

Nýsköpun & neytendur
Innovation & Consumers

Vinnsla, virðisaukning & eldi
Value Chain, Processing
& Aquaculture

Mælingar & miðlun
Analysis & Consulting

Líftækni & lífefni
Biotechnology & Biomolecules

Öryggi, umhverfi & erfðir
Food Safety, Environment
& Genetics



Notkun rafmagns við þurrkun fiskmjöls

Magnús Valgeir Gíslason
Gunnar Pálsson
Björn Margeirsson
Sigurjón Arason

Vinnsla, virðisaukning og eldi

Skýrsla Matís 03-13
Janúar 2013

ISSN 1670-7192

<i>Titill / Title</i>	Notkun rafmagns við þurrkun fiskmjöls / Electric drying of fish meal		
<i>Höfundar / Authors</i>	Magnús Valgeir Gíslason, Gunnar Pálsson, Björn Margeirsson, Sigurjón Arason		
<i>Skýrsla / Report no.</i>	03-13	<i>Útgáfudagur / Date:</i>	Janúar 2013
<i>Verknr. / project no.</i>	2002-2010		
<i>Styrktaraðilar / funding:</i>	AVS rannsóknasjóður í sjávarútvegi (R10 084-10)		
<i>Ágríp á íslensku:</i>	<p>Fiskmjölsiðnaðurinn er mikilvæg atvinnugrein og hefur verið að tæknivæðast mikið á síðustu árum. Það er notuð mikil orka við framleiðslu afurða. Til þess að ná betri tökum á orkunýtingu í ferlinum er sett upp orku- og massastreymislíkan fyrir vinnslu á mismunandi hráefni og samtímis fæst betri yfirsýn yfir vinnslurásina. Líkanið stuðlar einnig að því að auðveldara er að hafa áhrif á gæði fiskmjölsafurða, með ferlastýringu. Megin markmið með verkefninu er að stýra orkunotkun í vinnsluferlinum og þá sérstaklega við þurrkun og þróa rafþurrkunarbúnað fyrir loftþurrkara. Þurrkunin er síðasta vinnslustigið í rásinni og glatorkan frá þurrkun er síðan notuð framar í rásinni.</p> <p>Markmið verkefnisins er að nýta rafmagn til að hita loft fyrir þurrkun á fiskmjöli á hagkvæman hátt. Með því móti væri mögulegt að ná því markmiði sjávarútvegsins að nýta eingöngu innlenda orku við framleiðslu fiskmjöls, draga verulega úr innflutningi á olíu til landvinnslu og draga töluvert úr myndun sótsþors. Mælingar í framleiðsluferli voru framkvæmdar fyrir fjórar gerðir af hráefnum, til að meta efnisstrauma í gegnum verksmiðjuna. Þrýstifall yfir olíukyndingarbúnað var mælt og er mun meira samanborið við rafhitunarbúnað.</p> <p>Rafhitunarbúnaðurinn hefur reynst vel í fiskmjölsverksmiðju HB Granda Vopnafirði, hvað varðar orkugjafa, orkunýtingu, stýringu og viðhald.</p>		
<i>Lykilorð á íslensku:</i>	<i>Fiskmjöl, þurrkun, rafmagnhitun, massastreymislíkan, frumgerð, sótsþor.</i>		

<p><i>Summary in English:</i></p>	<p>The fish meal industry is an important sector and has applied technology in recent years. Fish meal processing is an energy intensive process. For better control of energy utilization in the process energy- and mass flow model was set up for processing different raw material, and simultaneously a better overview for the process. The model is a good tool to have influence on the quality of the fish meal products. The main aim of the project was to control energy usage specially for the drying and to develop electric air heating equipment. The drying is the last step in the process and waste heat is utilized on previous stages in the process.</p> <p>The aim of the project is to utilize electricity to heat air for drying of fish meal in an cost effective way. By contrast it would be possible to reach the goal for the Icelandic marine sector to utilize exclusively domestic renewable energy for fish meal processing, reduce imports of oil for shore processing and reduce carbon footprint. Measurements in the process were carried out for four kinds of raw material, for evaluation of mass flow through the process. Pressure drop over the oil air heating equipment was measured higher than for an electric air heater.</p> <p>It has turned out that the electric air heater has proved its worth in HB Grandi fish meal factory in Vopnafjordur, in terms of energy source, energy utilization, controlling and maintenance.</p>
<p><i>English keywords:</i></p>	<p><i>Fish meal, drying, electric heating, massflowmodel, prototype, carbon footprint.</i></p>

1 Efnisyfirlit

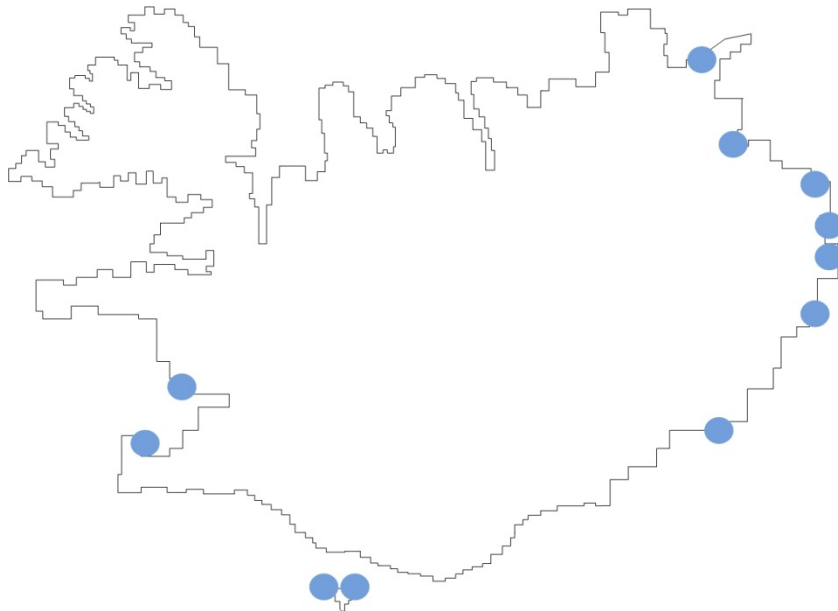
1	Inngangur	1
1.1	Tilgangur, markmið og hráefnið	2
1.2	Hefðbundið fiskmjölsframleiðsluferli	2
1.3	Loftþurrkun.....	6
1.3.1	Dyno – Jet óbeinn loftþurrkari	7
1.4	Samantekt um Dyno – Jet þurrkun fiskmjöls.....	9
1.4.1	Þurrkun á fiskmjöli.....	9
1.4.2	Loftflæði í Dyno – Jet.....	9
1.4.3	Hetlands þurrkari.....	10
1.4.4	Hringrásun á lofti í loftþurrkurum	11
1.4.5	Gufuþurrkun - loftþurrkun	11
1.4.6	Orkunotkun í loftþurrkun	12
1.5	Losun gróðurhúsalofttegunda	12
1.6	Breytingar á fiskmjölsferlinu.....	13
1.7	Rekstrarkostnaður	14
1.8	Samanburður á dvalartíma og mjölhita milli þurrkara	15
2	Niðurstöður og umræða.....	17
2.1	Frumhönnun á rafhitara fyrir Dyno – Jet 4,5.....	17
2.1.1	Grunnhugmyndin	17
2.1.2	Efnisval.....	18
2.1.3	Skelmyndun á hitaelementum	19
2.1.4	Hreinsun á elementum	19
2.2	Stýring á hitakassanum.....	21
2.3	Straumrof	21
2.4	Líkanagerð á ferlastýringu fiskmjöls, háþrökun á afköstum rafþurrkunar	22
2.4.1	Massa- og orkujafnvægi	23
2.4.2	Stýring á þurrkferlinu.....	32
2.4.3	Mælingar á vatnsinnihaldi í mjöli	32
2.5	Uppsetning búnaðar og útfærsla á vinnslurás	33
2.5.1	Prufukeyrslur á rafhitunarbúnaði.....	33
2.5.2	Gufuelement.....	34
2.6	Loftflæðismælingar	35
3	Ályktanir	38

4	Heimildaskrá.....	39
---	-------------------	----

1 Inngangur

Hugmyndin að nota innlenda raforku við loftþurrkun á fiskmjöli er ekki ný af nálinni. Í upphafi níunda áratugar síðustu aldar komu fram hugmyndir um notkun raforku í meistaraverkefni Þorláks Jónssonar í vélaverkfræði við Háskóla Íslands 1981. Þar kom fram að orkukostnaður fyrir rafmagn var um 66-90% meiri en fyrir svartolíu (Jónsson, 1981). Þessar forsendur hafa breyst mikið með hækkandi olíuverði og betri samningum milli fiskmjölsframleiðenda og söluaðila raforku á Íslandi. Núverandi samningar eru svohljóðandi að afhending raforku til fiskmjölsverksmiðja er ekki tryggð, þannig að hægt er að loka á raforkuflutning til fiskmjölsverksmiðja með fyrirvara ef þörf krefur. Með þessum samningum náðust mun betri kjör á raforkuverði, sambærilegt því raforkuverði sem annar orkufrekur iðnaður hefur greitt í gegnum tíðina (Arason, 2009). Ýmsar fisktegundir, sem ekki eru nýttar til manneldis, eru unnar í mjöl og lýsi. Rekja má upphaf vinnslu á mjöl og lýsi í þeirri mynd sem nú þekktist til upphafs 19. aldarinnar, en þá hófst vinnsla á lýsi úr síld í Norður-Evrópu og Norður-Ameríku. Lýsið var notað sem orkugjafi en mjölið sem af gekk var annað hvort hent eða það nýtt til áburðar. Fyrstu heimildir um mjöl- og lýsisvinnslu hérlendis eru frá 1910, en þá hófst síldarbræðsla á Siglufirði. Notast var við trékör sem voru fyllt af síld og þau síðan hituð með beinni gufun. Vökvasinn var pressaður frá með dúkapressu og lýsið hirt, en mjölið notað til áburðar.

Nú eru um 11 fiskmjölsverksmiðjur starfandi á Íslandi og eru þær flestar búnar fullkomnum vinnslulínum sem byggjast að miklu leyti á sjálfvirkni, sjá Mynd 1.



Mynd 1: Staðsetning 11 fiskmjölsverksmiðja á Íslandi.

1.1 Tilgangur, markmið og hráefnið

Megintilgangurinn með framleiðslu á mjöli og lýsi er nýting á fisktegundum sem að öllu jöfnu eru ekki nýttar til manneldis. Mjölið er að langmestu leyti nýtt sem próteingjafi í dýrafóður, en lýsið er nýtt sem orkugjafi í fiskeldisfóðri. Aukning á fiskeldi víða um heim hefur haft í för með sér aukna eftirspurn eftir þessum afurðum, en einnig hafa einstakir markaðir vaxið mjög hratt, eins og t.d. markaðir fyrir gæludýrafóður.

Frá því um 1970 hefur loðna verið mikilvægasta hráefni Íslendinga fyrir vinnslu á mjöli og lýsi, en aðrar mikilvægar tegundir eru síld og kolmunni. Kolmunni, makrill, loðna og síld eru langmikilvægustu fisktegundirnar hvað varðar verðmæti þessara afurða, með um 95% hlutdeild í útflutningsverðmæti á mjöli og lýsi frá Íslandi.

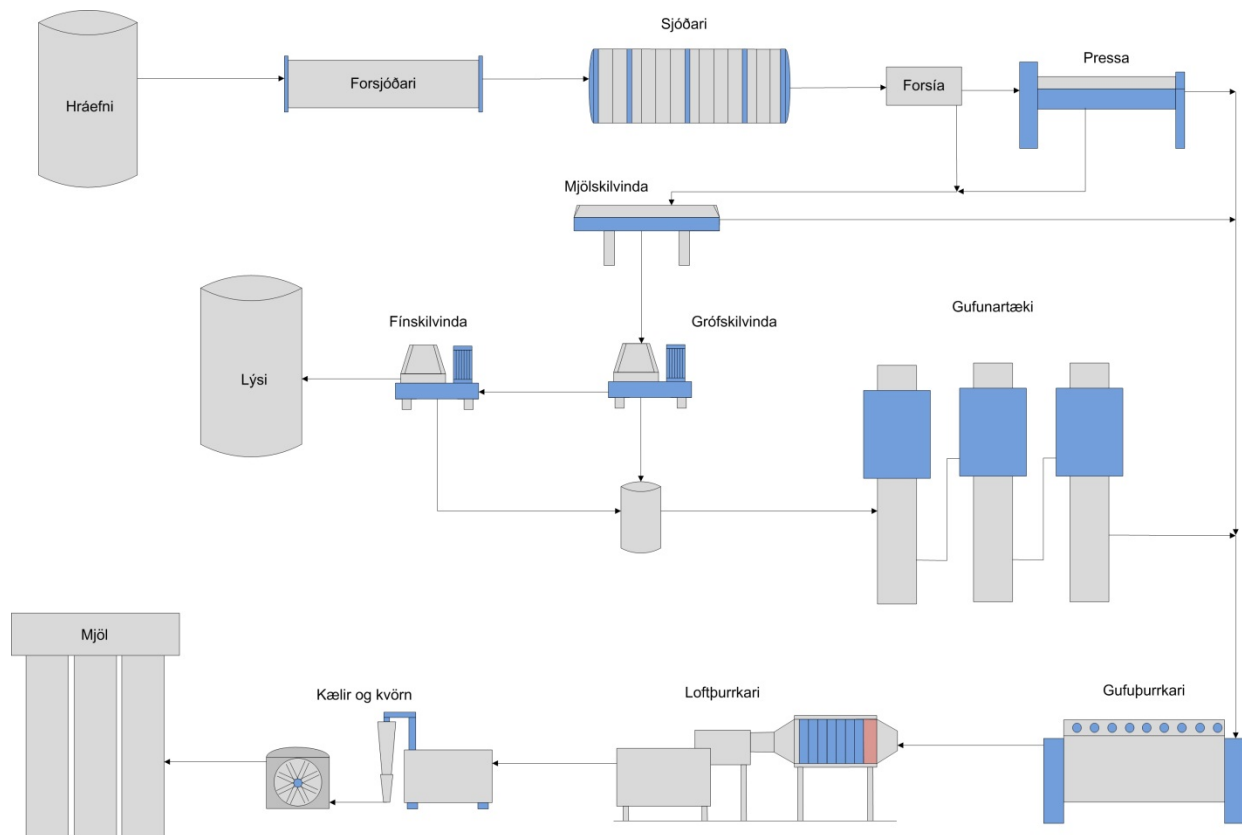
Skipta má fiskmjölsframleiðslu í tvo meginflokka. Hvítfiskmjölsframleiðsla styðst við magurt hráefni, s.s. kolmunna og aukahráefni sem til fellur við vinnslu á þorski, ýsu og ufsa. Feitfiskmjölsframleiðsla styðst aftur á móti við feitt hráefni, eins og síld, karfa og loðnu. Þessi tegund mjölframleiðslu er mun viðameiri en hvítfiskmjölsframleiðslan. Það fer síðan eftir því hvort viðkomandi fisktegund safnar fituforðanum í bók eða lifur hvort unnið sé búklýsi eða lifrarlýsi. Síld, makrill og loðna safna fitu í bók (feitfiskur), en tegundir eins og spærlingur og kolmunni (magur fiskur) safna fitu í lifrina eins og venjan er hjá þorskfiskum. Þorskalýsi er unnið lýsi sem hefur verið brætt úr þorskalifur, en hún hefur verið hirt sérstaklega til þeirrar vinnslu.

Nýting á hráefni sem fellur til við fiskvinnslu hefur oft verið vandamál og valdið verulegri mengun í nágrenni slíkra vinnlustöðva. Á móti kemur að fiskmjölsverksmiðjur gegna mikilvægu hlutverki í fiskvinnslu, þar sem úrgangur eins og hryggir, roð og slóg, ásamt ýmsu öðru sem til fellur, er tilvalið hráefni fyrir þessar verksmiðjur. Með nýtingu þessa úrgangs sem annars væri hent er þannig stuðlað að aukinni verðmætasköpun, bættri umgengni og minni mengun.

1.2 Hefðbundið fiskmjölsframleiðsluferli

Framleiðsla á fiskmjöli og lýsi er lotubundin en framleiðsluferlið sjálft er samfelld vinnsla. Fiskmjölsverksmiðjur eru þannig útbúnar að allur vinnsluferillinn er lokaður, allt frá uppskipun að pökkun mjöls í sekki eða dælingu lýsis í tanka. Einu undantekningarnar eru þar sem hægt er að opna rásina fyrir sýnatöku vegna framleiðslueftirlits. Hefðbundið gæðaeftirlit við framleiðslu á mjöli og lýsi er byggt á reglulegum sýnatökum fyrir og á meðan á framleiðslu stendur en öllum framleiðsluaðilum er skylt að starfa samkvæmt innra eftirlitskerfi. Hitastigseftirlit er mikilvægur þáttur í framleiðsluferlinu. Til að koma í veg fyrir að örverur eins og *Salmonella spp.* finnist í mjöli er nauðsynlegt að allt efnið sé hitað í minnst 81 °C í vinnsluferlinum.

Við framleiðslu á fiskmjöli og lýsi eru þrjú meginþættir fisksins aðskildir, þ.e. vatn, þurrefni og olía. Vökvasinn er pressaður burt og úr honum er olían síðan unnin með skilvindutækni. Sá vökvi sem eftir er gufar að langmestu leyti upp áður en lokaafurð verður til.



Mynd 2: Vinnslurás í fiskmjölsverksmiðju HB Granda Vopnafirði.

Forhitun og sjóðari

Fyrsta vinnsluskrefið í framleiðslu á fiskmjöli, eftir dælingu úr skipi eða hráefnisgeymslu, er sjóðari og í mörgum tilfellum forhitun. Flestar verksmiðjur eru búnar forhitara sem forhitara hráefnið upp í 40 til 50 °C. Varminn í þessu skrefi er gjarnan afgangsvarmi frá eimingartækjum en þannig næst nærri 100% varmanýting. Í sjóðaranum er hráefnið, ásamt blóðvatni, hitað í minnst 82 °C (algengt hitastig er 90-95 °C) og er hitanum haldið í um það bil 30 mínútur. Tilgangurinn með hituninni er að eyða hugsanlegum örverum eins og salmonellu og öðrum bakteríum sem kunna að vera til staðar í hráefninu. Við hitunina afmyndast próteinin ásamt því sem frumuveggir eyðileggjast. Við þessa eðlissviptingu losnar um fitu og vatnsfasann sem auðveldar aðskilnað þeirra frá þurrefnisfasanum. Sjóðarinn samanstendur af láréttum sívalningi og snigli sem gengur eftir honum endilöngum og sér um að færa hráefnið áfram. Bæði sívalningurinn og snigillinn eru útbúnir gufukápu og er hráefnið hitað með varmaskipti á milli yfirborðanna og hráefnisins. Sjóðarinn er nauðsynlegt skref á undan forsíu og pressun.

Forsíun og pressa

Tilgangurinn með forsíun er að sía burt sem mest af vökvum frá soðna hráefninu áður en það fer í pressuna. Tvöföld skrúfutækni sér um að pressa og færa hráefnið eftir pressunni. Skrúfurnar liggja lárétt eftir pressunni og snúast á móti hver annarri. Pressuþrýstingurinn eykst eftir því sem hráefnið færir innar í pressuna þar sem skrúfurnar fara mjókkandi. Hráefnið er pressað á milli skrúfanna en vökvinn lekur niður í gengum sigtunarbúnað og í safntank, þar sem það blandast aftur þeim vökva sem síaðist burt í forsíunni. Þessi hluti kallast nú pressuvökvi. Pressaða hráefnið, sem nú kallast pressukaka, flyst áfram út úr pressunni í átt að þurrkara. Hefðbundið fituinnihald pressuköku er gjarnan um 4 til 5% og rakainnihald um 45 til 60% og afgangurinn er fitufrítt þurrefni sem er megin innihaldsefni mjölsins.

Mjölskilvinda

Í forsíunni og pressunni skiptist megin straumurinn í tvo hluta, þ.e. pressuvökva og pressuköku. Hve mikið af föstum ögnum (uppleyst prótein, saltagnir og uppleystar agnir) og þykkni er í pressuvökvanum fer eftir hversu uppleyst hráefnið var þegar vinnslan hófst. Pressuvökvinn er gjarnan 70 til 80% og pressukakan 20 til 30% af heildarstrauminum sem kemur frá pressunni. Pressuvökvinn er hitaður í 95 til 98 °C áður en hann fer inn í mjölskilvinduna. Stærsti hluti fastra agna er skilinn frá pressuvökvanum í mjölskilvindunni.

Mjölskilvindan er byggð upp með tveimur láréttum tromlum sem hafa mismunandi þvermál. Fasta efnið festist á vegg þrengri tromlunnar en vökvinn pressast út í bilið milli tromlanna og þaðan áfram út úr skilvindunni í átt að gróf- og síðar fíniskilvindum. Fasta efnið er síðan skafið af veggjum minni tromlunnar og flyst úr henni í átt að þurrkara. Meðalefnainnihald fasta efnisins er 2 til 4% fita og 60 til 70% raki, en afgangurinn er fitufrítt þurrefni. Eftir skiljuna kallast fasti hlutinn hrat en vökvasinn kallast skilinn pressuvökvi eða soðlýsi.

Grófskilvindur

Soðlýsinu frá mjölskilvindunum er safnað í tank og hitað í 95 til 98 °C áður en það fer í grófskiljun (soðskilvindu). Grófskilvindur eru gjarnan röð af skilvindum þar sem megnið af lýsinu er skilið frá soðinu. Efnainnihald soðsins er venjulega um 6 til 12% þurrefni (aðallega uppleyst prótein) og 0,5-1% fita. Soðið flyst að eimingartækjunum þar sem 60-80% vökvans er eimað burt en lýsisfasinn flyst í átt að lýsisskilvindum.

Fíniskilvinda

Áður en lýsinu er dælt í geymslutanka fer það í gegnum fíniskiljun (lýsisskilvindu) þar sem leifar af óhreinindum og vatni eru síaðar frá. Eftir fíniskiljun eru óhreinindi og vatnsleifar í lýsinu minni en 0,5%. Eftir fíniskiljun flyst lýsið í geymslutanka og er tilbúið í dreifingu.

Gufunarskref

Soðfasinn, sem skilst burt í grófskiljunarferlinum, inniheldur talsvert af vítamínum og próteinum en þó ekki í sama magni og pressukakan. Allt að 60 til 80% af vatnsfasanum í soðinu er eimaður burt, en eftir stendur kjarni með um 55 til 75% vatnsinnihald og 2 til 4% fituinnihald. Kjarninn frá gufunartækjunum flyst að þurrkara þar sem hann blandast saman við pressukökuna áður en sjálft þurrkferlið hefst.

Gufunartækin eru gjarnan byggð upp sem þriggja þrepa kerfi, þar sem afgangsvarmi frá þrepinu á undan er nýttur til að hita upp næsta þrep og svo koll af kolli. Slíkt kerfi tryggir tvennt: Annars vegar verður varmanýtingin allt að 100%, þar sem afgangsvarmi frá seinasta þrepinu (í formi gufu) er nýttur til að forhita hráefni sem er á leið inn úr hráefnistönkum að sjóðaranum (forhitarinn) og hins vegar verður meðferð á hráefninu m.t.t. afmyndunar á próteinum eins og best verður kosið.

Hitastigið í fyrsta þrepinu, þar sem soðið kemur inn, er næsthæst en á því þrepi er vökvamagnið mest og virkar sem vörn fyrir próteinin í soðinu þannig að þau þola hærra hita. Með minnkandi vatnsmagni verða próteinin í soðinu viðkvæmari gagnvart hitun, þar sem vatnsinnihald soðsins fer minnkandi. Í næsta þrepinu (þriðja) fer hitastigið lækkandi og þar að auki er gjarnan haft lofttæmi á þessu þrepi. Fyrsta þrepið í gaufaranum sem er síðasta þrepið í þykkingunni er soðið við hæsta hitastigið enda er kraftgufa frá katli leidd inn í það þrep. Eimurinn frá fyrsta þrepinu er nýttur á öðru þrepi sem gufa og eimur frá öðru þrepinu er nýttur sem gufa á þriðja þrepinu og er þetta gert til að hámarka nýtingu varmans. Hráefnið sem flyst frá eimingartækjunum kallast kjarni.

Blöndun

Áður en að þurrkaranum kemur á sér stað blöndun á straumunum þremur, kjarnanum frá gufunartækjunum, pressukökunni frá pressunni og hratinu frá mjölskilvindunni. Þessum straumum er blandað saman í blöndunarbúnaði, sem staðsettur er fyrir framan þurrkarann. Í sumum tilfellum er kjarnanum einnig blandað saman við hálfþurrkað mjölið.

Þurrkun

Í fiskmjölsiðnaðinum eru notaðar eldþurrkarar, loftþurrkarar og gufuþurrkarar. Notkun á eldþurrkurum fer þó minnkandi, þar sem bæði loft og gufuþurrkarar skila auknum gæðum í lokaafurð ásamt því að vera hagkvæmari í rekstri með tilliti til umhverfismengunar, orkunotkunar og vinnslustjórnunar. Hér verður fjallað um þurrkun á mjöli í loftþurrkara.

Í nýrri afbrigðum loftþurrkara eru tvö þrep, forþurrkun og þurrkun. Í forþurrkaranum, sem samanstendur af litlu rými með snúningsrótor, myndast aðstæður fyrir mikil og hröð loftskipti (allt að $20\text{m}^3/\text{sek}$). Snerting pressukökunnar og þurrkloftsins verður mjög mikil og veldur hraðri uppgufun vatns úr pressukökunni. Pressukakan flyst yfir í aðalþurrkarann um $80\text{ }^\circ\text{C}$ heit. Í loftþurrkun er hitað loft notað til þurrkunar og snúningstromla er meginhluti þurrkarans. Hér er í raun um óbeina

loftþurrkun að ræða, þar sem hitagjafinn er ekki í beinni snertingu við þurrkloftið. Þurrkloftið er hitað í varmaskipti áður en því er hleypt í gegnum þurrkarann. Á ferð sinni eftir þurrkarinum safnast óhreinindi í það.

Óhreint loft sem kemur úr þurrkarinum er hreinsað í þvottaturni og þurrkað áður en því er hringrásað. Þetta er gert til að minnka loftskipti við umhverfið (verksmiðjurýmið). Einn megin kosturinn við þessa þurrkaðferð er að hægt er að brenna nær öllum eldsneytisgjöfum. Hægt er að stýra upphafshitastigi loftsins, allt eftir þeim kröfum sem gerðar eru til þurrkunarinnar.

Ferðatími mjölsins í gegnum þurrkarann er að meðaltali 10 mínútur, lofthitinn í upphafi er 300 til 400 °C og um 65 til 75 °C í lokin. Hitastig mjölsins er um 10 °C lægra en lofthitinn eða um 50 til 60 °C.

Mjölkælir

Strax á eftir þurrkarinum er mjölkælir. Þar sem mjölið, sem streymir úr þurrkarinum, inniheldur mikla vatnsgufu er nauðsynlegt að kæla það hratt niður til að koma í veg fyrir þéttingu rakans í því. Köldu lofti er blásið eftir mjölstraumnum og er hitastig mjölsins eftir kælingu um 28 til 30 °C. Vatnsinnihald mjölsins lækkar um 1 til 2% við kælinguna. Loftið frá mjölkælinum inniheldur mikið af illa lyktandi, rokgyörnum efnum og því er það leitt inn í lofthreinsikerfi verksmiðjanna. Við kælingu eykst floteiginleiki mjölsins, sem gerir meðhöndlun þess í kvörnun, sigtun og pökkun auðveldari.

Sigtun og kvörnun

Vinnsluferillinn og hráefnið sem notað er ræður miklu um kornasamsetningu mjölsins eftir þurrkun. Áður en mjölið fer í gegnum kvörn er fínkornaði hluti þess sigtaður frá en grófkornaði hlutinn fer í kvörnun. Að lokinni kvörnun hefur framleiðslulotan einsleita kornastærð.

Blöndun og geymsla.

Úr sigtun og kvörnun flyst mjölið í mjölblöndunartanka. Þar sem mjölvinnsla er lotubundin er nauðsynlegt að blanda saman mjöli, framleiddu á einum sólarhring, til að ná fram einsleitari afurðagæðum.

1.3 Loftþurrkun

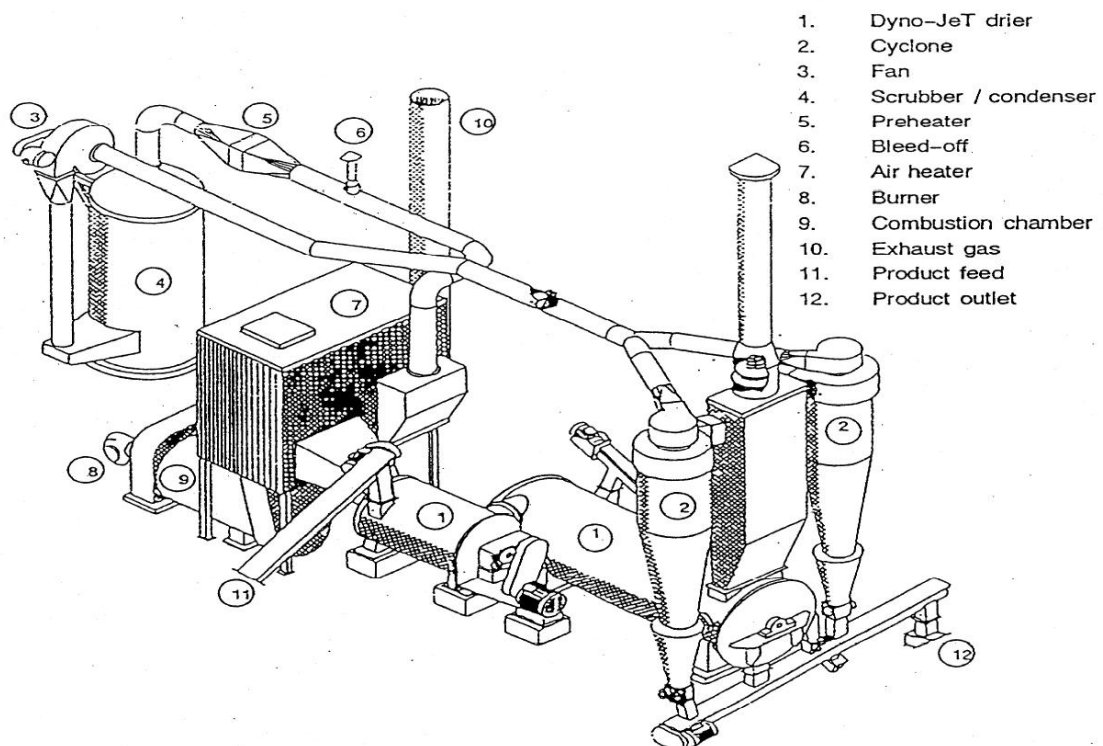
Fyrir daga óbeinnar loftþurrkunar var mjöl aðallega þurrkað í eldþurrkurum, þar sem eldhólf var í enda þurrkarans. Þar var olíu brennt í sama hólfu og fiskmjölið fór í gegnum, þetta fyrirkomulag gaf af sér mikinn varmaurð og var uppbygging þurrkarans fremur einföld. En við þessa þurrkun komust brunaefni úr olíunni í snertingu við mjölið, sem var þess valdandi að mjölið hefði ekki staðist þær gæðakröfur sem settar eru í dag. Einnig var öllu loftinu hleypt út að þurrkun lokinni með tilheyrandi lyktarmengun. Eldþurrkunum var því breytt þannig að bætt var við varmaskipti og hitað upp hringrásað þurrkloft. Einnig er fersku lofti bætt inn í hringrásina, og því umfram hringrásar lofti

brennt áður en það fer út í andrúmsloftið til að minnka lyktarmengun. Til eru tvær megin gerðir af óbeinum loftþurrkurum, þ.e. Dyno – Jet og Hetland.

1.3.1 Dyno – Jet óbeinn loftþurrkari

Dyno – Jet er óbeinn loftþurrkari. Loftið sem hann notar til að þurrka mjölagningar er hitað upp í varmaskipti þar sem eldsneyti er brennt í umframmagni af lofti, til þess að hita upp hringrásað loft sem þurrkar mjölagningar. Loftið sem er hringrásað er þvegið í þvottaturni áður en það fer aftur í varmaskiptinn. Kostur við þessa aðferð fram yfir beina loftþurrkun er að hægt er að brenna nánast hvaða eldsneytisgjafa sem er t.d. svartolíu og úrgangslýsi. Einnig að efni sem leysast upp við brunann komast ekki í snertingu við sjálft fiskmjölið. Loftið sem fer inn í þurrkarann er 360-500 °C heitt, hitastigið veltur á hráefninu sem og afköstum. Loftið og mjölið fara sömu leið í gegnum þurrkarann. Til að þurrkunin gangi sem best þarf að stilla hitastig, loftmagn, fyllingu, dreifingu og dvalartíma.

Dyno – Jet kom fyrst fram á markaðinn um miðjan níunda áratuginn frá norsk/danska vélaframleiðandanum Atlas – Stord. Dyno – Jet ásamt Hetland eru arftakar beinna eldþurrkara sem voru nánast allsráðandi fyrir komu óbeinna loftþurrkara. Helstu ástæður þess að eldþurrkararnir fóru af markaði, eru bætt hráefnigæði með því að þurrka í tvem skrefum, og einnig er auðveldara að hreinsa útblástur.

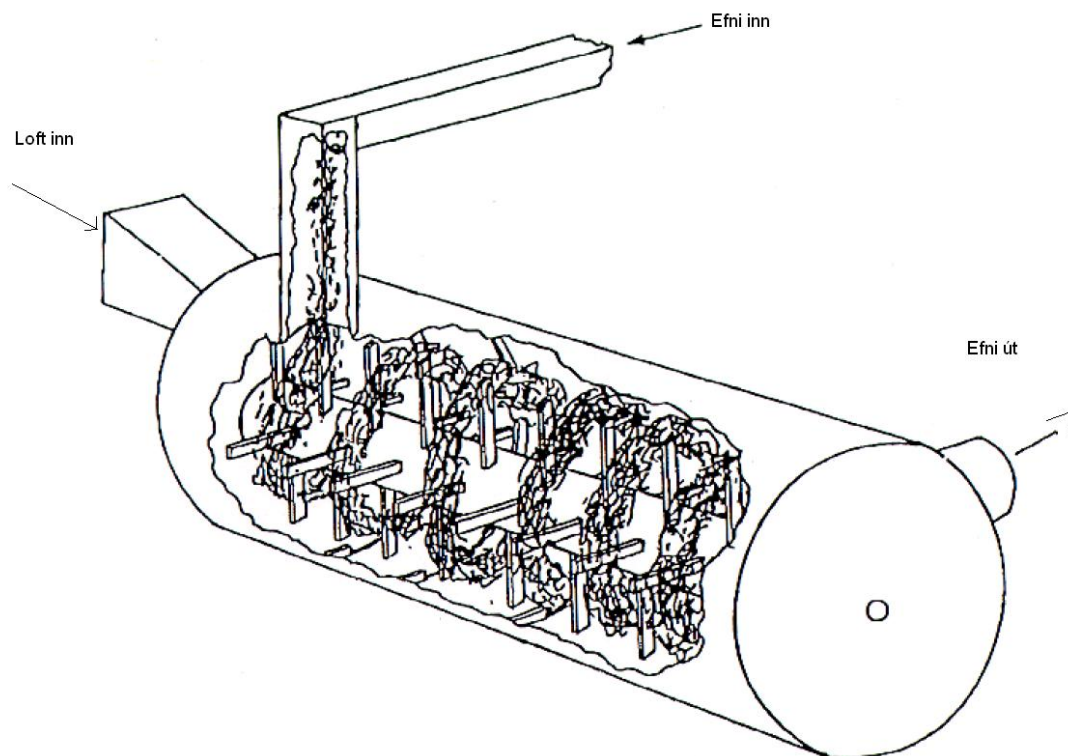


Mynd 3: Dyno - Jet þurrkarkerfið (Arason, 2010).

Forþurrkun: þar kemur blandan inn í forþurrkunar rýmið sem er 12 m³. Í gegnum forþurrkarann fara

um $11 \text{ m}^3/\text{s}$ af lofti og eru loftskipti því mjög tíð, u.þ.b. einu sinni á sekúndu. Þar með verður snerting blöndunnar við loftið mjög mikil og uppgufun á vatni hröð. Hitastigsmunur milli lofts og blöndunnar veldur því að rakinn streymir mjög hratt úr blöndunni og verður svk. „flössun“ (hröð uppgufun). Blandan kemur inn í forþurrkarann við $80 \text{ }^\circ\text{C}$ en þurrkloftið er í kringum $360 \text{ }^\circ\text{C}$, en vothitastig blöndunnar fyrir þann hita er um $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Þá lækkar hitinn skyndilega í blöndunni og leiðir til leifturuppgufunar. Ef rakastig blöndunnar er í kringum 30% þá nær blandan ekki að „flassa“ og blandan sest á botn forþurrkarans. Hægt er að fylgjast með því að sjá álag á mótör sem sér um að snúa vinkiljárnnum inni í þurrkbelgnum, en það eykst ef blandan „flassar“ ekki (Starfsmenn í fiskmjölsverksmiðju HB Granda, 2010).

Dvalartími þurrkloftsins í forþurrkaranum er minni en 1 sekúnda en þar sem mjölagirnir dvelja í forþurrkaranum í 5–7 sekúndur. Þetta gerir það að verkum að þurrkhraðinn er mjög mikill og næst að gufa upp $1/3$ af heildaruppgufunni í mjölinu í forþurrkaranum á einungis 3–5 sekúndum. Inn í forþurrkaranum er rotor sem snýst $2/3$ úr hring á mínútu og einnig er komið fyrir vinkiljárnnum langsum inni í þurrkaranum, en þetta er gert til að stytta þurrktímann. Eftirþurrkunin tekur um 7-14 mín en það fer eftir rakastigi blöndunnar, eftir því sem blandan inniheldur meiri raka þeim mun lengri tíma tekur eftirþurrkunin. Ef mjölið kemur of rakt út úr þurrkaranum er það keyrt aftur í gegnum eftirþurrkarann (Starfsmenn í fiskmjölsverksmiðju HB Granda, 2010).



Mynd 4: Dyno - Jet þurrktromla (Arason, 2010).

1.4 Samantekt um Dyno – Jet þurrkun fiskmjöls

Saga Dyno – Jet loftþurrkunar rekur sig aftur á miðjan níunda áratug síðustu aldar, þar sem norsk/danski vélaframleiðandinn Atlas Stord fór að þróa hugmyndir um loftþurrkun á hágæða fiskmjöli. Þurrkaðferð sem skila ætti betra mjöli en þáverandi þurrkaðferðir, bein loftþurrkun og gufuþurrkun. Til að fiskmjöl geti kallast gæðamjöl (LT) þarf hráefni að standast strangar gæðakröfur hvað varðar magn reikulla köfnunarefnasambanda (TVN) og efnainnihald, ásamt kröfur um vinnslu á hráefninu. Úr varð hugmynd um að hringrás þurrklofti og hita það upp óbeint, þar sem þurrkloftið kemst ekki í snertingu við olíulogann. Til að fella út raka í þurrklofti er það leitt í gegnum þvottaturn, sem kælir loftið þannig að raki fellur út. Eftir þvottaturninn fer loftið í varmaskiptinn áður en það fer í þurrkarann.

1.4.1 Þurrkun á fiskmjöli

Þurrkun á fiskmjöli er orkufrekasti hlutinn af framleiðsluferlinu þar sem allt að 40 % af heildarorkunni fer í þurrkunina, en það veltur á þurrkaðferð. Notast er við nokkrar mismunandi þurrkaðferðir hér á landi, en þær helstu eru óbein loftþurrkun, gufuþurrkun og lágþrýstingsgufuþurrkun. Einnig er þessum aðferðum blandað saman þar sem gufuþurrkun er notuð sem forþurrkun fyrir óbeina loftþurrkun. Með því að blanda saman þurrkaðferðum er hægt að ná fram helstu kostum hvarrar aðferðar fyrir sig. Gufuþurrkunin er með góða orkunýtingu og virkar mjög vel þegar rakainnihald er mikið, en þegar rakainnihald minnkar þá fellur varmaleiðni mjölsins. Þar sem gufuþurrkarar vinna á varmaleiðni efnis þá minnkar þurrkhraði verulega með minnkandi rakainnihaldi. Þegar varmaleiðni mjölsins lækkar þá eykst hitastig mjölsins sem hefur í för með sér skemmdir á næringarefnum og vítamínum ásamt versnandi bindieiginleikum. Aftur á móti hefur óbein loftþurrkun lélega orkunýtni þar sem hluti orkunnar fer sem varmi út í sjó frá þvottaturni, ásamt töpum í flóknu kerfi. Erfitt er að endurnýta orku frá óbeinum loftþurrkara þar sem um mikið loftmagn er að ræða ásamt því að erfitt er að nýta loft sem er innan við 100 °C heitt til orkuendurvinnslu. Lítið mál er að endurvinna orku frá gufuþurrkara þar sem loftmagn er mun minna og afsog frá gufuþurrkara er nánast mettuð gufa, sem auðvelt er að flytja yfir í soðkjarnatæki eða sjóðara.

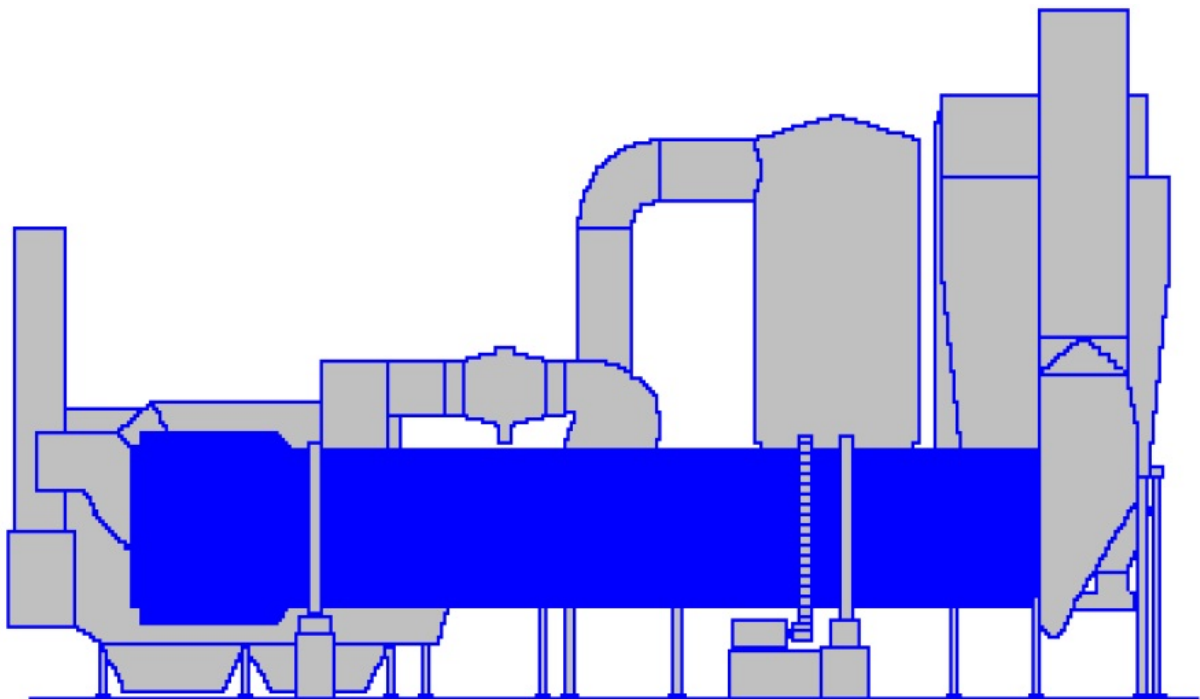
1.4.2 Loftflæði í Dyno – Jet

Loftflæðinu er stjórnað af stýrispjaldi sem staðsett er fyrir framan blásarann sem drífur loftið í gegnum kerfið. Blásarinn gengur alltaf á sama afli en þrýstifalli í kerfinu er stýrt með opnun á stýrispjaldinu. Fyrir framan blásarann er undirþrýstingur mv. andrúmsloft en yfirþrýstingur fyrir aftan hann. Miðað er við að núllpunktur þurrkarans sé á milli forþurrkunar og eftirþurrkunar. Þannig að yfirþrýstingur er í forþurrkara en undirþrýstingur í eftirþurrkara. En núllpunkturinn færir til með breytingu á opnun á stýrispjaldi.

Rakainnihald í lofti. Þegar loftið kemur frá þvottaturni er það fullmettað af raka ($X = 0,015 \text{ kg}_{\text{vatn}}/\text{kg}_{\text{loft}}$). Við hitunina verður hlutfallslegur loftraki um 1% við 360°C . Þegar loftið hefur þurrkað mjölið er rakainnihald þess í á bilinu $0,13 - 0,25 \text{ kg}_{\text{vatn}}/\text{kg}_{\text{loft}}$, En þessi tala veitur á loftmagni og uppgufun sem á sér stað í þurrkaranum.

1.4.3 Hetlands þurrkari

Hetland er óbeinn loftþurrkari sem kom fram á sjónarsviðið um 1980 og byggir á hönnun gömlu eldþurrkaranna. Þurrkunin er í einu þrepi og fer blandan og loftið sömu leið í gegnum þurrktromluna. Þurrktromlan snýst sjálf og eru leiðiblöð inni í henni sem sjá um að snúa mjölinu. Hetland hefur þann galla að ef þarf að endurkeyra mjölið í gegnum þurrkarann þá þurrkast það of mikið. Ef mjöl er endurkeyrt í gegnum Dyno-Jet þá er því einungis keyrt í gegnum eftirþurrkunina og þórnar því ekki um of.



Mynd 5: Hetland þurrkarkerfið.



Mynd 6: Hetland þurrktromlan.

1.4.4 Hringrásun á lofti í loftþurrkurum

Við olíukyndingu fyrir óbeinu loftþurrkarana er hluta af hringrásarloftinu brennt til að hita upp hringrásarloftið. Eftir að brunaloftið er búið að fara í gegnum varmaskiptinn fer það út í andrúmsloftið í gegnum skorstein. Áætlað er að hringrása öllu loftinu í rafhituninni, og bæta einungis við lofti til að bæta upp töp sem verða í kerfinu vegna leka. Tíminn verður svo að leiða í ljós hvort að þetta sé hentugasta aðferðin, er varðar skelmyndun á elementum í hitakassanum.

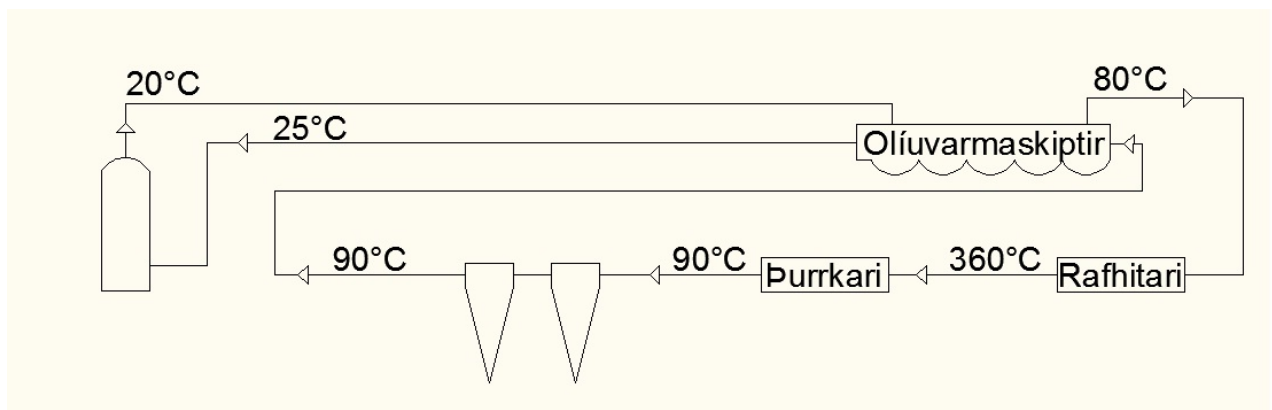
1.4.5 Gufuþurrkun - loftþurrkun

Þurrkun á fiskmjöli með tveim mismunandi þurrkaðferðum eins og í fiskmjölsverksmiðju HB Granda á Vopnafirði, þar sem forþurrkun á mjöli fer fram í gufuþurrkara og eftirþurrkun í loftþurrkara. Þessi aðferð sameinar kosti loft- og gufuþurrkunar um gæði mjöls og hámrörkun á orkunýtingu, þar sem hvor þurrkaðferð hefur sína kosti og galla. Gufuþurrkunin nýtir orku vel, þar sem varmaflutningur er að mestu leyti með varmaleiðni. Varðandi gæði þá kemur mjöl sem er fullþurrkað í gufuþurrkara verr út en mjöl sem þurrkað er í loftþurrkara. Er það sökum skemmda á próteinum í mjölinu sem minnka þar með bindieiginleikar mjölsins. Einnig er hættu á brennslu á mjöli sem er fullþurrkað í gufuþurrkara. Gufuþurrkun hefur þrátt fyrir það engin áhrif á gæði mjöls, sé rakainnihald þess meira en 38% (Arason, 2009). Loftþurrkun hefur ekki eins góða orkunýtingu og gufuþurrkun, þar sem varmaflutningur fer fram með varmaburði lofts. Varminn er heldur ekki fullnýttur þar sem hluti varmans fer út í sjó frá þvottaturni, til að fella út raka úr þurrklofti. Erfitt er að nýta varmann sem fellur út í þvottaturni, þar sem loftmagn er mikið. Helst væri hægt að nota loftvarmaskipti til þess að

endurnýta varmann. Minna mál er að endurnýta varmann frá gufupurrkara með því að nota eiminn frá þurrkaranum beint í aðra vinnslu t.d. soðkjarnatæki, þar sem um miklu minna loftmagn er að ræða en í loftþurrkara.

1.4.6 Orkunotkun í loftþurrkun

Í loftþurrkuninni er mjölið þurrkað frá 40% rakainnihaldi í tæp 8% (Starfsmenn í fiskmjölsverksmiðju HB Granda, 2010). Þrjá höfuðþætti þarf að stilla saman til að ná réttu rakainnihaldi en þeir eru, loftmagn, lofthiti og hráefnismagn inn í þurrkaranum. Miðað við full afköst á Dyno – Jet þurrkaranum er miðað við loftmagn 40.000 m³/klst., lofthita 360 °C og miðað við full afköst ætti þurrkarinn að ráða við 13 tonn af hráefni á klukkustund. Miðað við að þurrkunin sé frá 40% vatninnihaldi niður í 8% vatnsinnihald, og þá gufa upp rúm 4 tonn af vatni á klukkustund. Heildar aflþörf rafhitarans er áætluð 4,5 MW út frá Mollier ritum. Áætlað er að 60% af orkunni fari í fasabreytingu á vatni í hálfþurrkuðu mjöli, 15% í varmatap, 10% skorsteinstap og 15% í upphitun úr 20 – 80 °C (Pálsson G. , 2010). Hægt væri spara allt að 15% af orkunotkuninni með því að endurnýta varma sem fellur út í þvottaturni, með því að keyra loft frá mjölskiljum í gegnum loftvarmaskipti sem var áður notaður við olíukyndinguna, ásamt hreinu lofti frá þvottaturni.



Mynd 7: Hugmynd að orkuendurvinnslu.

1.5 Losun gróðurhúsalofttegunda

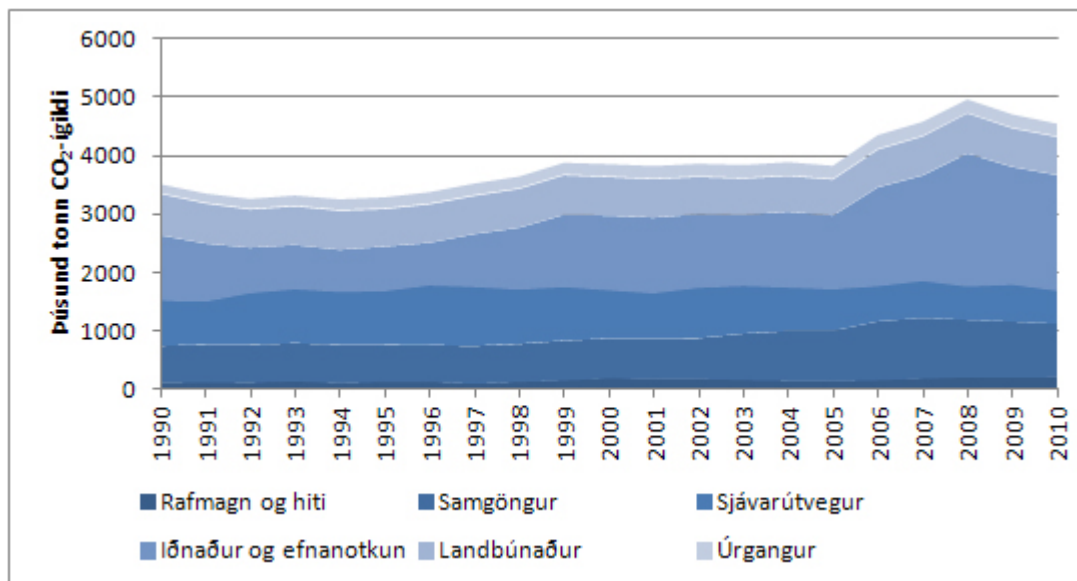
Við bruna á jarðefnaeldsneyti myndast koldíoxíð (CO₂) sem er algengasta gróðurhúsalofttegundin. Við bruna á svartolíu myndast rúmlega þrefalt magn af CO₂ á massaeiningu. Við framleiðslu á fiskmjöli þar sem orkan kemur að mestu úr jarðefnaeldsneyti, má áætla um 30 – 40 kg / svartolíu á hvert hráefnistonn (Umhverfisstofnun, 2010). Er þessi tala breytileg eftir framleiðsluaðferðum á fiskmjöli. Þannig má áætla að við framleiðslu á einu tonni af fiskmjöli myndast 300–600 kg af CO₂. Sambærilegt fyrir framleiðslu á áli er 1,5 tonn af CO₂ á móti hverju framleiddu tonni af áli. En þessi

samanburður er einungis til að sýna fram á, að framleiðsla á fiskmjöli þar sem aðalorkuuppsprettan er jarðefnaeldsneyti er mjög óhagkvæm gagnvart umhverfinu.

Allur sjávarútvegur Íslands losar um 500 þús. tonn af CO₂ árlega og þar af eru fiskmjölsverksmiðjur um tíundi partur. Um helmingur útblásturs Íslendinga er tilkominn vegna samgangna og fiskveiða (Orkustofnun, 2012), því er til mikils að vinna með að draga úr losun í sjávarútvegi. Hægt væri að koma í veg fyrir alla losun frá fiskmjölsframleiðslu með rafvæðingu og nýta þar með einungis innlenda endurnýtanlega orkugjafa. Það væri í takt við þá þróun sem hefur átt sér stað í íslenskum sjávarútvegi þar sem losun hefur minnkað mikið síðustu ár, bætt orkunýting skipa og aukin nýting innlendra orkugjafa í landvinnslu.

Tafla 1: Losun koldíoxíðs frá sjávarútvegi (Umhverfisstofnun, Loftslagsbreytingar, 2012).

Ár	1995	2000	2005	2010
Losun CO ₂ -ígildi (þús. tonn/ári)	930	840	726	580

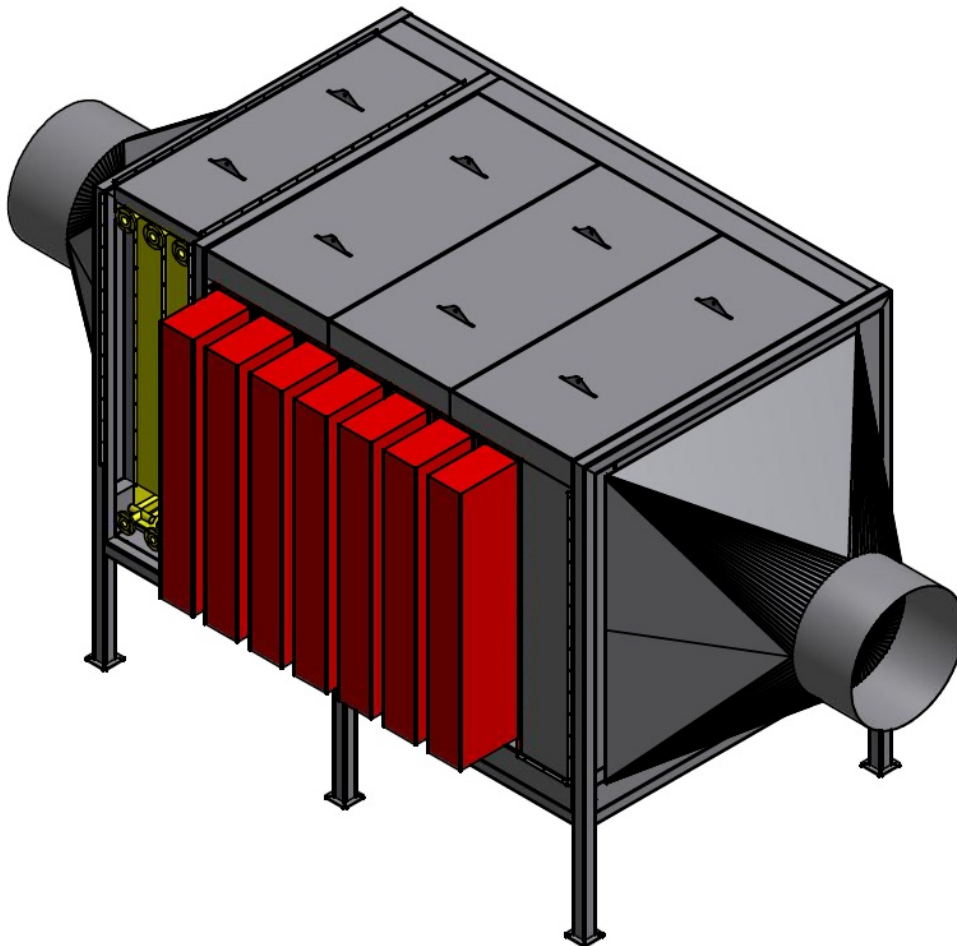


Mynd 8: Losun á Íslandi síðustu 20 ár (Umhverfisstofnun, Loftslagsbreytingar, 2012).

1.6 Breytingar á fiskmjölsferlinu

Kostnaður við breytingar, sem gerðar voru í verkefninu, fólust aðallega í smíði og uppsetningu á hitakassa sjá Mynd 9, sem inniheldur gufuvarmaskiptinn (gult á mynd) og rafelementin (rauð á mynd). Héðinn hf. hefur haft yfirumsjón með smíði á hitakassanum, en undirverktakar sáu um smíði á einstökum hlutum. Danski varmaskiptaframleiðandinn TT coil sá um smíði á gufuvarmaskiptinum. Rafhitun sá um uppsetningu á rafelementunum. El-rún sá um hita- og þrýstifallsnema og forritun á stýringum. Til viðbótar við smíði á hitakassanum eru breytingar á loftstokkum, einkum og sér í lagi ef

farið verður út í orkuendurvinnslu með því að forhita hringrásarloftið áður en það fer inn í hitakassann. Við þá hitun þarf auka blásara fyrir kerfið þar sem þrýstifall eykst sem nemur þrýstifalli yfir hitakassann.



Mynd 9: Hitakassinn sem inniheldur rafhitunarbúnaðinn, gufuelement gult á mynd og rafelement rauð á mynd.

1.7 Rekstrarkostnaður

Við útreikninga á rekstrarkostnaði þarf að áætla verð á raforku og olíu til verksmiðjunnar, því orkuverð er samningsatriði og því ekki gefið upp. Forsendur útreikninga eru gefnar upp í töflu 2.

Tafla 2: Forsendur kostnaðarútreikninga.

Orkugjafi	Einingaverð	Orkuinnihald
Svartolía	110 (kr/kg)	46,3 (MJ/kg)
Rafmagn	3,5 (kr/kWh)	3,6 (MJ/kWh)

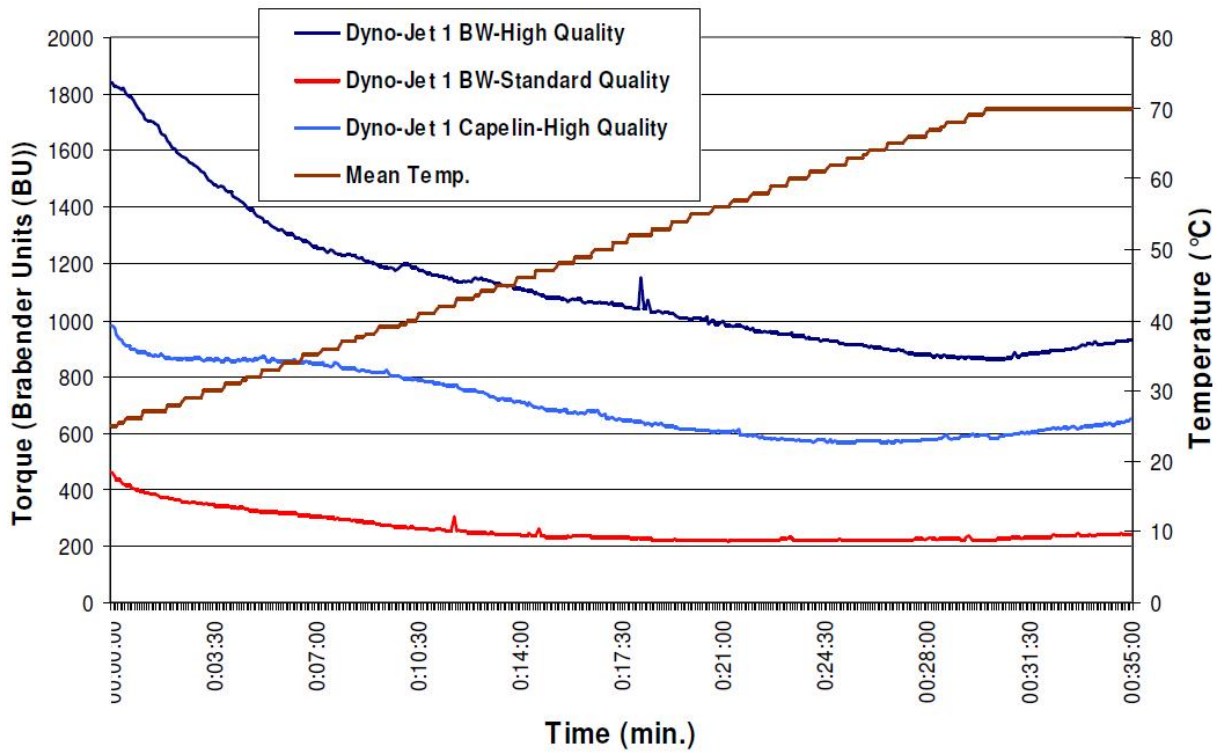
Til að reikna út orkukostnað er gert ráð fyrir að verksmiðjan keyri á fullum afköstum í 120 sólarhringa á ári. Orkan sem þarf í slíka vinnslu er um 13 MWh, og þarf af leiðandi er orkukostnaður um 45 milljónir kr. En hægt er að umreikna orkuverð fyrir svartolíu og fæst þá út að kostnaður verður um 110 milljónir kr. m.v. að nota svartolíu sem eldsneyti.

1.8 Samanburður á dvalartíma og mjölhita milli þurrkara

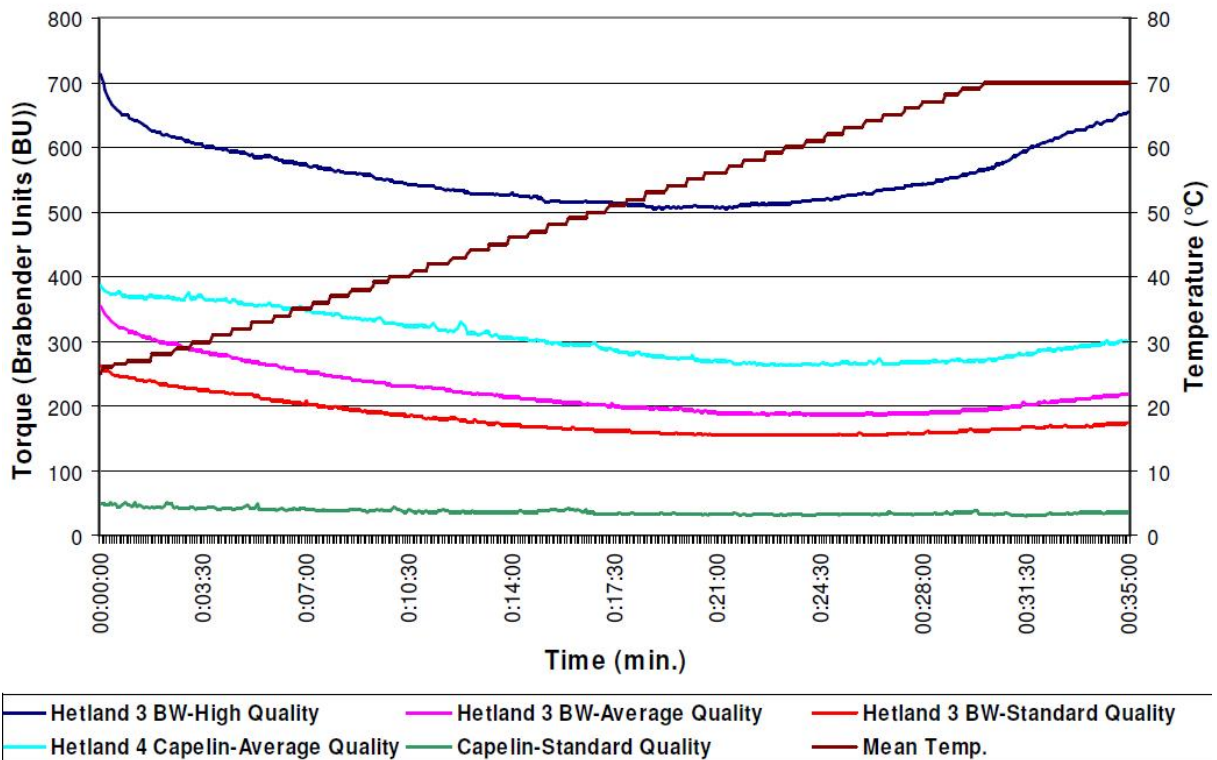
Tafla 3 : Samanburður á dvalartíma og mjölhita milli þurrkara (Gunnarsson, 2003).

	Gufuþurrkari	Hetland	Dyno- Jet
Dvalartími (min)	80	24	12
Mjölhiti (°C)	98	78	78

Dyno – Jet kemur mun betur út varðandi gæði á mjöli í samanburði við gufuþurrkara og Hetland. Þar sem mjölhitinn er lægri og þurrktími styttri, og þar af leiðandi skemmast próteinin minna. Þannig fást betri bindieiginleikar úr mjölinu með Dyno – Jet eins og sést á Mynd 10 og Mynd 11. (Gunnarsson, 2003) Á sömu myndum má greinilega sjá áhrif hráefnisgæða þar sem bindieiginleikar eru minni í lélegra hráefni. Einnig má sjá að kolmunni er með betri bindieiginleika en loðna, kolmunamjöl er mikið notað í álaeldi.



Mynd 10: Seigjumælingar fyrir Dyno-Jet (Gunnarsson, 2003).



Mynd 11: Seigjumælingar fyrir Hetland (Gunnarsson, 2003).

2 Niðurstöður og umræða

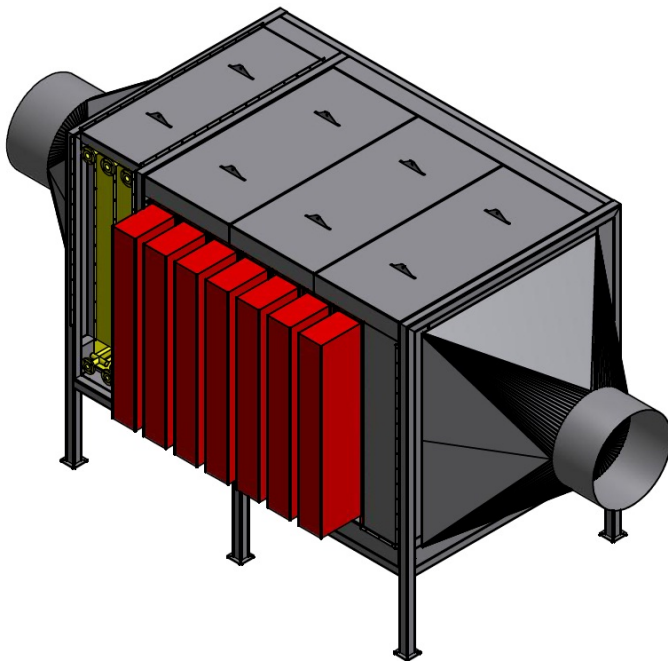
2.1 Frumhönnun á rafhitara fyrir Dyno – Jet 4,5

Fiskmjölsverksmiðju HB Granda Vopnafirði

Hönnun tækis sem hitar upp loft hljómar ekki svo flókin, venjuleg hárpurrka hitar upp loft. En þegar kafað er dýpra í hönnunarforsendur og hönnunarskilyrði kemur fljótt í ljós að málið er ekki svo einfalt. Þar sem um gífurlega mikið afl er að ræða, hitastig sem er mjög hátt og fleiri þætti sem koma við sögu þá vandast málið. Við hönnun var stuðst við útfærslur á tækjum úr fiskmjölsframleiðslu jafnt sem hefðbundnum lofthitunartækjum, bæði hvað tæringu og varmaflutning varðar.

2.1.1 Grunnhugmyndin

Er bygging kassa sem loftið flæðir í gegnum, kassinn er gerður úr svörtu smíðastáli og er einangraður með venjulegri steinull en innsta lagið er úr hitapolnu efni. Einangrunin er 20 cm þykk til að lágmarka varmatap úr kassanum. Fyrsta þrepið í hituninni er hitun með gufuelementi (gult Mynd 12), þar á eftir koma 7 búnt af rafelementum (rauð á Mynd 12), en hvert búnt inniheldur 200 rafelement. Einn helsti þáttur í hönnun á hitakassanum er sá, að hægt er að taka hitunareiningarnar auðveldlega úr til hreinsunar og viðhalds.



Mynd 12: Tölvuteiknuð mynd af hitakassanum.



Mynd 13: Hitakassinn í uppsetningu án rafelementa.

2.1.2 Efnisval

Mikilvægt er að vanda efnisval á rafskautum með tilliti til tæringar, þegar efni tærast þá eyðist upp ysta lag þess sem veldur því að efnið þynnist. Efnisval í gufuvarmaskiptinn er ryðfrítt stál bæði 304 og 316, ásamt áli sem notað er í ribbur vegna mikillar varmaleiðni áls. Öll þessi efni hafa mikið tæringar þol við hitastig af þessari stærðargráðu. Fyrir aftan gufuvarmaskiptinn eru rafskaut þar þar sem ysta lag þeirra er úr ryðfríu stáli 316L. Við herra hitastig eykst hættu á tæringu þar sem hvarfgirni málma við súrefni eykst (Roberge, 2000). Einnig eru ýmis efni í hringrásar loftinu sem geta valdið tæringu.

Tafla 4: Sýnir magn nokkurra efna í útblæstri af fiskmjölsþurrkun. mælingar gerðar í Krossanesi fyrir Rannsóknarstofnun fiskiðnaðarins 1998.

Efni	CO	H ₂ S	NO	SO ₂	NH ₃
Magn (ppm)	471	92	84	71	1106

Miðað við þessar tölur og upplýsingar um ryðfrítt sem notað er er ljóst að tæringarhætta er lítil. Út frá töflu má sjá að ryðfrítt stál hefur mikið tæringarþol gagnvart þessum efnum í því magni sem hér um ræðir (Roberge, 2000). Erfitt er að finna upplýsingar um tæringarþol á ryðfríu stáli við herra hitastig en 100 °C, en þar er tæringarþol mjög gott miðað við miklu meiri efnisstyrk efna en sjá má í Tafla 4.

Við efnisval á íhlutum var skoðaður varmaskiptir sem notaður var fyrir. Eftir áralanga notkun var ekki hægt að sjá mikla tæringu á honum, þrátt fyrir að vera smíðaður að öllu leiti úr svörtu stáli. Af þeim

varmaskipti að dæma virðist hringrásarloft ekki hafa mikil áhrif á tæringu málma við hitastig allt að 400 °C.

2.1.3 Skelmyndun á hitaelementum

Búast má við að agnir af fiskmjöli fylgi með í loftinu eftir að það hefur farið í gegnum þvottaturninn. Ekki er alveg vitað um efni í þurrkloftinu, en það kemur betur í ljós þegar vinnsla stöðvast og hægt verður að skoða varmaskiptinn sem nú þegar er til staðar.

Til að koma í veg fyrir skelmyndunina væri hægt að sleppa því að hringrása þurrkloftinu, en það myndi kalla á mjög mikla lofthreinsun við að hreinsa allt þurrkloftið. Auk þess væri auka fjárfesting í nýjum þvottaturnum og jafnvel í efnahreinsiturni til að koma í veg fyrir lyktarmengun, en lyktarmengun frá fiskmjölsverksmiðjunni er mjög lítil eins og er.

Þegar skelmyndun á sér stað þarf að hreinsa varmaskiptinn reglulega því afköst hans falla ólínulega með tíma. Ómögulegt er að segja til um hversu langur tími á að líða á milli þrifa, en það veltur á magni agna í lofti og heildarvarmaflutningsstuðli varmaskiptisins. Hægt verður að meta afköstin með hitanemum inni í varmaskiptinum og verða þrif ákveðin út frá mæligildum frá hitanemum. Alls verða settir upp 11 hitanemar, einn fyrir aftan hvert þrep í miðjum loftstraumnum. Einnig verða settir upp 4 nemar í hverju horni þverskurðar loftflæðisins, til að nema hvort flæði sé einsleitt í flæðisstefnu. Ásamt hitanemum verður settur upp loftþrýstifallsmælir til að átta sig betur á skelmyndun eða skemmdum á hitaflötum. Borin verða saman mæligildi úr þessum mælum við orkunotkun og þannig verður hægt að áætla nýtingu varmaskipta.

2.1.4 Hreinsun á elementum

Hægt er að taka elementi út úr kassanum til hreinsunar og viðhalds. Verður það gert með því að hífa þau með hlaupaketti (sjá Mynd 14) sem staðsettur fyrir ofan hitakassann. Gert er ráð fyrir að oftast þurfi að hreinsa gufuelementið, þar sem það er fremst og mestar líkur á að leifar af fiskmjöli séu í örfínnum vatnsdropum sem gufa upp þannig að agnirnar sitji eftir á hitaflötum. Þar sem lítið bil er á milli ál platna í gufuhitaranum, er hætta á að hluti hans stíflist sem myndi leiða af sér ójafna loftdreifingu. Einnig er hætta á að álplöturnar verði fyrir hnjaski (sjá Mynd 15) sem getur einnig truflað loftflæðið. Eins og sjá má á Mynd 15 eru komnar skemmdir á ribbum við uppsetningu, úr þessu þarf að bæta með því að byggja léttu grind utan um gufuelementið til að verja ribburnar.



Mynd 14: Hlaupaköttur notaður til að flytja element í og úr hitakassanum.



Mynd 15: Skemmdir á ribbum merktar með hvítum örvum.

2.2 Stýring á hitakassanum

Hitastýring á loftinu verður hálf sjálfvirk, hægt er að stýra loftmagni með stýrispjaldi og hitastig ræðst af loftmagni og afli á rafhitaranum. Stýringin sjálf er PD reglir á gufuloka sem stýrir þrýstingi á gufu inn á gufuelementið. Hægt er að stjórna hitastigi á gufuelementinu með góðri nákvæmni. Hitastýringin á rafelementunum er hins vegar ekki til staðar, þau eru annaðhvort af eða á. Rafelementunum er skipt upp í 14 hópa, þannig að stýringin er í 14 þrepum og ætti því að hlaupa á 10 – 15 °C hvert þrep, en það bil er hægt að fínstilla með minni breytingu á gufuelementinu. Til að fylgjast með virkni elementanna verður settur upp hitanemi fyrir aftan hvert element. Til að mæla réttan lofthita þarf að setja upp geislahlífar utan um mælana, til að varmageislun frá elementunum skekki ekki mæligildi nemanna (Pálsson H. , 2010).

2.3 Straumrof

Í hönnunarforsendum á hitakassanum er gert ráð fyrir því að rafmagn fari af verksmiðjunni skyndilega. Þegar slíkt gerist þá stöðvast allt í verksmiðjunni, þar sem engin varaafstöð er til staðar við verksmiðjuna. Hvað þurrkarann varðar stöðvast blásari sem flytur loftið í gegnum þurrkerfið, eftir að rafmagn fer af blásara líða einungis örfáar sekúndur þangað til að loftflæði inn í hitakassann stöðvast. Einnig stöðvast flæði á hráefni inn í þurrkarann og mótör sem snýr mjölinu inni í þurrkbelgnum stöðvast. Ásamt því fá rafskautin ekki orku, en þrátt fyrir það hitna þau lítillega vegna þess að þau fá ekki kælingu frá loftinu. Líta má á varmaskiptinn í heild sinni sem kerfi sem orku er dælt inn í, og loftið sem blásarinn blæs í gegnum hitakassann er í raun miðill sem miðlar orkunni á milli varmaskiptisins og óþurrkaðs fiskmjöls. Þannig má segja að loftstraumurinn kæli varmaskiptinn, þannig að ef loftstraumurinn er ekki lengur til staðar þá hitnar hitakassinn. Mikil hætta er á að rafskautin skemmist ef þau hitna mikið, þar sem styrkur þeirra fellur með hækkandi hitastigi (Pálsson G. , 2010). Þegar rafmagn fer af þá fá elementin ekki orku til að hitna sem og orkan flyst hægt frá þeim þar sem loftstraumur dettur út. Samkvæmt því ættu elementin ekki að hitna mikið sökum þess að hitinn í þeim er jafn, þ.e.a.s. efnisþykkt þeirra er ekki mikil. Meiri líkur eru á að gufuvarmaskiptirinn hitni því þar er mikill hitamunur á ribbum og rörum sem flytja gufuna. Þar gætu ribbur hitnað því þær eru kaldari en rörin þegar loftstraumurinn leikur um þær, en hitna þegar hann dettur út.

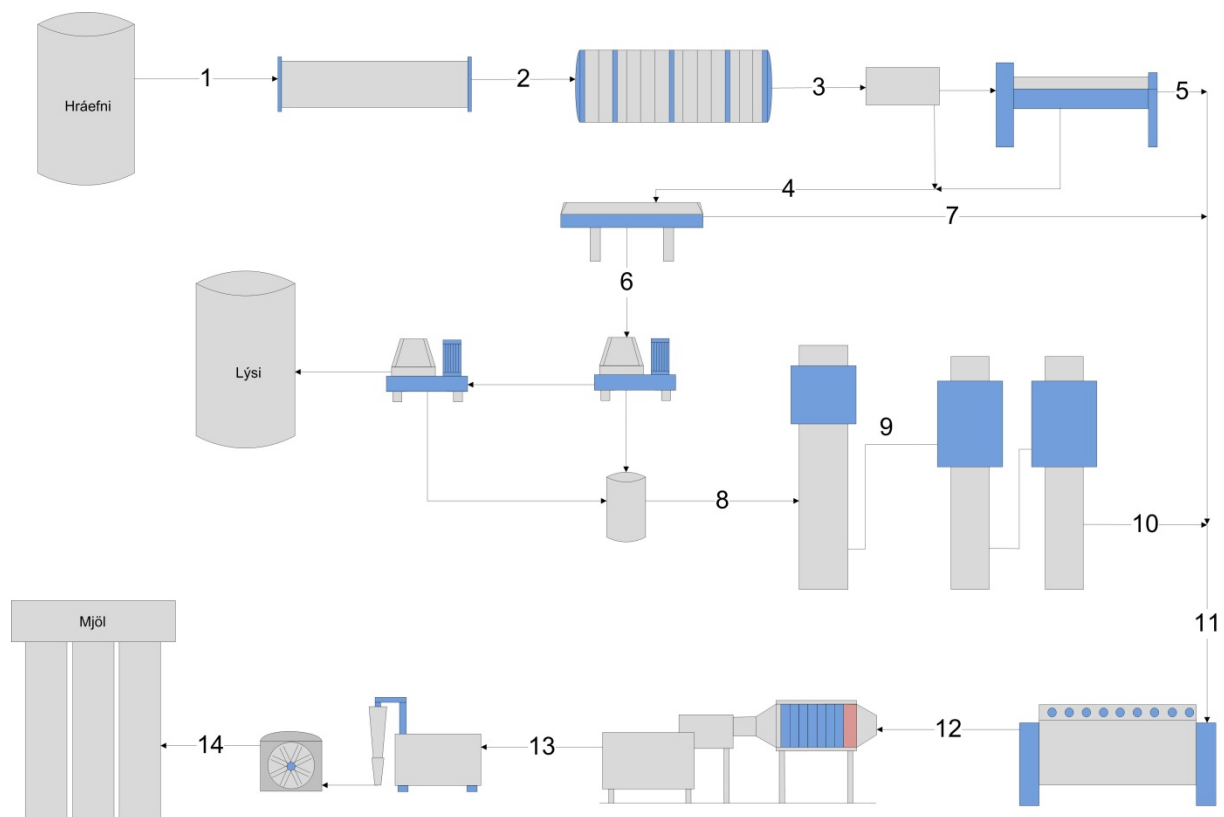
Til að koma í veg fyrir að gufuvarmaskiptirinn hitni er dælt inn á hann vatni úr kælikerfi þurrkarans, þar er til staðar vatnstankur þar sem ávalt er tiltækt vatn. Stjórnrofi mun stýra kælivatninu þar sem hann opnast þegar rafmagn fer af honum. Við að úða köldu vatni á gufuvarmaskiptinn myndast 100 °C heit gufa, en eðlismassi hennar er 0,5978 kg/m³ meðan eðlismassi á kælivatninu er nálægt 1000

kg/m³ (Geankoplis, 2003). Með því að sprauta inn 1 kg af kælivatni myndast 1,6 m³ af vatnsgufu, sem dreifist um hitakassann þannig að loftstraumur leikur um rafelementin þannig að þau ofhitni ekki.

2.4 Líkanagerð á ferlastýringu fiskmjöls, háþörkun á afköstum rafþurrkunar

Þurrkun á fiskmjöli er orkufrekasti hluti framleiðsluferilsins þar sem stærstur hluti orkunnar fer í þurrkun. Erfitt er að segja til um hve mikill hluti orkunnar fer í þurrkun, en það veltur á því hvaða tækjabúnaður er notaður. Ef notast er við eldri tækjabúnað eins og þriggja þrepa gufara og óbeinan loftþurrkara, má reikna með að allt að 70% orkunnar fari í þurrkun. Gert var líkan af massajafnvægi fiskmjölsframleiðslu fyrir fjögur mismunandi hráefni.

Til að áætla massastreymi í gegnum framleiðsluferlið þarf að velja mælipunkta þar sem hráefni er tekið og greint m.t.t. efnainnihalds, þannig er hægt að áætla strauma í framleiðsluferlinu. Mælipunkta má sjá á Mynd 16.



Mynd 16: Mælipunktar í verksmiðjunni.

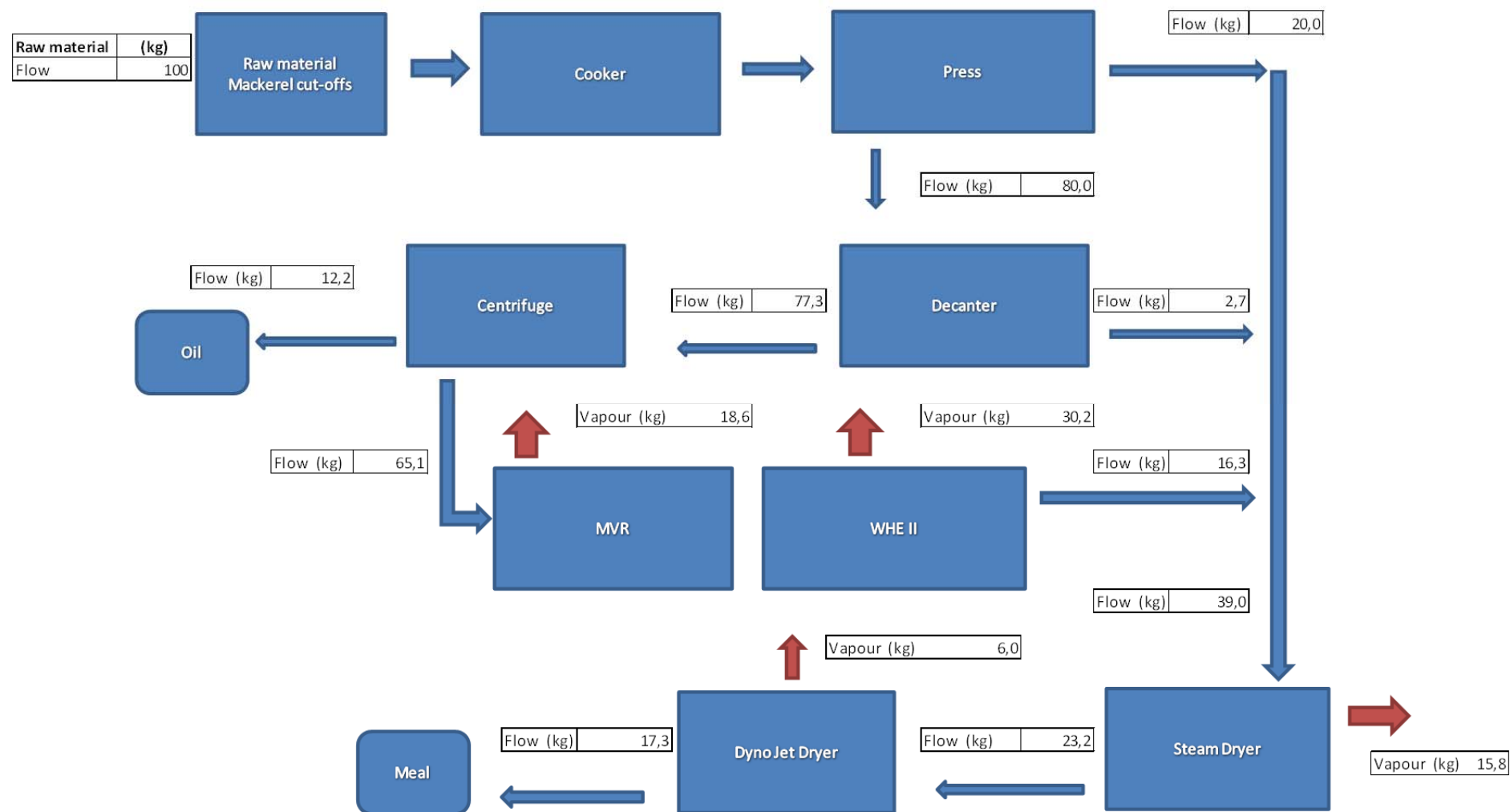
2.4.1 Massa- og orkujafnvægi

Framleiðsluferill á fiskmjöli er lokaður samfelldur ferill. Framleiðsla á mjöli og lýsi gengur út á að skilja að þrjá fasa hráefnisins, vatn, fitu og fitufrí þurrefni. Þar sem vatnið er fjarlægt í gufunartækjum og þurrkurum, meðan stærstur hluti af fitunni er skilin frá með skilvindum.

Ástæða þess að mjöl er þurrkað með tveim þurrkaðferðum, gufuþurrkun og loftþurrkun, er sú að nýta kosti hvernar aðferðar fyrir sig með því að forþurka í gufuþurrkanum fyrir framan loftþurrkarann. Þar sem gufuþurrkarinn vinnur vel þegar nægur raki er til staðar til að leiða varma í gegnum efnið, en hentar ekki eins vel í fullþurrkun þar sem hráefnið hitnar þegar vatnsinnihald minnkar með tilheyrandi skemmdum á eðlis- og efnaeiginleikum mjölsins. Þar kemur til sögunnar loftþurrkarinn sem vinnur vel á hálfþurrkuðu mjöli og í raun og veru er lítið hlutfall af uppgufuðu vatni í þurrkuninni gufað upp í loftþurrkanum.

Massavægi er hægt að sjá á Mynd 17, Mynd 18, Mynd 19 og Mynd 20.

2.4.1.1 Makrílhrat sumar 2011

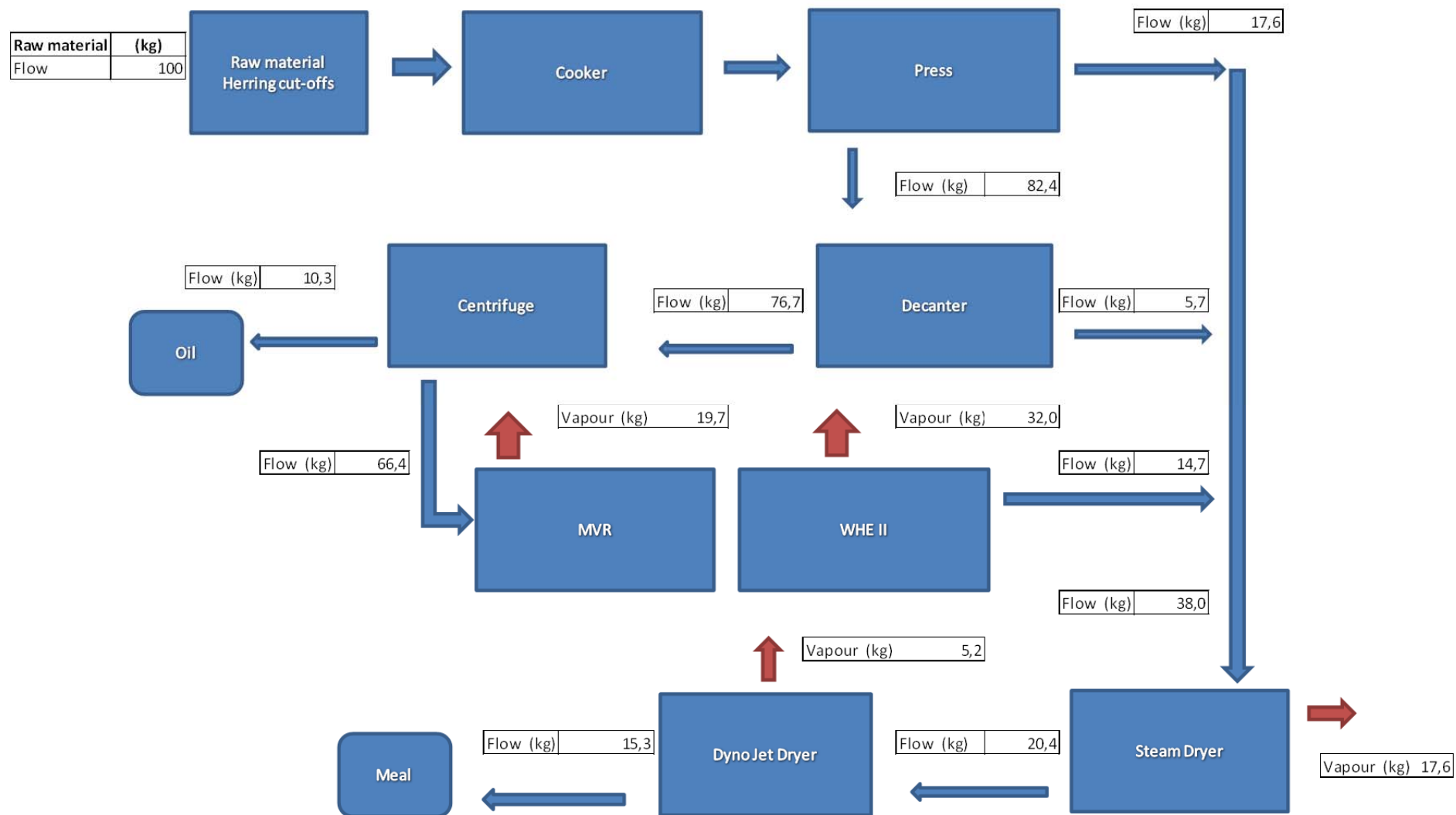


Mynd 17: Massastreymi makrílshrats í gegnum verksmiðju sumar 2011.

Tafla 5: Niðurstöður efnamælinga makrílhrats keyrslu.

		Mæling 1	Mæling 2	Mæling 3	Meðaltal
1	Hráefni	Vatn (%)	64,0		64,0
		Prótein (%)	13,3		13,3
		Salt (%)	0,7		0,7
		Fita (%)	19,5		19,5
		FFþe (%)	16,5		16,5
4	Pressuvökvi	Vatn (%)	77,5		77,5
		Fita (%)	15,5		15,5
		FFþe (%)	7		7,0
5	Pressukaka	Vatn (%)	43,2		43,2
		Fita (%)	2,2		2,2
		FFþe (%)	54,6		54,6
6	Soðlýsi	Vatn (%)	77,9		77,9
		Fita (%)	15,8		15,8
		FFþe (%)	6,3		6,3
7	Mjölvindu hrat	Vatn (%)	66,9		66,9
		Fita (%)	6,3		6,3
		FFþe (%)	26,8		26,8
8	Soð	Vatn (%)	93,3		93,3
		Fita (%)	0,7		0,7
		FFþe (%)	6		6,0
9	Soðkjarni MVR	Vatn (%)	90,4		90,4
		Fita (%)	1,2		1,2
		FFþe (%)	8,4		8,4
10	Soðkjarni MVR + WHE	Vatn (%)	73		73,0
		Fita (%)	3,1		3,1
		FFþe (%)	23,9		23,9
11	Að þurrkara	Vatn (%)	58,9		58,9
		Fita (%)	4,6		4,6
		FFþe (%)	36,5		36,5
12	Eftir Gufuþurrkara	Vatn (%)	31,3		31,3
		Fita (%)	7,4		7,4
		FFþe (%)	61,3		61,3
13	Eftir Dyno	Vatn (%)	7,8		7,8
14	Eftir kæli og kvörn	Vatn (%)	8		8,0
		Prótein (%)	66,7		66,7
		Salt (%)	6,7		6,7
		Fita (%)	9,6		9,6
		FFþe (%)	82,4		82,4

2.4.1.2 Síldarhrat sumar 2011

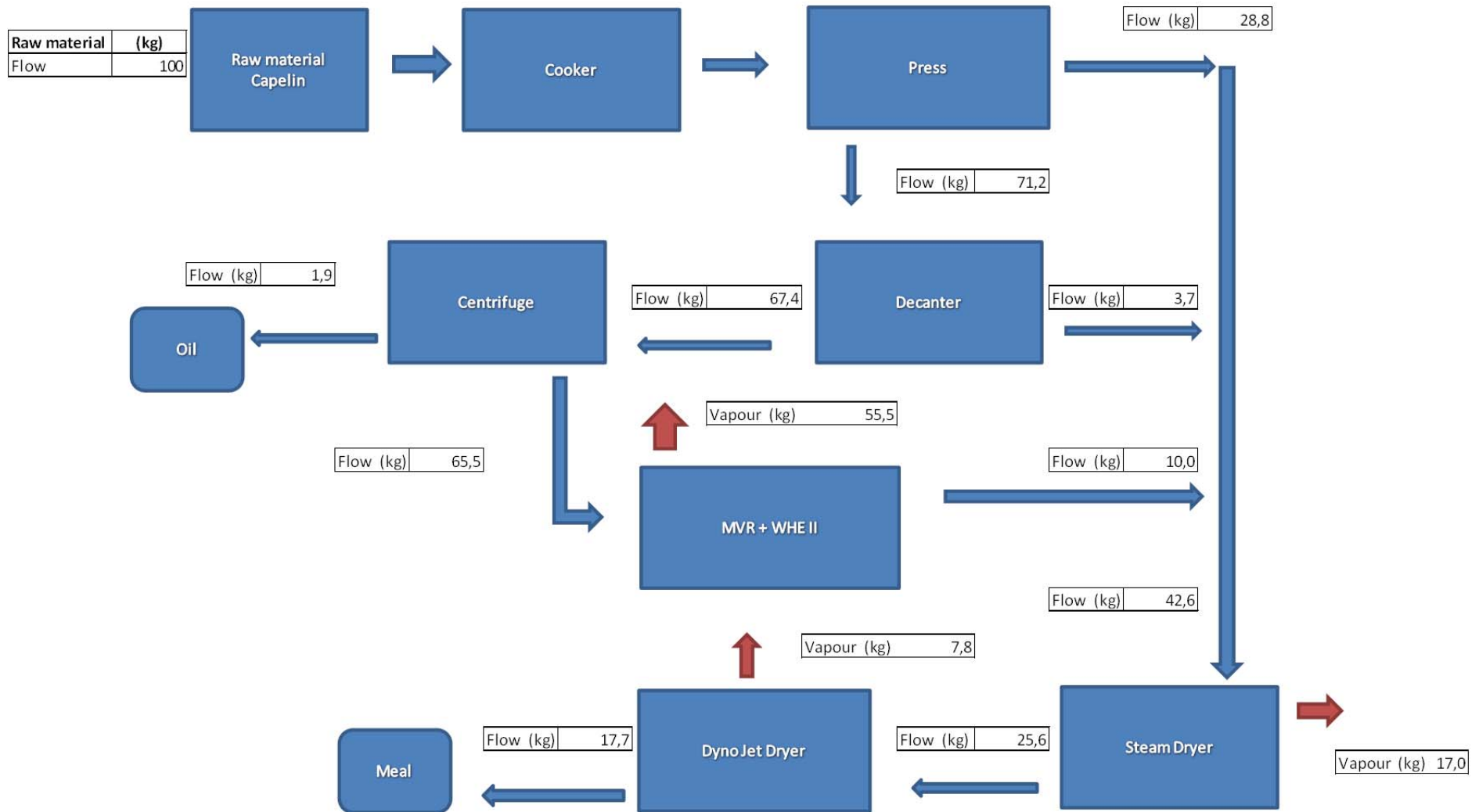


Mynd 18: Massastreymi síldarhrats í gegnum verksmiðju 2011.

Tafla 6: Niðurstöður efnamælinga síldarhrats keyrslu.

		Mæling 1	Mæling 2	Mæling 3	Meðaltal
1	Hráefni	Vatn (%)	70,1	72,4	71,3
		Prótein (%)	12,4	11,9	12,2
		Salt (%)	0,8	0,8	0,8
		Fita (%)	15,4	12,6	14,0
		FFþe (%)	14,5	15	14,8
4	Pressuvökvi	Vatn (%)	73,9	75,4	74,7
		Fita (%)	19,2	16,5	17,9
		FFþe (%)	6,9	8,1	7,5
5	Pressukaka	Vatn (%)	45,5	46,2	45,9
		Fita (%)	4,9	6,1	5,5
		FFþe (%)	49,6	47,7	48,7
6	Soðlýsi	Vatn (%)	81,5	80,5	81,0
		Fita (%)	13,1	13,7	13,4
		FFþe (%)	5,4	5,8	5,6
7	Mjölvindu hrat	Vatn (%)	61,2	63,2	62,2
		Fita (%)	5,1	4,2	4,7
		FFþe (%)	33,7	32,6	33,2
9	Soð	Vatn (%)	93,3	93,1	93,2
		Fita (%)	0,7	0,6	0,7
		FFþe (%)	6	6,3	6,2
10	Soðkjarni MVR	Vatn (%)	88,7	89	88,9
		Fita (%)	1,1	3,7	2,4
		FFþe (%)	10,2	7,3	8,8
11	Soðkjarni MVR + WHE	Vatn (%)	67,1	69,2	68,2
		Fita (%)	2,9	5,2	4,1
		FFþe (%)	30	25,6	27,8
12	Að þurrkara	Vatn (%)	61,9	59,3	60,6
		Fita (%)	4,3	6,9	5,6
		FFþe (%)	33,8	33,8	33,8
13	Eftir Gufuþurrkara	Vatn (%)	29,1		29,1
		Fita (%)	8,0		8,0
		FFþe (%)	62,9		62,9
14	Eftir Dyno	Vatn (%)	7,3		7,3
15	Eftir kæli og kvörn	Vatn (%)	7,6		7,6
		Prótein (%)	66,5		66,5
		Salt (%)	5,4		5,4
		Fita (%)	8,2		8,2
		FFþe (%)	84,2		84,2

2.4.1.3 Loðna mars 2011

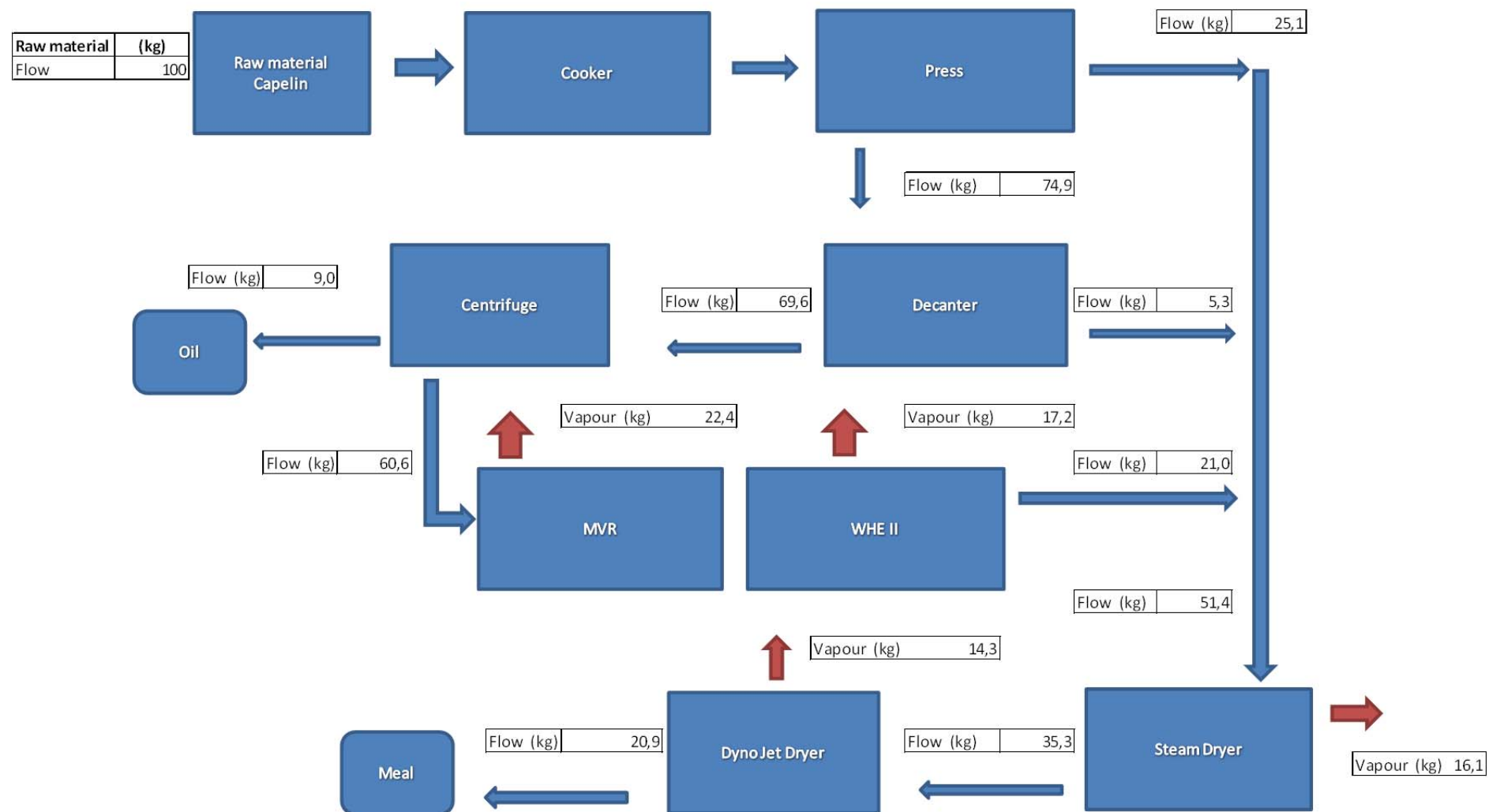


Mynd 19: Massastreymi loðnu í gegnum verksmiðju mars 2011.

Tafla 7: Niðurstöður efnamælinga loðnu keyrslu.

		Mæling A	Mæling B	Mæling C	Meðaltal	
1	Hráefni	Vatn (%)	79,4	77,4	78,1	78,4
		Prótein (%)	13,8	14,4	14,1	14,1
		Salt (%)	0,6	0,7	0,8	0,7
		Fita (%)	4,3	5,2	5,2	4,8
		FFþe (%)	16,3	17,4	16,7	16,9
3	Forsía	Vatn (%)	93,9	94,2		94,1
		Fita (%)	2,1	1,3		1,7
		FFþe (%)	4,0	4,5		4,3
4	Pressuvökvi	Vatn (%)	91,3	94,2	86,1	92,8
		Fita (%)	1,7	1	7,9	1,4
		FFþe (%)	7	4,8		5,9
5	Pressukaka	Vatn (%)	51,6	51,7	49,9	51,7
		Fita (%)	4,4	4,5	3,7	4,5
		FFþe (%)	44	43,8		43,9
6	Soðlýsi	Vatn (%)	92,7	93,2	92,4	93,0
		Fita (%)	3	2,6	3,5	2,8
		FFþe (%)	4,3	4,2	4,1	4,3
7	Mjölvindu hrat	Vatn (%)		59,8	61,8	59,8
		Fita (%)		4,6	3,8	4,6
		FFþe (%)		35,6	34,4	35,6
8	Soð	Vatn (%)	95,5	95,3	95,3	95,4
		Fita (%)	0,3	0,4	0,4	0,4
		FFþe (%)	4,2	4,3	4,3	4,3
9	Soðkjarni MVR+WHE	Vatn (%)	70,0			70,0
		Fita (%)	2,2			2,2
		FFþe (%)	27,8			27,8
10	Soðkjarni MVR + WHE	Vatn (%)	70,0			70,0
		Fita (%)	2,2			2,2
		FFþe (%)	27,8			27,8
11	Að þurrkara	Vatn (%)	65,2	58,4	66,8	61,8
		Fita (%)	2,1	3,8	2,3	3,0
		FFþe (%)	32,7	37,8	30,9	35,3
12	Eftir Gufuþurrkara	Vatn (%)	35,8			35,8
		Fita (%)	5,5			5,5
		FFþe (%)	58,7			58,7
13	Eftir Dyno	Vatn (%)	7,7			7,7
14	Eftir þurrkun	Vatn (%)	7,3			7,3
		Prótein (%)	69,0			69,0
		NH3 (%)				
		Fita (%)	8,0			8,0
		FFþe (%)	84,7			84,7

2.4.1.4 Loðna febrúar 2012



Mynd 20: Massastreymi loðnu í gegnum verksmiðju febrúar 2012.

Tafla 8: Niðurstöður efnamælinga loðnu keyrslu.

		Mæling 1	Mæling 2	Meðaltal	
1	Hráefni	Vatn (%)	72,7	73,2	73,0
		Prótein (%)	14,3	13,4	13,9
		Salt (%)	0,8	0,4	0,6
		Fita (%)	10,5	10,4	10,5
		FFþe (%)	16,8	16,4	16,6
3	Forsía	Vatn (%)	72,1	69,9	71,0
		Fita (%)	11,7	14,9	13,3
		FFþe (%)	16,2	15,2	15,7
4	Pressuvökvi	Vatn (%)	79,6	78,6	79,1
		Fita (%)	13,8	12,6	13,2
		FFþe (%)	6,6	8,8	7,7
5	Pressukaka	Vatn (%)	51,5	53,2	52,4
		Fita (%)	4,6	4,3	4,5
		FFþe (%)	43,9	42,5	43,2
6	Soðlýsi	Vatn (%)	81	80,9	81,0
		Fita (%)	13,6	12,4	13,0
		FFþe (%)	5,4	6,7	6,1
7	Mjölvindu hrat	Vatn (%)	63,5	70,2	66,9
		Fita (%)	3,8	4	3,9
		FFþe (%)	32,7	25,8	29,3
8	Soð	Vatn (%)	93,1	90,8	92,0
		Fita (%)	0,9	1,4	1,2
		FFþe (%)	6	7,8	6,9
9	Soðkjarni MVR	Vatn (%)	88,1	86,7	87,4
		Fita (%)	1,5	1,8	1,7
		FFþe (%)	10,4	11,5	11,0
10	Soðkjarni MVR + WHE	Vatn (%)	79,1	75,1	77,1
		Fita (%)	2,5	3,5	3,0
		FFþe (%)	18,4	21,4	19,9
11	Að þurrkara	Vatn (%)	61,8	65,2	63,5
		Fita (%)	3,8	4,2	4,0
		FFþe (%)	34,4	30,6	32,5
12	Eftir Gufuþurrkara	Vatn (%)	48,6	43,1	45,9
		Fita (%)	6	7,6	6,8
		FFþe (%)	45,4	49,3	47,4
13	Eftir Dyno	Vatn (%)	8,1	9,4	8,8
14	Eftir þurrkun	Vatn (%)	7,58	9,28	8,4
		Prótein (%)	70,22	69,46	69,8
		NH3 (%)	0,146	0,18	0,2
		Fita (%)	11,16	12,42	11,8
		FFþe (%)	81,26	78,3	79,8

2.4.1.5 Ályktanir af massastreymislíkönunum

Eins og sjá má á Mynd 17, Mynd 18, Mynd 19 og Mynd 20 er uppgufun í gufunartækjum (MVR og WHE II) og gufuþurrkara svipuð fyrir öll hráefnin, meðan uppgufun í Dyno-Jet loftþurrkara er allt að því tvöfalt meiri í febrúar loðnu árið 2012. Sú keyrsla var sú eina þar sem verksmiðjan var keyrð á fullum afköstum og þar af leiðandi var loftþurrkarinn keyrður á fullum afköstum. Þegar verksmiðjan er keyrð á minni afköstum er meiri hluti vökvans fjarlægður í gufuþurrkaranum, þar sem eimur frá honum er nýttur sem orka inn á gufunartæki (WHE II) og áfram á forsjóðara. Þannig að afköst gufunartækis (WHE II) og forsjóðara ráðast af uppgufun í gufuþurrkara. Þegar verksmiðjan er keyrð á litlum afköstum skapast sú hættu að mjölið verði þurrkað of mikið í gufuþurrkara og kemur það niður á mjölgæðum þar sem meltanleiki og bindieiginleikar mjölsins dvína eftir því sem mjöl er þurrkað meira í gufuþurrkara. Ekki þykir æskilegt að þurrka mjöl niður fyrir 40 % vatnsinnihald í gufuþurrkara ef framleiða á hágæða mjöl með góðum meltanleika, en eins og sjá má í Tafla 5, Tafla 6 og Tafla 7 er vatnsinnihald eftir gufuþurrkara fyrir neðan 40 %.

Ef hálfþurrkað mjölið fer of þurrt inn í loftþurrkarann þá flassar það ekki og fellur því á botn forþurrkarans í Dyno-Jet, hægt er að sjá þetta gerast með því að fylgjast með aflþörf mótors sem snýr vinkiljárnunum í forþurrkaranum (Starfsmenn í fiskmjölsverksmiðju HB Granda, 2010).

2.4.2 Stýring á þurrkferlinu

Gufuþurrkaranum er stýrt með gufuloka sem stjórnar þrýstingi og magni gufu sem fer inn á þurrkarann, og út frá þrýstingi og magni gufu ásamt hráefnis innmötun stjórnast vatnsinnihald mjöls sem fer úr þurrkaranum. Stýring á loftþurrkaranum virkar þannig að hitastigi er stýrt í tvennu lagi, annarsvegar með gufuloka á gufuelementi og hinsvegar með því að slá inn rafelementum sem skipt er upp í 14 hópa. Þannig er hægt að stýra nokkuð nákvæmlega því hitastigi sem fer inn í þurrkarann. Loftflæði er stýrt þannig að spjaldloka er fyrir framan blásara sem knýr loftið í gegnum allt þurrkferfið. Saman stjórna mjölflæði, hitastig og loftflæði endanlegu vatnsinnihaldi mjölsins. Ef svo illa vill til að mjöl komi of rakt úr þurrkun er það sett í gegnum eftirþurrkarann í loftþurrkuninni til að ná réttu vatnsinnihaldi.

2.4.3 Mælingar á vatnsinnihaldi í mjöli

Vatnsinnihald mjöls er mælt með því að taka mjölsýni og setja í rakamæli, slík mæling er nokkuð tímafrek þannig að eftir að sýni hefur verið tekið líður nokkur stund þar til að niðurstöður koma úr mælingunni. Er þetta til þess að mikil tímaseinkun er í stýringu á þurrkuninni, þannig að ef mjöl er of rakt eða þurrt þá er framleitt eins mjöl í allt að hálfu klukkustund áður en hægt er að breyta stýringu á þurrkurum.

Rauntímamæling á vatnsinnihaldi mjöls myndi gjörbreyta þessu þar sem öll stýring væri auðveldari og einfaldaði vinnu við stýringu á búnaði, þar sem starfsmaður þyrfti ekki að ná í sýni með reglulegu millibili. Einnig myndi slík rauntímamæling bjóða uppá alveg sjálfvirka stjórnun á þurrkerfi.

2.5 Uppsetning búnaðar og útfærsla á vinnslurás

Lokið var við uppsetningu á rafhitunarbúnaðinum í lok nóvember 2010, en vinna við uppsetningu hófst eftir að sumarvertíð lauk. Uppsetning á búnaðnum var í höndum starfsmanna Héðins hf. og undirverktaka. El-rún sá um uppsetningu á stýringum og nemum.



Mynd 21: Sýnir hitakassann í uppsetningu.

2.5.1 Prufukeyrslur á rafhitunarbúnaði

2.5.1.1 Fyrstu prufur á búnaði án hráefnis

Við fyrstu prófanir á rafhitaranum var ekki hægt að keyra upp á fullu afl þar sem titringur kom frá tengiskápum þegar mikið álag var sett á þá. Líklegasta ástæðan er sú að ekki hafi verið gengið fyllilega frá tengingum. Þar að auki var ekki hægt að keyra fullt afl þar sem hitastig í rykskiljum (e. cyclone) má ekki fara upp fyrir 100 °C.

Í fyrstu prófunum var líkt eftir straumrofi á verksmiðjunni, þar sem rafmagn var tekið af blásara og rafelementum. Kom þá í ljós að engin hættu er á ofhitnun á rafelementum, en í upphafi var talin hættu á ofhitnun áður en lagst var í útreikninga sem sýndu fram á að hættan væri ekki til staðar.

2.5.1.2 Fyrstu prófanir með hráefni

Þann 14. janúar 2011 fóru fram fyrstu prófanir á rafhitaranum þar sem hráefni var þurrkað í Dyno – Jet þurrkaranum, hráefni var vel kæld loðna og var mjölið frekar feitt þar sem erfitt er að pressa ferska loðnu. Við ræsingu var einungis hleypt gufu inn á gufuelementið og var þá hitastig á loftinu að forþurrkaranum í kringum 150 °C, ekki var kveikt á rafelementum fyrr en hálfþurrkað mjöl kom út úr gufuþurrkaranum. Rafelementin eru ekki nema tæpar 20 mínútur að ná fullu lokahitastigi á lofti að forþurrkara.

Ekki var byrjað á því að keyra á öllum rafelementum þar sem verksmiðjan fór af stað á annarri sjóðaralínunni, og því var hitastig að forþurrkara stillt í kringum 200 °C. Sú keyrsla gekk vel og í framhaldi af því var ákveðið að keyra verksmiðjuna á meiri afköstum eða 26m³/h sem eru 650 tonn af hráefni á sólarhring, en uppgefin hámarks afköst verksmiðjunnar eru 850 um t/24h. Til að ná slíkum afköstum þarf hitastig að forþurrkara að vera í kringum 300 °C, eftir smá tíma í keyrslu við það hitastig fór að bera á hitamyndun í tengingum á rafelementunum svo brugðið var á það ráð að setja upp tvo litla blásara til að kæla niður tengingar. Vildi þá ekki betur til en svo að líklegast hafa málmagnir borist með loftstaumnum og skammhleypt á milli tenginga á rafelementunum, með þeim afleiðingum að of mikill straumur fór á þau þannig að iðnstýringin sló út afli að búnti eitt. Virtist þá sem útslátturinn hafi ekki gengið sem skyldi þar sem höfuðsegulrofinn fyrir búnt eitt brann yfir. Til að hægt væri að lagfæra rofann og komast að tengingum þurfti að stöðva framleiðslu í verksmiðjunni.

Eftir að segulrofinn var lagfærður og iðnstýringunni breytt þannig að öryggis útsláttur myndi ekki hafa áhrif á segulrofana, ásamt því að tengingar voru hreinsaðar með lofti var keyrt upp að nýju. Uppkeyrslan var eins og í fyrsta skiptið þ.e. keyrt upp á annarri sjóðaralínunni og hinni bætt við þegar leið á. Mest var keyrt á 10 búntum af 14 og var þá lofthitinn að forþurrkara rúmar 300 °C.

2.5.2 Gufuelement

Miklar vangaveitur voru um það hversu fljótt gufuelementið myndi fyllast af mjölögnum, ákveðið var að setja upp loftþrýstifallsmæli til að fylgjast með útfellingum á elementinu. Þegar útfelling verður á álplötunum þá minnkar bilið á milli þeirra þannig að þrýstifallið eykst. Samkvæmt upplýsingum frá framleiðanda á þrýstifallið að vera 25 mm H₂O, en það samræmist mælingum sem gerðar voru áður en framleiðsla fór af stað.



Mynd 22: Sýnir gufuelementið fyrir fyrstu notkun.

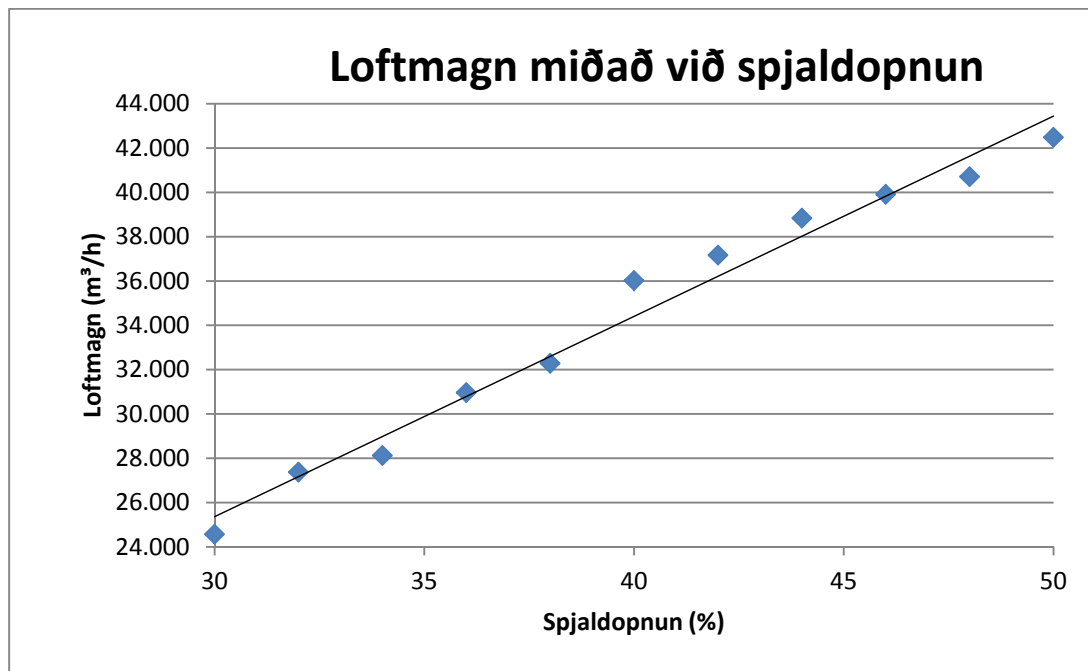


Mynd 23: Sýnir gufuelementið eftir þurrkun á 500 tonnum af hráefni.

2.6 Loftflæðismælingar

Mælt var loftflæði í gegnum þurrkarann með rafhitunarbúnaði ásamt þrýstifall yfir olúhitarann. Loftflæði var metið út frá lofthraðamælingum á lofti milli blásara og rafhitunarkassa. Notaður var

lofthraðamælir í eigu Héðins hf. og til að reikna út loftflæði voru notuð gildi fyrir hitastig og spjaldopnun úr stýrikerfi verksmiðjunnar. Gerð var ein mæling fyrir spjaldopnun frá 30% og á tveggja prósentu stiga bili að 50% spjaldopnun sem er hámarks opnun. Niðurstöður úr loftflæðismælingu má sjá á Mynd 24.



Mynd 24: Sýnir niðurstöður loftmælinga á rafhitaranum, full opnun er 50%.

Mældist hámarks loftflæði í gegnum rafhitarann um þriðjungji meira en uppgafið var fyrir olúhitarann, en aukið loftflæði er vegna þess að þrýstifall yfir rafhitunarbúnaðinn er mun minna heldur en fyrir olúhitarann.

Einnig var gerð mæling á þrýstifalli yfir olíuhitarann. Þær mælingar sýndu að þrýstifall yfir olíuhitarann er mun meira en yfir rafhitarann og þar með eykst loftflæðið.



Mynd 25: Mælingar á þrýstifalli yfir olíuhitarann.

Mælt þrýstifall yfir olíuhitarann var tæpir 40 mm vatnssúlu miðað við 41% spjaldopnun sem er um þriðjungi meira þrýstifall en í rafhitaranum við sambærilega spjaldopnun.

3 Ályktanir

Búnaðurinn var fyrst tekinn í notkun í byrjun árs 2011 og hefur verið í fullri notkun síðan og hefur hann reynst mjög vel. Fyrir utan rekstrarkostnað sem er töluvert lægri en með hefðbundinni olúkyndingu, eru fleiri þættir sem koma betur út s.s. orkunýting, stýring, þrif og umsjón við rafhitarann eru auðveldari samanborið við olúhitarann.

Til staðfestingar á árangri verkefnisins má nefna að tvær fiskmjölsverksmiðjur eru nú að taka í notkun rafhitunarbúnað, verksmiðja Eskju í Eskifirði og verksmiðja Síldarvinnslunnar í Neskaupsstað.

Aðal markmið verkefnisins var að nýta rafmagn til að hita loft fyrir þurrkun á fiskmjöli. Að verkefni loknu má með sannni segja að aðalmarkmið þess hafi náðst og gott betur, þar sem rafhitunarbúnaðurinn kemur enn betur út en lagt var upp með í upphafi og kemur þar helst á óvart orkunýting. Þar sem varmi tapast ekki út um skorstein og styttri tíma tekur að hita upp rafhitunarbúnaðinn sparast umtalsverð orka, auk þess sem hún er innlend og endurnýtanleg. Með frekari innleiðingu rafhitunarbúnaðar í íslenskar fiskmjölsverksmiðjur væri mögulegt að ná því markmiði sjávarútvegsins að nýta eingöngu innlenda orku við framleiðslu fiskmjöls, draga verulega úr innflutningi á olíu til landvinnslu og draga töluvert úr myndun sótspors.

Helstu niðurstöður massastreymislíkana sem gerð voru fyrir mismunandi hráefni eru að uppgufun í gufunartækjum (MVR og WHE II) og gufuþurrkara er svipuð fyrir öll hráefnin, meðan uppgufun í Dyno-Jet loftþurrkara er allt að því tvöfalt meiri í febrúar loðnu árið 2012. Sú keyrsla var sú eina þar sem verksmiðjan var keyrð á fullum afköstum og þar af leiðandi var loftþurrkarinn keyrður á fullum afköstum. Þegar verksmiðjan er keyrð á minni afköstum er meiri hluti vökvans fjarlægður í gufuþurrkaranum, þar sem eimur frá honum er nýttur sem orka inn á gufunartæki (WHE II) og áfram á forsjóðara. Þannig að afköst gufunartækis (WHE II) og forsjóðara ráðast af uppgufun í gufuþurrkara.

4 Heimildaskrá

Starfsmenn í fiskmjölsverksmiðju HB Granda. (29. Júní 2010). Vopnafjörður.

Arason, S. (2009).

Arason, S. (2010). Reykjavík.

Arason, S., & Jónasson, B. (2009). *Nýting íslenskra orkugjafa í fiskimjölsiðnaði*. Reykjavík: Matís, Háskólinn í Reykjavík.

Geankoplis, C. J. (2003). *Transport processes and separation process principles*. New Jersey: Prentice Hall.

Gíslason, M. V. (2009). *Forathugun á notkun rafhitara í stað olíuhitara við fiskimjölsþurrkun*. Reykjavík: Háskóli Íslands.

Gunnarsson, J. R. (2003). *The Functional Properties of Fishmeal*. Reykjavík.

Holman, J. (2002). *Heat Transfer*. New York: Mc Graw Hill.

Jónsson, Þ. (1981). *Rafþurrkun á fiskimjöli*. Reykjavík: Vélaverkfræði Háskóli Íslands.

Orkustofnun. (08. 11 2012). *Eldsneyti*. Sótt frá Mengun:
<http://www.os.is/eldsneyti/tolfraedi/mengun/>

Pálsson, G. (2010). Hafnafjörður.

Pálsson, H. (2010). Reykjavík.

Roberge, P. R. (2000). *Handbook of Corrosion Engineering*. New York: McGraw-Hill.

Umhverfisstofnun. (Grænt bókhald 2010). Sótt 20. 9 2010 frá www.ust.is

Umhverfisstofnun. (12. 11 2012). *Loftslagsbreytingar*. Sótt frá Losun Íslands:
<http://www.ust.is/einstaklingar/loftslagsbreytingar/losun-islands/>