumhverfis eldisstöðva sem þegar eru til staðar. Rekstrarkostnaður eykst ekki í sama hlutfalli og tekjur þegar rekstur er stækkaður þar sem talsverðri hagræðingu er náð vegna hagstæðari rekstrar í krafti stærðar.

Uppbygging ritgerðarinnar er svohljóðandi. Í kafla 2 er farið yfir framkvæmd verkefnisins. Í kafla 3 er farið yfir fræði sem notuð voru í verkefninu. Í kafla 4 eru möguleikar til aukningar framleiðslu skoðaðar og bornar saman. Í kafla 5 er dæmi um tæknilega útfærslu á endurnýtingarkerfi fyrir fiskeldisstöðina í Galtalæk. Í kafla 6 er gert arðsemismat fyrir uppsetningu á slíku kerfi. Í kafla 7 eru niðurstöður og umræður.

2. Framkvæmd

Eins og kemur fram í inngangi felst verkefnið í því að kanna möguleika á öflun eldishafts vatns ásamt því að meta gróflega mögulega arðsemi þeirra út frá gefnum forsendum. Síðan er farið nánar í þá aðferð sem almennt kemur vel út og tæknileg útfærsla og arðsemismat er útbúið fyrir hana.

Í upphafi voru skýrslur um fiskeldi lesnar ásamt því að funda með starfsfólki Matorku, fyrirtækis sem beitir sér fyrir aukinni fiskeldisframleiðslu á Íslandi á sjálfbæran hátt. Ragnheiður I. Þórarinsdóttir, einn eigenda Matorku, aðstoðaði við öflun gagna og uppbyggingu verkefnisins, Stefanía K. Karlsdóttir, annar eigenda Matorku, veitti aðstoð í sambandi við fjárhagslegar hliðar á rekstri fiskeldisstöðvar. Sveinbjörn Oddsson, fiskeldisfræðingur hjá Matorku með yfir 35 ára reynslu af fiskeldi, veitti aðstoð og gögn um tæknilega þætti fiskeldis almennt og bleikjueldisins í Galtalæk, skýrslan “Farming of Freshwater Rainbow Trout in Denmark” eftir Alfred Jokumsen og Lars M. Svendsen var sérstaklega skoðuð.

Þegar mismunandi möguleikar fyrir öflun vatns voru skoðaðir var rætt við sérfræðinga á þeim sviðum. Varðandi borun eftir vatni var rætt við sérfræðinga hjá Orkuveitu Reykjavíkur og Ræktunarsambandi Flóa og Skeiða. Í sambandi við þaulnýtingu og endurnýtingu var rætt við Ragnar Jóhannsson, fagstjóra hjá Matís og sérfræðing í fiskeldi. Þegar allar upplýsingar lágu fyrir var arðsemismat útbúið fyrir fyrrgreindar aðferðir og þær bornar saman.

Áður en útfærslan fyrir aukið fiskeldi í Galtalæk var hönnuð fóru skýrsluhöfundar tvisvar í Galtalæk til að rannsaka og mæla aðstæður þar. Einnig var náíð samstarf með Ragnheiði I. Þórarinsdóttur og Sveinbirni Oddssyni hjá Matorku um útfærslur. Haft var samband við ýmis verktakafyrirtæki til að fá ráðleggingar um hvernig best væri að haga framkvæmdum. Við hönnun fiskeldiskers gerði fyrirtækið Loftorka tilboð um framkvæmd og kostnað við ker úr forsteyptum einingum. Einnig voru fengin tilboð frá öðrum fyrirtækjum um að steypa keríð á staðnum en hagkvæmara var að reisa það eins og Loftorka lagði til.

Teiknað var fiskeldisker í AutoCad. Það var nýtt af arkitektinum Helga Mar Hallgrímssyni hjá Arkþing til að gera deiliskipulag fyrir svæðið. Einnig var AutoCad notað við útrekning á efnisþörf í úrgangskeilur og er hann nýttur í viðauka A.

Verð og upplýsingar á smærri hlutum svo sem dælum og lögnum fengust með því að skoða verðlista hjá fyrirtækjum eða ræða við viðeigandi aðila. Við hönnun á lagnakerfum var búið til Matlab forrit til að reikna út þvermál pípanna með aðstoð Halldórs Pálssonar, dósents við verkfræðideild Háskóla Íslands.

Þegar áætluð tæknileg útfærsla var tilbúin og allar upplýsingar lágu fyrir var hafist handa við að útbúa arðsemismat með núvirðisaðferðinni með tilheyrandi núllpunkts- og næmnigreiningu.

3. Fræði

Hér verður fjallað um þau fræði og þær staðreyndir sem liggja til grundvallar í verkefninu. Fyrst er fjallað um fræðin á bak við arðsemismat. Með arðsemismati er greint hvort áætluð fjárfesting muni skila hagnaði og hvaða þættir geti haft áhrif á afkomu hennar. Fjallað er um nauðsynleg gæði vatns sem bleikja þarf til að vaxa og lifa með eðlilegum hætti, súrefnisþörf er skoðuð ásamt æskilegu magni ýmissa úrgangsefna bleikjunnar. Skoðaðar eru mismunandi aðferðir við loftun vatns og mismunandi ker sem nýtt eru til eldis. Í lokin er farið í þær forsendur sem farið er eftir við arðsemisútreikninga. Þetta eru forsendur sem segja til um hve mikinn lífmassa er hægt að hafa í eldisrými á sama tíma, hver möguleg framleiðslugeta er, fódurstuðull, nauðsynlegt streymi og fastur úrgangur sem myndast sem þarf að fjarlægja.

3.1. Arðsemismat

3.1.1. Tímagildi peninga

Króna í hendi í dag er meira virði en króna sem þú eignast í framtíðinni. Ástæðan er sú að hægt er að leggja krónuna í dag inn í banka og fá vexti af henni. Í framtíðinni hefur hún aukið virði sitt og er hún orðin meira en ein króna. Vextir auka virði innistæðu og eru almennt gefnir upp á ársgrundvelli. Vextir bætast við innistæðu. Á næsta ári reiknast svo vextir af inneign ársins á undan auk vaxtanna sem bætt var við innistæðuna.

Upphaflega innistæðan er oft kölluð núvirði, eða PV sem stendur fyrir Present Value. Þetta leiðir að formúlunni fyrir framtíðarvirði (FV) peninga eftir N ár:

$$FV_N = PV(1 + I)^N \quad \text{Jafna 1}$$

Hvers virði er þá í dag að vera lofað 1000 krónum eftir 3 ár? Miðað við það að geta lagt pening inn á banka gefur auga leið að 1000 krónur eftir 3 ár er minna virði en 1000 krónur í dag. Hægt er að reikna út nákvæmlega hvers virði það er að fá 1000 krónur eftir 3 ár með því að nota jöfnu 1 og leysa út fyrir núvirðið. Út fæst jafna 2:

$$PV = \frac{FV_N}{(1 + I)^N} \quad \text{Jafna 2}$$

Með þessari jöfnu er hægt að reikna út hvað skynsamlegt er að borga fyrir að fá 1000 krónur eftir 3 ár miðað við að vextir séu 5%: $PV = 1000 / (1,05)^3 = 863,84$ krónur. Þetta er einmitt sú upphæð sem gefur 1000 krónur eftir 3 ár, sé hún lögð inn á bankareikning í dag. Það að núvirða greiðslu er í raun ferlið að afvaxta greiðsluna.

Núvirði er undirstaða þess að geta metið virði áætlaðs greiðsluflæðis. Greiðsluflæði getur komið frá fjárfestingu sem skilar reglulega arði. Séu greiðslurnar, PMT (fyrir Payment), ávallt jafnar má reikna með einni jöfnu heildarvirði greiðsluflæðis. Því þarf ekki að núvirða hverja einustu greiðslu og leggja saman til að fá virði greiðsluflæðis heldur er hægt að reikna einungis úr einni jöfnu:

$$\text{Heildarvirði greiðsluflæðis} = PMT \left[\frac{1 - \frac{1}{(1+I)^N}}{I} \right] \quad \text{Jafna 3}$$

Hentugt er að nota þessa jöfnu ef um langt greiðsluflæði er að ræða í stað þess að núvirða hverja greiðslu fyrir sig. (Brigham & Houston, 2007)

3.1.2. Fjárfestingaverkefni

Fyrirtæki ráðast reglulega í fjárfestingarverkefni. Slík verkefni má flokka í sex flokka. Þeir eru:

1. Nauðsynleg endurnýjun. Til dæmis verkefni til að endurnýja úreltan eða ónýtan búnað sem þarf til framleiðslu vöru fyrirtækisins.
2. Endurnýjun til lækkunar útgjalda. Til dæmis fjárfesting í nýjum vélum sem hafa minni rekstrarkostnað en núverandi vélar, þrátt fyrir að þær virki ennþá.
3. Aukning vegna núverandi vöru eða markaðar. Til dæmis stækkun núverandi framleiðslu eða dreifingarnet á núverandi markað.
4. Aukning vegna nýrrar vöru eða markaða. Ný vöruþróun eða sókn á nýjan markað með tilheyrandi auglýsingaherferðum.
5. Öryggis- og/eða umhverfisverkefni. Verkefni sem nauðsynlegt er að ráðast í vegna nýrra laga eða skilyrða frá yfirvöldum eða t.d. tryggingarfélagi.
6. Önnur verkefni. Til dæmis bygging á nýjum höfuðstöðvum eða kaup á einkaþotu.

Öll þessi verkefni eiga það sameiginlegt að áður en ráðist er í þau er skoðað með einhverju móti hvort skynsamlegt sé að ráðast í verkefnið. Það fer eftir stærð og umfangi verkefna hversu ítarlega er farið ofan í saumana á þeim. Fyrir þau öll er samt áætlað hvað verkefnið gefi af sér í tekjum og eingöngu ráðast í verkefnið ef það er arðbært. Á hverjum tíma getur fyrirtæki verið að skoða mismunandi verkefni. Nauðsynlegt er að greina hvort verkefni séu háð eða óháð. Það er ef ráðist verður í eitt verkefnanna, er þá enn hægt að ráðast í hin? Verkefni eru óháð ef þau hafa ekki áhrif hvort á annað. Þá er hægt að ráðast í bæði verkefnin ef nægt fjármagn er til staðar. Ef verkefni eru háð þarf að bera þau saman og velja það sem er hentugra. Dæmi um háð verkefni er hvort fyrirtæki eigi að fjárfesta í færibandakerfi sem flytur vörur frá skipi upp í vöruheimsu eða ráðast í gerð á lestarkerfi fyrir sömu aðgerð (Brigham & Houston, 2007).

3.1.3. Ávöxtunarkrafa

Ávöxtunarkrafa er mælikvarði á lágmarksávöxtun sem fyrirtæki þarf að hafa af fjárfestingum sínum. Ávöxtunarkrafa er háð fjármögnun fyrirtækis. Skuldir fyrirtækisins bera ákveðna vexti. Einnig er gerð krafa um ákveðna ávöxtun á eigið fé fyrirtækisins. Sú krafa kemur frá eigendum fyrirtækisins. Saman mynda þessir liðir ávöxtunarkröfu fyrirtækis. Ávöxtunarkrafa (e. Weighted Average Cost of Capital, WACC) er almennt skilgreind sem:

$$WACC = \frac{E}{E + D} i_e + \frac{D}{E + D} (1 - t) * r \quad \text{Jafna 4}$$

Hér er E =Eigið fé fyrirtækis, D =Skuldir fyrirtækis, i_e =ávöxtunarkrafa á eigið fé, t skattaprósenta og r vaxtaþrósentu skulda. Ef rýnt er í jöfnu 4 sést að hún tekur í raun vegið meðaltal af þessum tveimur liðum, ávöxtun á eigið fé og skuldagreiðslum.

Ávöxtunarkrafa er eins og áður sagði notuð til að núvirða greiðslur sem ákveðin verkefni gefa af sér. Ávöxtunarkrafan er því mælikvarði á lágmarksávöxtun sem viðkomandi fjárfesting þarf að gefa af sér til að geta talist arðbær. Ávöxtunarkrafan tekur hins vegar ekki mið af áhættu. Fjárfestar gera almennt kröfu á hærri ávöxtun eftir því sem fjárfesting er áhættusamari. Því ætti ávöxtunarkrafa verkefnis að endurspeglar áhættu verkefnisins. Þar sem áhætta er mjög huglæg er erfitt að ákvarða nákvæmlega áhættu verkefnis og finna þar með hentuga ávöxtunarkröfu. Ekki er til nákvæm aðferð sem finnur ávöxtunarkröfu miðað við áhættu. Reglan er þrátt fyrir það, hærri áhætta, hærri ávöxtunarkrafa. Hægt er að reyna að bera verkefnið saman við önnur verkefni af svipaðri stærðargráðu eða áhættu sem gerð hafa verið í svipuðu fjárhagsumhverfi. Eftir að ávöxtunarkrafa verkefnis hefur verið ákveðin skal halda sig við hana. Hættulegt er að breyta ávöxtunarkröfu eftir á til að láta verkefni líta arðbærra út, þar sem þá er verið að búast við lægri ávöxtun (Brigham & Houston, 2007).

3.1.4. Heildarnúvirðisaðferðin

Til eru ýmsar aðferðir til að meta arðsemi verkefna með tilliti til þess hvort ráðast eigi í verkefnið eða ekki. Þær eru meðal annars heildarnúvirðisaðferðin (e. Net Present Value, NPV), IRR aðferðin og MIRR aðferðin. Tvær fyrstu eru mest notaðar nú til dags.

Heildarnúvirðisaðferðin byggir á því að núvirða allar greiðslur sem viðkomandi verkefni gefur af sér og athuga hvort samanlagðar greiðslurnar skili meiru en stofnkostnaður verkefnisins. Taka þarf tillit til ávöxtunarkröfunnar þegar greiðslurnar eru núvirtar. Greiðslurnar sem eru núvirtar eru þær greiðslur sem koma út frá verkefninu, eftir að allur rekstrarkostnaður hefur verið greiddur.

Skref 1 er að meta ávöxtunarkröfu verkefnisins út frá áhættu þess.

Skref 2 er að ákvarða líftíma verkefnisins, þ.e. hversu langt fram í tímann þetta verkefni muni skila arðgreiðslum.

Skref 3 er að finna út hver stofnkostnaður verkefnisins er. Stofnkostnaður er allur sá kostnaður sem greiddur er í upphafi s.s. byggingarkostnaður eða kaup á vélum í verksmiðju og svo framvegis.

Skref 4 er að átta sig á rekstrartekjum og rekstrarkostnaði viðkomandi verkefnis og finna þar með greiðsluflæðið sem viðkomandi verkefni skilar. Svo dæmi sé tekið er rekstrarkostnaður verksmiðju allur kostnaður tengdur framleiðslunni, ásamt launakostnaði. Rekstrartekjurnar eru svo ágóðinn af sölu framleiðslunnar.

Skref 5 er að núvirða allar greiðslurnar í greiðsluflæðinu og fá þar með heildarnúvirði verkefnisins. Athuga þarf hvort það sé jákvætt eða neikvætt.

Formúlan fyrir heildarnúvirðið er

$$NPV = \sum_{t=0}^N \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad \text{Jafna 5}$$

þar sem CF_t er greiðsluflæði (Cash Flow, CF) á tíma t , r er ávöxtunarkrafa verkefnisins og N líftími þess.

Standi fyrirtæki frammi fyrir vali á verkefnum er hentugt að bera saman heildarnúvirðið. Ef möguleikarnir eru óháðir ætti viðkomandi fyrirtæki að fara í öll verkefni, gefið að það hafi nægt fjármagn til að greiða stofnkostnaðinn í þeim öllum. Sé það ekki möguleiki ætti að velja verkefnið með hæsta núvirðið. Séu möguleikarnir háðir, þ.e. ef einn er valinn útilokar það annan möguleika, á eins að velja þann sem er með hæsta núvirðið (Brigham & Houston, 2007).

3.1.5. Internal Rate of Return aðferðin

Internal Rate of Return (IRR) þýðist sem innri vextir. Innri vextir segja til um hversu há ávöxtunarkrafa verkefnisins þyrfti að vera til að heildarnúvirði þess sé 0. Það er gert með því að nota IRR í stað ávöxtunarkröfu í núvirðingu og setja heildarnúvirðið jafnt og 0 eins og sýnt er hér:

$$NPV = \sum_{t=0}^N \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad \text{Jafna 6}$$

Til að reikna út innri vexti verkefnis þarf að lista upp fjárflæði frá verkefninu ásamt stofnkostnaði og slá inn í tölvu. Tölvun ítrar þá fyrir mismunandi gildi af IRR þar til heildarnúvirðið er 0.

Innri vextir sýna í raun ávöxtun verkefnis. Séu innri vextir hærri en ávöxtunarkrafa þess er verkefnið arðbært en annars ekki. Standi val milli tveggja háðra verkefna skal velja það verkefni sem gefur hærri innri vexti, þar sem það verkefni er arðbærra (Brigham & Houston, 2007).

3.1.6. Næmnigreining

Mikilvægt er að framkvæma næmnigreiningu til að átta sig á áhættunni sem fylgir verkefninu. Næmnigreining er einskonar „hvað ef“ greining þar sem skoðað er hvernig breyting í einstaka liðum breytir heildarnúvirðinu á verkefninu. Almennt eru þá teknir helstu þættir sem koma inn í núvirðið og þeim breytt. Almennt er einum lið breytt á meðan hinum er haldið föstum og núvirði verkefnisins reiknað aftur. Út úr þessum breytingum fást mörg gildi eftir því hversu margir þættir eru skoðaðir og hversu margar mismunandi breytingar eru gerðar á hverjum lið. Hentugt er að gera svokallaða næmnistjörnu til að átta sig á hlutunum myndrænt. Þá er núvirði verkefnisins teiknað á graf sem fall af hlutfallslegri breytingu í einstaka lið. Á slíkt graf er teiknuð breyting í núvirði fyrir helstu þættina sem hafa áhrif á núvirði verkefnisins. Hallatala hvers liðs segir þá til um hversu næmt heildar núvirðið er fyrir þeim lið. Því brattari sem hallatalan er, þeim mun næmara er núvirðið fyrir þeim lið (Brigham & Houston, 2007).

3.2. Vatnsgæði

Vatnsgæði hafa áhrif á framleiðslugetu fiskeldis. Í óæskilegum hlutföllum geta eiginleikar vatnsins haft áhrif á skilyrði bleikjunnar til að lifa og vaxa. Við meiri endurnýtingu vatns verður súrefnishlutfall minna og koltvísýrlings-, ammóníak- og úrgangsmagn meira. Vandamál varðandi þessa þætti geta kviknað verði endurnýting of mikil.

Líta má á eftirtalda þætti sem vandamál sem þarf að leysa til að hægt sé að minnka vatnsnotkun á gefið framleiðslumagn. Þegar unnið er á einni hindruninni er hægt að minnka vatnsnotkun þar til rekist er á næstu hindrun. Fyrsti þátturinn til að verða takmarkandi er súrefni, svo kemur koltvísýrlingur. Þegar mikil endurnýting á sér stað verður ammóníakmagn, úrgangur og fódurleifar takmarkandi (Oddsson, 2011).

3.2.1. Súrefni

Fyrsti þátturinn til að verða takmarkandi er súrefni. Fiskar nota súrefni til að breyta fæðu í orku og koltvísýrling og heldur það fisknum á lífi. Súrefnið streymir úr vatninu í gegnum tálknin sem svo berst í blóðið, koltvísýrlingi er svo skilað aftur í vatnið (Saether, 2005). Súrefnisþörfin er breytileg eftir hitastigi og hversu mikla fæðu fiskurinn étur. Eins bindur vatn meira súrefni eftir því sem það er kaldara (Moleda, 2007).

Hægt er að reikna út hversu mikið súrefni þarf á hvern lítra í eldisrými með jöfnunni:

$$\text{Súrefnisnotkun} = 7,77x + 108,3 \quad \text{Jafna 7}$$

Þar sem súrefnisnotkun er í mg O₂/kg bleikju/klst og x er dagleg fóðrun í mg fóður/kg bleikju /klst. Jafnan á við fyrir bleikju af þyngdinni 50 - 100 grömm. (Johnston, 2002).

Súrefnisnotkun á lífmassa fiska minnkar þegar þyngd eykst vegna breytinga í efnaskiptum, efnaskipti í líffærum eins og lifur og maga minnka í hlutfalli við líkamsþyngd (Johnston, 2002). Því þarf minna súrefni en jafnan segir til um fyrir fisk sem er yfir 100 g.

Til að geta nýtt niðurstöðu jöfnunnar er einingum breytt til að finna hversu mikið súrefni þarf á hvern lítra í eldisrými með jöfnunni:

$$\text{Súrefni á lítra} = \frac{\text{Súrefni á sekúndu}}{\text{Lítrar á sekúndu}} \quad \text{Jafna 8}$$

Þar sem súrefni á lítra er með einingarnar kg O₂/l, súrefni á sekúndu með einingarnar kg O₂/s og lítrar á sek með einingarnar l/s.

3.2.2. Koltvísýrlingur

Annar þátturinn til að verða takmarkandi er koltvísýrlingur. Koltvísýrlingur myndast þegar súrefni vatnsins er nýtt til að umbreyta fóðri í orku og lífmassa. Of mikið magn getur valdið eitúráhrifum fyrir fiskinn og þarf að huga að því að fjarlægja það úr fiskeldi sem endurnýtir vatn sitt mikið og hefur mikinn lífmassa á litlu svæði. Hægt er

að áætla hversu mikill koltvísýrlingur myndist út frá súrefni sem hann nýtir í að vinna orku úr fæðunni (Moleda, 2007; Oddsson, 2011; Jóhannsson, 2006).

Miðað er við að 1,27 kílógrömm af koltvísýrlingi myndast fyrir hvert kílógramm af súrefni sem fiskurinn nýtir sér til að vinna orku úr fæðunni. Til að koma í veg fyrir að koltvíoxíð verði skaðlegt fyrir fiskinn ætti að halda hlutfallinu undir 20 mg CO₂/l (Hutchinson *et al.*, 2004).

3.2.3. Ammóníak

Þegar fiskur meltir fôður myndast ammoníak sem fer út í vatnið. Ólífræn nitursambönd sem skipta mestu máli í fiskeldi eru ammoníak (NH₃), ammonium (NH₄⁺), nítrat (NO₃⁻) og nítrít (NO₂⁻). Samanlagður styrkur ammoníaks er táknað sem TAN (Total Ammonium Nitrogen) og það hlutfall af TAN sem er á formunum NH₄⁺ og NH₃ ræðst af sýrustigi, hita og seltu. NH₃ er sérlega hættulegt fisknum, það er fituleysanlegt og getur því auðveldlega farið í gegnum frumuhimnu. Hár styrkur af ammoníaki getur dregið úr vexti, aukið næmni fiska fyrir sjúkdómum og valdið dauða. Ammóníak ætti hvorki að vera vandamál í gegnumstreymiskerfum né þaulnýtingarkerfum nema sjálfhreinsun verði ábótavant. Þó þarf að gæta að styrk ammoníaks í endurnýtinga- og hringrásarkerfum þegar endurnýtingin er meiri en 4-5 föld (Jóhannsson, Thorarensen & Ögmundarson, 2010; Jóhannsson, 2004).

3.2.4. Úrgangur

Úrgangur frá fiskeldi eins og óetið fôður, saur frá fisknum og lífræn efni sem komist hafa í fiskeldi geta haft óæskileg áhrif á aðstæður í eldisrými. Úrgangur sem er eðlisþyngri en vatn sekkur að botni kera en grugg leysist upp í vatninu. Það skiptir miklu máli að fjarlægja úrgang þar sem hann getur skert vatnsgæði og þar af leiðandi vaxtarskilyrði fisksins. Úrgangur og fôðurleifar geta hraðað á vexti gerla sem taka til sín verulegt magn súrefnis í eldinu. Einnig geta gerlar valdið rotnun ugga og skaða á tálknum (Moleda, 2007).

3.3. Mismunandi aðferðir við loftun vatns

Tilgangur með loftun er að auka súrefnishlutfall í vatninu. Vatn tekur súrefni í sig í þremur fösum: Fyrst er súrefni á gasformi flutt að yfirborðshimnu, svo flæðir (e. diffusion) það í gegnum hana og verður síðan partur af vatninu í heild með streymi. Magn súrefnisflutnings er háð yfirborðsflatarmáli vatns sem kemst í snertingu við súrefni. (Soderberg, 1981). Því snúast loftunaraðferðir um að láta yfirborðsflatarmál vatns sem kemst í snertingu við loft verða sem mest. Dæmi um leiðir til að auka súrefnishlutfall í vatni eru eftirfarandi:

- Hægt er að nota þyngdarafloftun sem nýtir sér hæðarmun milli útstreymis og innstreymis. Vatnsrennsli er til dæmis látið falla nokkra hæð ofan í vatn, þá skvettist vatnið upp og meira yfirborðsflatarmál nær snertingu við súrefni (Jóhannsson, 2004).
- Loftblásarar blása lofti eða hreinu súrefni í vatnið í gegnum pípur og loftbólur myndast. Hraði loftskipta loftbólna við vatn er tengt þeim tíma sem þær eru í snertingu við vatnið. Stærð loftbóla skiptir máli. Ef borið er saman sama magn af innblásnu lofti en blástur er mismunandi þar sem litlar loftbólur koma úr

einum blæstri en stórar úr öðrum þá munu litlu loftbólurnar bindast vatninu betur þar sem þær hafa samtals meira yfirborð sem kemst í snertingu við vatnið. Því er ákjósanlegt að hafa einhverskonar loftdreifara við inntak lofts í fiskeldiskeri (Jóhannsson, 2004).

- Túrbínuloftarar blanda lofti við vatn með því að spýta því upp í loft. Það hentar þó ekki vel til fiskeldis þar sem búnaðurinn sem er á mikilli hreyfingu getur skaðað fiskinn (Jóhannsson, 2004).
- Hægt er að nota keilur með fljótandi súrefni til súrefnisbætingar. Þá er vatni dælt inn í keilulaga kút sem tengdur er við súrefnistank með 4-8 tonnum af fljótandi súrefni. Inni í tankinum kemst vatnið í snertingu við súrefni undir háum þrýstingi. Mikið súrefnishlutfall í vatni næst hratt með þessum hætti (Jóhannsson, 2004).

Fleiri leiðir eru til loftunar vatns en allar snúast þær um að láta sem mest yfirborðsflatarmál vatns og súrefnis vera í beinni snertingu hvort við annað.

3.4. Fiskeldisker

Framleiðslugeta fiskeldis fer eftir rúmmáli eldisplássins sem kerin bjóða upp á. Kerin þurfa að vera uppbyggð þannig að þau séu nógu sterkbyggð til að þola vatnsþrýsting og endast vel. Kerin mega ekki vera úr efnum og innihalda búnað sem geta borist út í vatnið og eru skaðleg fyrir fiskinn. Stærðarflokkun, fóðrun og þrif þurfa að vera auðveld í framkvæmd. Lega kera þarf að vera þannig að auðvelt sé að flytja fiska á milli kera og til slátrunar (Jóhannsson, 2004). Helstu gerðir fiskeldiskera eru hringker og langker og er fjallað lítillega um þau hér að neðan.

3.4.1. Langker

Langker eru löng fiskeldisker. Hægt er að flokka fisk auðveldlega í slíkum kerum, ásamt því sem þau eru hentug til að nýta landrými vel undir eldi. Þau þarfnast hinsvegar mikils streymis til hreinsunar og því henta þau yfirleitt frekar fiskum sem eru komin yfir viðkvæmustu skeið ævinnar (Aquaculture Tanks, 2011).

Til að vera sjálfhrensandi verða langker að hafa mikið flæði og/eða mikið hlutfall fisks í kerinu til að næg hreyfing sé til að hindra að úrgangur og fæði setjist á botninn. Kerin eru byggð þannig að skilrúm er í því miðju. Vatn kemur inn á einum stað og flæðir að enda kersins þar sem op er á skilrúminu sem gerir vatninu kleift að streyma eftir hinum helmingi kersins. Því eru vatnsgæði fisksins sem er fjær vatnsinnstreyminu verri en þess sem er nær. Bæði er meiri úrgangur þar auk þess sem þar er súrefnisnauðara vatn eftir notkun fisksins. Þó er hægt að minnka muninn með því að hafa vatnsinnstreymi og búnað til fjarlægingar úrgangs á fleiri stöðum í kerinu. Einnig er hægt að súrefnisauðga vatnið með loftblæstri og þyngdarafloftun ásamt öðru (Jóhannsson, 2004).

Vöxtur á fiskum í sama eldisrými getur verið mismunandi. Ástæðurnar geta verið margar t.d. erfðafræðilegar og tengdar umhverfi og fóðrun. Til dæmis getur léleg dreifing fóðrunar aukið myndun goggunarraðar milli fiska og leitt til aukinnar stærðardreifingar fiskanna. Í langkerum er hægt að láta fiskinn flokka sig sjálfan að einhverju leyti. Þá er grindum með götum komið fyrir eftir langkerinu sem þrengja að fisknum frá öðrum endanum. Smærri fiskurinn fer í gegnum grindina og heldur sig

frekar þar, þar sem hann er ekki lengur jafn neðarlega í goggunarröðinni. Flokkun af þessu tagi krefst ekki mikillar vinnu en auðvelt er að færa grindurnar til að stækka og minnka eldisrými misstórra fiska að vild. (Jóhannsson, 2004).

Hægt er að byggja langker úr ýmsum byggingarefnum sem eru nógu sterk til að þola hið gríðarmikla magn vatns sem í því er. Hægt er að notast við steypu, múrsteina og fleira. Skilyrði er að efnið í kerinu sé ekki skaðlegt fyrir fiskinn (Aquaculture Tanks, 2011).

3.4.2. Hringker

Hringker notast við hringstreymi sem veldur því að fast efni sogast að miðjum botni kersins þar sem útstreymið er staðsett. Halli er á botninum á kerinu að miðjunni til að hjálpa til við hreinsun á úrgangi. Því hentar lögun hringkera vel til hreinsunar vatnsins áður en úrgangurinn brotnar niður í minni agnir og mengar vatnið. Hentar þetta vel á yngri stigum fiskins þar sem fódurhlutfall og úrgangur er mikill, svo mikilvægt er að fjarlægja hann sem fyrst áður en bakteríur fara að fjölga sér. Stöðugt hringstreymi nýtist einnig til að draga úr goggunarröð fiska en fæðan dreifist þá betur um kerrið þannig að fiskarnir verða jafnari að vexti. Vatnið blandast mjög vel í stöðugu hringstreymi keranna og dreifist súrefni nokkuð jafnt um kerrið. Hringker er hægt að byggja úr ýmsum efnum eins og glertrefjum, stáli og steypu. Kröfurnar eru líkt og fyrir langkerið þær að efnið þarf að vera nógu sterkt til að halda vatninu og ekki eitrad eða hættulegt fyrir fiskana. Kerin eru hringlaga og nýta því ekki landrými sem best undir eldi (Aquaculture Tanks, 2011).

3.5. Forsendur framleiðslugetu

Rætt var við Sveinbjörn Oddsson, eldisbónda í Galtalæk og Fellsmúla og skýrslur skoðaða, til að fá tölur sem nýttar eru sem forsendur framleiðslugetu. Framleiðslugeta segir til um hversu mikið af bleikju hægt er að framleiða á rúmmetra á ári. Lífmassi segir hins vegar til um hversu mikið af bleikju getur verið í eldisrými á hverjum tíma. Streymi segir til um hversu mikið vatnsstreymi er æskilegt fyrir bleikju. Fódurstuðull segir til um hversu mörg kíló af fóðri þarf á hvert kíló af bleikju og úrgangur segir til um hversu mörg kílógrömm bleikjan í eldisrýminu geti vaxið um fyrir hvert kílógramm af fóðri.

3.5.1. Framleiðslugeta

Til að sjá fyrir sér mögulega framleiðslu í fiskeldi þarf að vita hversu mikið eldisrými er í boði og hversu mikið er hægt að framleiða í því. Miðað er við að hægt sé að framleiða 0,15 tonn af bleikju/m³/ár (Oddsson, 2011).

3.5.2. Lífmassi

Lífmassi bleikju í kerinu merkir hversu mörg kíló af fiski eru á rúmmálseiningu af vatni í eldisrými. Í náttúrunni má oft sjá bleikju í stórum torfum, en einn af kostum bleikju sem eldisfisks er að hún kann vel við sig í miklum þéttleika (Jóhannsson, 2004). Eldisrými ætti því að nýtast vel í framleiðslu á bleikju.

Samkvæmt kennsluefni í bleikjueldi segir að ekki sé óalgengt að þéttleiki í matfiskeldi sé 60-80 kg/m³ og mörg dæmi eru um ágætan vöxt við tvöfalt meiri þéttleika

(Jóhannsson, 2004). Forðast ætti að hafa lítinn lífmassa í bleikjueldi, í rannsókn á vexti bleikju við mismunandi lífmassaþéttleika sýndi hún minni vaxtarhraða og meiri stærðardreifingu við lífmassa upp á 15 kg/m³ en við 60 kg/m³. Aukning upp í 120 kg/m³ frá 60 kg/m³ leiddi ekki til minni vaxtar né mikils munar í vexti milli einstaka fiska (Saether, 2005). Önnur rannsókn þar sem borinn var saman vaxtarhraði fiska í eldisrými með mismunandi lífmassa sýndi að vöxtur bleikju í eldisrými með lífmassa upp á 60 – 120 kg/m³ var mun meiri en við 15 kg/m³ (Jørgensen, E.H., Christiansen, J.S. & Jobling, M., 1993). Önnur rannsókn leiddi í ljós að meiri uggaskemmdir komu í ljós við lífmassa upp á 30 kg/m³ en við lífmassa upp á 90 eða 150 kg/m³ (Siikavuopio, S.I. & Jobling.M., 1995).

Reynslan hjá Matorku er sú að þéttleiki upp á 85 kg/m³ henti vel. Sú tala er í samræmi við niðurstöður rannsókna sem tilteknar hafa verið hér að ofan, því verður sú tala notuð í verkefninu.

3.5.3. Streymi

Straumfræðilegir eiginleikar hafa áhrif á getu kera til sjálfhreinsunar. Réttur straumur eykur sund fisksins og bætir gæði hans ásamt því að bæta viðnámsgetu hans gegn sjúkdómum. Nægur straumur og næg fôðrun hverju sinni sér til þess að fiskurinn eyði ekki orku sem gæti farið í vöxt í að berjast um matinn í eldisrýminu (Jóhannsson, 2004).

Samkvæmt skýrslunni "Betri nýting vatns í bleikjueldi" er lágmarksrennsli í þeim fiskeldisstöðvum sem notast við grunndælingu, 0,2 l/min/kg (Jóhannsson, Thorarensen, & Ögmundarson, 2010).

Miðað er við að nauðsynlegt streymi inn í kerrið sé rúmlega það sem talið er lágmarksstreymi, 0,25 l/kg/min (Oddsson, 2011).

3.5.4. Fôðurstuðull

Fôðurstuðull er reiknað hlutfall þeirrar þyngdar fôðurs sem gefið er og þeirrar þyngdaraukningar sem verður hjá fiskinum. Miðað er við að fôðurstuðull bleikju sé 1,1 (Oddsson, 2011).

3.5.5. Úrgangsmýndun

Magn úrgangs sem myndast í eldisrými er hægt að áætla með því að miða við hversu mikinn úrgang fiskurinn skilar frá sér fyrir hvert kílógramm af fôðri. Áætlað er að 250 - 300 g af úrgangi komi frá hverju kílógrammi af fôðri sem fisknum er gefið (Hutchinson *et al.*, 2004).

4. Möguleikar til aukningar framleiðslu

Takmarkandi þáttur í bleikjueldi á landi er nothæft eldisvatn. Einnig þarf þó að hafa í huga affallsvatnið frá fiskeldinu. Viðtaki affallsvatnsins þarf að geta tekið við því án þess að það hafi áhrif á hann. Viðtakar eru misviðkvæmir fyrir affallsvatni og fer það aðallega eftir vatnsmagni þeirra.

Ýmsar leiðir eru til að nálgast meira vatn en það sem er til staðar á hverjum stað fyrir sig. Hægt er að bora eftir vatni. Einnig er hægt að loftbæta notað vatn, fjarlægja úrgang og nota lífhreinsa til að fjarlægja skaðleg úrgangsefni eins og ammóníak og gera vatnið þannig nothæft á ný. Þá er hægt að sleppa lífhreinsum og endurnýta vatnið minna.

Í samanburðinum sem gerður er í þessum kafla er gert ráð fyrir að stækka eigi fiskeldisstöð sem hafi 150 tonna framleiðslugetu á ári tvöfalt, eða upp í 300 tonn. Farið er í hversu mikið kostar að útvega vatn með þessum þremur aðferðum og hver rekstrarkostnaðurinn er á ári. Í umfjöllun um aðferðirnar er einungis fjallað um kostnað við að afla vatns en ekki kostnaðinn við að stækka viðkomandi fiskeldisstöð. Sá kostnaður er hinsegar tekinn með í dæmið þegar arðsemi aðferðanna er borin saman.

4.1. Bora eftir vatni

Á Íslandi er mikið og hreint grunnvatn. Á Íslandi er einnig mikil þekking á öflun og nýtingu á grunnvatni. Vatnsveitur og verktakafyrirtæki hafa mikla þekkingu í borun, sérstaklega í tengslum við heitt vatn til húshitunar og orkuframleiðslu.

Ef fiskeldisstöð sem nýtir allt það vatn sem henni stendur til boða vill stækka við sig er borun eftir nýju vatni möguleiki. Mjög mismunandi er eftir svæðum hversu aðgengilegt er að nálgast vatn með þessum hætti. Þar sem hæfilega stutt er niður á grunnvatn er þó ekki mikið mál að láta útbúa borholur með stöðugu rennsli. Á öðrum stöðum er minna um grunnvatn og þar er ekki hægt að fá jafnmikið vatn með þessum hætti. Í raun er ómögulegt að alhæfa og miða við einar aðstæður og gera ráð fyrir að þær gildi fyrir alla staði á landinu. Svo dæmi sé tekið eru kaldavatnsborholur í Heiðmörk að gefa allt að 150 l/s á meðan mun algengara er að fá borholur með um 20 l/s á talsverðum hluta Suðurlands (Óskarsson, 2011).

Í þessu verkefni er einna helst horft til Suðurlands vegna þess að Matorka er með fiskeldisstöð þar. Haft var samband við verktakafyrirtækið Ræktunarsamband Flóa og Skeiða sem staðsett er á Suðurlandi og vinnur mikið þar. Ræktunarsambandið ræður yfir talsverðum fjölda jarðbora og hafa stundað jarðboranir lengi, einna helst fyrir sumarhús en einnig við ýmis jarðrannsóknarverkefni. Sérfræðingar þeirra hjálpuðu við að áætla kostnað við borun. Þeir tóku fram að erfitt er að gefa upp eitt verð þar sem aðstæður eru mjög mismunandi á hverjum stað fyrir sig. Á Suðurlandi hafa þeir

þó borað talsvert af smærri holum og meðalmagn sem þær hafa verið að gefa er í kringum 20 l/s. Telja þeir að hægt sé að bora margar slíkar holur á hverjum stað til að ná upp í það vatnsmagn sem þarf fyrir fiskeldið. Áætlaður kostnaður við að bora eina slíka holu er 400 þúsund krónur. Í hverja holu þarf svo að setja borholudælu til að dæla vatninu upp úr holunni og á áfangastað. Slík dæla yrði um 5,5 kW fyrir hverja holu sem dælir 20 l/s. Á þeim stöðum þar sem meira rennsli væri til staðar yrði hagstæðara að bora færri og stærri holur, en slíkir staðir eru sjaldséðari og því miðað við margar 20 l/s holur (Guðjónsson, 2011).

Kostir við þessa aðferð eru að borholuvatn er ferskt og hreint vatn og er því gott fyrir fiskana. Ekki þarf pláss undir dælur og lífhreinsa nema vatnið verði endurnýtt frekar. Gallar við þessa aðferð eru að mjög mismunandi vatnsaðstæður eru eftir stöðum svo ekki er hægt að treysta á að þessi aðferð virki alls staðar. Talsverður rafmagnskostnaður fylgir borholudælunum þar sem dæla þarf vatninu talsverða hæð upp úr holunum.

Stofnkostnaður borunar er umtalsverður. Vatnspörf fyrir 150 tonna viðbótar fiskeldi er um 320 l/s. Því þyrfti að bora 16 holur sem gefa af sér 20 l/s til að ná nægilegu rennsli og kostar það 6,4 milljónir. Þá þyrfti að kaupa borholudælur sem kosta um 800 þúsund krónur hver, alls 12,8 milljónir króna. Þeim er komið fyrir í hverri holu. Borholur eru almennt lengi í rekstri án þess að teljandi viðhald þurfi við þær.

Rekstkostnaður við borholurnar er þó talsverður í rafmagnskostnaði við að halda borholudælunum gangandi. Miðað við að dæla sem er 5,5kW sé í gangi allt árið um kring gerir það um 660 þúsund króna rafmagnskostnað (Orkustofnun, 2011). Fyrir 16 slíkar holur yrði rekstrarkostnaðurinn 10,6 milljónir króna á ári. Þá þarf að leggja lagnir frá borholunum að fiskeldinu. Mislangt er frá holum að fiskeldisstöð svo að sá kostnaður er mjög breytilegur. Sé hægt að leggja vatnslagnirnar ofanjarðar er miðað við 6.000 krónur/metri, með jarðvinnu væri það nær 10.000 krónur/metri. Miðað er við að fjárfesta þurfi í 500 metrum af pípum og þær lagðar ofanjarðar. Kostnaðurinn við það er þá 3 milljónir króna (Bjarnason, 2011). Stofnkostnaður við framkvæmd af þessu tagi er þá um 22,2 milljónir króna og rekstrarkostnaður 10,6 milljónir króna á ári.

4.2. Þaulnýting

Í skýrslunni “Farming of Freshwater Rainbow Trout in Denmark” eftir Alfred Jokumsen og Lars M. Svendsen er fjallað um þrjár tegundir af fiskeldiskerfum fyrir regnbogasilung sem byggjast á endurnýtingu vatns. Tvö þeirra kerfa hafa náð vinsældum úti í Danmörku og hafa Danir verið að breyta fiskeldisstöðvunum þar í landi til að vinna eftir öðru hvoru kerfinu. Annað kerfið er einfaldara og með minni endurnýtingu á vatni en hitt er veigameira og endurnýtir vatnið talsvert meira. Byggir sú tegund sem hefur meiri endurnýtingu á því að vatnsinntaka sé mjög lítil og því sé vatnið hreinsað og endurloftað. Vatn er þá látið renna í gegnum kerfi af kerum þar sem vatnið er nýtt aftur og aftur. Slík kerfi henta vel á stöðum þar sem vatn er af skornum skammti og nægt pláss er fyrir hendi (Jokumsen & Svendsen, 2010). Danmörk er í Evrópusambandinu og gerðar eru miklar kröfur um hreinleika vatns sem kemur frá iðnaði s.s. fiskeldi. Þaulnýtingakerfin mæta þeim kröfum og er vatnið sem

kemur frá slíkum stöðvum almennt innan viðmiðunarmarka fyrir vatnsgæði (Þórarinsdóttir, 2011).

Mikil endurnýting vatnsins leiðir til þess að hlutfall lífrænna efna eins og ammóníaks eykst. Þarf því að hreinsa það úr vatninu með því að nota lífhreinsa. Súrefni mun einnig verða nýtt að miklu leyti og þarf því að endurlofta það. Stórir loftblásarar sjá um að blása lofti inn í kerin í gegnum lagnir. Úrgangur er hreinsaður með svokölluðum úrgangskeilum (e. Sludge Cones) sem liggja með botninum og taka við úrgangi og óétinni fæðu sem komast í kerid og falla til botns. Þá eru notaðar tromlusúr til að hreinsa út smærri agnir sem að fljóta um í vatninu (Jokumsen & Svendsen, 2010).

Til eru margar mismunandi útfærslur á því hvernig þaulnýtingarkerfi er sett upp nákvæmlega og fer það aðallega eftir mismunandi gerðum af t.d. úrgangskeilum eða síum. Í grunninn virka þær þó allar eins. Danska þaulnýtingarkerfið er byggt upp þannig að fiskeldisstöðvarnar eru byggðar upp af langkerum sem eru ílöng og ferhyrnd, ólíkt hefðbundnu hringkerunum sem eru notuð mest á Íslandi (Oddsson, 2011). Talsverður straumur er í gegnum kerin. Hann gerir það að verkum að allur úrgangur og stærri agnir sem falla til botns, rúlla eftir botninum undan straumnum. Við enda hvers kers eru úrgangskeilur sem eru eins konar gryfjur á botni keranna, sem fanga þennan úrgang. Keilurnar eru svo tæmdar reglulega og þannig eru allar stærri agnir fjarlægðar úr kerinu. Vatnið sem fiskarnir lifa í verður svo sífellt óhreinna af smærri ögnum sem ekki falla til botns heldur fljóta um kerid. Þær eru hreinsaðar burt með tromlusíum sem vatninu er dælt í gegnum á leið sinni frá kerinu í átt að lífhreinsum og loftun. Lífhreinsarnir taka við vatninu frá síunum. Lífhreinsarnir eru nánast lífrænar síur sem hreinsa efnasambönd úr vatninu. Á yfirborði lífhreinsanna eru tvær gerðir af bakteríum sem hreinsa vatnið. Annars vegar eru það bakteríur sem að binda ammóníak og hins vegar bakteríur sem að binda önnur lífræn efnasambönd. Bakteríurnar nýta súrefni í þessi efnahvörf sín og því er nauðsynlegt að hafa nægt súrefni við lífhreinsana. Danir hafa líka reist plöntulón sem þeir láta vatnið streyma í gegnum á hringferð sinni. Í plöntulóninu eru mismunandi jurtir eða plöntur sem að nýta mörg af þeim efnum sem eru í vatninu sem næringu og hreinsa þannig vatnið enn frekar. Eftir öll þessi skref er vatninu svo dælt aftur inn í kerin og þá er það loftað með loftblásurum og notað aftur (Jokumsen & Svendsen, 2010; Jóhannson, Thorarensen & Ögmundarson, 2010).

Gerðar hafa verið tilraunir með þaulnýtingakerfi á Íslandi. Í skýrslunni „Betri nýting vatns í bleikjueldi“ er fjallað um tilraun sem gerð var á Hólum í Hjaltadal í samvinnu við Mátis. Þar var sett upp kerfi með tromlusíu, lágþrýstiloftara og íslenskri útfærslu af lífhreinsi. Kerfið sem sett var upp var tengt hringkerum. Niðurstöður þeirrar rannsóknar gefa til kynna að endurnýta megi vatn fjórum sinnum en allt að sjö sinnum áður en það er orðið óæskilega óhreint (Jóhannson, Thorarensen, & Ögmundarson, 2010).

Ef auka ætti framleiðslugetu stöðvar með 150 tonna ársframleiðslu með uppsetningu þaulnýtingakerfis, væri ekki verið að nýta alla möguleika þaulnýtingakerfisins. Þaulnýtingakerfið ræður við að fjórfalda framleiðsluna, ekki bara tvöfalda. Uppsetning þaulnýtingakerfis með það fyrir augum að tvöfalda stöð er því óþarflega mikil framkvæmd þar sem nóg er að lofta vatnið og nota það þannig. Því verður miðað við að fjórfalda afköst fiskeldisstöðvar með uppsetningu á þaulnýtingakerfi í samanburðinum. Fjórföldun fiskeldisstöðvar eykur umfangið umtalsvert á daglegum

rekstri stöðvarinnar. Því gerum við ráð fyrir að ráða þurfi auka starfskraft. Hversu marga þyrfti að ráða færi talsvert eftir hvernig rekstri yrði háttáð en stækkun stöðvar frá 150 tonna framleiðslu upp í 600 krefðist fjölgunar um tvö aukaársverk (Oddsson, 2011).

Kostir við endurnýtingu eru að vatn nýtist mjög vel og er mjög hreint. Gallar eru að uppsetning þaulnýtingakerfis er dýr. Fjárfesta þarf í miklum búnaði s.s. síum og lífhreinsum. Lífhreinsarnir einir og sér eru oft um 30% af stofnkostnaði við slíka framkvæmd (Þórarinsdóttir, 2011). Mikill rekstrarkostnaður fylgir rekstri þaulnýtingakerfa þar sem stöðugt er verið að dæla vatninu í hring, auk þess sem síurnar og loftararnir eru stöðugt að keyra á rafmagni. Lífhreinsar eru plássfrekir og því óhentugir þar sem pláss er af skornum skammti. Kerfið er einnig viðkvæmt fyrir bilunum og rafmagnsleysi.

Stofnkostnaður fyrir þaulnýtingu er eftirfarandi. Lífhreinsir fyrir 600 tonna stöð kostar um 18 milljónir króna. Tromlusía fyrir 600 tonna stöð kostar um 30 milljónir króna og lágrýstiloftari um 12 milljónir króna. Vatnsdælur kosta um 5 milljónir króna. Samtals gera það um 65 milljónir króna (Jóhannsson, 2011).

Rekstrarkostnaður á ári er reiknaður með eftirfarandi hætti. Rafmagnsþörf lífhreinsis er um 55kW, tromlusíunnar um 1kW, loftarans um 20kW og dælanna 20kW. Samtals 96kW sem gera 12 milljónir króna á ári. Kostnaður við að hafa auka starfsmenn í vinnu er áætlaður 13 milljónir króna. Talsverður rekstrar- og viðhaldskostnaður fylgir svona stóru og flóknu kerfi, sér í lagi vegna lífhreinsa. Gert er ráð fyrir að hann sé 5 milljónir króna á ári. Í heildina gera þetta 30 milljónir króna á ári (Jóhannsson, 2011; Orkustofnun, 2011).

4.3. Endurnýting

Eins og fram hefur komið takmarkast stærð fiskeldisstöðva sem nýta gegnumstreymiskerfi af vatnsmagninu auk frárennslis og er þar súrefnisinnihald vatnsins sem ræður. Endurnýtingakerfi byggja á því að lofta vatnið sem að kemur frá fiskeldiskerunum og nota það svo aftur til frekara eldis. Vatnið er ekki hreinsað með síum eða lífhreinsum í slíkum kerfum þar sem magn ammóníaks og annarra efna er ekki farið að hafa skaðleg áhrif við einfalda endurnýtingu sem þessa.

Uppsetning endurnýtingakerfis er mun einfaldari heldur en þaulnýtingakerfis. Hægt er að ímynda sér að stöð með endurnýtingakerfi sé eins og tvær gegnumstreymisstöðvar. Eini munurinn er að vatnið er tekið úr annarri stöðinni, loftað og svo látið renna í gegnum seinni stöðina.

Kostir við endurnýtingu eru að uppsetning á slíku kerfi er tiltölulega einföld, sérstaklega miðað við þaulnýtingakerfi. Hvorki stofnkostnaður né rekstrarkostnaður er svo mikill. Gallar eru að kerfið er háð því að loftblásararnir séu stöðugt í gangi.

Stofnkostnaður er eftirfarandi. Kostnaður við 4kW loftblásara er um 800 þúsund krónur. Með uppsetningarkostnaði kostar loftunin um 1 milljón króna.

Rekstrarkostnaður fer eftir rafmagnskostnaði við loftblásara og er um hálf milljón króna á ári (Orkustofnun, 2011).

4.4. Samanburður á aðferðum til vatnsöflunar

Hér kemur samanburður á kostnaði við vatnsöflun. Þá er búið til arðsemismat fyrir stækkun með þessum aðferðum. Hér er borin saman hagkvæmni þess að stækka 150 tonna fiskeldisstöð upp í 300 tonn með borun og endurnýtingu við að stækka 150 tonna stöð upp í 600 tonna stöð með þaulnýtingu.

Tafla 1: Stofn- og rekstrarkostnaður vatnsöflunar

	Borun	Þaulnýting*	Endurnýting
Stofnkostnaður	22,2 milljónir	65 milljónir	1 milljónir
Rekstrarkostnaður	10,6 milljónir	30 milljónir	0,5 milljónir

* = miðað við stækkun frá 150 tonnum upp í 600

Þetta er kostnaðurinn einungis við að afla frekara vatns. Hér sést að ef tvöfalda á fiskeldisstöð er langódýrasta aðferðin að lofta vatnið eingöngu.

Til þess að stækka fiskeldisstöð þarf ekki einungis að fá aðgang að meira vatni, það þarf líka að stækka stöðina sjálfa með viðbótar fiskeldiskerum, lögnum og vinnu. Nánar verður farið í slíkan stofnkostnað síðar en hér er gert ráð fyrir að slík stækkun kosti 30 milljónir króna í viðbót við vatnsöflunina. Inn í þá tölu er tekin öll vinna við stækkunarframkvæmdir og kostnaður vegna kera, lagna, fóðurkerfa og fleira. Ekki verður farið nánar í þennan kostnað hér en ítarlegra er fjallað um stofnkostnað við stækkun fiskeldisstöðvar í kafla 6.1. Stofnkostnaður. Miðað er við að þrefalda allar tölur í samanburðinum þegar fjallað er um þaulnýtingastöðina og því til dæmis gert ráð fyrir að það kosti 90 milljónir króna að stækka stöðina fyrir þá viðbót.

Í dæminu sem hér verður reiknað mun “nýi hluti stöðvarinnar” framleiða 150 auka tonn af bleikju og selja hana á verðinu 670 kr/kg (Karlsdóttir, 2011). Sú sala gefur 100,5 milljónir króna á ári. Sé gert ráð fyrir fóðri, slátrun, flutningi, sköttum, launakostnaði og öðru tilheyrandi skilar bleikjusalan um 35 milljónum króna á ári í hagnað

Í samanburðinum er gert ráð fyrir að rekstrarkostnaður hvernar aðferðar sé dreginn frá söluhagnaði af bleikjunni sem var 35 milljónir króna/150 tonn. Notuð er jafnan um heildarvirði greiðsluflæðis til að áætla verðmæti framkvæmdarinnar. Stofnkostnaðurinn er svo dreginn frá þeirri tölu til að fá heildarnúvirðið. Miðað er við 10 ára líftíma fyrir allar gerðir stækkunar þar sem forsendur s.s. bleikjuverð er erfitt að áætla að haldist stöðugt svo langt fram í tímann. Ávöxtunarkrafan er metin upp á 20% (Karlsdóttir, 2011). Allar tölur eru í milljónum króna.

Tafla 2: Samanburður á vatnsöflunaraðferðum

	Borun	Þaulnýting	Endurnýting
Stofnkostnaður	52,2	155	31
Rekstrarkostnaður	10,6	30	0,5
Hagnaður á ári	24,4	75	34,5
Heildarnúvirði	50	159	114
Innri vextir	46%	47%	111%

Í töflu 2 sést heildarnúvirði stækkanna í milljónum króna ásamt innri vöxtum. Sé litið á heildarnúvirði er ljóst að stækkun með borun gefur minnst af sér á meðan að hinir tveir valmöguleikarnir gefa svipaða afkomu. Þaulnýting gefur 45 milljónum króna meira en kostar aftur á móti 124 milljónum króna meira í stofnkostnað. Séu innri vextirnir bornir saman sést að borun og þaulnýting gefa svipaða ávöxtun á meðan endurnýting gefur mun hærri ávöxtun.

Þessi samanburður er nálgun á arðsemi þess að stækka við fiskeldisstöð sem nú þegar er í rekstri. Ljóst er að yrði kafað mun ítarlegar ofan í framkvæmd og rekstur slíkra stöðva gæti niðurstaðan orðið önnur. Þær nálganir sem gerðar hafa verið eru þó taldar raunhæfar til að átta sig gróflaga á möguleikunum sem eru fyrir hendi. Það fer svo eftir aðstæðum hverrar fiskeldisstöðvar fyrir sig hvaða aðferð hentar best. Þaulnýtingaaðferðin krefst til að mynda mikils pláss og því hentug á stöðum þar sem mikið landrymi er í boði en einnig þar sem viðtaki frárennslis er lítil, þar sem vatnið sem berst í hann er tiltölulega hreint (Þórarinsdóttir, 2011). Eins er eflaust hægt að finna staði þar sem mun ódýrara er að nálgast grunnvatn en gert er ráð fyrir í okkar forsendum og því má vel hugsa sér að hagkvæmara sé að bora eftir vatni á slíkum stöðum.

Séu þaulnýtingaaðferðin og endurnýtingaaðferðin bornar saman gefa þær svipað af sér í tekjur yfir 10 ára tímabil. Stofnkostnaður við þaulnýtingakerfi er hins vegar fimmfalt meiri en fyrir endurnýtingaaðferðina. Innri vextir verkefnanna gefa til kynna að mun meiri ávöxtun hlýst af endurnýtingaaðferðinni. Því má álykta að meiri áhætta sé fólgin í því að koma á fót þaulnýtingakerfi. Miðað við stöðuna í Þjóðfélaginu nú til dags er ekki að því hlaupið að fá fjármagn til fjárfestinga líkt og þessara og því mun vænlegra að þurfa einungis að útvega 31 milljón króna á móti 155 milljónum. Séu kostir og gallar beggja kerfa teknir til íhugunar telja höfundar endurnýtingu vera vænlegri kost en þaulnýtingu. Endurnýtingakerfi er einfaldara og minna í sniðum og því hentugra að reka þar sem endurnýtingakerfi hefur færri íhluti sem þarf að reka og geta bilað.

5. Endurnýting - Dæmi um útfærslu

Endurnýtingaaðferðin kom vel út úr samanburðinum hér á undan. Stofnkostnaður er ekki mikill miðað við hinar aðferðirnar sem skiptir miklu máli þegar erfitt er að fá fjármagn til stórra fjárfestinga. Einnig er ávöxtun á slíku kerfi mun meiri en af uppsetningu þaulnýtingakerfis og er það því öruggari og arðbærri kostur.

Fyrirtækið Matorka hyggst stækka bleikjueldisstöðina í Galtalæk. Áætlað er að tvöfalda framleiðsluna með því að byggja eldisrými og útvega því eldishæfu vatni. Stór partur af því vatni sem rennur í gegnum svæðið er nýtt. Pláss er af skornum skammti og því þykir henta vel að nota aðferðir endurnýtingar.

Aðstæður í Galtalæk voru kannaðar og þættir mældir með það í huga að auka framleiðsluna með því að stækka eldisrými og endurnýta vatnið sem þegar rennur í gegnum fiskeldisker á svæðinu.

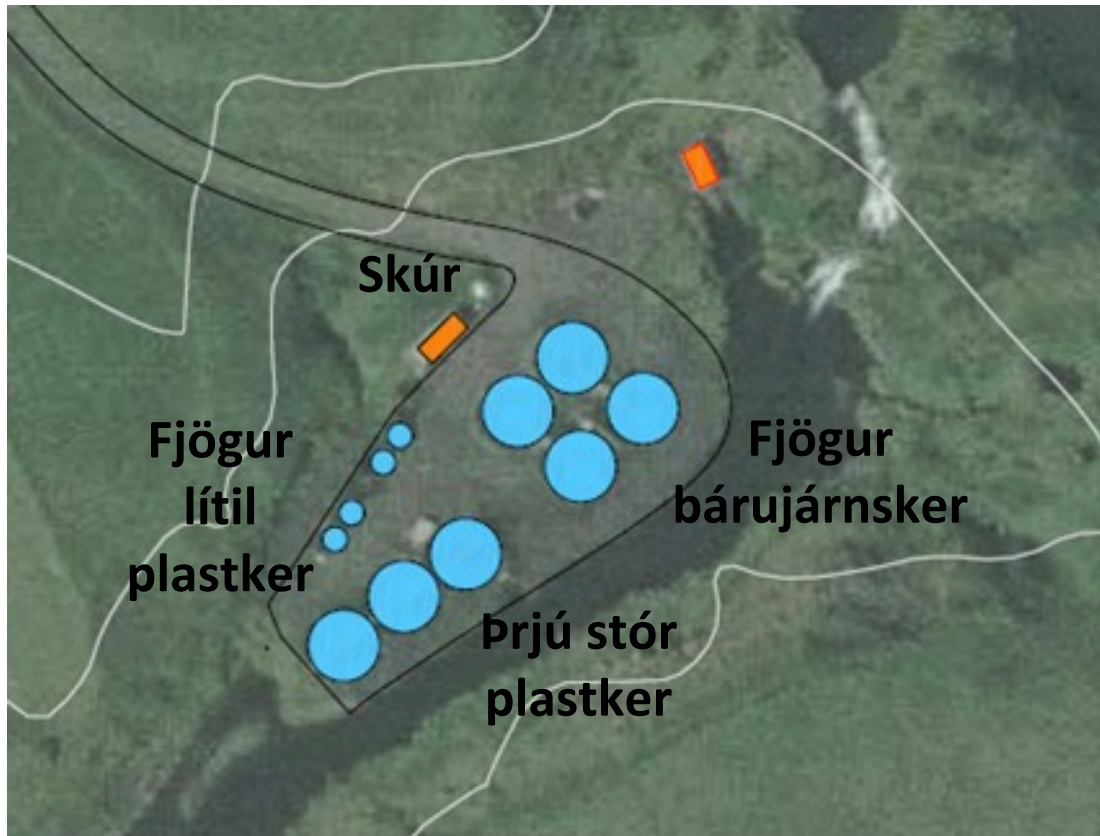
Í eftirfarandi köflum er skoðuð útfærsla á viðbót eldisrýmis með endurnýtingu. Í kjölfarið er útbúið arðsemismat.

5.1. Fiskeldisstöðin í Galtalæk

Þessi kafli fjallar um stöðu fiskeldisins er í dag og er byggt á honum við tæknilega útfærslu og mat á kostnaði, rekstri og arðsemi. Gagna um svæðið var aflað í Galtalæk þar sem mældar voru stærðir og svör fengin við spurningum hjá Sveinbirni Oddssyni, eldisbónda á svæðinu ásamt Stefaníu K. Karlsdóttur og Ragnheiði I. Þórarinsdóttur, tveimur af eigendum Matorku.

5.1.1. Svæðið sjálft

Fiskeldisstöðin í Galtalæk er staðsett í um 120 km fjarlægð frá Reykjavík í Rangárþingi eystra. Þar var reist fiskeldisstöð árið 1985 og er hún nú í eigu Matorku. Stöðin tekur við seiðum sem ræktuð eru upp í um 70 gramma stærð í seiðastöðinni í Fellsmúla, sem er skammt frá Galtalæk (Þórarinsdóttir, 2011). Stöðin er eilítið komin til ára sinna og hefur ekki verið keyrð á fullum afköstum undanfarið. Í stöðinni eru 11 misstór hringker með eldisplássi upp á rúmlega 1000 rúmmetra. Miðað er við að fyrir 1000 rúmmetra sé hægt að framleiða um 150 tonn. Stöðin getur því mest framleitt um það bil 150 tonn á ári miðað við núverandi tækjakost (Þórarinsdóttir, 2011). Gert er ráð fyrir að framleiðslan án viðbygginga verði komin í þá stærð árið 2012.



Mynd 2: Grunnmynd af Galtalæk, mynd: Helgi Mar Hallgrímsson, Arkþing

Á mynd 2 má sjá grunnmynd fyrir Galtalæk. Fjögur stór bárujárnsker eru staðsett saman efst til hægri og þrjú stóru plastkerin saman þar fyrir neðan. Áætlað er að nýta vatn sem streymir inn í þau inn í nýtt eldisrými. Fjögur litlu plastkerin sem á að rífa eru staðsett saman til vinstri. Appelsínuguli ferhyrningurinn á myndinni vinstra megin við fjögur stóru bárujárnskerin er skúr sem áætlað er að rífa.

5.1.2. Vatnsstreymi

Vatnið á svæðinu er tvenns konar. Annars vegar er það lindarvatn og hins vegar vatn úr Galtalæknum sjálfum. Vatnið er tekið úr Galtalæknum við Skógafoss. Lækurinn rennur svo út í Ytri Rangá.

Galtalækur er vatnsmikill lækur. Hitastigið í honum fer niður í 3,5° C á veturna en upp í um 9-10° C á sumrin. Úr læknum er hægt að nýta rúmlega 400 l/s. Lindirnar gefa um 80 l/s af vatni. Fer hitastig þess lægst í 4,5° C á veturna en upp í um 6,5° C á sumrin. Á sumrin er meira stuðst við lækinn. Er það gert vegna þess að fiskur vex hraðar og betur í hlýrra vatni. Því er á hverjum tíma meira stuðst við þann vatnsgjafa sem hlýrri er. Vatnið sem kemur frá læknum og lindinni er deilt niður á hringker þar sem það rennur án þess að hafa farið í gegnum önnur ker (Oddsson, 2011).

5.1.3. Fiskeldisrými í Galtalæk

Þrjú stór hringker úr plasti eru á staðnum. Þau eru í notkun enda í góðu ásigkomulagi. Kerin standa 1,3 metra fyrir ofan jörðu en þau eru grafin niður. Þau eru þó 2,25 metrar frá botni til topps og vatnshæðin um það bil 2 metrar, því er vatnsyfirborðið í kerunum um 1,05 metra fyrir ofan jörðu. Þau eru 9 metrar í þvermál og því má

samkvæmt rúmmálsreikningum fyrir sívalning gera ráð fyrir að nýttir séu 127,2 m³ í kerinu. Kerid er þó 143,14 m³.

Fjögur stór hringker úr bárujárninu eru á staðnum, klædd að innan með dúk. Kerin eru jafn stór og stóru plastkerin og taka jafnmarga lítra en liggja þó töluvert neðar. Vatnsyfirborð þeirra er í um 0,4 m hæð yfir jörðu. Kerin hafa ekki verið notuð í eitthvern tíma þar sem dúkurinn í þeim er nánast ónýtur. Þó er ætlunin að breyta því og taka þau í gagnid sumarið 2012.

Í töflunni hér fyrir neðan sést áætlaður lífmassi og áætluð vatnsrennslisþörf í kerjum svæðisins í notkun ásamt mögulegri framleiðslugetu á ári. Miðað er við forsendur í fræðikaflanum “Forsendur framleiðslu”.

Tafla 3: Lífmassi, rennsli og framleiðslugeta

	Lífmassi (kg)	Áætluð vatnsþörf (l/s)	Framleiðslugeta á ári (kg)
Þrjú stór plastker	32.436	135,15	57.240
Fjögur bárujárnsker	43.248	180,20	76.320
Samtals	75.684	315,35	133.560

Til að sem mest svæði náist undir eldispláss er áætlað að fjarlægja hluti á svæðinu sem mætti koma fyrir annars staðar eða hafa ekki verið mikið í notkun. Á svæðinu eru einnig fjögur lítil plastker. Þau hafa ekki mikið verið í notkun undanfarið og áætlað er að fjarlægja þau af svæðinu. Einnig er áætlað að rífa skúr sem notaður er í geymslu á fódri og áhöldum.

Vatnið sem kemur frá kerunum rennur út í Galtalæk. Vatnið hefur ekki mikið súrefnishlutfall eða um 7 mg í lítra þegar það kemur úr hringkerunum. Það hefur tekið upp til sín eitthvað af úrgangsefnum frá fiskunum líkt og ammóníak (Oddsson, 2011).

Svæðið við Galtalæk er utandyra og því í beinum tengslum við veður og náttúru. Það er opið, þ.e. það er ekkert skýli yfir kerunum nema net með stórum götum til að hindra veiði frá fuglum á svæðinu. Svæðið er ekki langt frá virkum eldstöðvum svo sem Heklu og Eyjafjallajökli. Áhrif sem eldgos á svæðinu myndi hafa er fyrst og fremst öskufall ofan í kerin og hugsanlegrar eitrunar ef flúormengun berst í vatnið. Askan inniheldur mikið af eiturefnum eins og flúor og álsambönd. Hún er fingerð með mikið yfirborð. Verði mikið öskufall er hætt á að vatnið í kerunum mengist. Öskufall vegna eldgossins úr Grímsvötnum í maí 2011 hafði slæm áhrif á fiskeldi við Kirkjubæjarklaustur. Askan stíflaði síur í einu kerinu sem gerði það að verkum að vatn hætti að flæða úr kerinu og það yfirfylltist. Flæddi þá vatn og fiskur úr kerinu og dóu um 200 kg af bleikju (Almannavarnadeild, 2011).

Mögulegt er að koma í veg fyrir að öskufall hafi áhrif með yfirbreiðslum sem hægt er að spenna yfir kerin.

Lítill orkuþörf er á svæðinu eins og er. Allt vatn er sjálfrennandi og því engar dælur sem þarf að keyra til að viðhalda rennslinu. Fóðrað er með handafli. Eingöngu þarf rafmagn þegar dæla á fiski í og úr kerum.

Í dag vinna þrír starfsmenn við fiskeldisstöðvarnar í Galtalæk og Fellsmúla. Tvö stöðugildi eru í hefðbundnu fiskeldi en eitt stöðugildi fer í viðhald og umbætur á svæðinu í Galtalæk og í Fellsmúla. Tveir starfsmenn geta auðveldlega séð um stöð af þessari stærðargráðu. Ekki þurfa stöðugt tveir að vera á staðnum við störf. Viðvera er þó nauðsynleg til að taka á þeim bilunum og vandamálum sem upp geta komið á hverjum tíma. Erfitt væri því að reka stöðina með eingöngu einum starfsmanni í eldinu en svigrúm er til stækkunar á eldinu án þess að mannþörf aukist (Oddsson, 2011).

5.1.4. Vatnsskilyrði fyrir aukna framleiðslu

Í Galtalæk streymir mikið af vatni og er það yfirleitt allt nýtt í hringkerunum. Því verður að endurnýta það á einhvern hátt til að auka framleiðslu á svæðinu. Til þess að endurnýta vatnið þarf að huga að því að eftirfarandi þættir séu innan æskilegra marka til að skilyrði bleikjunnar til að lifa og vaxa séu sem eðlilegastar.

Bleikjan nýtir stóran hluta loftsins en þó ekki allt. Vatnið sem kemur frá hringkerum er með um 7 mg/l af súrefni (Oddsson, 2011)

Eins og fram kemur í kafla 3.2.1 er hægt að reikna hversu mikið magn af súrefni þurfi að vera í eldisrými til að fiskar vinni örugglega úr fódri með því að nota jöfnu 7. Miðað er við að framleiðslugeta hringkerja sé 133.560 kg eins og kemur fram í töflu 3. Framleiðslugeta á ári í nýja eldisrýminu er 150.000 kg og fódurstuðull er 1,1. Þá er samtals fódur sem þarf í eldisrýmin 311.916 kg. Súrefnismagn sem þarf er því 110,14 mg O₂/kg bleikju/klst eða 0,0046 kg O₂/s fyrir allt eldismagnið

Áætlað flæði í gegnum kerfið er upp á 315,35 l/s. Þá er hægt að nota jöfnu 8 til að finna hversu mikið súrefni þurfi á lítra í kerinu. Út fæst að það þurfi 14,55 mg O₂/l.

Þó miðast jafnan við fisk á bilinu 50 - 100 g. Stærri fiskur þarf hlutfallslega minna súrefni og því verður súrefnisnotkun minni en talan segir til um. Því er greinilegt að lofta þarf vatnið sem kemur úr hringkerunum í nýja eldisrýmið enda er það orðið 7 mg O₂/l og mun verða enn súrefnissnaudara við að fara í gegnum nýja eldisrýmið.

Koltvísýrlingur (CO₂) getur verið eittraður í of miklu magni. Eins og kom fram í kafla 3.2.2. er hægt að áætla hversu mikill koltvísýrlingur myndast út frá súrefni sem fiskurinn nýtir í að vinna orku úr fæðunni. Miðað er við að 1,27 kg af koltvísýrlingi myndist fyrir hvert kílógramm af súrefni sem fiskurinn nýtir sér til að vinna orku úr fæðunni.

Þar sem súrefnismagn sem þarf er 14,55 mg O₂/l myndast koltvísýrlingur upp á 18,48 mg CO₂/l. Miðað er við að koltvísýrlingsmagn ætti ekki að fara yfir 20 mg CO₂/l (Hutchinson *et al*, 2004).

Jafnan fyrir súrefniþörf miðast við fisk á bilinu 50 – 100 g. Stærri fiskur þarf hlutfallslega minna súrefni og því verður súrefnisnotkun minni en talan segir til um og koltvíoxíð myndunin sömuleiðis (Johnston, 2002).

Eins og tekið var fram í kafla 3.2.3. þarf að gæta að styrk ammoníaks í endurnýtingar- og hringrásarkerfum þegar not verða meira en 4-5 föld (Jóhannson, 2004). Þetta kerfi hefur aðeins tvöföld not af vatninu og verður því ekki vandamál.

Ónýttar fóðurleifar, úrgangur fisks og fleiri lífræn efni sem komast í eldisrýmið taka mikið súrefni úr eldisrýminu. Úrgangur sem flýtur eftir botninum verður fjarlægður með svokölluðum úrgangskeilum sem rætt verður um síðar í skýrslunni (Oddsson, 2011).

5.1.5. Val á kerri og loftunarbúnaði

Áætlað er að nýta svæðið sem er í boði sem best. Langker þykir henta til góðrar nýtingar landsvæðis undir eldispláss og því er ákveðið að reisa slíkt. Áætlað er að leyfa ungum og viðkvæmari fisknum að vaxa í hringkerum en flytja hann svo yfir í langkerið. Það verður hannað þannig að það verði dýpra en danskar fyrirmyndir þess til að fá meira eldispláss undir fiskinn.

Súrefnismagn í vatninu er af skornum skammti eftir notkun í hringkerunum. Vegna lítils þrýstifalls (e. Head loss) vatns á frá hringkerum í nýja eldisrýmið næst lítil þyngdarafslöftun nema mögulega ef vatninu væri dælt. Til að koma súrefni í vatnið er ákveðið að notast við loftblásara svipaðan þeim sem sást á myndum úr framkvæmdum við fiskeldi í Hallundbæk.

5.2. Tæknileg útfærsla

Í þessum kafla er fjallað um tæknilega útfærslu á uppbyggingu viðbótar við fiskeldið í Galtalæk sem miðað er við í arðsemismati. Áætlað er að auka framleiðsluna í Galtalæk með byggingu nýs fiskeldiskers ásamt tilheyrandi búnaði.

5.2.1. Undirbúningur á eldisrými

Skúrinn og fjögur litlu plastkerin á svæðinu eru á svæðinu þar sem langkerið á að vera staðsett. Þau þarf að fjarlægja og verður það gert með aðstoð verktakafyrirtækis sem býður í verkið. Hugsanlega verða einhver af þeim tækjum sem nýtt eru í rifin nýtt í að grafa á svæðinu til að spara flutningskostnað á tækjum.

Talsverða jarðvinnu þarf að vinna til að langkerið verði nothæft. Taka þarf núverandi lagnir sem liggja að litlu kerunum í burtu og koma nýjum fyrir sem tengja frárennslisvatn eldri keranna yfir í nýja kerrið. Einnig þarf að grafa fyrir úrgangskeilum (e. sludge cones) (sjá: 5.2.7. Meðferð úrgangs) og lögnum til að dæla úr þeim yfir í úrgangstank. Kerrið sjálft verður um tveir metrar á dýpt og grafa þarf allt að þrjá metra niður þar sem úrgangskeilurnar og lagnir tengdar þeim verða staðsettar. Aðeins fyrir kerrið þarf að gera ráð fyrir um 1100 rúmmetrum. Einnig þarf að grafa meira til að stækka svæðið og er því gert ráð fyrir að grafa þurfi um 1800 rúmmetra í það heila.

5.2.2. Langker

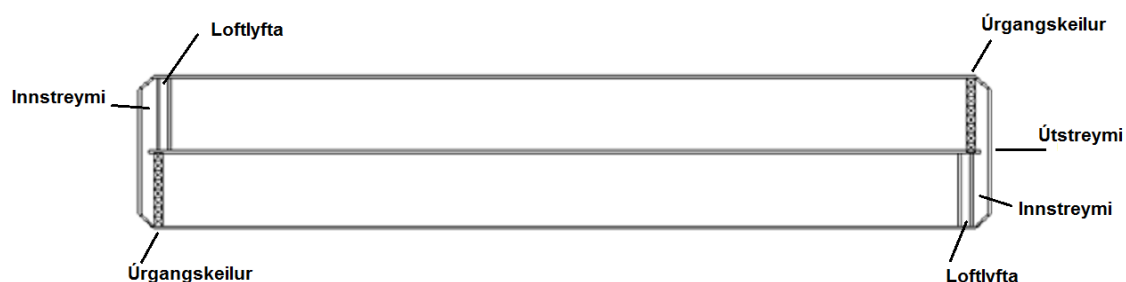
Við hönnun á langkerinu eru lagðar til grundvallar ákveðnar hönnunarforsendur. Kerrið þarf að vera nógu sterkt til að þola vatnsþrýstinginn og endast vel. Innifalið í tilboðinu um byggingu kersins sem kom frá verktaka var gert ráð fyrir burðarþolsreikningum og því ekki farið sérstaklega í þá hér. Krafa frá Matorku er að auðvelt sé að skipta fiskinum eftir stærð og fjarlægja hann úr kerinu. Eldisrými kersins þarf að nægja til 150 tonna framleiðslu á ári til að framleiðslan á svæðinu verði tvöfölduð.

Mæld var stærð þess svæðis sem langkerið gæti risið á. Í ljós kom að minnsta breidd frá þeim kerum sem munu vera áfram í notkun og að brekkunni er 10,5 metrar. Það er því mesta mögulega breidd á kerinu, gefið að það verði jafn breitt alls staðar. Lengd þess svæðis sem í boði er fyrir keru er um 55 metrar frá veginum þar sem keyrt er inn á svæðið, að læknum.

Svo að hægt sé að stærðarflokka fiskana vel þarf keru að vera jafnbreitt alls staðar til þess að hægt sé að draga flokkunargrindur eftir endilöngu kerinu og flokka þannig fiskinn. Því þarf keru að vera ferhyrnt. Því má gera ráð fyrir að stærð langkers geti orðið um 10 x 55 metrar. Við endana þarf að gera ráð fyrir loftblástursrými sem og svæði fyrir úrgangскеilur. Svæðið sem notað verður undir fiskinn sjálfan getur því verið um 10 x 50 metrar að grunnfleti.

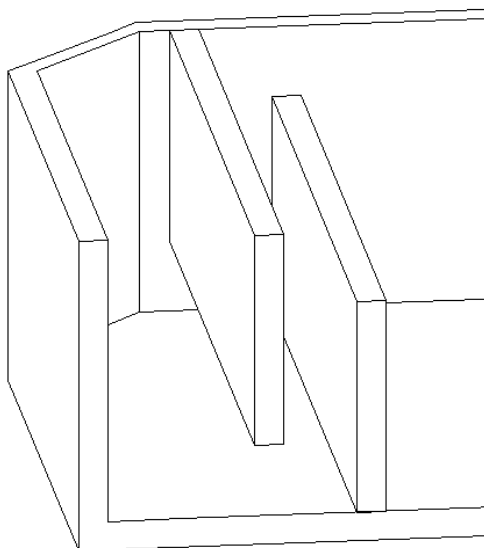
Til að hægt sé að tvöfalda eldisrými í fiskeldisstöðinni í Galtalæk þarf rými fyrir um 150 tonn á ári. Samkvæmt kafla 3.5.1 um framleiðslugetu er framleiðslugeta á rúmmeter 0,15 tonn/m³/ári. Út frá því má reikna að keru þarf að vera 1000 rúmmetrar á stærð til að geta framleitt 150 tonn á ári. Grunnflötur eldisrýmisins sem er í boði er 10 x 50 metrar eða 500 fermetrar. Til að ná 1000 rúmmetra eldisrými þarf keru því að vera 2 metrar á dýpt.

Miðað er við að eldisrými í kerinu sé um 1000 rúmmetrar. Lífmassi á hverjum tíma er 85 kg/m³ og þá er lífmassi í kerinu 85 tonn (Sjá: 3.5.2. Lífmassi). Nauðsynlegt streymi inn í keru þarf þá að vera 0,25 l/mín á kílógramm (Sjá: 3.5.3. Streymi). Því þarf nauðsynlegt streymi inn í keru að vera 354,2 l/s. Hringlaga kerin leggja til 315,35 l/s. Viðbótarstreymi fæst með loftblæstri inn í keru frá loftlyftunum. Til að fá sem eðlilegastan feril fyrir vatnið verður keru með skilrúmi í miðjunni og rúnnum hornum. Einnig verða loftlyftur báðum megin sem samanstanda af tveimur veggjum og spila þær stóran þátt í að stuðla að súrefnisupptöku vatns í kerinu (Sjá: 5.2.4. Loftun á vatni).



Mynd 3: Langker, séð að ofan

Á mynd 3 sést skilrúmið í miðju kersins, það er til þess að fá vatnsstreymi í hring eftir kerinu. Einnig sést ofan á loftlyftuna, hún er ofarlega á myndinni til vinstri og neðarlega á hægri hlið myndarinnar. Við hliðina á þeim eru úrgangскеilurnar sem sjá um fjarlægingu úrgangs (Sjá: 5.2.7. Meðferð úrgangs). Málsetningu kers má sjá í viðauka A.

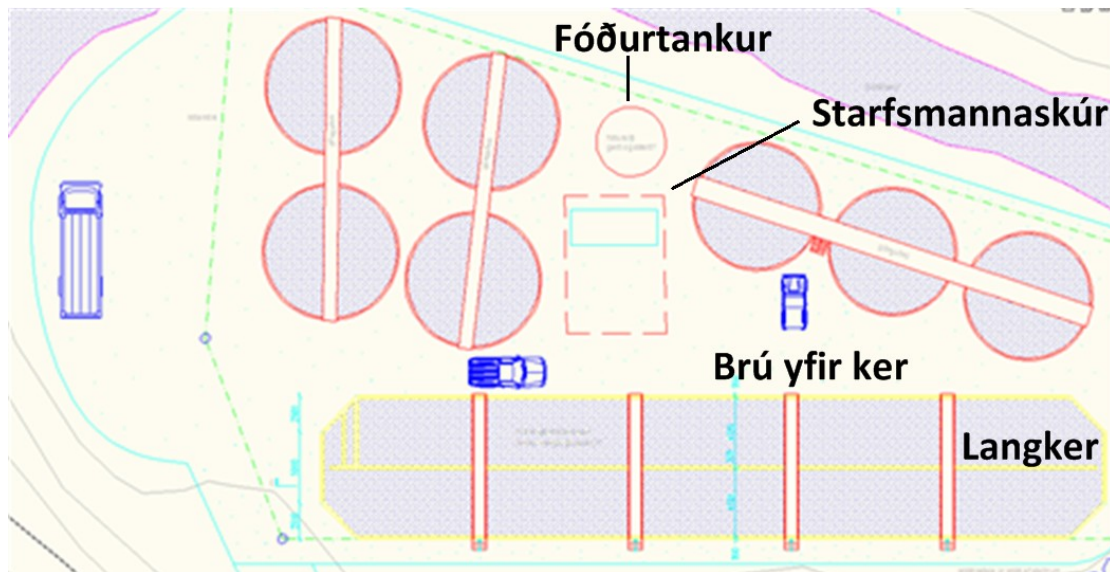


Mynd 4: Loftlyfta

Á mynd 4 sést staðsetning veggjanna fyrir loftlyftuna. Veggurinn til vinstri er með opi neðst svo að vatn sem streymir ofan í kerid ásamt því vatni sem hefur streymt í hring í kerinu komist þar undir. Hægri veggurinn sér um að vatnið streymi upp. Loftröri með nokkrum opum mun verða komið fyrir á milli veggjanna sem sér um að súrefnisauðga vatnið og koma meiri hreyfingu á það. Sjá má betur virkni loftlyftunnar í kafla 5.2.4. Loftun á vatni.

Kerid mun að mestu leyti vera neðanjarðar en 20 sentimetrar munu standa upp úr jörðinni. Ef vatnið frá hringkerunum á að vera sjálfrennandi í langkerid er best að hafa hæðarmun yfirborðs vatns í kerunum sem mestan til að skapa meiri þrýstimun (e. head). Þó þarf að hafa það aðeins upp úr jörðinni til að koma í veg fyrir að mól og annað fari ofan í kerid í slæmu veðri og þegar gengið er um svæðið. Þar sem kerid verður grafið neðanjarðar mun jarðvegurinn styðja vel við kerid. Kerid verður gert úr steypu. Steypan hefur mjög slétt yfirborð og því mun úrgangur ekki safnast fyrir í steypunni. Horn inni í kerinu verða gerð ávalari til þess að úrgangur safnist ekki saman í þeim. Ef frekari hreinsunar er þörf er mögulegt að dæla vatni upp úr kerinu og þrifa það.

Samkvæmt mælingum og teikningum sem gerðar voru ásamt deiliskipulagi Helga Mars Hallgrímssonar á mynd 6 sést að hægt er að dæla fiskum sem hafa náð áætlaðri stærð til slátrunar upp í flutningabíl með tanki á veginum við hliðina á langkerinu. Einnig verður hægt að fara með bílinn bak við hringstreymistankana til að safna fisknum úr þeim.



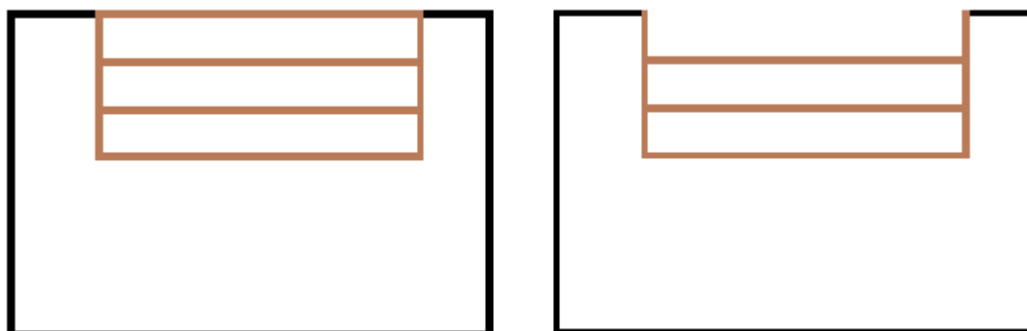
Mynd 5: Skipulag eftir breytingar, mynd: Helgi Mar Hallgrímsson, Arkþing

Mynd 5 sýnir skipulag svæðisins eftir framkvæmdir. Langker er komið í stað litlu plastkeranna. Fóðurtankur er litli rauði hringurinn á myndinni. Starfsmannaskúr er táknaður með ferhyrningi úr rauðum brotnum línunum. Inn á myndina vantar staðsetningu fyrir loftdæluskúr og úrgangstank en eftir á að ákveða staðsetningu þeirra.

5.2.3. Frárennsli

Frárennsli úr kerinu verður við endann sem er næst læknum. Úttakið úr kerinu verður ekki neðar en yfirborð lækjarins svo að það renni sjálfkrafa úr kerinu. Galli við þetta fyrirkomulag er þó að þá þarf að dæla upp úr kerinu ef tæma á það algjörlega, svo sem ef gera þarf við það eða mála. Það er þó svo sjaldan að dælukostnaður við það yrði mun minni en ef þyrfti stöðugt að vera að dæla vatni úr kerinu og út í lækinn.

Útbúið verður yfirfall við enda kersins sem snýr að læknum. Hægt verður að stilla hversu hátt það verður á hverjum tíma með því að fjarlægja eða bæta við loku í frárennslisopið.



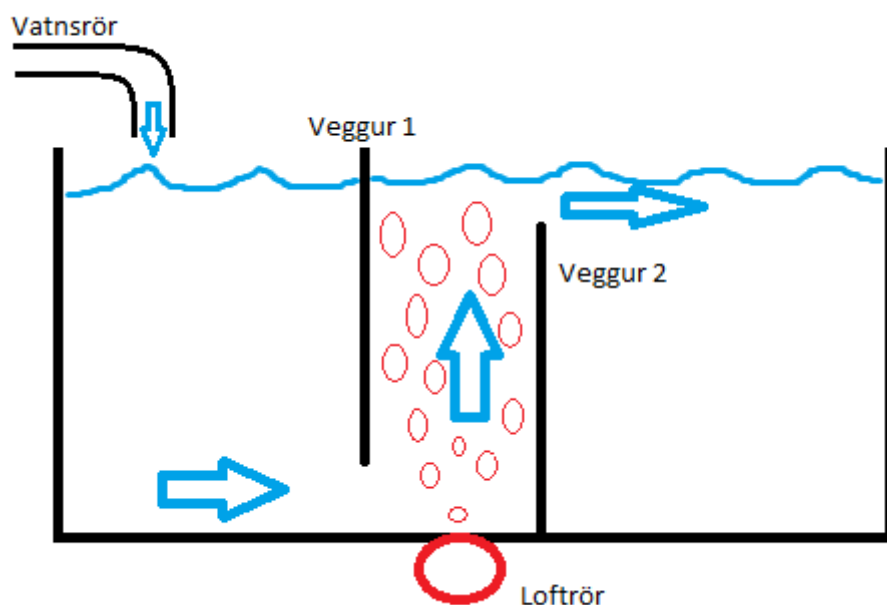
Mynd 6: Stillanlegt frárennsli

Vatnið mun renna frá frárennslisopinunni niður einskona tröppur, til dæmis steinahleðslu. Við það mun þyngdarafslöftun eiga sér stað og vatnið sem rennur aftur út í lækinn verður súrefnisauðugra (Sjá:5.2.4. Loftun á vatni). Líklega verður komið

fyrir einhverskonar hreinsibúnaði, jafnvel úr vikri, sem fangar lífræn efni og grugg úr kerinu á leið sinni út í lækinn, með þessu móti er reynt að draga úr áhrifum fiskeldisins og endurnýtingar vatnsins á aðstæður í læknum.

5.2.4. Loftun á vatni

Bleikjan nýtir stóran hluta loftsins en þó ekki allt. Vatnið sem kemur frá bleikjueldinu er með um 7 mg/l af súrefni en þá er bleikjan hætt að geta nýtt súrefni úr vatninu (Oddsson, 2011). Eins og áður hefur komið fram er loftun nauðsynleg til þess að auka súrefnisinnihald í vatninu. Vatnið sem er nýtt úr hringkerunum er látið streyma í langkerið. Mjög lítill munur er á hæð milli úttaks vatns úr hringkerum og inntaks vatns í langkeri, því eru áhrif þyngdarafloftunar hverfandi. Loftun með loftlyftu og loftblæstri er því talin hentug lausn.



Mynd 7: Virkni loftlyftu

Á mynd 7 sést virkni loftlyftu. Loftlyftur (e. Airlifts) lyfta vatninu nokkra sentímetra og koma hreyfingu á vatnið. Tæknin felst í því að vatn sem kemur inn í langkerið streymir undir vegg 1, loft frá loftpumpu streymir þar inn og fer í gegnum loftdreifara sem gerir loftbólurnar sem minnstar, vatnið tekur til sín súrefni á leiðinni upp milli veggjanna tveggja. Loftstreymið er mjög neðarlega í kerinu til að loftið sem er eðlisléttara en vatnið fái meiri tíma til að taka súrefnið í sig. Við þessa aðferð verður vatnið súrefnisríkara auk þess sem meira streymi fæst í kerinu (Jokumsen & Svendsen, 2010). Loftlyftur með loftpumpu eru skilvirkasta aðferð til loftunar. Þær gefa mesta magn súrefnis fyrir hverja kílóvattstund (Thorarensen, 2011b)

Kerið er nokkuð djúpt miðað við dönsku fyrirmyndina. Það er gert af ásettu ráði þar sem Danir hafa lent í vandræðum með að súrefnisupptaka vatnsins var ekki nægjanleg sökum þess hve stutt súrefnið var í snertingu við vatnið á leið sinni upp að yfirborðinu. Því fóru þeir að grafa loftlyfturnar dýpra niður (Oddsson, 2011). Byggður verður lítill skúr fyrir loftblásarana til að hlífa þeim fyrir veðri og vindum. Þann skúr má einnig nýta sem geymslu og annað sem hentugt þykir svo lengi sem pláss leyfir.

Nauðsynlegt er að loftun haldist stöðug til að viðhalda loftgæðum fyrir fiskinn. Því er mikilvægt að hafa varakerfi ef loftdælan hættir að blása, hvort sem það er vegna rafmagnsleysis eða dælubilunar. Algeng lausn er að hafa annaðhvort dísel loftdælu eða vararafstöð og aukadælu. Dælurnar þarf að hafa innandyra til að hlífa fyrir veðri og vindum. Á veturna getur verið hentugt að hafa dæluna inni í loftunarskúr með ofni til þess að blása hlýju lofti og þannig hita upp vatnið sem getur verið ansi kalt. Þar sem bleikjan vex betur í hlýrra vatni hefur það góð áhrif á fiskinn að hita vatnið með þessu móti (Oddsson, 2011).

5.2.5. Grindur fyrir stærðarflokkun fiska

Fiskurinn sem kemur í hringkerin í Galtalæk er um 70 grömm. Áætlunin er að rækta hann í hringkerunum og koma honum svo fyrir í langkerinu þegar hann hefur náð 300-400 gramma stærð. Þar myndi hann svo vaxa fram að slátrun. Til að reyna að koma í veg fyrir stærðarmun á fiski á svipuðum aldri er ætlunin að notast við flokkunargrindur. Fiskurinn yrði þá flokkaður eftir stærð og fisknum sem væri næstur til slátrunar væri komið fyrir í einni skiptingu kersins næst veginum þar sem auðveldast væri að dæla honum upp í bíl. Smíðaðar yrðu grindur með mismunandi stærðum á opum sem myndu skipta kerinu niður í hólf. Grindunum yrði að vera komið fyrir þannig að þær væru ekki alveg neðst í kerinu til að úrgangur geti runnið eftir botninum.

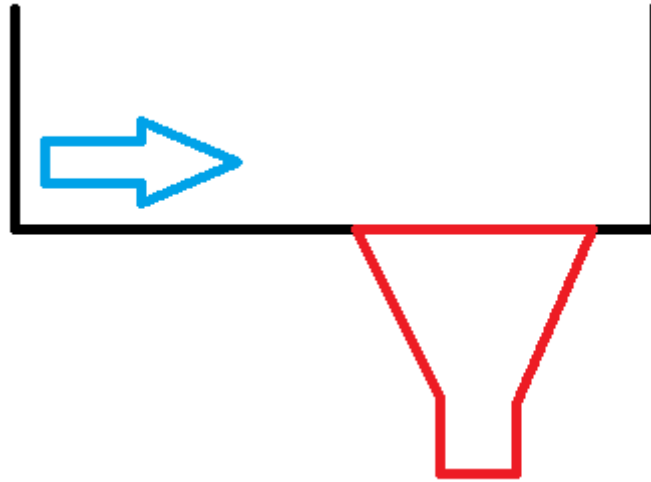
Áætlun fyrir efnisval og kostnaðargreiningu flokkunargrinda má sjá í viðauka A.

5.2.6. Skúr utan um loftpumpur

Reisa þarf skúr utan um loftpumpur. Sá skúr yrði einfaldur og staðsettur nálægt þeim enda kersins þar sem vatnið kemur inn og loftunin fer fram. Í honum yrði líka mögulega hitablásari til að hita loftið sem væri dælt í langkerið í það minnsta yfir veturinn.

5.2.7. Meðferð úrgangs

Hreinsa þarf burt úrganginn sem fiskarnir gefa frá sér ásamt fóðurleifum og öðrum lífrænum efnum sem komast í kerinu. Þá er átt við stærri agnirnar sem oftast setjast á botninum í kerunum. Bakteríur í úrganginum eru fljóttar að fjölga sér í vatni og eru fljótt byrjaðar að nýta sér súrefnið í kerinu. Því þarf að losa sig við úrgang á fljótlegan hátt. Vegna straumsins í kerinu mun þessi úrgangur sem er eðlisþyngri en vatnið rúlla eftir botninum. Því þarf að koma upp úrgangскеilum sem úrgangurinn fellur ofan í (Jokumsen & Svendsen, 2010).



Mynd 8: Úrgangskeilur

Veggur er settur í mitt kerid til að mynda hringstreymi í vatninu. Úrgangskeilurnar eru staðsettar við botn kersins og ná ofan í jörðina. Þær eru staðsettar nálægt enda hvers hluta kersins í straumstefnu og eru nógu breiðar til að ná frá endavegg að miðjuvegg til þess að fanga allar úrgangsgagnir. Keilurnar verða við enda hvors helmings kersins.



Mynd 9: Úrgangskeilur, mynd: Søren Jøker Trachsel



Mynd 10: Úrgangskeilur ofan í kerri, mynd: Søren Jøker Trachsel

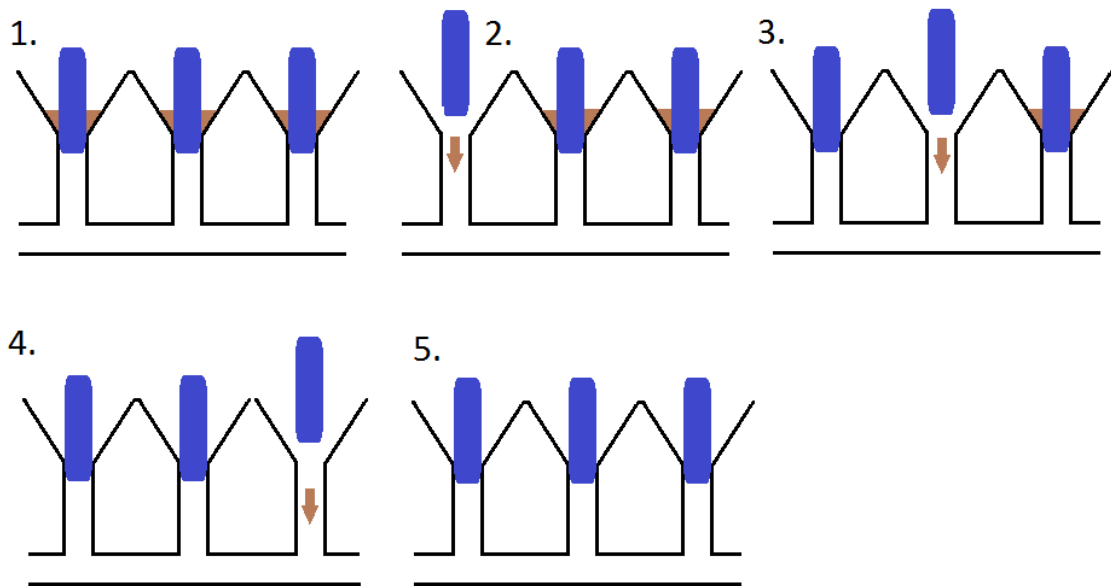
Hreinsa þarf þessar keilur reglulega. Þar sem þær eru neðar en botn kersins ná þær vel undir yfirborð lækjarins. Því þarf að dæla upp úr þessum úrgangskeilum. Dælu verður komið fyrir sem dælir með reglulegu millibili úr keilunum og upp í úrgangstank, stóran tank sem staðsettur verður á svæðinu. Þann tank er svo hægt að tæma eftir þörfum með traktor með haugsugu.

Miðað er við 150 tonna framleiðslu á ári. Fóðurstuðull sem segir til um hversu mörg kílógrömm af fódri þurfi á hvert kílógramm af fiski er 1,1 (Sjá: 3.5.4. Fóðurstuðull). Þá er fódurmagn sem þarf á ári fyrir 150 tonna framleiðslu 165 tonn.

Ef 250 grömm af úrgangi koma frá hverju kg af fódri (Sjá: 3.5.5. Úrgangsmýndun) má gera ráð fyrir að 41,25 tonn af úrgangi komi frá bleikjunni í langkerinu á ári en það eru 113 kg á dag.

Gert er ráð fyrir að eðlismassi úrgangs sem blandaður er við vatn sé 1300 kg/m^3 . Þá fæst að það þurfi að fjarlægja $113 \text{ (kg/dag) } / (1300 \text{ kg/m}^3) = 0,0869 \text{ m}^3/\text{dag} = 86,9 \text{ lítrar/dag}$.

Úrgangskeilurnar liggja neðst í kerinu og hafa mörg op. Ef dælt væri beint úr þeim myndi úrgangi og vatni vera dælt úr kerinu í úrgangstankinn. Því þarf að koma fyrir lokum (rörum) til að hindra vatnsrennsli ofan í úrgangskeilunum til að sem minnst af vatninu fari úr kerinu þegar dælt er.



Mynd 11: Tæming úrgangskeila

Mynd 11 sýnir hvernig þessi búnaður myndi virka. Partur 1 sýnir lokurnar ofan í öllum úrgangskeilunum á meðan úrgangur safnast fyrir í þeim en dælan er ekki í gangi. Partur 2 sýnir eina loku upp úr úrgangskeilu en hinar eru ofan í úrgangskeilum en með þessu móti er dælt eftir þörf úr þeirri úrgangskeilu. Partur 3: Lokan hefur farið ofan í úrgangskeiluna sem dælt var úr og dælt er úr þeirri næstu. Partur 4: Haldið er áfram dælingu úr seinustu úrgangskeilunni. Partur 5: Lokurnar eru allar komnar aftur ofan í úrgangskeilurnar og búið er að dæla úr þeim úrganginum.

Hér verður gert ráð fyrir að lokunum verði lyft handvirkt upp úr úrgangskeilum á meðan dælt er. Mikill tími og peningar færu í að hanna búnað sem myndi framkvæma þetta eftir skipun frá tölvu. Áætlað er að starfsmaður myndi tæma úrgangskeilurnar með því að setja dælu í gang og taka hverja pípu á fætur annarri úr úrgangskeilunum þar til hver og ein væri tæmd af úrgangi. Starfsmaður þarf að dæla upp úr úrgangskeilum með reglulegu millibili til að losa kerid við úrgang á fljótlegan hátt. Aðgengi að þessum pípum verður mögulegt með uppsetningu göngustíga yfir kerid.

Tvær lengjur af keilum verða í kerinu. Hvor við sinn enda kersins í vatnsstraumsstefnu. Hver lengja mun innihalda sjö keilur sem byggðar eru úr járnplötum sem soðnar eru saman og sinkhúðaðar. Miðað við að stöng sé ofan í keilunum mun hver keila geta tekið við um 97 lítrum af úrgangi. Samtals 679 lítrum í hverri lengju og 1358 lítrum alls.

Sjá má hönnun keilanna og kostnaðargreiningu í Viðauka A.

Bleikjan getur drepist ef hún kemst í úrgangskeilurnar og svæðið þar sem loftið og vatnið rennur inn. Því verður grind komið fyrir hjá úrgangskeilunum eins og sést á mynd 13.



Mynd 12: Grind við enda kers, mynd: Søren Jøker Trachsel

5.2.8. Úrgangstankur

Koma þarf fyrir úrgangstanki sem tekur við úrganginum og geymir þar til honum er dælt í burtu. Slíkur tankur yrði væntanlega notaður oliutankur eða eitthvað álíka. Miðað er við að hann verði 3 m^3 . Þá tæki $3\text{m}^3/0,0869\text{m}^3/\text{dag} = 34,5$ daga að fylla hann alveg (Sjá: 5.2.7. Meðferð úrgangs).

5.2.9. Lagnir

Pípulagnir eru stór þáttur í virkni fiskeldisins. Þær koma vatni til fisksins auk þess sem þær fjarlægja úrgang hans. Einnig koma þær við sögu í endurloftun súrefnissnauda vatnsins. Hægt er að hafa nógu stórar pípur sem bjóða upp á rúmlega nauðsynlegt rennsli en koma lokum (e. valve) fyrir sem heftir rennsli eftir þörfum.

Plast er heppilegt efni fyrir vatnsleiðslur. Það er létt og efnapolið, meðfærilegt og ódýrt, hefur litla núningsmótstöðu og endist vel. Stundum eru PVC rör notuð en þau hafa mikið úrval af beygjum. Polyethylin þykir einnig vera hentugt vegna þess að það þykir vera ódýrt. Miðað er við að í þessari framkvæmd verði notast við Polyethylin þar sem ekki er þörf á flóknum beygjum ásamt því sem það er ódýrara. Einnig var það ráðlagt af aðila hjá lagnafyrirtæki (Jóhannsson, 2004).

Lagnir þarf að leggja til og frá mismunandi staða í fiskeldiskerfinu. Því er þeim skipt niður eftir hlutverki í lagnakerfi A,B,C og D.

Lagnakerfi A

Taka þarf vatn úr þeim þremur stóru plastkerum sem í notkun verða og leiða það yfir í langkerið hægra megin í kerinu fyrir framan loftlyftuna. Áætlað er að hafa sjálfrennsli þarna á milli og því þarf ekki á dælum að halda. Stofnkostnaður verður því meiri sökum stærri lagna en rekstrarkostnaður minni sökum minni orkunotkunar. Í viðauka B má sjá útreikninga og áætlanir fyrir þvermáli lagna, gerð efnis í þeim og kostnað.

Lagnakerfi B

Taka þarf vatn úr þeim fjórum stóru plastkerum sem í notkun verða og leiða það yfir í langkerið vinstra megin í kerinu fyrir framan loftlyftuna. Líkt og í lagnakerfi A er

áætlunin að hafa sjálfrennsli á milli. Í viðauka B má sjá útreikninga og áætlanir fyrir þvermáli lagna, gerð efnis í þeim og kostnað.

Lagnakerfi C

Lagnir þurfa að liggja frá loftpumpunni inni í skúrnum og að loftlyftunni í langkerinu. Þar sem lofti er dælt er hægt að stjórna þvermáli pípunnar frekar. Loftlagnir þurfa að liggja að báðum loftlyftum kersins þar sem fiskur í þeim helmingi kersins sem vatnið streymir inn í nýtir mikinn part af því súrefni sem kemur inn í kerrið. Í viðauka B má sjá útreikninga og áætlanir fyrir þvermáli lagna, gerð efnis í þeim og kostnað.

Lagnakerfi D

Leggja þarf lagnir frá úrgangskeilunum í úrgangstank til að losa kerrið við úrgang. Þar sem úrganginum er dælt í tank er hægt að stjórna þvermáli pípunnar frekar. Velja þarf dælu sem hentar hverjum aðstæðum fyrir sig.

Í viðauka B má sjá útreikninga og áætlanir fyrir þvermáli lagna, gerð efnis í þeim og kostnað ásamt áætluðum dæluþáttum.

5.2.10. Aðrir þættir

Þættir sem valið er að hafa með til að bæta rekstraröryggi og eða þægindi við störf eru tilteknir hér fyrir neðan. Þeir eru fóðurkerfi, brýr yfir kerin, öryggiskerfi og varaafstöð.

Fóðurkerfi

Áætlað er að koma upp sjálfvirku fóðurkerfi sem stjórnað er í gegnum tölvu. Kerfið ásamt hitamælum og súrefnismælum í tönkum gefa upplýsingar um hvernig best sé að fóðra á hverjum tíma. Fóðrararnir sem hafðir eru í huga koma frá fyrirtækinu Akvagroup.

Brýr yfir kerin

Reistar verða göngubrýr yfir kerrið til að hægt sé að ná greiðlega til allra hluta þess. Auðvelda þær þrif, fóðrun og tæmingu á úrgangskeilum. Gert er ráð fyrir að göngubrýr séu úr galvaníseruðu stáli, að danskri fyrirmynd (Oddsson, 2011).

Öryggiskerfi

Með fóðurkerfinu koma hita- og súrefnismælar. Með hugbúnaði á tölvu er því hægt að stjórna hitanum frá hitaranum inn í loftunarskúrnum og blæstrinum frá loftblásaranum til að hita vatnið og súrefnisbæta.

Varaafstöð

Varaafstöð verður komið fyrir með loftblásaranum sem sér honum fyrir rafmagni ef það dettur út.

5.2.11. Þættir til athugunar eftir framkvæmdir

Mæla skal súrefnismagn í vatni með súrefnismælum áður en það fer í loftlyftu og eftir. Ef svo vill til að súrefnismagnið sé of lítið í eldisrýminu þarf að koma fyrir annarri pumpu eða öðrum tækjum til að auka loftunina. Ef pumpa er fullöflug fyrir fiskeldið skal stilla hana á lægri styrk og meta hvort minni pumpu þyrfti ekki fyrir slíkt fiskeldi í framtíðinni.

Mögulega verður komið fyrir hreinsunarbúnaði úr vikri við frárennslið til að hreinsa vatnið sem fer úr langkerinu í lækinn.

Þar sem hönnunin er aðallega gerð eftir myndum og útreikningum ásamt því að vera ný á Íslandi væri æskilegt að kanna hvaða þætti í fiskeldinu væri hægt að bæta fyrir framtíðarhönnun líkra fiskelda. Þætti eins og stærð úrgangskeila, afkastagetu loftpumpu og dælu og lögun kersins þarf að meta til að sjá hvernig til tókst við hönnunina og hvað betur mætti fara ef ráðist yrði í svipaðar framkvæmdir síðar.

6. Arðsemisútreikningar fyrir Galtalæk

Í þessum kafla er arðsemismat fyrir framkvæmdir í fiskeldisstöðinni í Galtalæk. Fyrst eru tilgreindir allir stofnkostnaðarþættir, síðan rekstrarkostnaðarþættir og svo lokst rekstrartekjuþættir. Ávöxtunarkrafa er metin og í kjölfarið er núvirði reiknað miðað við þær forsendur sem gefnar hafa verið. Núllpunktsgreining er útbúin sem sýnir núvirðisþróun og hvenær áætlað er að verkefnið muni skila hagnaði. Næmnigreining er svo útbúin til að fá mynd af því hvernig núvirði verkefnisins getur breyst með breytingum á tekjum og kostnaði.

6.1. Stofnkostnaður

Í framkvæmdakaflanum var fjallað ítarlega um þær framkvæmdir sem þurfa að eiga sér stað við byggingu langkers til aukinnar framleiðslugetu bleikjueldis. Þar er einnig fjallað um þann tækjakost sem þarf að fjárfesta í. Leitað var til ýmissa fyrirtækja til að fá áætlað verð fyrir hvern lið fyrir sig. Fengin voru eins mörg tilboð og talið var nauðsynlegt fyrir hvern lið til að fá raunhæft verð. Sum fyrirtæki komu með formlegt tilboð í viðkomandi verkþátt en önnur áætluðu gróflega verð óformlega. Yfirleitt voru tilboðin á svipuðu verðbili og þá var meðalverð þeirra notað. Í viðauka A og B má sjá forsendur fyrir stofnkostnaði allra liða.

Þegar allt er talið upp sem þarf að fjárfesta í og talist getur til stofnkostnaðar reiknast hann sem um 35 milljón krónur. Nánari útlistun fylgir hér í töflu 4.

Tafla 4: Stofnkostnaður

Kostnaðarliður	Krónur
Jarðvinna og niðurrif	1.857.400
Lagnir og lokar	6.419.520
Loftunarskúr	1.500.000
Kerið	15.290.000
Loftun	800.000
Varaafsstöð	600.000
Úrgangskeilur	459.137
Úrgangstankur og dæla	450.000
Fóðurkerfi	2.500.000
Göngubrýr	2.347.025
Flokkunargrindur	2.215.200
Öryggiskerfi	500.000
Annað	300.000
Samtals	35.238.282

6.2. Rekstrarkostnaður

Aukinn rekstrarkostnaður fylgir stækkun fiskeldisstöðvarinnar. Helst ber þar að nefna rafmagnskostnað við að keyra loftdælur, sem og dælur fyrir úrgang. Auk þess er hefðbundinn rekstrarkostnaður sem fylgir fiskeldinu svo sem fóðurkostnaður og kostnaður við flutning. Nánari útlistun fylgir í töflu 5.

6.2.1. Orkuþörf

Ljóst er að talsverð orkunotkun fylgir rekstri langkersins. Aðallega er þar að ræða um rafmagnskostnað vegna loftpumpu og dælna. Fyrir loftpumpu sem gengur allt árið á 4kW er orkueyðslan 35 MWh á ári. Dælnar sem dæla úrganginum upp í eru 1,3kW og gert er ráð fyrir að þær vinni aðeins tíu mínútur á dag, orkueyðslan er þá 80kWh á ári. Samtals gera það um 540 þúsund krónur á ári. (Orkustofnun, 2011)

6.2.2. Mannþörf

Mannþörf ætti ekki að aukast við það að bæta við langkerinu. Sjálfvirkt fóðurkerfi verður tekið í notkun og því einungis lágmarkseftirlit sem fylgir nýja kerinu sem og aðeins aukin vinna við að koma fiskunum yfir í langkerið frá hringkerunum. Því ætti að vera létt að bæta við fyrir þá starfsmenn sem nú þegar eru til staðar (Karlsdóttir, 2011).

6.2.3. Fóður

Gert er ráð fyrir að fóður kosti 220 krónur á kílógrammið (Karlsdóttir, 2011). Fóðurstuðullinn er 1,1 og því er kostnaður fóðurs miðað við 150.000 kíló af bleikju framleiddri á ári 36.300.000 krónur. (Oddsson, 2011)

6.2.4. Flutningur

Miðað við tilboð sem fékkst frá fiskiflutningafyrirtæki kostar 12.600.000 krónur samtals á ári við að flytja 150 tonn af fiski frá Galtalæk til Reykjavíkur. (Karlsdóttir, 2011)

6.2.5. Viðhald

Gert er ráð fyrir að viðhald kosti þrjár milljónir króna á ári. Það er metið miðað við rekstur undanfarinna ára. (Karlsdóttir, 2011)

6.2.6. Annað

Gert er ráð fyrir að ófyrirséður kostnaður sem fylgir rekstri fiskeldisstöðvar sé þrjár milljónir króna á ári.

Tafla 5: Rekstrarkostnaður

Rekstrarkostnaður	ISK
Rafmagn	540.000
Fóður	36.300.000
Flutningur	12.600.000
Viðhald	3.000.000
Annað	3.000.000
Samtals	55.440.000

6.3. Rekstrartekjur

Markaður fyrir bleikju er víða eins og fram hefur komið fyrr í þessari skýrslu. Afurðaverð er eilítið breytilegt eftir því á hvaða markað bleikjan fer en þó er hægt að miða við meðalverð á bleikju sem er 670 kr/kg fyrir fisk beint upp úr kerri og verður það notað við gerð þessa arðsemismats (Karlsdóttir, 2011).

Bygging langkersins í Galtalæk eykur eldisrýmið um 1000 rúmmetra. Þar verður hægt að framleiða allt að 150 tonn af bleikju á ári. Við gerum ráð fyrir að það taki um þrjú ár að ná fullum afköstum. Þar erum við að reikna með tímanum sem tekur að ala seiði upp í eldisstærð, sem og því að auka seiðaframleiðsluna umtalsvert til að anna viðbótinni. Við gerum ráð fyrir að það taki tvö ár að ná fullum afköstum í kerinu og því reiknum við með 50% framleiðslu fyrsta rekstrarár en fullum afköstum þar eftir. (Oddsson, 2011)

Tafla 6: Rekstrartekjur

Rekstrartekjur	ISK
Bleikjusala á fyrsta ári	50.250.000
Bleikjusala öll ár eftir það	100.500.000

6.4. Ávöxtunarkrafa

Fiskeldi er tiltölulega ótrygg atvinnugrein þar sem afurðaverð getur sveiflast talsvert. Einnig hafa komið upp dæmi víða um heim þar sem fiskisjúkdómar hafa grandað heilu landsframleiðslunum og því verður seint sagt að fiskeldi sé stöðugur og áhættulítill rekstur. Miðað við þær forsendur er eðlilegt að ávöxtunarkrafa sé í hærra lagi. Ávöxtunarkrafa er mismunandi fyrir hvern fjárfesti eða fyrirtæki fyrir sig en hún miðast einna helst af þeim vöxtum sem eru í boði á inn- og útlánunum á hverjum tíma, ásamt áhættu fjárfestingar. Sú ávöxtunarkrafa sem við notumst við í okkar útreikningum er 20%. Sú tala er því notuð til að núvirða fjárstreymi úr verkefnum. (Karlsdóttir, 2011)

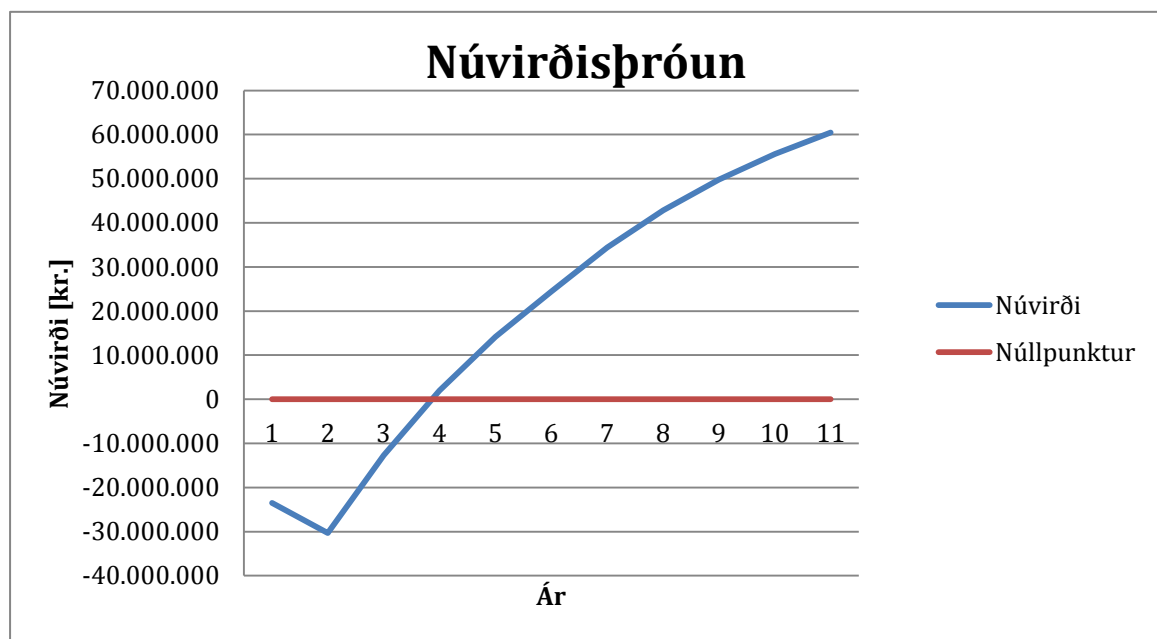
6.5. Núvirði

Til að fá mynd af því hvað þessi fjárfesting er að skila til baka lítum við á ársreikning sem gerður er fyrir þessa framkvæmd þar sem tekjur eru teknar inn, gert ráð fyrir sköttum, afskriftum og fjármagnskostnaði og þá fengin raunfjárhæð sem fengist úr rekstrinum. Það fjárstreymi er svo núvirt til dagsins í dag miðað við ávöxtunarkröfu okkar. Meta þarf líftíma fjárfestingarinnar og ákvarða líftíma verkefnisins. Aðstæður breytast fljótt og ekki er hægt að reikna með því að þær forsendur sem við gefum okkur í ávöxtunarkröfu, rekstrartekjum og gjöldum haldist óbreyttar um ókomna tíð.

Sé miðað við að líftími verkefnisins sé 10 ár í rekstri verður núvirði þess 60,5 milljónir króna.

6.6. Núllpunktsgreining

Eins og sést á mynd 13 mun verkefnið skila hagnaði á fjórða ári. Ef gert er ráð fyrir að verkefnið sé aðeins til þriggja ára yrði núvirðið neikvætt um 12,7 milljónir. Eftir fjögur ár er núvirðið komið í 1,9 milljónir og því ljóst að verkefnið nær því núllpunkti seint á fjórða ári. Rekstarhagnaður verður á hverju ári frá þriðja ári og má sjá á meðfylgjandi grafi hvernig núvirðið verður jákvæðara efir því sem gert er ráð fyrir rekstri í fleiri ár.



Mynd 13: Núvirðisþróun

6.7. Næmnigreining

Forsendurnar sem notaðar eru í arðsemismatinu eru breytilegar. Gengisbreytingar, eftirspurn og efnahagsástand almennt getur haft áhrif á kostnað og tekjur. Því er hér gerð næmnigreining á því hvernig núvirði verkefnisins breytist miðað við breytingar í

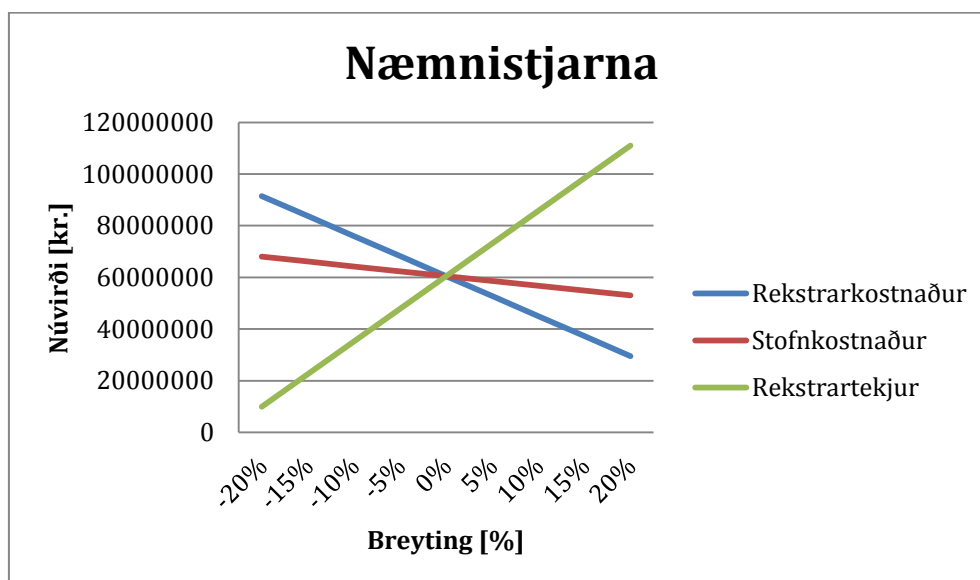
stærstu liðum arðsemismatsins. Skoðaðar verða breytingar á stofnkostnaði, rekstrarkostnaði og rekstrartekjum. Einungis er skoðaður einn þáttur í einu. Mest er gert ráð fyrir 20% breytingu á einstökum liðum.

Stofnkostnaðurinn hefur verið áætlaður tiltölulega nákvæmlega í samráði við verktaka og starfsfólk Matorku og ætti því ekki að vera mjög frábrugðinn því sem reiknað hefur verið.

Rekstrarkostnaðurinn er tekinn saman í næmnigreininguna í stað þess að sundurliða hvern þátt þar sem stærstur hluti rekstrarkostnaðarins er fóðurverð. Næst stærsti hluti rekstrarkostnaðarins er flutningur. Flutningur er framkvæmdur af flutningafyrirtæki og verðbreytingar er því háðar bifreiðaverði, launum bílstjóra og eldsneytisverði.. Rafmagnsverð breytist almennt hægt á Íslandi og því ekki miklar sveiflur væntanlegar á því. Fóðurverð er háð gengisbreytingum þar sem stór hluti hráefnanna í fóður er fluttur inn til landsins.

Rekstrartekjur eru háðar bleikjuverði og því magni af bleikju sem er framleitt og selt. Hvort sem um er að ræða breytingu á bleikjuverði eða breyttu framleiðslumagni, þá breytist núvirðið eins þar sem salan er eini þátturinn í tekjunum. Því er einungis skoðuð breyting í rekstrartekjum í stað þess að hafa tvær eins línur í grafinu sem sýna í raun sama hlutinn. Bleikjuverð er háð mörgum utanaðkomandi þáttum s.s. markaðssetningu, eftirspurn og gengisbreytingum. Markaðssetning á bleikju hefur færst í aukana og má því búast við aukinni eftirspurn á komandi árum.

Ákveðið var að taka ekki gengisbreytingar eða efnahagsástand sérstaklega inn í næmnigreininguna þar sem þeir þættir hafa bæði áhrif á fóðurstofnkostnað og verð sem fæst fyrir bleikjuna og jafna sig því að hluta til út.



Mynd 14: Næmnistjarna

Mynd 14 sýnir næmnistjörnu. Greinilegt er að núvirðið er næmast fyrir breytingum á rekstrartekjum. Þar á eftir kemur rekstrarkostnaðurinn og loks sést að

stofnkostnaðurinn hefur minnst áhrif á núvirðið. Það samræmist því að stofnkostnaðurinn kemur einungis fyrir einu sinni við upphaf verkefnisins. Hann mun líklega ekki verða mjög frábrugðinn þessum útreikningum þar sem hann hefur verið áætlaður í samráði við verktaka og sérfræðinga hjá ýmsum fyrirtækjum.

Rekstrarkostnaðurinn gæti mögulega aukist á komandi árum, flutningskostnaður eykst með auknu eldsneytisverði og veikari króna leiðir til dýrara innflutts fódurs. Rekstrartekjur munu hinsvegar aukast ef krónan veikist frekar gagnvart Bandaríkjadollaranum þar sem megnið af framleiddri bleikju er flutt þangað, einnig er búist við aukinni eftirspurn eftir bleikju og því er möguleiki að meira fáiist fyrir bleikjuna í komandi framtíð.

Miðað við útreikninga fer núvirði verkefnisins ekki niður fyrir núllið. Ljóst er því að talsvert miklar breytingar á forsendum þurfa að eiga sér stað til þess að verkefnið verði óarðbært.

7. Niðurstöður og umræða

Kveikjan að þessu verkefni var áætlun fyrirtækisins Matorku að tvöfalda framleiðsluna í fiskeldisstöðinni í Galtalæk. Markmið verkefnisins var því að finna hentuga leið til að auka framleiðsluna með því að endurnýta vatnið á einhvern hátt eða útvega nýtt vatn.

Í upphafi var sett fram rannsóknarspurning sem leitast var eftir að svara með því að bera saman arðsemi þriggja mismunandi leiða til aukningar framleiðslu og þær bornar saman miðað við gefnar forsendur. Í kjölfarið var útbúin tæknileg útfærsla og arðsemismat fyrir þá aðferð sem þótti henta best. Rannsóknarspurningin var svohljóðandi:

Hvernig er hægt að auka framleiðslugetu starfandi bleikjueldisstöðva, þar sem vatn takmarkar framleiðslugetu, á hagkvæman hátt með því að aðfla aukins eldishæfs vatns?

Þegar bornar voru saman aðferðirnar til að auka framleiðsluna á svæðinu kom í ljós að þaulnýting og endurnýting komu best út. Í ljósi þess að það er mun minni framkvæmd að fara út í endurnýtingu heldur en þaulnýtingu og þar með minni stofnkostnaður, er mun aðgengilegra að ráðast í slíka framkvæmd. Uppsetning á endurnýtingakerfi felur því í sér minni fjárhagslega áhættu. Einnig er lítil reynsla af rekstri stórra þaulnýtingakerfa á Íslandi og því talsverð óvissa um hvernig slíkt kerfi henti fyrir íslenskar aðstæður. Landrými til stækkunar fiskeldisstöðva er mismikið milli stöðva. Tvöföldun fiskeldisstöðvar með því að setja upp endurnýtingakerfi tekur mun minna pláss heldur en t.d. fjórföldun með þaulnýtingakerfi og því gæti sú aðferð hentað fleirum.

Tafla 7: Niðurstöður samanburðar (í milljónum króna)

	Borun	Þaulnýting	Endurnýting
Heildarnúvirði	50	159	114
Innri vextir	46%	47%	111%

Þegar tæknileg útfærsla og arðsemismat fyrir fiskeldisstöðina í Galtalæk var gert kom í ljós að tvöföldun stöðvarinnar er framkvæmanleg og arðbær fjárfesting. Miðað við gefnar forsendur á stækkun fiskeldisstöðvar að geta borgað sig upp á fjórum árum.

Stofnkostnaður verkefnisins er 35,2 milljón og miðað við tíu ára líftíma er heildarnúvirði verkefnisins 60,5 milljónir.

Arðsemismatið er vissulega miðað við eina tiltekna stöð og því ekki hægt að yfirfæra það beint yfir á aðrar stöðvar nema að þær séu mjög svipaðar að umfangi og aðstæðum og í fiskeldisstöðinni í Galtalæk. Væntanlega eru þó margar stöðvar í sömu stöðu og fiskeldisstöðin í Galtalæk sem hafa ákveðna starfsmenn í vinnu sem gætu annað stærri stöð en vatnið er ekki til staðar. Þar ætti því einnig að vera hægt að koma

fyrir auknu eldisrými og auka umtalsvert við framleiðslugetu með loftun á vatni. Tvöföldun með endurnýtingu þarf samt ekki að vera besti kosturinn alls staðar. Á stöðum þar sem mikið grunnvatn er að finna er ekki ólíklegt að borun eftir frekara vatni sé talsvert ódýrari en gert er ráð fyrir í þessu verkefni. Eins og fram kom er mjög erfitt að áætla eitt verð fyrir borun sem á að gilda alls staðar. Þá kemur þaulnýting vel út en hún er hugsuð fyrir stöðvar með stærra landssvæði til stækkunar. Séu slíkar aðstæður fyrir hendi er væntanlega arðbært að kafa dýpra í þann möguleika. Ef nægt landrými væri til staðar væri jafnvel hægt að samnýta borun eftir vatni og þaulnýtingu til að fá enn meiri framleiðslu.

Þetta verkefni miðar allt að því að stækka fiskeldisstöð sem er í rekstri en ekki fyrir nýjar stöðvar. Aðilar sem áætla að reisa fiskeldisstöð frá grunni ættu að íhuga vandlega að fara strax í uppsetningu endurnýtingar- eða þaulnýtingarkerfis. Það ætti miðað við niðurstöður þessa verkefnis að gefa meiri arðsemi en einungis ný gegnumstreymisstöð þar sem starfsmennirnir mögulega anna stærra stöð heldur en vatnið býður upp á að reisa á viðkomandi stað. Einn helsti kosturinn við stækkun með endurnýtingu er einmitt sá að ekki þarf að auka við starfsfólk. Framlegð á bleikju er það góð að stækkunarframkvæmdir borga sig. Þetta þýðir að fyrir íslenskt fiskeldi eru gífurlegir stækkunarmöguleikar til staðar.

Aukning í íslensku fiskeldi yrði væntanlega jákvæð fyrir íslenskt samfélag. Gera má ráð fyrir að það myndist ýmis störf við iðnað sem að kemur að fiskeldi s.s. flutning eða markaðs- og sölustörf. Bleikjan er að mestu flutt úr landi og skilar sala hennar því auknum gjaldeyristekjum til landsins.

Aukin bleikjuframleiðsla gæti þó haft í för með sér neikvæðar hliðar. Of mikið framboð af bleikju á núverandi markaði gæti lækkað verðið sem fæst fyrir bleikjuna og þar með rýrt arðsemi af bleikjueldi. Fara þarf því gætilega í sölu á bleikju og þarf markaðssetningin að vera í takt við sölu til að koma í veg fyrir verðlækkunir.

Á Íslandi er mikið aðgengi að köldu og hreinu vatni. Geta bleikjunnar til að lifa og vaxa í köldu vatni gerir það að verkum að landið hentar vel til framleiðslu. Bleikjan lifir við mikinn þéttleika og er því hægt að framleiða meira af henni á minna landssvæði en margar aðrar tegundir.

Ársframleiðsla íslenskra fiskeldisstöðva er í dag um 5.000 tonn, þar af um 3.000 tonn í landeldi sem nær eingöngu er bleikjuframleiðsla. Til samanburðar framleiða Danir nú til dags um 50.000 tonn af eldisfiski á ári, þar af vel yfir 30 þúsund tonn í landeldi. Danir framleiða þó mest aðrar tegundir eins og regnbogasilung. Aðstaða og aðgengi að auðlindum á Íslandi til fiskeldis er töluvert betri en í Danmörku. Það ætti því ekkert að vera því til fyrirstöðu að margfalda fiskeldi á Íslandi með því að nýta tækninýjungar og sérsníða þær að íslenskum aðstæðum. Bleikjan er þar vænlegur kostur þar sem hún vex vel við lágt hitastig. Samkeppni í bleikjuframleiðslu er lítil enn sem komið er og ætti Ísland að geta haldið áfram að vera leiðandi á því sviði um komandi ár.

Reykjavík, 7. mars 2012

Daníel Másson

Tryggvi Sigurðsson

Heimildir

- Almannavarnadeild. (2011). *Eldgos í Grímsvötnum*. Ríkislögreglustjórinn - Almannavarnadeild. Sótt af www.almannavarnir.is
- Aquaculture Tanks. (2011). Sótt þann 18.08.2011 af <http://ag.arizona.edu/azaqua/extension/Classroom/Tanks.htm>.
- AVS rannsóknasjóður. (2009). *Rífandi gangur í markaðssetningu á bleikju*. Sótt þann 18.08.2011 af <http://www.av.s.is/frettir/nr/1855>
- Bjarnadóttir, Katrín Sóley. (2007). *Vistfræði bleikju *Salvelinus alpinus* (L.) og urriða *Salmo trutta* (L.) í Elliðavatni, Hafravatni og Vífilstaðavatni*. Ritgerð til 4.árs náms, líffræðiskor. Háskóli Íslands
- Bjarnason, Sigurgeir. (2011). Munnleg heimild. Pípulagningameistari, sími 8966657.
- Brigham, E. F., & Houston, J. F. (2007). *Fundamentals of Financial Management 11. útgáfa*. South-Western, Ohio Bandaríkjunum.
- Crowe, Clayton.T, Elger, Donald F & Roberson, John. A. (2005). *Engineering Fluid Mechanics, Áttunda útgáfa*. John Wiley & Sons, Inc.
- Guðjónsson, Guðmundur Karl (2011). Verkefnastjóri Jarðborunar, Ræktunarsamband Flóa og Skeiða ehf, g.karl@raekto.is.
- Gunnarsson, Valdimar Ingi. (2004). *Staða og framtíðaráform í íslensku fiskeldi*. Landbúnaðarráðuneytið og sjávarútvegsráðuneytið.
- Gunnarsson, Valdimar Ingi. (2006). *Staða bleikjueldis á Íslandi, samkeppnishæfni og stefnumótun rannsókna og þróunarstarfs*. Sjávarútvegurinn - Vefrit um sjávarútvegs mál, 2. tölublað.
- Hutchinson, W., Jeffrey, Matthew., O'Sullivan, D., Casement, D. & Clarke, S. (2004). *Recirculating Aquaculture Systems: Minimum Standards for Design, Construction and Management*. Inland Aquaculture Association of South Australia Inc.
- Johnston, G. (2002). *Arctic Charr Aquaculture*. Blackwell publishing.
- Jokumsen, A., & Svendsen, L. M. (2010). *Farming of Freshwater Rainbow Trout in Denmark*. Technical University of Denmark.
- Jóhannsson, Ragnar, Helgi Thorarensen, & Ólafur Ögmundarson, (2010). *Betri nýting vatns í bleikjueldi*. Mátis.

- Jóhannsson, Ragnar. (2004). *Eldisbóndinn: Kennsluefni í bleikjueldi*. Hólar í Hjaltadal: Hólaskóli.
- Jóhannsson, Ragnar. (2006). *Kennsluefni í vatnsfræði*. Háskólinn á Hólum.
- Jóhannsson, Ragnar. (2011). Munnleg heimild. Mátis. ragnar@matis.is
- Jørgensen, E.H., Christiansen, J.S. & Jobling. (1993). *Effects of stocking density on food intake, growth performance and oxygen consumption in Arctic charr (Salvelinus alpinus)*. *Aquaculture*, 110(2), 191–204.
- Karlsdóttir, Stefanía Katrín. (2011). Munnleg heimild. Matorka.
- Knútsson, Björn (2001). *Tækifæri í fiskeldi*. Sótt þann 10.08.2011 af <http://www.mbl.is/greinasafn/grein/584992/>
- Landsamband Fiskeldisstöðva. (2009). *Staða fiskeldis á Íslandi, framtíðaráform og stefnumótun Landssambands fiskeldisstöðva í rannsókn- og þróunarstarfi 2010-2013*. Reykjavík: Landsamband Fiskeldisstöðva.
- Landssamband fiskeldisstöðva. (2010). *Fundargerð Aðalfundar Landssambands Fiskeldisstöðva*. Landssambands Fiskeldisstöðva.
- Moleda, M. I. (2007). *Water Quality in Recirculating Aquaculture Systems for Arctic Charr (Salvelinus Alpinus L.) Culture*. Ciudad de la Habana, Cuba.
- Oddsson, Sveinbjörn. (2011) Munnleg heimild. Matorka sveinbjorn@matorka.is.
- Orkustofnun. (18. september, 2011). *Raforka*. Sótt frá Samanburðarreiknivél: <http://www.os.is/raforkuverd/>
- Óskarsson, Jón G. (2011) Munnleg heimild. Orkuveita Reykjavíkur jon.oskarsson@or.is
- Saether, B. S. (2005). *Best practice protocol for aquaculture production of juvenile Arctic Charr*. NIFA.
- Siikavuopio, S.I. & Jobling, M. (1995). *The effects of stocking density on survival and growth of wild-caught arctic charr*. *Nordic Journal of Freshwater Research*, 71, 419-423.
- Soderberg, R. W. (12. November 1981). *Aeration of Water Supplies for Fish Culture in Flowing Water*. Mansfield State College.
- Steindórsson, Trausti & Sveinbjörn Oddsson, (2009). *Staða bleikjueldis og framtíðarhorfur*. Marine Spectrum.
- Summerfelt, S., Vinci, B., & Piedrahita, R. (2000). Oxygenation and Carbon dioxide Control in Water Reuse Systems. *Aquacultural Engineering*, 87-108.
- Thorarensen, Helgi. (2011a, september). *Vatnspörf í bleikjueldi*. Erindi flutt á vinnufundi á Hólum í Hjaltadal. Sótt af www.sjavarutvegur.is, 8.september.

Thorarensen, Helgi. (2011b, desember). *Loftun og súrefnisbæting*. Erindi flutt á vinnufundi á Hótel Hlíð. Sótt af www.sjavarutvegur.is, 16. desember.

Þórarinsdóttir, Ragnheiður I. (2011). Munnleg heimild. Matorka.
ragnheidur@matorka.is

Viðauki A

Áætlun fyrir kostnað ýmissa hluta tengdum kerinu eru tilteknir hér.

Niðurrif

-Áætlað er að flytja þurfi gröfu og flutningabíl að Galtalæk til að fjarlægja skúr og lítil ker sem áætlað er að verði ekki notuð. Samkvæmt verði sem fékkst hjá verktakafyrirtæki mun flutningur á einu tæki kosta 80.000 krónur fyrir utan virðisaukaskatt. Tvö tæki munu því kosta $160.000 * 1,255 = 200.800$ krónur.

-Einnig var áætlað að kostnaður við fjarlægingu litlu kerjanna og skúrsins yrði 150.000 krónur án virðisaukaskatts fyrir rif, mokstur og jöfnun. Samtals 188.250 krónur.

Jarðvinna fyrir framkvæmdir

-Gert er ráð fyrir að notast verði við sömu gröfu og flutningabíl og í niðurrifi skúrs og litlu kerjanna.

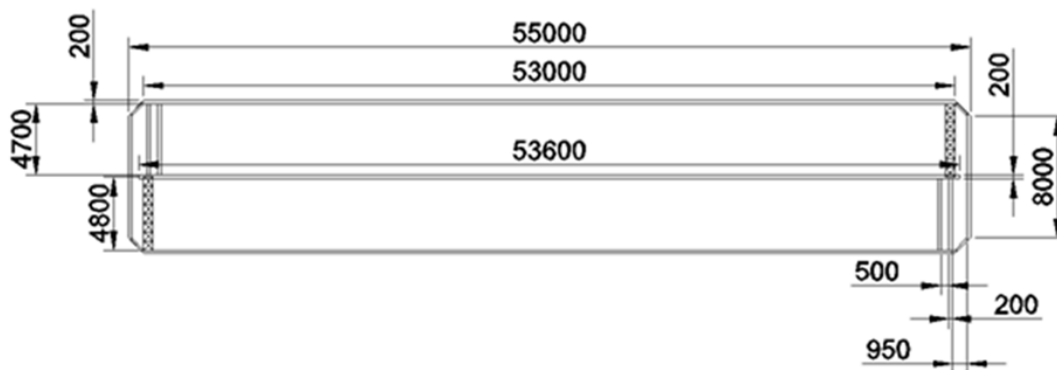
-Samkvæmt verði sem fékkst hjá verktakafyrirtæki kostar 650 krónur/m³ fyrir mokstur og jöfnun fyrir utan virðisaukaskatt. Því er hægt að gera ráð fyrir að kostnaður fyrir uppgröft og jöfnun á 1800 m³ mun verða 1.170.000 krónur. Með virðisaukaskatti 1.468.350 krónur.

Skúr utan um loftpumpur

Margar leiðir er hægt að fara í hönnun skúra. Ákveðið var að miða við að kostnaður við framkvæmd á skúr utan um loftpumpur myndi kosta eina og hálf milljón. (Karlsdóttir, 2011)

Langker

Samkvæmt tilboði sem fékkst hjá verktaka var áætlaður kostnaður fyrir hönnun, flutning á efni og uppsetning á kerinu 15.290.000 krónur. Inni í því verði voru hönnun, veggir úr forsteyptum einingum og botn kersins.



Mynd 15: Langker, málsetningar eru í millimetrum

Loftblásari

Loftblásari frá fyrirtækinu Busch sem framleiðir blásara. Blásarinn sem keyptur yrði blæs $3\text{m}^3/\text{min} = 50\text{l/s}$, hann er 4 kW. Blásarinn kostar 4000 evrur sem gera um 650 þúsund. Kostnaður við að fá blásarann sendann til landsins er um 150 þúsund samkvæmt upplýsingum frá Samskipum. Því er heildarkostnaður við blásarann um 800 þúsund krónur.

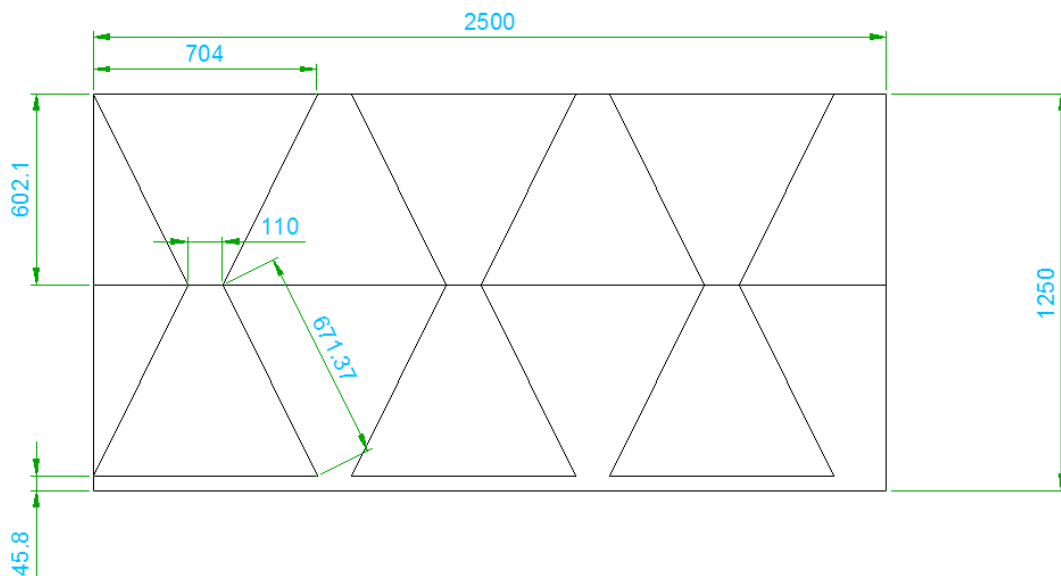
Varaafstöð

Varaafstöð sem notuð yrði í rafmagnsleysi yrði sett um þannig að hún tæki sjálfkrafa við því að framleiða rafmagn. Slík rafstöð sem gengur fyrir bensíni og er um 10 kW kostar 600.000 samkvæmt fyrirtækinu Dynjanda sem selur slíkar stöðvar.

Úrgangskeilur

Áætlað er að nota járnplötur sem svo eru sinkhúðaðar til að útbúa úrgangskeilurnar. Verð eru fengin af verðlista fyrirtækisins Ferrozink. Tvær lengjur af úrgangskeilum verða settar upp, ein við sitthvorn enda langkersins. Ein lengja af úrgangskeilum verður 4,7 metrar að lengd, áætlað er að sjö keilur verði í hverri lengju.

Keilurnar verða af 52,37 cm á hæð og 70,40 centimetrar á breidd. Hver keila getur mögulega haldið 102,15 lítrum.



Mynd 16: Plata, skorin niður í hliðar fyrir úrgangskeilur. Stærðir eru í millimetrum.

-Hver keila er samansett úr fjórum eins hliðum sem eru keilulaga. Efri lengd er 70,4 cm, neðri lengd er 11 cm og hæðin er 60,21 cm. Ef pöntuð er járnplata sem er 3 mm þykk og 1250*2500mm á lengd og breidd. Þá er hægt að fá 10 hliðar í úrgangskeilur úr hverri svoleiðis plötu (Sjá mynd 23). Fjórar hliðar þarf í hverja úrgangskeilu og því fást tvær og hálf úrgangskeila úr hverri plötu. Fyrir 14 úrgangskeilur þarf því 6 plötur.

-Gert er ráð fyrir að hver plata kosti 18.000 kr með virðisaukaskatti. Samtals kosta þær 108.000kr.

-50*50*5mm járnvinkill til styrkingar við keilurnar kostar 828 krónur meterinn og er 3,77 kílógrömm. Ef pantaðir væru 20 metrar myndi það kosta 16.560 krónur.

-Samkvæmt samtali við iðnaðarmann er hægt er að gera ráð fyrir að suða kosti 30 kr á sentimetrann. Suða við hverja keilu ætti að verða um það bil 300cm. Fyrir 14 keilur verður kostnaðurinn 126.000.

-Hver plata er 75kg og aðeins nýtist 78,17% úr hverri plötu. Því þarf að sinkhúða $6 \cdot 75 \text{kg} \cdot 0,7817 = 351,765$ kílógrömm. 20 metrar af járnvinkli væru 75,4 kílógrömm. Samkvæmt samtali við iðnaðarmann er hægt að gera ráð fyrir að sinkhúðun kosti 130kr/kg. Þá kostar sinkhúðun fyrir úrgangskeilurnar og járnvinklana 55.531,45 krónur.

Gert er ráð fyrir að vinna og annar ófyrirséður kostnaður við keilurnar muni verða 50% af þeim kostnaði sem gert hefur verið ráð fyrir. Efniskostnaður er 306.091,45 krónur. Því er miðað við að heildarkostnaður fyrir úrgangskeilur að verða 459.137,175 krónur.

Dæla úr úrgangskeilum í úrgangstank

Dæla sem getur dælt allavega 90 lítrum á innan við 10 mínútum kostar um 150.000 krónur. Hún er 1,3 kW. (Jóhannsson, Munnleg heimild, 2011)

Úrgangstankur

Gert er ráð fyrir að fenginn verði notaður olíutankur til að halda utan um úrgang. Áætlað er að hann muni kosta 300.000 krónur. (Oddsson, 2011)

Fóðurkerfi

Gert er ráð fyrir að fengið verði fóðurkerfi frá fyrirtækinu Akvagroup, kostnaður við það verður um það bil 2.500.000 krónur. (Karlsdóttir, 2011)

Brýr yfir keridi

Verð á vörum eru fengin á verðlista Ferrózink. Verð á suðu og zinkhúðun fékkst með viðtali við iðnaðarmann. Áætlað er að hafa fjórar brýr, tvær yfir úrgangskeilum til að hægt sé að standa ofan á þeim og taka rörin upp úr þeim hvert á fætur öðru og dæla. Tvær verða yfir kerinu þar sem fôðri verður útdeilt.

Áætlað er að hver brú muni innihalda:

-Tvo prófíla sem liggja þvert yfir keridi með meters bili á milli sín, þeir fást sex metra langir og mun veggurinn í miðju kersins styðja við þá.

-Vinkla verða settir upp hornrétt á prófílana til að tengja þá saman. Áætlað er að hafa tólf vinkla.

-Gólfristar verða settar ofan á vinklana sem göngubrú.

-Handriðarör verða sett upp lóðrétt og lárétt. Lóðréttu rörin munu vera staðsett á sjö stöðum við sitthvorn prófíl rúmlega eins metra há. Láréttu rörin verða tvö, þau munu liggja í línu við prófílana og verða tíu metrar hvert.

Kostnaður brúar

Prófílarnir munu verða 80*40*3mm og þarf 24 metra af þeim. Hægt er að gera ráð fyrir að meterinn kosti 1293 krónur og sé 5,37 kílógrömm. Samtals 31.032 krónur og 128,88 kílógrömm.

Vinklar verða 50*50*5 mm og þarf 12 metra af þeim. Hægt er að gera ráð fyrir 828 krónum og 3,77 kílógrömmum á meterinn. Samtals 9936 krónur og 45,24 kílógrömm.

Gólfristar sem eru 1 metrar á breidd með möskvastærð 34/51 kostar 15.000 krónur og er 30 kílógrömm meterinn. Það þarf 10 metra af því. Samtals 150.000 krónur og 300 kílógrömm.

Handriðarörin verða 42,4 millimetrar í þvermál. Þau kosta um 587 krónur meterinn og eru um 2,55 kílógrömm á meterinn. Hægt er að gera ráð fyrir 60 metrum af þeim. Samtals 35.220 krónur og 153 kílógrömm.

Samkvæmt áætlun kostar efni í hverja brú þá 226.188 krónur og er 627,12 kílógrömm Fjórar brýr kosta þá 904.752 krónur og eru 2508,48 kílógrömm.

Allt þarf að verða sinkhúðað til varnar gegn ryði. Hægt er að gera ráð fyrir að það kosti 130 krónur/kílógramm. Samtals 326.102,4 krónur.

Svo þarf að gera ráð fyrir aukakostnaði vegna suðu og ófyrirsjáanlegra hluta eins og boltum, skrúfum og öðru. Gert er ráð fyrir 20%. Samtals verður verðið 1.477.025,28 krónur.

Mikil vinna fer í að sjóða saman svona brú. Áætlað er að vinna við hverja brú kosti um 200.000 krónur. Samtals 800.000 krónur fyrir 4 brýr.

Gert er ráð fyrir að yfirbreiðslur og festingar sem settar eru yfir kerin þegar öskufjúk eða annað á sér stað kosti 70.000 krónur.

Því verður heildarkostnaður við brýrnar 2.347.025,28 krónur.

Grindur til flokkunar fiska

Verð á vörum eru fengin á verðlista Ferrózink. Verð á suðu og zinkhúðun fékkst með viðtali við iðnaðarmann. Setja þarf grindur hjá úrgangskeilum til að fiskur komi sér ekki úr eldisrýminu í loftunarrýmið þar sem hann gæti hæglega slasast eða dáðið. Einnig eru grindur settar til aðgreiningar fiska af mismunandi stærð á nokkrum stöðum í kerinu.

Gert er ráð fyrir að setja þurfi upp grindur 4,7 metra breiðar og tveggja metra háar. Gataplötur eru mjög dýrar og kosta 40.000 krónur á plötu sem er eins metra há og tveggja metra breið. Því þarf í hverja uppsetta grind um fimm gataplötur sem kostar um 200.000 krónur.

Áætlað er að setja upp fjórar sitthvorum megin í kerinu, samtals átta grindur. Því myndi kostnaður við það vera 1.600.000 krónur.

Hver gataplata er um það bil 20 kílógrömm. Því eru 100 kílógrömm í hverri flokkunargrind. Samtals 800 kílógrömm. Gert er ráð fyrir að sinkhúðun kosti 130kr/kg. Sinkhúðun kostar því samtals 104.000 krónur.

Áætlað er að vinna og annar búnaður t.d. festingar muni verða 30% af verði grinda. Heildarkostnaður grindanna verður því 1.704.000 krónur * 1,3 = 2.215.200 krónur.

Öryggiskerfi

Gerum ráð fyrir að mælur og hugbúnaður tengdur öryggiskerfi kosti hálf milljón krónur (Oddsson, 2011).

Annað

Mestur flutningur tækja á svæðið verður með bílum í eigu Matorku. Þó er gert ráð fyrir að einhver kostnaður geti fallið til vegna flutninga og annara ófyrirséðra þátta. Gert er ráð fyrir kostnaði upp á 300.000 krónur.

Viðauki B

Í viðauka B má finna áætluð verð á pípum sem notuð eru í arðsemismat. Leiðbeinandi verð miðuð við verð á hvert kílógramm af ákveðnum gerðum af pípum voru gefin hjá tengiliði hjá lagnafyrirtæki

Aðferð til að finna hvaða þvermál pípu skal nota þegar flæði er vitað

Út frá jöfnu fyrir þrýstifall er hægt að útbúa Matlab forrit sem reiknar út flæði sem fæst fyrir ákveðið þvermál af pípum. Flæði úr hringkerjum er vitað í okkar tilfalli og því er hægt að nálgast nauðsynlegt þvermál pípa með því að einangra flæði úr þrýstifallsjöfnu og útbúa forrit í tölvureikninum Matlab er látið leysa jöfnuna og ítra fyrir mörg þvermál. Það þvermál er svo valið sem gefur rúmlega það flæði sem óskað er eftir. Þetta er gert til að örugglega sé nógu stór pípa valin til að geta sinnt flæðinu.

Aðferðin er notuð fyrir tvö lagnakerfi. Lagnakerfi A er rennsli frá þremur hringlaga plastkerjunum að inntaki langkers lækjarmegin. Lagnakerfi B er rennsli frá fjórum hringlaga bárujárnskerjum að inntaki langkers þeim megin sem vegurinn er.

Lagnakerfi C og D eru ekki sjálfrennandi heldur er notast við dælur eða loftpumpur og er því hægt að stjórna þvermáli lagna frekar. Rennsli í C er stjórnað með loftpumpu og D notast við dælur sem dæla úrgangi frá úrgangskeilum til úrgangstanks.

Jafna fyrir þrýstifall

Þrýstifall er tap á vatnsþrýstingi sem verður á leið vatns úr farvegi sínum. Til að taka dæmi geta þessi tölur átt sér stað vegna beygja, innganga og útganga í pípum.

Samkvæmt bókinni „Engineering Fluid Mechanics“ (Clayton T. Crowe, 2005) má finna þrýstifall (e. Head loss) með eftirfarandi jöfnu:

$$h_L = \frac{fL}{D} * \frac{v^2}{2g} + \sum K * \frac{v^2}{2g}$$

Þar sem

L er heildar lengd rörsins (m)

D er þvermál rörsins (m)

v er hraði vökvans í pípunni (m/s)

g er þyngdarhröðun (m/s^2)

f er núningsstuðull

$\sum K$ er summa tapstuðla (e. Loss coefficient) í kerfinu. Tapstuðlar merkja stuðla sem vegna inntaka, úttaka, beygja og annara þátta minnka þrýstifalli.

Þætti innan þrýstifallsjöfnunnar leystir

Hraði vökva fyrir hringlaga pípur

Hrað vökva, v er fundinn með jöfnunni

$$v = \frac{Q}{A}$$

Þar sem

Q er flæði (m^3/s) og A er flatarmál

Fyrir hringlaga pípu er flatarmálið

$$A = \frac{\pi}{4} * D^2$$

Því er v fyrir hringlaga pípu

$$v = \frac{4Q}{\pi} * D^2$$

Núningsstuðull fyrir iðustreymi

$$f = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{ks}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Þar sem ks er grófleiki (e. Sand grain roughness) fyrir ákveðin efni (Crowe, Elger & Roberson, 2005).

Re er Reynolds tala sem gefur hlutfall milli tregðukrafta pípu og seigjukrafta (e. Viscous forces) í henni.

$$Re = \frac{vD}{\nu_{kinematic}}$$

Þar sem $\nu_{kinematic}$ er hreyfiseigja (e. Kinematic viscosity) efnis við ákveðið hitastig

Flæði einangrað úr þrýstifallsjöfnu

$$h_L = \frac{fL}{D} \left(\frac{16Q^2}{2D^4\pi^2g} \right) + \sum K \left(\frac{16Q^2}{2D^4\pi^2g} \right)$$

$$h_L = \frac{fL}{D^5} \left(\frac{8Q^2}{\pi^2g} \right) + \sum K \left(\frac{8Q^2}{D^4\pi^2g} \right)$$

$$Q^2 = \frac{h_L}{\frac{fL}{D^5} \left(\frac{8}{\pi^2g} \right) + \sum K \left(\frac{8}{D^4\pi^2g} \right)}$$

$$Q = \sqrt{\frac{h_L}{\frac{fL}{D^5} \left(\frac{8}{\pi^2g} \right) + \sum K \left(\frac{8}{D^4\pi^2g} \right)}}$$

Lagnakerfi A

Lagnakerfi A eru allar lagnir og lokar frá þremur stóru hringlaga plasterjum að inntaki í langkerið lækjarmegin.

Þrýstihækkun: Þrýsthækkun er munurinn á vatnshæð í hringkerinu og vatnshæð í hringkerinu þar sem vatn streymir inn. Áætlað er að láta vatnið verða sjálfrennandi frá hringkerjum yfir í langkerið. Þar sem vatnshæðin í hringlaga plastkerjunum er 1,05 m yfir jörðu og vatnið í langkerinu er 10 cm yfir jarðhæð er þrýstihæðin 0,95 m.

Kinematic viscosity: Kinematic Viscosity er gefið í töflu A.5 í “Engineering fluid Mechanics”. Í töflunni er kinematic viscosity gefið fyrir hitastig með 5 gráðu millibili. Lækurinn getur farið niður í um 3 °C og því var útbúið graf til að sjá hvaða kinematic viscosity hentar fyrir það. Fyrir 3°C er kinematic viscosity = $1,62 \cdot 10^{-6}$.

Viðmiðunarflæði: Flæði sem notast er við í Matlab forriti til að finna Reynolds tölu og núningsstuðul. Úr hverju hringkeri þarf flæði upp á 45,05 lítra/s, það eru þrjú hringker. Samtals er þá flæði sem þarf í pípunni 135,15 lítrar/s.

Tapstuðlar: 3 spjaldlokar eru til staðar vegna streymis úr 3 kerjum, Áætlað er að hafa um 5 innganga vatns og 8 beygjur á leiðinni.

Lengd: Heildarlengd pípa í pípu verður um það bil 40 metrar.

Matlab forrit A sem ítrar jöfnuna fyrir mismunandi þvermál af pípum

```
%Thermal pipu frá 3 tönkum í langker

kinvisc = 1.62*10^-3; %m^2/s      Kinematic viscosity
fyrir vatn vid 10°C, Fengid ur toflu A.5 I bokinni
"Engineering fluid mechanics"
g = 9.81;          %m/s^2      Thyngdarhrodun
```

```

hL = 0,85; %m Thrystifallid (e.
headloss), haedin fr yfirbordi vatns í tanki og ad
langkeri.
L = 40; %m Lengd pipu fra uttaki i
keri 1 til uttaks í keru 2
Ke = 0.5; %Tapstudull (e. Loss coefficient)
fyrir pipuinntak ef midad vid ad r/d = 0 (bls 290 í
Engineering Fluid Mechanics)
Kb = 0.35; %Tapstudull fyrir aflidandi beygju,
radius beygju/thvermal = 1 (bls 291 í Engineering Fluid
Mechanics)
Kv = 0.2; %Spjaldloki (e. gate valve), geri
rad fyrir ad hann se opinn (e. wide open) (bls 291 í
Engineering Fluid Mechanics)
ks = 0; %Grófleiki fyrir plastpípu (Tafla
10.2 í Engineering Fluid Mechanics)
SummaK = 5*Ke + 3*Kv + 8*Kb; %Heildar
tapstuðlar í kerfi

%Flaedi fra hverju hringkeri a ad vera jafnmikid og
innstreymi og thvi a
%thad ad vera
%0.13515 m^3/s
Qb = 0.13515; % m^3/s, Vidmidunarflaedi. Stilli Q sem
flaedi sem sost er eftir til ad geta fundid nuningsstudul

for i = 1:20

%Til ad finna nuningsstudul (f), er Reynolds tala fundin
utfra flaedi sem
%aetlast er til ad fa.
%Re= 4*Q/(pi*D*kinvisc), Reynolds tala fyrir rennsli i
hringlaga
%thverskurdarflatarmali.
%Laet inn i f =
0.25/(log10(ks/(3.7*D(i))+5.74/(Re(i)^0.9)))^2

D(i) = i*0.0254; %Profa morg
thvermal med tommu millibili
Re(i) = 4*Qb/(pi*D(i)*kinvisc); %Reynolds tala
fyrir hringlaga thverskurdarflatarmal fyrir oll
thvermalin.
f(i) =
0.25/(log10(ks/(3.7*D(i))+5.74/(Re(i)^0.9)))^2;
%Nuningsstudull fyrir oll thvermalin, fyrir iðuflæði (e.
turbulent flow)
%Flaedi profad fyrir morg thvermal
Q(i) =
sqrt(hL/((8*f(i)*L/((pi^2)*g*(D(i)^5)))+(SummaK*8/((pi^2)
*g*(D(i)^4)))));

```

```
end
```

```
a = [(1:length(D))',D'*100,Q'*1000]  
%Dalkur 1:Thvermal(Tommur), Dalkur 2:  
Thvermal(Centimetrar), Dalkur 3:  
%Flaedi(l/s)  
  
% Vel thad thvermal sem er naest fyrir ofan thad sem sost  
var eftir til ad moguleiki flaedis se orugglega nog.  
% Til ad thvermal pipu se orugglega nogu stort vel eg  
thad thvermal sem er naest Qb en haerra
```

Ef forritið er keyrt fæst:

1.0000	2.5400	0.2636
2.0000	5.0800	1.2972
3.0000	7.6200	3.2589
4.0000	10.1600	6.2304
5.0000	12.7000	10.2648
6.0000	15.2400	15.3998
7.0000	17.7800	21.6640
8.0000	20.3200	29.0793
9.0000	22.8600	37.6634
10.0000	25.4000	47.4305
11.0000	27.9400	58.3924
12.0000	30.4800	70.5587
13.0000	33.0200	83.9376
14.0000	35.5600	98.5358
15.0000	38.1000	114.3589
16.0000	40.6400	131.4117
17.0000	43.1800	149.6982
18.0000	45.7200	169.2215
19.0000	48.2600	189.9845
20.0000	50.8000	211.9892

Fyrstu tveir dálkarnir tákna innra þvermál nauðsynlegt til að fá rennsli í dálki 3. Dálkur 1 er innra þvermál pípu í tommum. Dálkur 2 er innra þvermál pípu í sentímetrum.

Því sést að til að fá flæði upp á 135,15 l/s þarf að velja rör með innra þvermál upp á 17 tommur eða 43,18 cm, þá fæst mesta mögulegt flæði upp á um 149,7 l/s.

Valin er Polyethylin pípa. Málhlutfall (Standard dimension ratio eða SDR) er mælikvarði sem fæst með ytra þvermáli pípu deilt í þykkt veggja hennar. Því er hærra málhlutfall fyrir minni þykkt á veggjum. Markmiðið er að velja ódýrar pípur sem duga. Í vörulista sem fékkst frá fyrirtæki sem selur lagnir voru lagnir með tvö

málhlutföll í boði. Pípur með SDR Pípur upp á 17,6 og 26. Valdar voru lagnir með SDR 26 vegna þess að þær eru léttari og þar með ódýrari.

Samkvæmt aðila hjá lagnafyrirtæki sem talað var við mátti gera ráð fyrir að lagnir kostuðu 432 kr/kg án virðisaukaskatts.

Gera má ráð fyrir að SDR 26 pípur, með þvermál 50 cm og veggþykkt 1,91 cm séu 28,9 kg/m samkvæmt vörulista. Innra þvermálið er þá 46,18 cm.

Það eru 1156 kg fyrir 40 metra. Það gera 499.392 krónur.

Gera má ráð fyrir að spjaldlokar fyrir slíkar pípur kosti 180.000 kr. Áætlað er að hafa 3 slíka. Samtals kosta þeir 540.000 krónur.

Hægt er að gera ráð fyrir að beygjur kosti 4 sinnum meira á kílógrammið en bein rör. Beygjur fyrir SDR 26 sáust ekki í vörulistanum sem skoðaður var en þó var til þyngd fyrir SDR 33 = 18,7kg og SDR 17,6 = 32 kg. Því er þyngd beygju með SDR 26 nálgæð að 25 kg. Við höfum 8 beygjur og því er kostnaðurinn $8 \cdot 25 \text{ kg} \cdot 4 \cdot 432 \text{ kr/kg} = 345.600$ krónur.

Samtals kosta pípulagnir í lagnakerfinu 1.384.992 kr sem að viðbættum virðisaukaskatti 25,5% er 1.738.164,95 krónur.

Lagnakerfi B

Lagnakerfi B eru allar lagnir og lokar frá fjórum stóru hringlaga plasterjum að inntaki í langkerið þeim megin sem vegurinn er.

Kinematic viscosity: Líkt og fyrir lagnakerfi A er kinematic viscosity = $1,62 \cdot 10^{-6}$.

Þrýstihækkun: Áætlað er að vatnið í þessu kerfi streymi inn í langkerið 1,8 m undir yfirborði jarðar. Vatnsyfirborðið í hringkerjunum er um 0,4 m yfir yfirborði jarðar. Því gerum við ráð fyrir að þrýstihækkun sé um 2,2 m.

Viðmiðunarflæði: Flæði sem notast er við í Matlab forriti til að finna Reynolds tölu og núningsstuðul. Úr hverju hringkeri þarf flæði upp á 45,05 lítra/s, það eru Fjögur hringker. Samtals er þá flæði sem þarf í pípunni 180,20 lítrar/s.

Tapstuðlar: 4 spjaldlokar eru til staðar vegna streymis úr 4 kerjum, Áætlað er að hafa um 6 innganga vatns og 6 beygjur á leiðinni.

Lengd: Heildarlengd lagna í kerfinu eru um það bil 40 metrar.

Matlab forrit B sem ítrar jöfnuna fyrir mismunandi þvermál af pípum

```
%Thvermal pipu fr 4 tonkum i langker

kinvisc = 1.62*10^-3; %m^2/s           Kinematic viscosity
fyrir vatn vid 10°C, Fengid ur toflu A.5 I bokinni
"Engineering fluid mechanics"
g = 9.81;                               %m/s^2           Thyngdarhrodun
hL = 2,2;                                %m               Thrystifallid (e.
```

```

headloss), haedin fra yfirbordi vatns i tanki og ad
langkeri.
L = 40; %m Lengd pipu fra uttaki
i keru 1 til uttaks i keru 2
Ke = 0.5; %Tapstudull (e. Loss coefficient)
fyrir pipuinntak ef midad vid ad r/d = 0 (bls 290 I
Engineering Fluid Mechanics)
Kb = 0.35; %Tapstudull fyrir aflidandi beygju,
radius beygju/thvermal = 1 (bls 291 Å Engineering Fluid
Mechanics)
Kv = 0.2; %Spjaldloki (e. gate valve), geri
rad fyrir ad hann se opinn (e. wide open) (bls 291 Å
Engineering Fluid Mechanics)
ks = 0; %Grofleiki fyrir plastpipu (Tafla
10.2 ð Engineering Fluid Mechanics)
SummaK = 6*Ke + 4*Kv + 6*Kb; %Heildar
tapstudlar ð kerfi

%Flaedi fra hverju hringkeri a ad vera jafnmikid og
innstreymi og thvi a
%thad ad vera
%0.13515 m^3/s
Qb = 0.18020; % m^3/s, Vidmidunarflaedi. Stilli Q sem
flaedi sem sost er eftir til ad geta fundid nuningsstudul

for i = 1:20

%Til ad finna nuningsstudul (f), er Reynolds tala fundin
utfra flaedi sem
%aetlast er til ad fa.
%Re= 4*Q/(pi*D*kinvisc), Reynolds tala fyrir rennsli i
hringlaga
%thverskurdarflatarmali.
%Laet inn i f =
0.25/(log10(ks/(3.7*D(i))+5.74/(Re(i)^0.9)))^2

D(i) = i*0.0254; %Profa morg
thvermal med tommu millibili
Re(i) = 4*Qb/(pi*D(i)*kinvisc); %Reynolds tala
fyrir hringlaga thverskurdarflatarmal fyrir oll
thvermalin.
f(i) =
0.25/(log10(ks/(3.7*D(i))+5.74/(Re(i)^0.9)))^2;
%Nuningsstudull fyrir oll thvermalin, fyrir iduflaedi (e.
turbulent flow)
%Flaedi profad fyrir morg thvermal
Q(i) =
sqrt(hL/((8*f(i)*L/((pi^2)*g*(D(i)^5)))+(SummaK*8/((pi^2)
*g*(D(i)^4)))));

end

a = [(1:length(D))',D'*100,Q'*1000]
%Dalkur 1:Thvermal(Tommur), Dalkur 2:
Thvermal(Centimetrar), Dalkur 3:

```

%Flaedi(l/s)

% Vel thad thvermal sem er naest fyrir ofan thad sem sost var eftir til ad moguleiki flaedis se orugglega nog.
% Til ad thvermal pipu se orugglega nogu stort vel eg thad thvermal sem er naest Qb en haerra

Ef forritið er keyrt fæst:

1.0000	2.5400	0.3981
2.0000	5.0800	1.9639
3.0000	7.6200	4.9408
4.0000	10.1600	9.4552
5.0000	12.7000	15.5894
6.0000	15.2400	23.4026
7.0000	17.7800	32.9396
8.0000	20.3200	44.2356
9.0000	22.8600	57.3188
10.0000	25.4000	72.2126
11.0000	27.9400	88.9365
12.0000	30.4800	107.5066
13.0000	33.0200	127.9371
14.0000	35.5600	150.2398
15.0000	38.1000	174.4250
16.0000	40.6400	200.5016
17.0000	43.1800	228.4774
18.0000	45.7200	258.3590
19.0000	48.2600	290.1524
20.0000	50.8000	323.8625

Fyrstu tveir dálkarnir tákna innra þvermál nauðsynlegt til að fá rennsli (l/s) í dálki 3. Dálkur 1 er innra þvermál pípu í tommum. Dálkur 2 er innra þvermál pípu í sentímetrum.

Því sést að til að fá flæði upp á 180,20 l/s þarf að velja rör með innra þvermál upp á 16 tommur eða 40,64 cm, þá fæst mesta mögulegt flæði upp á um 200,5016l/s.

Valdar eru PE 100 lagnir með SDE 26 eins og í lagnakerfi A.

Samkvæmt aðila hjá lagnafyrirtæki sem talað var við mátti gera ráð fyrir að lagnir kostuðu 432 kr/kg án vsk.

Gera má ráð fyrir að SDR 26 pípur, með ytra þvermál 45 cm og veggþykkt 1,72 cm hafi innra þvermál 41,56 cm og séu 23,5 kg/m samkvæmt vörulista

Það eru 940 kg fyrir 40 metra. Það gera 406.080 kr.

Gera má ráð fyrir að spjaldlokar fyrir slíkar pípur kosti 180.000 krónur. Áætlað er að hafa 4 slíka. Samtals kosta þeir 720.000 krónur.

Hægt er að gera ráð fyrir að beygjur kosti 4 sinnum meira á kílógrammið en bein rör. Beygjur fyrir SDR 26 sáust ekki í vörulistanum sem skoðaður var en þó var til þyngd fyrir SDR 17,6 = 25,72 kg. Því er þyngd beygju með SDR 26 nálgað að 20 kg. Gert hefur verið ráð fyrir 6 beygjum og því er kostnaðurinn $6 \cdot 20 \text{ kg} \cdot 4 \cdot 432 \text{ kr/kg} = 207.360$ krónur.

Samtals kosta pípulagnir í lagnakerfinu 1.333.440 kr sem að viðbættum virðisaukaskatti 25,5% er 1.673.500 krónur.

Lagnakerfi C

Lagnakerfi fyrir loftpumpuna að langkerinu. Gert er ráð fyrir 28 cm pípu og 65 metrum samtals af lögnum þar sem loftunin fer fram á tveimur stöðum í kerinu.

Valdar eru PE 100 lagnir með SDE 26 eins og í lagnakerfi A.

Samkvæmt aðila hjá lagnafyrirtæki sem talað var við mátti gera ráð fyrir að lagnir kostuðu 432 kr/kg án vsk.

Gera má ráð fyrir að SDR 26 pípur, með ytra þvermál 28 cm og veggþykkt 1,07 cm hafi innra þvermál 25,86 cm og séu 9,1 kg/m samkvæmt vörulista

Það eru 591,5 kg fyrir 65 metra. Það gera 255.528 krónur.

Hægt er að gera ráð fyrir að beygjur kosti 4 sinnum meira á kílógrammið en bein rör. Beygjur fyrir SDR 26 sáust ekki í vörulistanum sem skoðaður var en þó var til þyngd fyrir SDR 17,6 = 7,32 kg. Því er þyngd beygju með SDR 26 nálgað að 5 kg. Gert hefur verið ráð fyrir 6 beygjum og því er kostnaðurinn $6 \cdot 5 \text{ kg} \cdot 4 \cdot 432 \text{ kr/kg} = 51.840$ krónur.

Samtals kosta pípulagnir í lagnakerfinu 307.368 krónur sem að viðbættum virðisaukaskatti 25,5% er 385.750 krónur.

Lagnakerfi D

Lagnakerfi fyrir leiðslur frá úrgangskeilum í úrgangstank. Dælur dæla úrgangnum.

Valdar eru PE 100 lagnir með SDE 26 eins og í lagnakerfi A, B og C. Þar sem dælur eru til staðar er möguleiki að velja þvermálið á lögnunum. Talað var um að hafa þvermálið 110 mm (**Sveinbjörn Oddson, Maí 2011**).

Samkvæmt aðila hjá lagnafyrirtæki sem talað var við mátti gera ráð fyrir að lagnir kostuðu 432 kr/kg án vsk.

Gera má ráð fyrir að SDR 26 pípur, með þvermál 110 cm og veggþykkt 4,2 mm séu 1,43 kg/m samkvæmt vörulista.

Það eru 92,95 kg fyrir 65 metra. Það gera 40.154,4 krónur.

Hægt er að gera ráð fyrir að beygjur kosti 4 sinnum meira á kílógrammið en bein rör. Beygjur fyrir SDR 26 sáust ekki í vörulistanum sem skoðaður var en þó var til þyngd fyrir SDR 17,6 = 0,44 kg og fyrir SDR 33 = 0,23kg. Því er þyngd beygju með SDR 26

nálgað að 0,3 kg. Gert hefur verið ráð fyrir 6 beygjum og því er kostnaðurinn $6 \cdot 0,3 \text{ kg} \cdot 4 \cdot 432 \text{ kr/kg} = 3110$ krónur.

Samtals kosta pípulagnir í lagnakerfinu 43.264,4 krónur sem að viðbættum virðisaukaskatti 25,5% er 54.297 krónur.

Í heildina gerir þetta 3.851.712 krónur fyrir lagnakerfin fjögur. Þá er ótalinn kostnaður vegna vinnu við að leggja pípurnar. Sigurgeir Bjarnason pípulagningarmeistari, sem hefur unnið mikið í kringum fiskeldi, metur það svo að efniskostnaður sé oft um 60% af kostnaði við svona framkvæmd og vinna 40%. Sé það viðmið notað kostar lagnavinnan í heild 6.419.520 krónur.

Viðauki C

Rekstrarreikningur sem gerður var fyrir arðsemismatið í Galtalæk. Allar tölur eru í íslenskum krónum.

Rekstrarreikningur	ár 0	ár 1	ár 2	ár 3	Ár 4	ár 5
Stofnkostnaður	35.238.282					
Rekstrartekjur	0	50.250.000	100.500.000	100.500.000	100.500.000	100.500.000
Rekstrarkostnaður	0	55.440.000	55.440.000	55.440.000	55.440.000	55.440.000
Framlegð	-35.238.282	-5.190.000	45.060.000	45.060.000	45.060.000	45.060.000
Annar kostnaður	0	0	0	0	0	0
Ebitda	-35.238.282	-5.190.000	45.060.000	45.060.000	45.060.000	45.060.000
Afskriftir	0	7.047.656	7.047.656	7.047.656	7.047.656	7.047.656
Ebit	-35.238.282	-12.237.656	38.012.344	38.012.344	38.012.344	38.012.344
Vaxtagjöld	0	0	0	0	0	0
Ebt	-35.238.282	-12.237.656	38.012.344	38.012.344	38.012.344	38.012.344
Skattar	-7.047.656	-2.447.531	7.602.469	7.602.469	7.602.469	7.602.469
Hagnaður e. skatta	-28.190.626	-9.790.125	30.409.875	30.409.875	30.409.875	30.409.875
Núvirtur hagnaður	-23.492.188	-6.798.698	17.598.307	14.665.256	12.221.047	10.184.206
Núvirðið	-23.492.188	-30.290.886	-12.692.579	1.972.677	14.193.724	24.377.929

Rekstarreikningur	ár 6	ár 7	ár 8	ár 9	ár 10
Stofnkostnaður					
Rekstrartekjur	100.500.000	100.500.000	100.500.000	100.500.000	100.500.000
Rekstrarkostnaður	55.440.000	55.440.000	55.440.000	55.440.000	55.440.000
Framlegð	45.060.000	45.060.000	45.060.000	45.060.000	45.060.000
Annar kostnaður	0	0	0	0	0
Ebitda	45.060.000	45.060.000	45.060.000	45.060.000	45.060.000
Afskriftir	0	0	0	0	0
Ebit	45.060.000	45.060.000	45.060.000	45.060.000	45.060.000
Vaxtagjöld	0	0	0	0	0
Ebt	45.060.000	45.060.000	45.060.000	45.060.000	45.060.000
Skattar	9.012.000	9.012.000	9.012.000	9.012.000	9.012.000
Hagnaður e. skatta	36.048.000	36.048.000	36.048.000	36.048.000	36.048.000
Núvirtur hagnaður	10.060.335	8.383.613	6.986.344	5.821.953	4.851.628
Núvirðið	34.438.265	42.821.877	49.808.221	55.630.175	60.481.802

