

RAUNSÖKNASTOFNUN
FISKIÐNADARINS

10. RIT

REYKJAVÍK JÚNÍ 1986

ORKUNOTKUN Í FISKIMJÖLSIÐNAÐI

HANNES ÁRNASON, vélaverkfræðingur
SIGURJÓN ARASON, efnaverkfræðingur
VALDIMAR K. JÓNSSON, prófessor

RANNSÖKNASTOFNUN
FISKIÐNÁÐARINS

10. RIT

REYKJAVIK JÚNÍ 1986

ORRUKUN

I

FISKIMJÓLSIÐNÁÐI

HANNES ARNASON, vélaverkfræðingur
SIGURJÓN ARASON, efnaverkfræðingur
VALDIMAR K. JÓNSSON, prófessor

Skýrsla þessi byggir að mestu leyti á lokaverkefni í vélaverkfræði 1985 við Háskóla Íslands, ORKUNOTKUN Í FISKIMJÖLSIÐNAÐI. Skýrslan var unnin af Hannesi Árnasyni hjá Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins (Rf) undir handleiðslu þeirra Sigrjóns Arasonar deildarverkfræðings hjá Rf og Valdimars K. Jónssonar prófessors við Háskóla Íslands.

FORMÁLI

Áhugi manna stjórnast af því hvernig málin ganga í það og það skiptið. Þetta á vel við um framkvæmdir í íslenskum fiskimjölsiðnaði. Þar hafa skiptst á skin og skúrir. Blómatími var þegar síldin óð í torfum um allan sjó og síldarbræðslur bræddu af kappi, síldin hvarf síðan og eftir stóðu verksmiðjurnar verkefnislausar. Efir nokkur mögur ár tók loðnan við en hún þoldi ekki frekar en síldin gengdarlausa ofveiði og hvarf næstum í nokkur ár (1981-'84) en virðist vera að ná sér á strik aftur.

Þegar þessi þróun er skoðuð er ekki nema von að menn hafi haldið að sér höndunum með að fjárfesta í nýjum búnaði og tækjum en standa flestir uppi með verksmiðju sem er með slitnum tækjum og orkufrekum búnaði. Ofaná ótrygga hráefnisöflun veiðist loðnan ekki nema í nokkar vikur á hverju svæði svo að verksmiðjurnar hafa komið sér upp hráefnisþróum til að lengja vinnslutíman upp í tvo til þrjá mánuði. Það er svo annað mál hversu góðar afurðir er hægt að framleiða þegar hráefnið er orðið þetta gamalt.

Þessi skýrsla fjallar um hvað helst er til ráða fyrir íslenskann fiskimjölsiðnað og innlegg í þá umræðu sem fram hefur farið hin síðari ár. Fiskimjölsiðnaðurinn hefur verið gagnrýndur fyrir lélega orkunýtingu og slæma hráefnismeðferð auk þess að menga allt sitt nánasta umhverfi.

Skoðaðir eru þeir möguleikar sem fyrir hendi eru og hagkvæmni og forsendur þess að fara út í breytingar á tækjum og búnaði verksmiðjunnar. Athugað er hagkvæmni þess að nota aðra orkugjafa en olíu: brenna kolum, nota jarðgufu eða rafmagn. Einnig hvort hagkvæmt sé að framleiða rafmagn með gufuhverfli, það er að yfirhita gufu sem síðan færi inní verksmiðjuna eftir að hafa farið í gegnum mótþrýstigufuhverfill.

Niðurstöður skýrslunnar eru byggðar á áætlunartölum, þær eru hugsaðar sem viðmiðun til að gefa hugmynd um kostnað við þessar fjárfestingar.

Það er von okkar að þessi skýrsla nýtist til leiðbeininga um hvað beri að skoða og hvaða aðgerðir séu vænlegastar til árangurs.

ÁGRIP

Í skýrslu þessari er skoðað það orkuverð sem íslenskar fiskimjölsverksmiðjur þurfa að greiða og gerður samanburður á verði mismunandi orkugjafa. Tekin er fyrir orkunotkun í hefðbundinni verksmiðju og notkuninni skipt niður á vinnslueiningar. Einnig er fjallað um hugsanlegar útfærslur til orkusparnaðar, með nýjum tækjum sem geta endurnýtt varma sem annars færi til spillis, glatvarma (waste heat). Skoðað er hvað má leggja út í miklar fjárfestingar út frá orkusparnaði miðað við ákveðna ávöxtunarkröfu og áætlað mótttekið hráefnismagn.

Stíllt er upp í lokin kostnaði fyrir verksmiðju sem hefur keypt fullkomnin tæki og arðsemi hennar metin. Einnig var athugað hvort hagkvæmt sé að nota kol, jarðgufu eða rafmagn í stað olíu, og framleiða rafmagn með gufuhverfli.

Helstu niðurstöður eru þær að hagstæðast er að nota jarðgufu sé hún fáanleg, en annars kol í stað olíu ef olíuverð hækkar aftur í svipað verð og það var fyrir lökkun. Brennsla á kolum í stað olíu borgar sig þótt kaupa þurfi nýjan ketil sem kynntur er með kolum. Endurgreiðslutími fjárfestingar er 1-3 ár (eftir svartolíuverði) en athuga þarf betur kostnað við fluting og birgðahald á kolunum. Búnaður til nýtingar glatvarma borgar sig á 4 - 8 árum (eftir hvaða svartolíuverði er miðað við). Hagkvæmt væri að framleiða rafmagn með gufuhverfli og nota þannig gufuna áður en hún færi inn í verksmiðjuna. Skipta á yfir í óbeina hitun (gufuþurrkun) á mjöli, samfara því sem keyptur er nýr ketill sem getur notað bæði kol og olíu. Óbein hitun við þurrkun á mjöli gerir mögulegt að endurnýta stóran hluta orkunnar en það er síðan forsenda þess að fiskimjöl verði samkeppnishæft við annað fóður, svo sem fyrir fiskeldi og loðdýrarækt, í náinni framtíð.

Nýr búnaður, lagnir og tæki þurfa að vera úr ryðfríu stáli til að hægt sé að vinna í þeim meltufóður í framtíðinni og lengja þannig árlegan vinnslutíma verksmiðjunnar. Setja upp hráefnistanka og sýruverja hráefnið og lengja þannig vinnslutímamann.

ORÐASKÝRINGAR

Skoða má það sem hér er sagt, sem viðleitni til að staðla á íslensku nokkur heiti á tækjum og aðferðum úr ensku. Einnig til að skýra orð sem notuð eru í verkefninu þar sem mörg orð yfir sömu hlutina eru í notkun hér á landi:

1.AFGAS FRÁ ÞURRKARA : DRYER EXHAUST

* átt við blöndu af lofti og vatnsgufu frá þurrkara frekar en gastegundir sem myndast við bruna (reykur)

2.SOÐGUFUN : STICKWATER EVAPORATION

* (SOÐEIMING):nota orðið gufun frekar en eiming þar sem verið er að láta vatn gufa upp úr föstú efni en ekki að aðskilja tvo vökva..

3.GLATVARMÍ : WASTE HEAT**4.GLATGUFARI : WASTE HEAT EVAPORATOR**

* soðgufari sem notar glatvarma

5.EIMSVALI : CONDENSER**6.HVELLSUÐA : FLASH****7.EIMUR : STICK WATERVAPOUR**

* Vatnsgufa úr efni

TÁKNALISTI

HEITI:	TÁKN	EININGAR
Orka á hráefnistonn	Q/M	(MJ/hráefnistonn)
Hlutfall hráefnis í gegnum hverja vinnslueiningu	m/M	(kg/hráefnistonn)
Hlutfall milli gufu og heildar hráefnismagns	mg/M	(kg/hráefnistonn)
Afl	P	(KW)
Rakainnihald lofts eða afgass frá þurrkara	X	(kg vatnsgufa/ kg þurrt loft)
Þurrstig gufu	x	(kg vatnsgufu/ kg vatn+gufa)
Rakastig	R	(%)
Hiti	T	(°C)
Hitamunur	ΔT	(°C)
Eðlisvarmi	c	(kJ/kg ⁰ C)
Varmainnihald (enthalpy)	h	(kJ/kg)
Varmi vatns	h_f	- " -
Varmi mettaðrar vatnsgufu	h_g	- " -
Uppgufunarvarmi	h_{fg}	- " -
Óreiða (entropy)	s	(kJ/kg K)
Óreiða vatns	s_f	- " -
Óreiða vatnsgufu	s_g	- " -
Óreiða uppgufunar	s_{fg}	- " -
Árleg jöfnuð afborgun og vextir	A	(\$/hráefnistonn)
Fjárfestingarupphæð	F	(\$/hráefnistonn)
Capital Recovery Factor	CRF	
Vextir	i	(% / ári)
Endurgreiðslutími fjárfestingar	n	(ár)

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR.....	1
2. ORKUVERÐ.....	2
2.1 Verðlag á kolum.....	3
2.2 Rafmagnsverð.....	4
2.3 Verð á jarðgufu.....	4
2.4 Samanburður á verði orkugjafa.....	5
3. UPPSTILLING Á ORKUNOTKUN Í HEFÐBUNDINNI VERKSMIÐJU	
3.1 Lýsing á efnisflæði í gegnum verksmiðju.....	7
3.2 Soðgufunartæki.....	8
3.3 Almenn t um þurrkun.....	9
3.3.1 Eldþurrkun.....	10
3.3.2 Óbein hitun (Gufuþurrkun).....	11
3.4 Orkuþörf hverrar vinnslueiningar.....	12
3.4.1 Varmþörf við upphitun og suðu.....	13
3.4.2 Varmgjöf við þéttingu gufu.....	13
3.4.3 Nokkrar niðurstöður á orkuútreikningum.....	13
4. ORKUSPARNAÐUR	
4.1 Gufuketill.....	16
4.2 Orkusparnaður með einangrun.....	18
4.3. Nýting glatvarma.....	18
4.3.1 Glatvarmi frá þurrkara.....	19
4.3.1.1 Útreikningar fyrir nýtingu glatvarma úr afgangi.....	20
4.3.1.2 Aðferðir til nýtingar glatvarma frá þurrkara.....	23
4.3.2 Glatvarmi frá soðgufara.....	23
4.4 Tæki sem geta notað glatvarma.....	24
4.4.1 Efnisforhitari.....	24
4.4.2 Tæki til glatgufunar.....	25
4.4.2.1 Hvellsuðugufun (Flash Evaporators).....	25
4.4.2.2 Gufun með fallandi filmuþéttingu.....	25
4.4.2.3 Soðgufunartæki með gufuþjöppu.....	26
4.5 Samantekt á sparnaði með nýtingu glatvarma.....	27

5. ARÐSEMISÚTREIKNINGAR.....	28
5.1 Arðsemi orkusparandi búnaðar.....	30
5.2 Verð á gufukötlum.....	31
5.3 Rafmagnsframleiðsla með gufuhverfli.....	33
5.4 Stofnkostnaður fullkomnasta búnaðar fyrir verksmiðju.....	35
6. NIÐURSTÖÐUR.....	38
7. LOKAORÐ.....	40

HEIMILDASKRÁ.....	41

1. INNGANGUR

Flestar voru íslensku fiskimjölsverksmiðjurnar byggðar á síldarárunum (1950-1965). Á þeim árum var orðið orkusparnaður nær óþekkt hugtak og olíuverð lágt, miðað við það sem það er í dag. Þær eru því flestar orðnar úr sér gengnar og þarfnast mikillar endurnýjunar, ótrygg hráefnisöflun hefur líka alltaf verið vandamál. Með þessum sveiflum í hráefnismagni og breytilegt verð á afurðum og orku er erfitt að gera arðsemisútreikninga, sem geta staðist.

Mikilvægt er hvernig staðið verði að ákvörðunum um það hvað skuli gert og hvernig þær skuli framkvæmdar, þ.e.a.s. hvað á að kaupa og hvað endurnýjunin á að taka langan tíma.

Ef skoðuð er þróun mála hjá Íslendingum, Dönum og Norðmönnum í sambandi við afköst í verksmiðjum þeirra á sólarhring fæst:

Heildarfjöldi verksmiðja í rekstri og meðalafköst þeirra.

TAFLA 1.

	FJÖLDI VERKSMIÐJA		1984	
	1970	1984	MEDALAFKÖST tonn/sólarhr.	HEILDARAFKÖST tonn/sólarhr.
Ísland	54	24	560	13.500
Noregur	74	32	640	20.600
Danmörk	15	9	1780	16.000

Til samanburðar var meðalorkunotkun

* OLÍUNOTKUN (KG OLÍU/HRÁEFNISTONN)

TAFLA 2.

	1979	1981	1982	1984
Ísland	63	--	--	--
Noregur	--	52	44	--
Danmörk	55	57,6	49,6	--

* RAFMAGNSNOTKUN (KWST/HRÁEFNISTONN)

TAFLA 3.

	1979	1981	1982	1984
Ísland	--	--	40*	--
Noregur	--	--	--	--
Danmörk	--	36,7	37,7	--

* viðmiðunin sem notuð er til grundvallar við verðlagningu á hráefni (loðnu) til bræðslu.

Þess ber að geta að ekki hefur farið fram opinber úttekt á rafmagnsnotkun íslenskra verksmiðja en ætla má að hún sé lægri en hjá þeim dönsku. Dönsku verksmiðjurnar eru nær eingöngu með gufupurrkun á mjöli og annan búnað, sem notar mikið rafmagn.

2. ORKUVERÐ

Samkvæmt upplýsingum sem fengust hjá einni fiskimjölsverksmiðju fyrir árið 1984 var skipting orkukostnaðar þannig olíukostnaður var um 14% og rafmagnskostnaður um 6% eða orka var samtals um 20% af tekjum hennar. Þessi staðreynd sýnir að vert er að leita leiða til sparnaðar og/eða nota ódýrari orkugjafa.

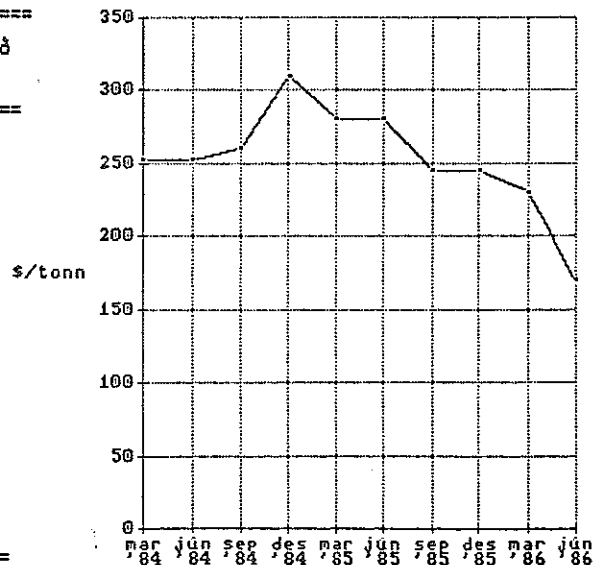
Það er aðeins ein verksmiðja á öllu landinu sem notar jarðgufu sem aðalorkugjafa, allar hinar nota eingöngu svartolíu.

Verð fyrir Svartolíu til fiskimjölsverksmiðja er svo kallað leiðsluverð. Leiðsluverð er verð þegar afgreitt er beint af birgðatank til seljanda.

Tafla 4. Útsöluverð á Svartolíu

	meðalgengi kr/\$	Leiðsluverð kr/tonn	Útsöluverð \$/tonn
1984			
20 mars	28,90	7300	252
20 júlí	30,40	8100	266
24 okt	33,50	10400	310
1985			
21 feb	42,15	11800	280
20 júlí	41,40	10100	245
1 nóv	*	10600	256
1986			
1 feb.	*	9600	230
18 mars	*	8700	210
13 maí	*	7000	170

* Nær óbreytt gengi bandaríkjadollars



Það er samt rétt að benda á að heimsmarkaðsverð á olíu hefur lækkað mikið á nokkrum undanförunum mánuðum. Ekki er séð fyrir endan á þeirri lækkun en telja má að olíuverð eigi eftir að hækka aftur en nær ómögulegt er að segja til um hve hátt verðið verði eða hvenær það hækki.

Í útreikningum er notað svartolíuverð 200-300\$/tonn

Upplýsingar um álagningu á svartolíu fengust hjá Verðlagsstofnun. Það er föst álagning, óháð innkaupsverði og skiptist eftirfarandi. (10. júní 1986)

Tafla 5.

SVARTOLÍJA

CIF verð :	5152,86 kr/tonn	73,6%
Dreifingarkostnaður :	1097,14 kr/tonn	15,7%
Verðjöfnunargjald :	750,00 kr/tonn	10,7%
<hr/>		
Samtals:	7000,00 kr/tonn	100 %

2.1 Verðlag á kolum

Fyrir nokkrum árum ('83) skipti Sementsverksmiðjan á Akranesi úr svartolíu yfir í kol. Flytur hún sjálf inn kolin í samvinnu við Járnbendisverksmiðjuna á Grundartanga. Kolin eru frá Bretlandi og hafa að jafnaði orkugildi um 6300 kcal/kg kol og þarf því um 50% meira magn af kolum en nota þurfti af olíu til að framleiða sömu orku. Verð á kolum fer ekki eftir ákv. skráðu heimsmarkaðsverði heldur er það ákveðið í kaupsamningi sem gildir til nokkurra ára. Með hagstæðum samningum og að hluta til hárrar stöðu dollarans miðað við sterlingspund hefur orkueining í kolum verið hlutfallslega ódýr miðað við olíu undanfarin tvö ár. Verð á kolum komið til Akraness var um 45 \$/tonn í feb '85 (skv. upplýsingum frá Sementsverksmiðjunni) samsvaraði það 68 \$/tonn olíuígildi. Á sama tíma var útsöluverð 280 \$/tonn. Verð á kolum 1983 - 1985 er sýnt hérna á eftir.

Tafla 6.

	FOBverð \$/tonn	Flutningskostn. \$/tonn	Samtals \$/tonn kol
- júní 1983	45	-	45
- nóv 1983	37	10	47
- nóv 1984	35	9	44
- júní 1985	46	8	54

Ástæða þessarar hækkunar 1984-1985 er sú að gerður var nýr kaupsamningur.

Það ber að athuga að kostnaður við flutning og birgðahald á kolum ræðst mikið af í hvaða formi þau eru: kolasalli er með sjálfsíkveikjuhættu en kolahræra (coal-sludge) ekki og er auk þess dælanleg. Það er sennilega heppilegast og ódýrast ef notuð væri kolahræra þar sem ekki þyrfti þá að koma upp miklum og dýrum búnaði fyrir kol.

2.2 Rafmagnsverð

Ef reiknað er út meðalgjald á kWst miðað við mismunandi notkunartíma fæst út tafla 7, orkugjald er óbreytt.

Rafmagnsverð samkvæmt eftirfarandi töflu er eftir taxta B.1 hjá Rafmagnsveitu Ríkisins útgefinn maí 86.(14)

TAFLA 7. Rafmagnsverð eftir árlegum notkunartíma

vinnslutími	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mán	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
vikur	9	13	17	22	26	30	35	39	44	48	52
sólarhr.	61	91	122	152	183	213	244	274	305	335	365
klst.	1462	2192	2923	3654	4385	5116	5846	6577	7308	8039	8760
Aflgjald kr/kwst.	4,15	2,77	2,08	1,66	1,38	1,19	1,04	0,92	0,83	0,76	0,69
Orkugjald kr/kwst	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
samtals kr/kwst.	5,50	4,12	3,43	3,01	2,73	2,54	2,39	2,27	2,18	2,11	2,04
Orkuverð mills/kwst.*	133	99	83	73	66	61	58	55	53	51	49
Verð/orkuein \$/GJ**	37,0	27,5	23,1	20,3	18,3	17,0	16,1	15,3	14,7	14,2	13,6

*(1\$=41,4 iskr.) **(1 GJ=278 kWst)

Raforkuverð sem verksmiðjan greiðir er því aðallega háð árlegum vinnslutíma þar sem verksmiðjan hefur stóran afltopp í tiltölulega skamman tíma.

2.3 Verð á jarðgufu

Jarðgufa er einn ódýrasti orkugjafi sem við Íslendingar eigum kost á að nota. Hún er þó aðeins „ódýr“ ef verksmiðjan er skammt frá sjálfri holunni, en getur þá kostað um 10% af olíuverði. Reikna má með að verð á jarðgufu sé á bilinu 20-40% af verði gufu framleiddri með olíu. Mismunurinn er hins vegar fljóttur að hverfa ef flytja þarf jarðgufuna langa vegalengd, verð jarðgufu hefur nær tvöfaldast þegar hún hefur verið flutt 10 km. leið. Það verður því varla talið hagkvæmt að flytja hana mikið lengri vegalengd en 20 - 30 km. Verð á jarðgufu þarf að vera 1 - 2 \$/tonn við holu, samkvæmt athugun sem gerð var hjá

Orkustofnun, (11), verðið er háð kostnaði við sjálfa holuna, árlegum nýtingartíma og fleiri þáttum.

Orkuverð, verð á orkueiningu, ræðst síðan af þessu verði og hvað er hægt að nýta stórann hluta varmans úr gufunni.

Það eru nokkrir staðir hér á landi sem jarðgufa (háhitasvæði) er til staðar nálægt sjó, það er á Reykjanesi og við Húsavík. Einnig hafa nýlegar rannsóknir bent til þess að það sé töluverðan jarðhita að finna í Öxarfirði. Eina verksmiðjan sem notar jarðvarma á Íslandi er staðsett á Reykjanesi.

2.4 Samanburður á verði orkugjafa

Til að hægt sé að bera saman orkuverð mismunandi orkugjafa verða þeir verðlagðir á sama grunni og miðað við að nota þá í upphaflegri mynd.

Þessi samanburður gildir ekki ef nota á orkugjafana til að framleiða rafmagn, þar má raforkan vera um þrisvar til fjórum sinnum dýrari en sama orka úr olíu eða kolum, miðað við töp við framleiðslu rafmagns.

Miðað við verðlag í maí 1986 fæst (1\$ = 41 kr.)

$$1 \text{ GJ} = 10^9 \text{ J}$$

Verð einstakra orkugjafa á orkueiningu.

1) Verð á kolum er:

45-55\$/tonn* miðað við orkugildi 6300 kcal/kg.

$$V_k = (45-55\$/1000\text{kg}) / (4,2 * 6300 \text{ KJ/kg}) * 10 \text{ GJ/kJ} = 2,0 - 2,4\$/\text{GJ}$$

* þetta er það verð sem Sementsverksmiðjan greiðir, samkvæmt kafla 2.1

2) Verð á olíu er um 200-300\$/tonn til verksmiðju miðað við orkugildi 9600 kcal/kg

$$V_o = (200-300\$/1000\text{kg}) / (4,2 * 9600 \text{ KJ/kg}) * 10 \text{ GJ/kJ} = 5-7,5 \$/\text{GJ}$$

3) Verð á rafmagni, háð vinnslutíma á ári, er um 50-130 mills/kwh ,samkvæmt töflu nr.7

$$V_r = (50-130\text{mills/kwh}) * (278\text{kwh/GJ}) * (0.001\$/\text{mills}) = 14-36 \$/\text{GJ}$$

4) Verð á hagstæðri jarðgufu við holu er um 20-40 prósent af olíuverði, samkvæmt kafla 2.3

$$V_j = (7,5\$/\text{GJ}) * 20-40\% = 1,6-3,2 \$/\text{GJ}$$

Ef verð einstakra orkugjafa er lagt til grundvallar fæst hlutfall á verði þeirra innbyrðis. Hér er miðað við nýtni raf- og olíukatla um 90% og kolakatla um 80% við framleiðslu á gufu á meðan jarðhiti hefur 100% nýtni.

kol(80%)	olía(90%)	rafmagn(90%)	jarðgufa(100%)
2,5-3	5,6-8,3	15,6-40	1,6-3,2 \$/GJ

Tafla 8 sýnir hlutfall milli orkugjafa til framleiðslu á gufu ef nýtni þeirra er tekin með.

TAFLA 8.

miðað við:	kol	olíu	rafmagn
Jarðgufa (100%)	0,5- 1,1	0,2- 0,4	- 0,1
Kol (80%)	0,8- 1,0	0,3- 0,4	0,1- 0,1
Olía (90%)	1,9- 2,8	0,7- 1,0	0,1- 0,2
Rafmagn (90%)	5,2-13,3	1,9- 4,8	0,4- 1,0

Sam dæmi má nefna að ef verksmiðja sem í dag er keyrð á olíu væri keyrð á:

- a) jarðgufu: orkukostnaður um 20-40% af núverandi orkukostnaði með olíu.
- b) kolum : orkukostnaður um 30-40% - " - - " -
- c) rafmagni: orkukostnaður um 190-480% - " - - " -

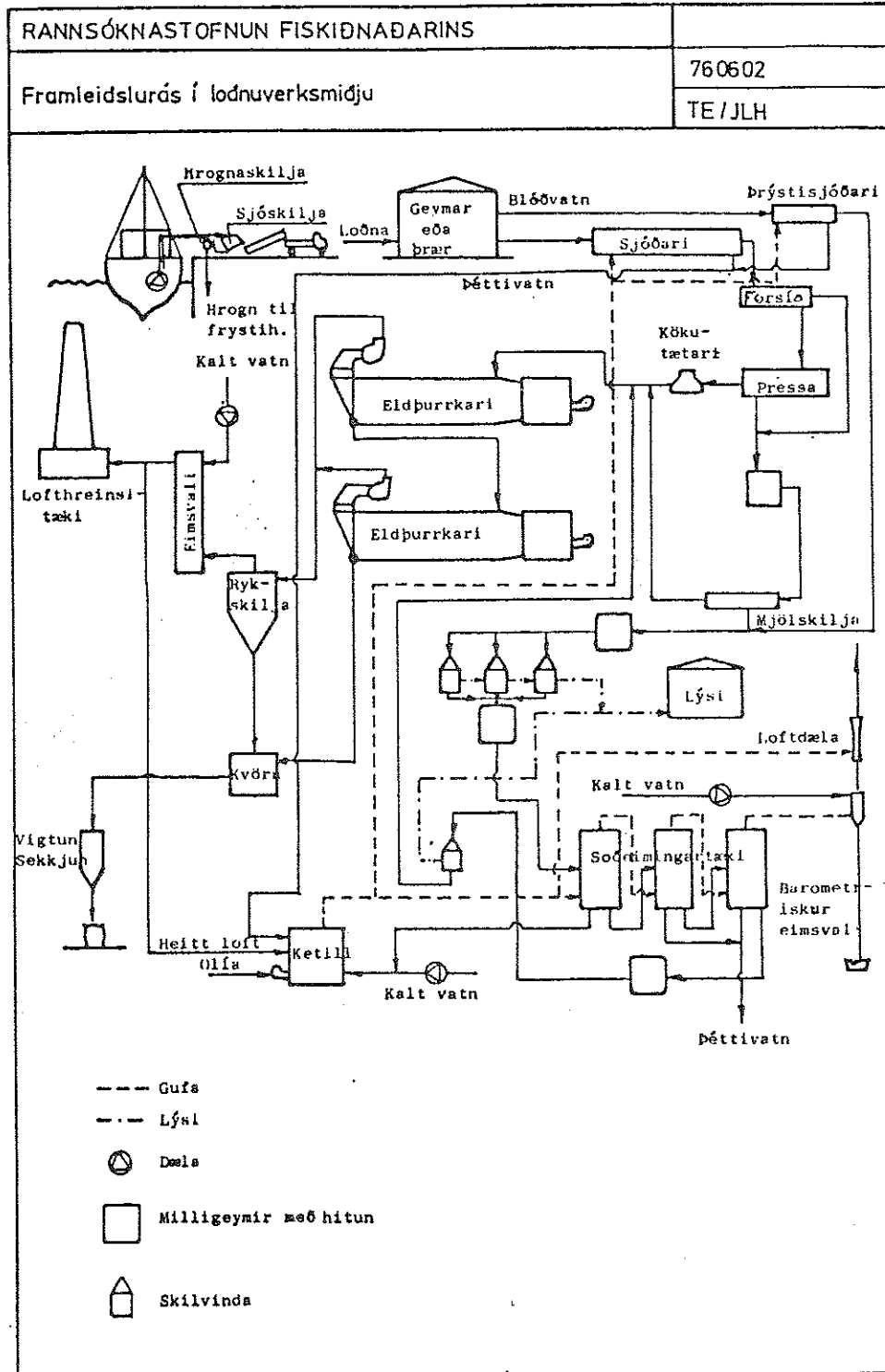
Eins og áður segir er hér aðeins miðað við verð er orkugjafinn sé notaður til beinnar þurkunnar eða framleiðslu á gufu. Stofnkostnaður á kötlum og öðrum búnaði er ekki tekin með í þessum verðsamanburði.

Ekki þarf ketill ef notuð er jarðgufa en þörf er á öðrum búnaði sem er mikið ódýrari. (gufuskiljur, afloftari ofl.)

3. UPPSTILLING Á ORKUNOTKUN Í HEFÐBUNDINNI VERKSMÍÐJU

3.1 Lýsing á efnisflæði í gegnum verksmíðju

MYND 1: Dæmi um uppröðun á tækjum og efnisflæði



3.2 Soðgufunartæki

Soðgufunartækin ganga undir mörgum nöfnum svo sem soðkjarnatæki, soðeimingatæki eða bara eimingatæki. Það verður hins vegar að teljast eðlilegra að nota orðasambandið gufun frekar en eiming þar sem vatnið gufar upp úr efninu en við eimingu er verið að aðskilja tvo vökvafasa.

Eftir að pressuvökvinn hefur farið í gegnum grófskiljun og lýsisskiljun er hann nefndur soð. Æskilegt er að fá sem mest af vatninu sem er í upphaflega hráefninu með soðinu svo hægt sé að láta það gufa upp í soðgufunartækjunum. Þriggja þrepa soðgufunartæki nota um þriðjung af orkúnni til að gufa burt vatnið miðað við að fjarlægja það í þurrkara.

Orkunotkun soðgufunartækja eftir fjölda þrepa:

- tveggjaþrepa tæki þarf um 0,6 kg gufu/kg eim
- þriggjaþrepa tæki þarf um 0,44 kg gufu/kg eim
- fjöggraþrepa tæki þarf um 0,34 kg gufu/kg eim
- Gufuþurrkari þarf hinsvegar um 1,20 kg gufu/kg eim

Þessar tölur breytast aðeins eftir því hvernig þrepum tækjanna er raðað upp, það er að segja leið hráefnisins í gegnum þau.

Þriggjaþrepa tæki með rísandi filmuþéttingu eru algengust. Þessi gerð tækja byggir á um fjörutíu ára gamalli hönnun og vinna í meginatriðum þannig að soðið kemur inn að neðan og leitar upp, eftir því sem það hitnar (náttúruleg hringrás). Þegar hitinn er orðinn hærri en uppgufunar hiti vatns (háð þrýsitingi) byrjar vatnið að gufa upp en önnur efni (fita og þurrefni) sitja eftir. Vatnsgufan (eimurinn) sem myndast, er fjarlægð í skilju og keyrð inn á næsta þrep, sem upphitunarmiðill, eða þétt í eimsvala. Varminn til upphitunar er fenginn með því að þétta gufu, aflguflu, á fyrsta þrepi og eim á næstu þrepum, í röravarmaskipti. Varmaskiptirinn er inni í lóðréttum sívalning en við hann er tengt safnker sem skilur burt eiminn. Til að auka afköst tækjanna er oft sett upp dæling á hráefni.

Þrýstingurinn sem er í tækjunum ræður vinnuhitastigi þeirra en þörf er á undirþrýstingi til að keyra á hitastigi lægra en 100°C. Með samtengingu á tækjunum er hægt að fá út betri nýtingu á orku sbr. tölurnar hér að framan. Tækin fá inn á fyrsta þrep aflguflu við 3-4 bar abs. Eimurinn sem kemur frá

hráefninu (+ viðbótargufa) fer inn á annað þrep til upphitunar o.s.frv. Hreina þéttivatnið frá fyrsta þrepi er nýtt annarsstaðar. Eimurinn af síðasta þrepi tækjanna er síðan þéttur í eimsvala. Ef gufað er með undirþrýstingi þarf barometrískan eimsvala sem getur haldið undirþrýstingi á tækjunum.

Það sem takmarkar hvað hægt er að fjarlægja mikið af vatninu úr soðkjarnanum (hámarks þurrefnis %) er hreinlega seigja kjarnans. Þegar þurrefnið er komið í um 30% af þyngd hans er það orðið að þykk fljóttandi leðju sem erfitt er að dæla og sest á hitafleti tækjanna. Reglulega þarf því að stoppa og hreinsa þau með sóða (NaOH) blöndu.

Hægt er að komast herra í þurrefni (60% skv. framleiðendum) soðkjarna með því að setja í soðið ensím. Ensímín eru efnahvatar og flýta fyrir niðurbroti á efnatengjum í eggjahvítu, þetta hefur þau áhrif að seigja soðkjarnans minnkar. Með því að nota ensím er hægt að gufa burt stærri hluta af vatninu úr soðinu, sem annars hefði þurft að fjarlægja í þurrkaranum og nota til þess þriðjungi minni orku.

3.3 Almennt um þurrkun

Þurrkun er eins og soðgufunin framkvæmd til að fjarlægja vatn úr hráefninu. Til einföldunar má segja að það sé þáttur í viðleitni til að minnka vatnsvirkni í mjölinu. Vatnsvirkni er hlutþrýsingur vatns í mjöli á móti uppgufunarþrýstingi vatns við sama hitastig og notað sem mælikvarði á hvaða örverur geta þrífist í mjölinu og hvaða efnahvörf verða í því. Þetta hefur því úrslitaáhrif á hvað mjölið geymist lengi. Samkvæmt þessu sést að með því að hafa sem hraðasta og mesta þurrkun ætti að fást lægst vatnsvirkni. Þetta er ekki svona einfalt því hátt hitastig skemmir eggjahvítu (prótein) samböndin í mjölinu. Til að framleiða sem besta afurð er því æskilegt að hafa hráefnið sem styst við hátt hitastig. Venjulega er talað um hámarks efnishita í þurrkun um 80-90°C. Sem einföldun má því segja að þetta séu þeir þættir sem taka verður tillit til við þurrkun á hráefni.

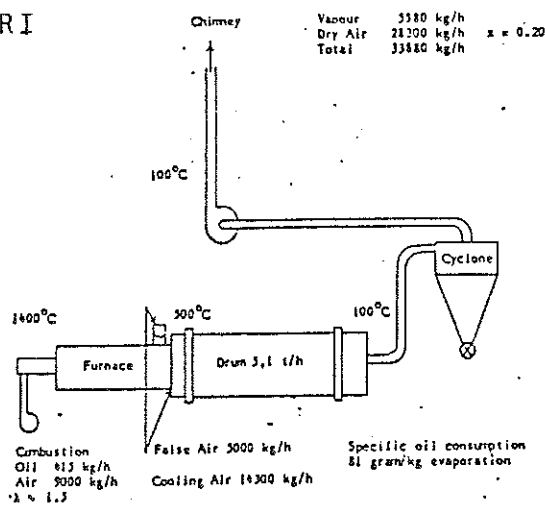
Þurrkun er skipt í beina og óbeina hitun.

3.3.1 Eldþurrkun (bein hitun)

Eldþurrkun byggist á um sextíu ára gamalli útfærslu og var aðalgerð þurrkara um langt skeið.

Eldþurrkari byggir á því að eldslogi sem þarf ákv. loft til sín (fræðilegur bruni: 14 kg loft/kg olíu) hitar loftið í um 1900°C. Síðan er blandað inn viðbótarlofti þrisvar til fjórum sinnum því loftmagni sem þarf til brunans og lækkar þá hitastigið niður í um 500-700°C. Þetta er hitastigið á loftstraumnum þegar hann fer inn í sjálfan þurrkarann. Inn í þurrkarannum sáldrast hráefnið og kemst þá í beina snertingu við þennan heita loftstraum. Loftstraumurinn flytur mjölið út eftir þurrkarannum jafnframt því sem hann fjarlægir raka úr hráefninu. Oft koma fram vandamál þegar blautum soðkjarna er blandað saman við niðurtætta pressuköku og vilja myndast kögglar sem loka inni í sér raka. Þetta vandamál er oftast leyst með því að framkvæma þurrkunina í tveimur þrepum.

MYND 2. ELDBURRKARI



Eins og sjá má af myndinni er eldþurrkarinn einfaldur í uppbyggingu en hefur samt sem áður nokkra ókosti.

- Hann er erfiður í stýringu (ójöfn þurrkun)
- Ýmis snefilefni koma í mjölið (þ.e. SO_2 , NO_2 , NO_3)
- Varmanýting er slæm
- Loftmagn er mikið
- Erfitt að nýta varmann úr afgasinu þar sem raka-innihald þess er lágt
- Erfitt að hreinsa afgasið
- Algengt að mjöltöp séu um 2%
- Notar olíu sem orkugjafa og erfitt að breyta því.

Ef litið er á orkunýtingu þurrkarans þá segir Geir Þ. Zöega í grein sinni Orkunýting þurrkara..., (7). að algeng

varmanýting þurrkara sé um 60-70% en með góðri hökkun á pressuköku og hámarksfyllingu þurrkara er hún um 80%. Einnig telur hann að orkuþörf sé háð:

- Hitastigi loftsins inni í þurrkaranum
- Hitastigi afgassins út úr þurrkaranum (100-125°C)
- Minna háð einangrun hans og hitastigi hráefnis út og inn

Mikið hefur verið skrifað um eldþurrkara á undanförunum árum og verður því ekki farið nánar út í þá hér, nokkrar tilvísanir á frekari heimildir um það efni (7) og (12).

Gróflega má segja að orkuþörf eldþurrkara sé miðuð við efnishitastig í þurrkun ca. 90°C, uppgufunarvarma vatns $h_{fg} = 2280$ kJ/kg, nýtni þurrkara 65% og orkugildi olíu 40 MJ/kg 0,085 kg olíu/kg eim skv. eftirfarandi:

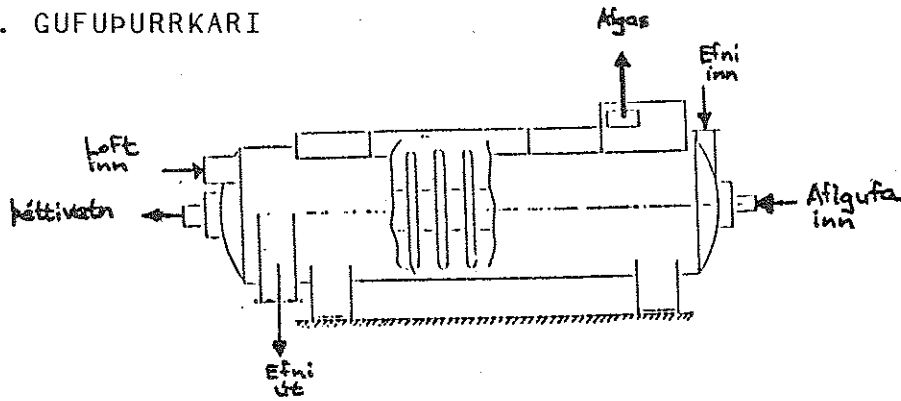
$$\begin{aligned} \text{Orkunotkun} &= h_{fg} / (\text{nýtni þurrkara} * \text{orkugildi olíu}) \\ &= 2280 / (0,65 * 40.000) \\ &= 0,085 \text{ kg olíu/kg eim} \end{aligned}$$

3.3.2 Óbein hitun (Gufuþurrkun)

Til að losna við snefilefni sem koma í mjölið við beina hitun (eldþurrkun) hefur verið farin sú leið að nota óbeina hitun. Megingerð slíkra þurrkara er gufuþurrkarinn, en einnig eru til aðrar gerðir sem nota heitt loft sem hitað er upp með varmaskipti. Helsti galli óbeinnar hitunar er almennt talinn lægri nýtni en í eldþurrkun.

Gufuþurrkarinn notar, eins og sjóðarinn, varmann sem losnar við þéttingu vatnsgufu (6 bar abs.). Lágmarks loftstraum þarf til að flytja burt rakann úr hráefninu en notar minna loftmagn en eldþurrkarinn. Það gerir hann aftur álitlegri til nýtingar á varma úr afgasi þurrkarans. Algengt X-gildi gufuþurrkara er 1 - 1,6 (kg eimur/kg þurrt loft). Til að gufuþurrkari geti notað lítið loftstreymi er skilyrði að hann sé úr ryðfríu stáli. Gufuþurrkaranum má lýsa sem láréttum sívalning á fastri undirstöðu og hann er yfirleitt með hitaflatina á snúningsás (sem er snigill, diskar eða vafningar). Aflgufan er leidd eftir snúningsásnum út í hitaflatina en þéttivatninu safnað saman og leitt burt.

MYND 3. GUFUPURRKARI



Nokkrir kostir gufupurrkunar (óbeinnar hitunar)

- Betra mjöl, minna af ýmsum snefilefnum
- Auðveldari stýring á þurrkuninni (m.v. eldþurrkun)
- Mjöltöp um 0,05% í stað 2%
- Auðvelt að hreinsa afgasið
- Auðvelt að nýta varmann úr afgasi þurrkarans (hátt X-gildi: kg vatn/kg þurrt loft)
- Auðvelt að nýta þéttivatnið frá þurrkaranum

Orkunotkun gufupurrkara er um 1,20 kg aflgufa/kg eim fyrir Rotadisc-þurrkara frá Atlas. Orkubörf gufupurrkara verður því, ef notuð er aflgufa sem er 6 bar abs. ($h_g = 2756$ kJ/kg, $h_{fg} = 2085$ kJ/kg), ketilnýtni 80% og orkugildi olíu 40 MJ/kg: 0,103 kg olía/kg eim en 0,092 kg olía/kg eim mv. 90% ketilnýtni.

$$\begin{aligned} \text{orkunotkun} &= h_{fg} * \text{hlutfall} / (\text{nýtni ketils} * \text{orkugildi}) \\ &= 2756 * 1,20 / (0,8 * 40.000) \\ &= 0,103 \text{ kg olíu/kg eim} \\ &= (0,092 \text{ kg olíu/kg eim mv. 90\% nýtni ketils}) \end{aligned}$$

Ef hinsvegar er tekinn með endurnýting á þéttivatni fæst.

$$\begin{aligned} \text{orkunotkun} &= 2085 * 1,20 / (0,8 * 40.000) \\ &= 0,078 \text{ kg olíu/kg eim} \end{aligned}$$

3.4 Orkubörf hverrar vinnslueiningar

Í þessum kafla er reiknuð út orkunotkun hefðbundinnar verksmiðju miðað við efnisflæði og skiptingu þess á tæki í verksmiðju fyrir ákveðið hráefni. Niðurstöður eru því eitt dæmi um orkunotkun verksmiðjunnar en einnig eru áhrif breytinga skoðuð.

Skoða ber sérstaklega orkufrekustu einingarnar þ.e. sjóðara, þriggja þrepa soðgufara og þurrkara.

Nokkrar forsendur

- Suða á hráefni 0-100°C: $\Delta T = 100^{\circ}\text{C}$
- Upphitun á pressuvökva fyrir grófskiljun $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$
- Upphitun á fráskildum pressuvökva fyrir lýsisskiljun $\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$
- Hitastig á afgasi frá þurrkara 100°C
- Hitastig á eim frá síðasta þrepi soðgufara 70°C
- Útihiti 0°C (notað sem lágmarkshitastig)

Eftirfarandi jöfnur voru settar upp í töflureikni og orkupörf einstakra eininga reiknuð út.

3.4.1 Varmapörf við upphitun og suðu

Allir reikningar byggja á einingunni MJ/hráefnistonn til að hægt sé að bera saman einstakar vinnslueiningar áður en endanleg olíunotkun er reiknuð.

Jafna fyrir varma til upphitunar:

$$(Q/M) = (m/M) * c_p * \Delta T \quad (\text{MJ/hráefnistonn})$$

3.4.2 Varmagjöf við þéttingu gufu

Í sjóðara, soðgufurum og (þurrkara) nýtum við beint varman sem losnar þegar gufa þéttist. Sem nálgun má segja að gufan gefi frá sér þéttivarma sinn við fast hitastig.

Jafna fyrir þéttivarma gufu:

$$(Q/M) = (m/M) * h_{fg} \quad (\text{MJ/hráefnistonn})$$

TAFLA 9: Varmainnihald mettaðrar vatnsgufu (kJ/kg)

Drystingur (bar abs)	Hiti (°C)	h_f (kJ/kg)	h_{fg} (kJ/kg)	h_g (kJ/kg)
0,2	60,09	251,5	2358,4	2611,7
0,5	81,35	340,6	2305,4	2646,0
1,0	99,63	417,5	2257,9	2675,4
2,0	120,23	504,7	2201,6	2706,3
3,0	133,54	561,4	2163,2	2724,7
4,0	143,63	604,7	2132,9	2737,6
5,0	151,85	640,1	2107,4	2747,5
6,0	158,84	670,4	2085,0	2755,5
7,0	164,96	697,1	2064,9	2762,0
8,0	170,41	720,9	2046,5	2767,5

3.4.3 Nokkrar niðurstöður á orkuútreikningum.

Miðað er við að hráefni sé vetrarloðna með 6% fitu og 12% þurrefni

TAFLA 10:

ketilnýtni	olíunotkun	
	kg olíu/hráefnistonn	
	90%	80%
GERÐ: sjóðari, 3-þrepa soðgufari, eld/gufuþurrkun		
- soðkjarni með 20% þurrefni	56,9	60,7
- soðkjarni með 35% þurrefni	49,9	54,2
- soðkjarni með 60% þurrefni	46,0	50,5
- án pressu og grófskilju 35% þurrefni	40,9	46,0
GERÐ: sjóðari, 4-þrepa soðgufun, eld/gufuþurrkun		
- soðkjarni með 20% þurrefni	53,1	56,9
- soðkjarni með 35% þurrefni	46,1	50,4
- soðkjarni með 60% þurrefni	42,2	46,7
- án pressu og grófskilju, 35% þurrefni	40,9	46,0

Útfrá þessari töflu má draga þá ályktun að olíusparnaður með að auka þurrefnisinnihald í soðkjarna sé eftirfarandi.

þurrefni 20%→35% sparar um 5 - 7 kg olíu/hráefnistonn

þurrefni 35%→60% sparar um 4 - 7 kg olíu/hráefnistonn

Breyta má vinnslurásinni þannig að allt hráefni verksmiðjunnar fari í gegn um soðkjarnataki verksmiðjunnar. Þurrefnisinnihald pressuköku er ekki nema um 30%. Í þessu tilfalli væri pressun og grófskiljun sleppt. Þar sem mun minni orku þarf í gufun á hverju kg vatns en þurrkun þess myndi sparast um 7-9 kg olíu/hráefnistonn.

4. ORKUSPARNAÐUR

- KETILL
- EINANGRUN
- GLATVARMÍ

Skipta má umræðum um orkusparnað í fiskimjölsverksmiðjum í tvennt. Annars vegar er um að ræða endurbætur á útslitnum tækjum, einangrun á lögnum og breytingar á rekstri tækja þannig að þau séu rekin með hámarksvarmanýtingu (keyra þurrkara með mikilli fyllingu). Þess má geta að þetta er tiltölulega ódýrt og fljótt að borga sig. Hinsvegar eru það svo kaup á tækjum til nýtingar glatvarma (Waste heat): forhitari, glatgufari (waste heat evaporator) o.fl.

Til að byrja með verður gerð lausleg grein fyrir fyrri þættinum, þar sem mikið er til af upplýsingum í því sambandi.

4.1 Gufuketill

Í flestum verksmiðjum hér á landi hafa gufukatlarnir orðið útundan þegar endurbætur á verksmiðjum hafa verið á döfinni. Þeir þættir sem nýta gufuna eru sjóðari, soðgufari, hitun í vinnslurásinni (og þurrkari ef notuð er gufupurrkun). Fyrir efnisflæðið hér að framan (kaflí 3) þarf magn af gufu.

Sjóðari: 170 kg gufu/hráefnistonn (gufa við 6 bar)

$$- (1000 \text{ kg/tonn} * 3,5 \text{ KJ/kg } C * 100^{\circ}C) / 1000 \text{ kJ/MJ} \\ = 350 \text{ MJ/hráefnistonn}$$

$$- h_{fg} = 2056 \text{ KJ/kg}$$

$$- m_{g/M} = (350 \text{ MJ/tonn}) / (2056 \text{ KJ/kg}) / 1000 \text{ kJ/MJ} \\ = 170 \text{ kg gufa/hráefnistonn}$$

Soðgufari: (þriggja þrepa tæki og gufa við 4 bar)

$$- 0,4 \text{ kg gufa/kg eim}$$

(560 kg eim/hráefnistonn m.v. 30% þurrefni)

$$- m_{g/M} = 0,3 \text{ kg gufu/kg eim} * 560 \text{ kg/hráefnistonn} \\ = 224 \text{ kg gufu/tonn}$$

Gufupurrkari: 120 kg gufu/kg eim (gufa við 6 bar)

- 300 kg eimur frá þurrkara
- mgufu/M = $300 * 1,20 = 360$ kg gufa/hráefnistonn
- töp og upphitun = 150 kg gufa/hráefnistonn
- Samtals án gufupurrkara = 544 kg gufa/hráefnistonn
- Samtals með gufupurrkara = 900 kg gufa/hráefnistonn

Skv. þessu þarf verksmiðja með afköst 500 tonn/sólarhring (20,8 tonn/klst) eftirfarandi gufumagn.

Ketill:

Án gufupurrkara

- 20,8 hr.tonn/klst * 0,544 tonn/hr.tonn
- = 11,3 tonn af gufu/klst

Með gufupurrkara

- 20,8 hr.tonn/klst * 0,900 tonn/hr.tonn
- = 18,7 tonn af gufu/klst

Sparnaður með bættri ketilnýtni

gamall	nýr	Sparnaður
75%	90%	16,7%
80%	90%	11,1%
85%	90%	5,6%

Skoðum sem dæmi verksmiðju sem notar 55 kg olíu/hráefnistonn en þar af notar eldþurrkarinn 20 kg olíu/hráefnistonn. Með því að fara með ketilnýtni úr 80% í 90% fæst sparnaður upp á 4 kg olíu/hráefnistonn en ef verksmiðjan væri með gufupurrkara í stað eldþurrkara er sparnaðurinn um 6 kg olíu/hráefnistonn

Segja má að eftirfarandi atriði bæti nýtingu ketils:

- Endurnýja olíubrennara
- Hreinsa ketilinn bæði reyk og vatnshlið
- Setja upp vatnsúða við brennara til að minnka sótmyndun og bæta brunann
- Hindra að brennari dragi falskt loft
- Einangra ketilinn
- Koma á upphitun fæðivatns með varma úr reyk (tækið er kallað economizer)
- Vera með upphitun á fæðilofti til þurrkara með varma úr reyk
- Skipta um ketil

Við nýtingu á varma úr reyk verður að passa vel upp á að hann kólni ekki það mikið að þétting eigi sér stað, því þá myndast brennisteinssýra sem er mjög tærandi.

Síðar verður athuguð nánar arðsemi þess að kaupa nýjan ketil með það í huga að skipta yfir í kol og/eða framleiða rafmagn með gufuhverfli.

4.2 Orkusparnaður með einangrun

Orkukerfi verksmiðjunnar samanstendur af leiðslum og tönkum. Það er einfalt og ódýrt að einangra þessar leiðslur og tanka en það er gert til að minnka varmatap vegna kælingar. Þetta á sérstaklega við um gufukerfið í verksmiðjunni. Hér á eftir er nokkuð af því sem ber að einangra:

- Gufulagnir
- Þéttivatnslagnir
- Leiðslur sem flytja heitt hráefni
- Flansa og krana á gufuleiðslum
- Alla tanka sem innihalda heita vökva
- Sjóðara og soðgufunartæki

Hins vegar er erfitt að einangra eldurkara.

Sjálfsgagt er að byrja á því að einangra og ganga betur frá lögnum áður en ráðist er í annað, þar sem þetta er ódýr framkvæmd og borgar sig á skömmum tíma. Hugsanlegur sparnaður um 2-8 kg olíu/hráefnistonn.

4.3 Nýtingu glatvarma (waste heat)

Orðið glatvarmi er íslenskun á enska heitinu waste heat og koma hér á eftir orðasambönd með orðinu glat__ t.d. glatgufari fyrir waste heat evaporator en hinsvegar forhitari fyrir waste heat cooker.

Við mat á nýtingu glatvarma var aðallega stuðst við greinina: Fuel economy in the fish meal industry eftir Dr. E.E.Petersen.(13)

Það eru þrjú tæki sem eru stærstu orkunotendurnir, þau eru: sjóðari, soðgufunartæki og þurrkari. Mestur áhugi er því fyrir hvort hægt sé að nýta glatvarma frá þeim. Spurningin um nýtingu glatvarma er ekki eingöngu um orkuinnihald heldur ekki síður við hvaða hitastig glatvarminn er, vegna þess að glatvarminn getur hæst hitað upp í það hitastig sem hann sjálfur hefur, það skiptir því miklu máli hvort um er að ræða glatvarma frá soðgufunartækjum eða þurrkara. Eins og áður var nefnt eru tveir staðir þar sem glatvarmi skiptir máli, það er afgang (loft+eimur) frá þurrkara og eimur frá síðasta þrepi soðgufara. Annar glatvarmi er til dæmis hreint þéttivatn (þétt aflgufa) frá sjóðara, soðgufunartækjum og þurrkara (ef

notuð er gufuburrkun). Glatvarma frá þessum tækjum er safnað saman og dælt aftur til ketilsins og/eða notað til efnishitunar í vinnslurásinni. Afgas þurrkara hefur hitastig um 100°C og hægt er að nýta stóran hluta af þéttivarma þess (stórt X -gildi) við kælingu niður í um 60°C . Sá glatvarmi sem þannig fæst dugar til að keyra margra þrepa glatgufunartæki og/eða til forhitunar á hráefni.

MYND 5:

Nýting á glatvarma, mismunandi hitastig eftir tækjum.

$^{\circ}\text{C}$	Þurrkari	Soðgufunartæki	glatgufun-	forhitun/annað

Sjóðarar, soðgufunartæki (og gufuburrkari) eru hönnuð til að nota aflgufu við $140-160^{\circ}\text{C}$ hita og meðal hitastigsmun milli hráefnis og gufu um $60-100^{\circ}\text{C}$.

Við nýtingu glatvarma er ekki hægt að hafa þetta mikinn hitastigsmun, jafnvel þó að hitafletir tækjanna séu stækkaðir eru afköstin ekki nægjanleg. Því hefur reynst nauðsynlegt að hanna og þróa ný tæki sem geta skilað viðunandi afköstum við lágt hitastigsfall, þessi tæki nota flest mikla dælingu á hráefni og upphitunarmiðli. Þar sem orkueining í rafmagni er tvisvar til þrisvar sinnum dýrari en ef hún væri framleidd með olíu, saxast fljótt á hinn raunverulega sparnað.

4.3.1 Glatvarmi frá þurrkara (afgas)

Í afgasinu frá þurrkaranum fæst blanda af lofti og vatnsgufu (eim) með hitastig um $90-120^{\circ}\text{C}$, X -gildi fyrir þurrkara er hlutfallið milli (kg vatnsgufu/kg þurrt loft), (Sem nálgun má segja $X = \text{kg vatnsgufa} \cdot \text{úr hráefni/kg loft inn í þurrkarann}$). Stærðin X hefur mikið að segja um hvernig og hvar er hægt að nýta glatvarmann úr afgasinu.

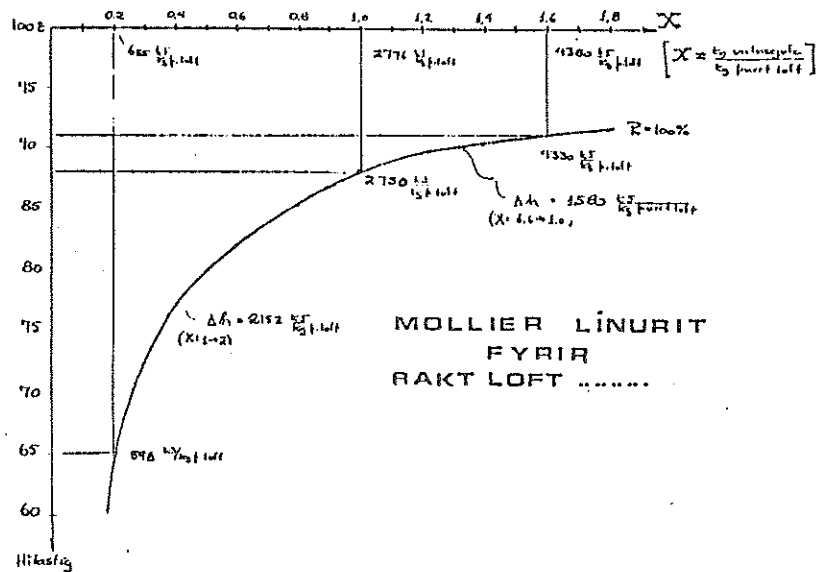
Fyrir hreina vatnsgufu með $T > 100^{\circ}\text{C}$ og kælingu hennar, við fast rakainnihald, þá byrjar þétting rakans eftir að komið er niður fyrir 100°C og varmi losnar við þéttinguna. Hins vegar þegar um blöndu af þurru lofti og vatnsgufu er að ræða, byrjar rakinn ekki að þéttast fyrr en komið er vel

niður fyrir 100°C . Stærðin X segir því óbeint til um hvað þarf kæla mikið til að fá þéttingu.

- „stórt“ X -gildi (1,40, Gufuburrkari) þétting byrjar í 90°C
 - „lágt“ X -gildi (0,20, Eldburrkari) þétting byrjar í 65°C
 Þar sem lítil hluti varmans úr afgasinu losnar fyrr en þétting hefst er óraunhæft að ætla sér að nýta glatvarma við hærri hitastig en nemur daggarmarki hans. Það skiptir því miklu hvort verið er að nýta glatvarma frá eld- eða gufuburrkara. Hins vegar þarf alltaf eitthvað loft í gufuburrkaranum til að flytja burt rakann úr hráefninu, til að ekki verði þétting þess í sjálfum þurrkaranum, þetta er í fáum orðum það sem takmarkar hve hátt er hægt að komast í X -gildi. Einnig þarf ryðfrítt stál í þurrkarann ef hann á að geta keyrt á háu X -gildi.

MYND 6: Mollier-línurit,

sýnir varmann sem losnar við þéttingu afgass



4.3.1.1 Útreikningar fyrir nýtingu glatvarma úr afgasi

Það er hægt að reikna út varmann (enthalpy) fyrir blöndu af þurru lofti og vatnsgufu. Gert er ráð fyrir að blanda gastegunda í afgasi hegði sér eins og þurrt loft (kjörgas).

$$\begin{aligned}
 h_a &= h_l + (X * h_g) \\
 &= c_p * T_a + (X * h_g) \\
 - h_g &= 2676 \text{ KJ/kg við } T_{\text{sat}} = 100^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

Tafla nr. 11 sýnir varma (enthalpy) blöndunnar, rakastig $100\% > (R)$ og varma mettaðrar vatnsgufu (specific enthalpy), við þéttingu ($R=100\%$). Seinni dálkurinn sýnir okkur hvað stórum hluta varmans er hægt að ná með kælingu á blöndunni niður í ákv. hitastig úr 100°C . Reiknað fyrir ákv. X gildi Varmanýtni = $\frac{(\text{varmi, } 100\% > R) - (\text{varmi mettuð vatnsg. } R=100\%)}{(\text{varmi, } 100\% > R)}$

Varmi mettaðrar vatnsgufu (specific enthalpy) er samkvæmt heimild (15). Hægt er að lesa eftirfarandi beint úr töflu nr. 11

Þurrkari með $X = 0,2$ og nýtingu á glatvarma niður í 60°C notar um 67% varmans úr afgasinu.

Þurrkari með $X = 1,6$ og nýtingu á glatvarma niður í 60°C notar um 89% varmans úr afgasinu.

Hér er ekki um raunhæfan samanburð að ræða þar sem mikið meira loftmagn kemur frá þurrkaranum með $X = 0,2$ en hinum við vinnslu á sama hráefni, en daggarmark þess er lægra.

Fyrir 1000 kg af vatnsgufu frá þurrkaranum þá er massi þurrs lofts sem inn fer, háð X gildi þurrkarans.

$X = 0,2$: 5000 kg þurrt loft: enthalpy = 635 KJ/kg

$X = 1,0$: 1000 kg þurrt loft: enthalpy = 2776 KJ/kg

$X = 1,6$: 625 kg þurrt loft: enthalpy = 4381 KJ/kg

Varminn er miðaður við hita á afgasi 100°C .

Glatvarmi: Varmi í afgasi þessara þurrkara er því

$X = 0,2$: $(5000 * 635)\text{KJ/tonn eim} = 3175 \text{ MJ/tonn eim}$

$X = 1,0$: $(1000 * 2776)\text{KJ/tonn eim} = 2776 \text{ MJ/tonn eim}$

$X = 1,6$: $(625 * 4381)\text{KJ/tonn eim} = 2780 \text{ MJ/tonn eim}$

Við kælingu afgass niður í 60°C fæst glatvarmi:

$X = 0,2$: $(3175 * 21,6\%)\text{MJ/tonn eim} = 850 \text{ MJ/tonn eim}$

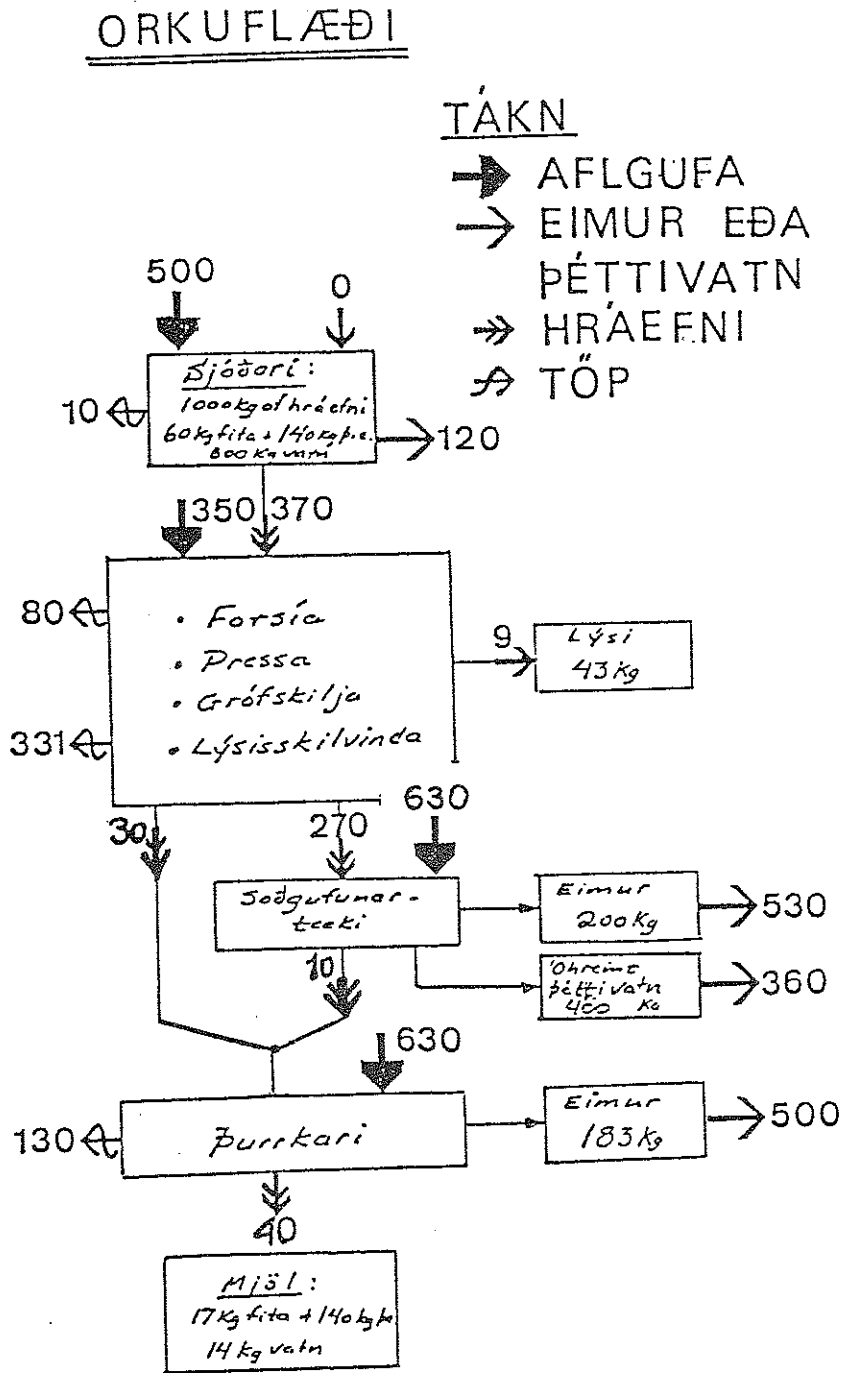
$X = 1,0$: $(2776 * 83,2\%)\text{MJ/tonn eim} = 2300 \text{ MJ/tonn eim}$

$X = 1,6$: $(2780 * 89,4\%)\text{MJ/tonn eim} = 2500 \text{ MJ/tonn eim}$

Fæst því um þrisvar sinnum meiri glatvarmi frá gufupurrkara en eldpuurrkara við kælingu afgass úr 100°C niður í 60°C .

Raunverulega er afgashiti frá eldpuurrkara um $100 - 110^{\circ}\text{C}$ en $90 - 100^{\circ}\text{C}$ frá gufupurrkara. Þetta skiptir hins vegar ekki meginmáli þar sem þéttivarmi er stærsti hluti þess varma sem losnar við kælingu afgass. Þetta sýnir að misjöfn tæki og búnað þarf til nýtingar glatvarma, eftir X gildi. Þessum aðferðum og tækjum verður lýst nánar hér á eftir. Afgas þurrkara sem hefur X gildi stærra en einn er hægt að nota beint inn á margra þrepa glatgufara (waste heat evap.). Ef

MYND 4: ORKUFLÆÐI Í FISKIMJÖLSVERKSMÍÐJU ÖLL ORKA Í EININGUNNI MJ/HRÁEFNISTONN



ALLAR TÖLUR Í MJ/HRÁEFNISTONN

Útreikningur á enthalpy fyrir blöndu (lofts+vatns)
og orkunýting við kælingu(%)

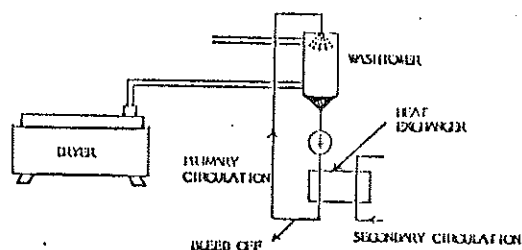
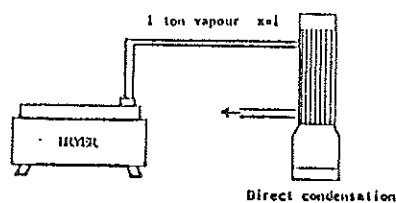
$T = 100$, Hitastig frá þurrkara [°C]
 $h_3 = 2676$, Enthalpy við upphafs hitastig [kJ/kg gufa]

daggarmark dew point C	X kg v. gufa kg þ. loft	(R=100%)	(R<100%)	Kælt í	Kælt í	Kælt í	Kælt í	Kælt í	Kælt í	Kælt í
		Specific enthalpy KJ/KG	Enthalpy loft+vatn KJ/kg	50 C (%)	60 C (%)	70 C (%)	80 C (%)	85 C (%)	90 C (%)	90 C (%)
40	0.05	166	233.8							
45	0.07	213	287.3	5.0						
50	0.09	273	340.8	19.9						
53	0.10	318	367.6	25.7						
60	0.15	465	501.4	45.6	7.3					
65	0.20	598	635.2	57.0	26.8					
70	0.28	795	849.3	67.9	45.2	6.4				
75	0.38	1080	1116.9	75.6	58.4	28.8				
77	0.45	1300	1304.2	79.1	64.3	39.0				
79	0.50	1415	1438.0	81.0	67.7	44.7				
80	0.55	1520	1571.8	82.6	70.4	49.4	3.3			
81	0.60	1650	1705.6	84.0	72.7	53.4	10.9			
83	0.70	1926	1973.2	86.2	76.4	59.7	23.0			
85	0.80	2280	2240.8	87.8	79.2	64.5	32.2			
86	0.90	2498	2508.4	89.1	81.5	68.3	39.4	9.1		
87	1.00	2751	2776.0	90.2	83.2	71.4	45.2	17.9		
88	1.10	3035	3043.6	91.0	84.7	73.9	50.1	25.1		
89	1.20	3390	3311.2	91.8	86.0	76.0	54.1	31.1		
90	1.40	3818	3846.4	92.9	87.9	79.3	60.5	40.7	0.7	
91	1.60	4333	4381.6	93.8	89.4	81.9	65.3	48.0	12.9	
92	1.80	4961	4916.8	94.4	90.5	83.8	69.1	53.6	22.3	
93	2.10	5778	5719.6	95.2	91.9	86.1	73.4	60.1	33.2	
94	2.50	6887	6790.0	96.0	93.2	88.3	77.6	66.4	43.8	
95	3.10	8436	8395.6	96.7	94.5	90.5	81.9	72.8	54.5	
96	4.00	10781	10804.0	97.5	95.7	92.6	85.9	78.9	64.7	
97	5.45	14696	14684.2	98.1	96.8	94.6	89.6	84.5	74.0	
98	8.35	22441	22444.6	98.8	97.9	96.5	93.2	89.8	83.0	
99	17.00	45678	45592.0	99.4	99.0	98.3	96.7	95.0	91.6	

hinsvegar X gildið er um 0,2 er hitastigið nægilegt fyrir
eins þreps glatgufara.
TAFLA 11: Hiutfall þess varma sem losnar við ákveðna kælingu

4.3.1.2 Aðferðir til nýtingar glatvarma frá þurrkara

Nýting glatvarma úr afgasi (loft+eimur) þurrkara hefur undanfarin ár verið framkvæmd með tveimur aðferðum. Ef annars vegar X gildið er stærra en einn er hægt að nota afgasið beint með þéttingu í glatgufara eða forhitara en ef X gildið er minna en einn er best að „þvo“ varmann í þvottaturni og nota síðan þvottavatnið til hitunar. Báðar þessar útfærslur krefjast nýrra tækja sem geta unnið við lágan hitastigsmun yfir hitaflöt. Síðari aðferðin sem minnst var á hér að framan er úrfærsla á aðferð sem notuð hefur verið í mörg ár til hreinsunar á afgasi þurrkara (þvottaturn). Afgasið kemur inn í turninn neðanfrá og streymir upp á móti vatnsúða. Vatnsúðinn þéttir rakann í afgasinu, þéttivatnið hitar upp þvottavatnið og streymir með því út úr turninum. Því er síðan dælt í gegnum varmaskipti þar sem hægt er að hita upp soðið áður en það fer inn á glatgufarann. Stjórnin verður nákvæmlega því magni vatns sem hringrásar gegnum þvottaturninn og tappa af kerfinu öllu þéttivatninu.



MYND 6: Fyrri útfærsla: MYND 7: Síðari útfærsla:

Einföld tæki
Lyktheyðing
Góð nýting
Hátt hitastig

Óhreinindi á hitafleti
þurfum hátt X gildi

Hreinni hitafletir
Lyktheyðing
Sveigjanleg nýting
Hægt að nota lágt X gildi

Mikil dæling
Mikil töp

4.3.2 Galtvarmi frá soðgufara

Ef skoðuð eru soðgufunartæki m.t.t. nýtingar á varma sem þau gefa frá sér, er það aðeins vatnsgufan (eimurinn) sem um er að ræða, þar sem hreint þéttivatn frá tækjunum fer aftur til ketilsins. Eimurinn frá síðasta þrepi er

venjulega þéttur í eimsvála en sem nálgun má segja að magn hans sé um þriðjungur af því vatni sem gufar upp í tækjunum en um tveir þriðju fara frá tækjunum sem óhreint þéttivatn. Þessi skipting gildir aðeins fyrir þriggja þrepa soðgufara. Fyrst þegar farið var að nota soðgufunartæki voru þau keyrð með yfirþrýstingi á öllum þrepum og var þá eimurinn frá síðasta þrepi með þrýsting 2-3 bör, hitastig 120-130°C. Því var hægt að nota eiminn beint til forhitunar hráefnis eða efnishitunar í vinnslurásinni. Þetta hefur hins vegar það í för með sér að hráefni skemmist þar sem t.d. hátt hitastig skemmir eggjahvítusamböndin í mjölinu. Í dag eru því flest soðgufunartæki keyrð á undirþrýstingi á síðasta þrepi og algengt hitastig er 40 - 60°C. Erlendis hefur þróunin verið sú að lækka hitastigið enn meira og gufa með undirþrýstingi alla leið, en til þess að það sé hægt þarf að hafa barometrískan eimsvála til að halda undirþrýstingi á soðgufunartækjunum. Þegar hitastigið í tækjunum er orðið þetta lágt er hægt að nota glatvarmann úr afgasi þurrkarans til að drífa tækin.

4.4 Tæki sem geta notað glatvarma

Forhitari (waste heat cooker)
Glatgufari (waste heat evaporator)

4.4.1 Efnisforhitari

Reikna má með að hitastig hráefnis sem inn í verksmiðjuna kemur sé um 0 - 10°C en hægt er að hita það upp í ca. 30 - 40°C með forhitara sem nýtir glatvarma. Hér á eftir verður minnst á tvær gerðir forhitara. Í fyrsta lagi má nefna þá forhitara sem byggja á efnisflutningi með ytri dælingu. Um er að ræða hólka sem er nánast fylltur af rörum sem í er upphitunarmiðill: afgas, heitt vatn og fleira. Hráefninu er síðan dælt í gegnum hólkin með öflugum dælum. Gallar þessarar gerðar eru hins vegar þeir, að það þarf mikla orku til dælingar á hráefni í gegnum þá auk þess sem mikil hætta er á að þeir stíflist. Ef litið er á hina gerðina, þar sem um er að ræða efnisflutning með

snigli, kemur í ljós að uppbygging hans er mjög svipuð og á gufupurrkara.

Báðar þessar gerðir forhitara spara um 30% - 40% þeirrar orku sem þarf við suðu á hráefni en það er um 3 - 4 kg olíu/hráefnistonn.

4.4.2 Tæki til glatgufunar

Það þarf nýja gerð soðgufara til að geta notað glatvarma í stað aflgufu. Hefðbundin soðgufunartæki hafa náttúrulega hringrás á soðinu í tækjunum. Til að soðið nái að hringrása í tækjunum og yfirvinni mótþrýsting þarf heildarhitastigsfall í gegnum tækið að vera um 120°C þ.e. $40^{\circ}\text{C}/\text{þrep}$ í þriggja þrepa tækjum. Hitastig afgass frá purrkara er um 100°C og heildarhitastigsfall í gegnum tækin verður því $40 - 50^{\circ}\text{C}$. Þ.e.a.s. $13^{\circ}\text{C}/\text{þrep}$ í þriggja þrepa tækjum, $20^{\circ}\text{C}/\text{þrep}$ í tveggja þrepa tækjum. Vegna of lítills hitastigsmunar þarf sérstaka soðgufara sem hringrása einnig hráefninu með dælingu.

4.4.2.1 Hvellsuðugufun (Flash Evaporators)

Þessi aðferð við gufun er aðallega notuð, þegar soðið er fyrst hitað upp með varma úr þvottavatni afgass. Hiti soðsins er þá um 10°C lægri en hiti þvottavatsins í varmaskipti þar sem soðið er hitað upp. Heitu soðinu er dælt inn í hólf, en inn í því er þrýstingur sem er undir uppgufunarþrýstingi vatnsins í soðinu. Þrýstingurinn er beint háður hita soðsins. Þann hluta vatnsins úr soðinu sem gufar upp, er hægt að nota sem kraftgufu inn á glatgufarann eða þétta hann. Gufan sem fæst er nokkuð hrein og því heppileg til endurnotkunar. Soðinu er hringrásað og tappað af og á kerfið eftir þörfum. Þessi útfærsla er sérstaklega heppileg sem fyrsta þrep við soðgufun.

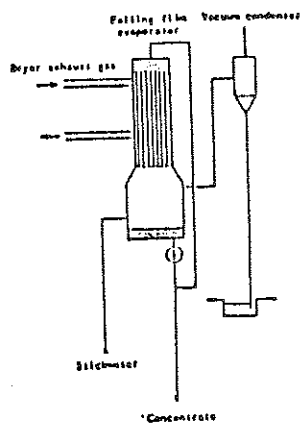
4.4.2.2 Gufun með fallandi filmuþéttingu

Þessi gerð soðgufara hefur það fram yfir eldri gerðir að geta notast við lægra hitafall yfir hitaflöt. Í stað þess að soðið komi inn neðanfrá er því úðað yfir hitaflatina

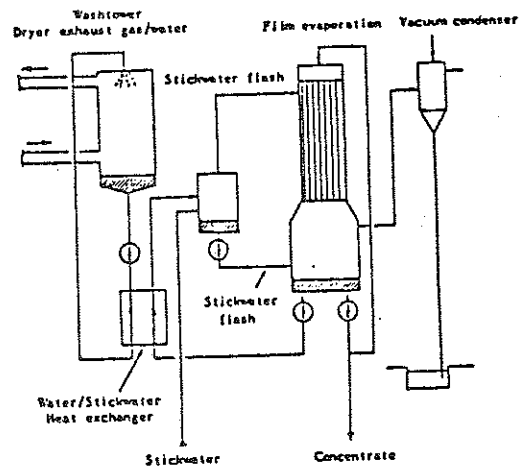
efst í tækjunum. Passað er að hitafletirnir séu stöðugt þaktir þunnri filmu af soði. Aðalkostur slíkra gufara er að þeir geta notað afgangið frá þurrkaranum beint, $X > 1$, en hátt X gildi er forsenda þess að næg orka fái við þéttingu hluta rakans úr afganginu. Eimur sem myndast þegar soðið sýður á veggjum varmaskiptisins er dreginn út á næsta þrep eða þéttur í eimsvala. Hins vegar er soðinu hringrásað í tækjunum með dælingu. Lágmarkshitastigsfall yfir hitaflötinn sem tækin geta unnið við er um 9°C . Þessi 9°C hitastigsmunur skiptist þannig að ein gráða er vegna suðumarkshækkunnar soðsins, ein gráða er vegna viðnáms og taps á gufuhlið og sjö gráður er lágmarkshitastigsmunur fyrir suðu á þunnri filmu.

Einnig er hægt að raða saman hvell- og filmugufurum.

MYND 8:



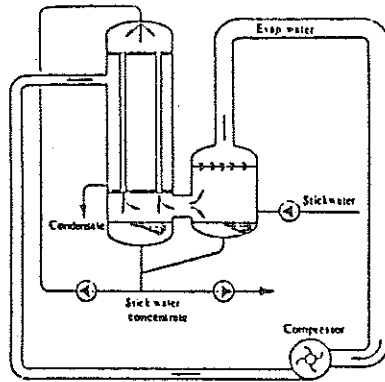
MYND 9:



4.4.2.3 Soðgufunartæki með gufupjöppu

Soðgufunartæki með gufupjöppu (Vapour Recompression) byggja á því að það fer minni orka í að auka varmagildi gufu með því að þjappa henni saman aftur og aftur, heldur en ef hún væri hituð beint upp. Hinsvegar er notað rafmagn til að þjappa gufunni saman í stað þess að hita gufu með olíu o.fl. Tækin nota því rafmagn og eim af tækjunum sjálfum. Rafmagn kostar töluvert en til boða stendur að nota glatvarma sem annars færi til spillis. Það er vandséð að hagkvæmt sé að nota þessa gerð tækja við þessar aðstæður.

MYND 10: Soðgufunartæki með gufuþjöppu



4.5 Samantekt á sparnaði með nýtingu glatvarma

- hráefnisforhitun : 0 - 40°C 3 - 4 kg olíu/hráefnistonn
 (1000 * 3,7 * 40 / (4,2 * 9600)) kg olíu/tonn

- Glatgufun :

750 kg soð (60 kg) 8% þurrefni og 92% vatn
 170 kg soðkjarni 35% þurrefni og 65% vatn
 þriggja þrepa tæki til viðmiðunar 0,44 kg gufa/kg eim
 * 1-þrep glatgufun 8% - 12% þurrefni
 * 2-þrepa glatgufun 8% - 20% þurrefni
 * 3-þrepa glatgufun 8% - 35% þurrefni

(*) þessar tölur eru nálgun

Vatn burt en þurrefni kyrrt :

1-þrep : 750 - (60/12%) = 250 kg eimur

2-þrep : 750 - (60/20%) = 450 kg eimur

3-þrep : 750 - (60/35%) = 580 kg eimur

Sparnaður miðað við 3-þrepa soðgufun 0,44 kg gufa/kg eim

- hámarks þurrefni 35%

- meðal uppgufunarvarmi 2260 kJ/kg gufu fyrir tækin

- 80 % ketilnýtni orkugildi 40.3 MJ/kg olíu (9600 kcal/kg)

1-þrep:

0,44 * 2260 * 250 = 248 MJ/tonn hrá (7,7 kg olíu/hráefnistonn)

2-þrep:

0,44 * 2260 * 450 = 447 MJ/tonn hrá (14,0 kg olíu/hráefnistonn)

3-þrep:

0,44 * 2260 * 560 = 557 MJ/tonn hrá (17,3 kg olíu/hráefnistonn)

Til frádráttar kemur að þessi tæki nota flest mikið rafmagn til dælingar á hráefni og upphitunarmiðli. Ætla má að raunverulegur sparnaður af glatgufuninni sé um 20%.

- hráefnisforhitun..... 2 - 4 kg olíu/hráefnistonn

- Glatgufun:

1 - þrep..... 6 - 7 kg olíu/hráefnistonn

2 - þrep..... 11 - 14 kg olíu/hráefnistonn

3 - þrep..... 13 - 17 kg olíu/hráefnistonn

Þess ber þó að geta að 3-þrepa glatgufari getur komið alveg í staðinn fyrir gömlu tækin.

5. ARÐSEMISÚTREIKNINGAR

Við gerð arðsemisútreikninga verður að taka tillit til margra þátta og gefa sér ákveðnar forsendur. Útreikningurinn stendur og fellur með því að þessar forsendur séu raunhæfar og í samræmi við þróun mála síðar. Hér eru nokkrar af þeim spurningum sem verður að svara.

- hvað tekur verksmiðjan á móti miklu hráefni næstu árin ?
- hver verður raunverulegur sparnaður með nýjum búnaði ?
- hvað kostar búnaðurinn fullfrágengin ?
- hvaða vextir standa okkur til boða ef við leggjum fjármagnið í eitthvað annað ?
(Minimum Attractive Rate of Return)
- hvað á fjárfestingin að borga sig upp á löngum tíma ?
- hvernig þróast verð á orku, afurðum, hráefni, launum ofl.?
- hvað verður verðbólgan mikil næstu árin?

Til að fækka óvissupáttum í upphafi, er vandamálinu snúið við. Skoðað hvað má orkusparandi búnaður kosta.

Miðað við :

- Áætlaðan olíusparnað
- útsöluverð olíu verði um 200-300 \$/tonn.
- Hámarks endurgreiðslutími fjárfestingar 5 ár, hér er um að ræða búnað sem er enn í þróun.
- Árlegar afskriftir og vexti reiknað skv. Annual Worth aðferð það er að segja vöxtum og afborgunum dreift jafnt á öll árin.
- Allir útreikningar í bandaríkjadöllum og miðaðir við fast verðlag í dollurum.
- vextir í dollurum 15 % á ári þar sem þetta er áhættusöm fjárfesting, .

Jöfnur fyrir Annual Worth.

$$A = F * ((i * (1 + i)^n) / ((1+i)^n - 1))$$

- A : Árleg útjöfnuð afborgun og vextir (\$/hráefnistonn)
- F : Fjárfesting (\$/hráefnistonn)
- () : Capital recovery factor
- i : MARR (Minimum Attractive Rate of Return) (%/ári)
þeir vextir sem fengjust ef peningarnir væru settir í annað.
- n : Endurgreiðslutími 1,2,3,4,5 ár

TAFLA 12:

Árlegur endurgreiðslustuðull (CAPITAL RECOVERY FACTOR)

ÁRVEXTIR	1	5	10	15	20	25	30
1	1.010	1.050	1.100	1.150	1.200	1.250	1.300
2	0.508	0.538	0.576	0.615	0.655	0.694	0.735
3	0.340	0.367	0.402	0.438	0.475	0.512	0.551
4	0.256	0.282	0.315	0.350	0.386	0.423	0.462
5	0.206	0.231	0.264	0.298	0.334	0.372	0.411
6	0.173	0.197	0.230	0.264	0.301	0.339	0.378
7	0.149	0.173	0.205	0.240	0.277	0.316	0.357
8	0.131	0.155	0.187	0.223	0.261	0.300	0.342
9	0.117	0.141	0.174	0.210	0.248	0.289	0.331
10	0.106	0.130	0.163	0.199	0.239	0.280	0.323

TAFLA 13:

HÁMARKS FJÁRFESTING EFTIR ÁRLEGU VINNSLUMAGNI
(\$/HRÁEFNISTONN)

FORSENDUR :

- Afskriftartími 5 ár
- Svartolíuverð 300\$/tonn
- 1 - 30 % vextir
- Olíusparnaður 2 - 30 kgolíu/hráefnistonn

vextir (%)	1	5	10	15	20	25
CRF	0.206	0.231	0.264	0.298	0.334	0.372
olíusparnaður	\$	\$	\$	\$	\$	\$
kg/hráefnist.	hráefnist.	hráefnist.	hráefnist.	hráefnist.	hráefnist.	hráefnist.
2	2.91	2.60	2.27	2.01	1.80	1.60
4	5.83	5.19	4.55	4.03	3.59	3.45
6	8.74	7.79	6.82	6.04	5.39	4.84
8	11.65	10.39	9.09	8.05	7.19	6.45
10	14.56	12.99	11.36	10.07	8.98	8.06
12	17.48	15.58	13.64	12.08	10.78	9.68
14	20.39	18.18	15.91	14.09	12.57	11.29
16	23.30	20.78	18.18	16.11	14.37	12.90
18	26.21	23.38	20.45	18.12	16.17	14.52
20	29.13	25.97	22.73	20.13	17.96	16.13
22	32.04	28.57	25.00	22.15	19.76	17.74
24	34.95	31.17	27.27	24.16	21.56	19.35
26	37.86	33.77	29.55	26.17	23.35	20.97
28	40.78	36.36	31.82	28.19	25.15	22.58
30	43.69	38.96	34.09	30.20	26.95	24.20

TAFLA 14:
HÁMARKS FJÁRFESTING EFTIR ÁRLEGU VINNSLUMAGNI
(\$/HRÁEFNISTONN)

FORSENDUR :

- Afskriftartími 5 ár
- Svartolíuverð 200\$/tonn
- 1 - 30 % vextir
- Olíusparnaður 2 - 30 kgolíu/hráefnistonn

vextir (%)	1	5	10	15	20	25
CRF	0.206	0.231	0.264	0.298	0.334	0.372
olíusparnaður	\$	\$	\$	\$	\$	\$
kg/hráefnist.	hráefnist.	hráefnist.	hráefnist.	hráefnist.	hráefnist.	hráefnist.
2	1.94	1.73	1.52	1.34	1.20	1.08
4	3.88	3.46	3.03	2.68	2.40	2.15
6	5.83	5.19	4.55	4.03	3.59	3.23
8	7.77	6.93	6.06	5.37	4.79	4.30
10	9.71	8.66	7.58	6.71	5.99	5.38
12	11.65	10.39	9.09	8.05	7.19	6.45
14	13.59	12.12	10.61	9.40	8.38	7.53
16	15.53	13.85	12.12	10.74	9.58	8.60
18	17.48	15.58	13.64	12.08	10.78	9.68
20	19.42	17.32	15.15	13.42	11.98	10.75
22	21.36	19.05	16.67	14.77	13.17	11.83
24	23.30	20.78	18.18	16.11	14.37	12.90
26	25.24	22.51	19.70	17.45	15.57	13.98
28	27.18	24.24	21.21	18.79	16.77	15.05
30	29.13	25.97	22.73	20.13	17.96	16.13

5.1 Arðsemi orkusparandi búnaðar

Dæmi um hvað orkusparandi búnaður má kosta. Tölurnar í sviganum eru samkvæmt töflu 13 hér fyrir framan, yfir arðsemi sparnaðs miðað við 5 ára endurgreiðslutíma, sparnaður skv. útreikningum ..

Tafla 13 er fyrir svartolíuverð 300\$/tonn en hægt er að umreikna niðurstöðurnar hér á eftir fyrir 200\$/tonn með því að margfalda kostnaðartölurnar með 2/3 eða 0,67 og verður því afskriftartími að jafnaði 50% lengri.

Miða við 40.000 tonn af hráefni árlega, 15% vexti og 300\$/tonn svartolíuverð.

Tölurnar í sviganum, \$/hr.tonn, eru úr töflu 13

- hráefnisforhitari:

sparar 2 - 4 kg olíu/hráefnistonn, hann má því kosta:
 $40.000 \text{ hr.tonn} * (2 - 4) \text{ $/hr.tonn} = 80-160 \text{ þús.}$$
 (3,3-6,6 millj. kr.)

- Glatgufarar

1-prep:

sparar 6 - 7 kg olíu/hráefnistonn, hann má því kosta:
 $40.000 \text{ hr.tonn} * (6 - 7) \text{ \$/hr.tonn} = 240-280 \text{ þús.}\$$
 (9,8-11,5 millj. kr.)

2-prep:

sparar 11-14 kg olíu/hráefnistonn, hann má því kosta:
 $40.000 \text{ hr.tonn} * (11-14) \text{ \$/hr.tonn} = 440-560 \text{ þús.}\$$
 (18,0-23,0 millj. kr.)

3-prep:

sparar 13-17 kg olíu/hráefnistonn, hann má því kosta:
 $40.000 \text{ hr.tonn} * (13-17) \text{ \$/hr.tonn} = 520-680 \text{ þús.}\$$
 (21,3-27,9 millj. kr.)

5.2 Verð á gufukatli

Verð og útreikningar miðaðir við verðlag og gengi júní 1986.

Upplýsingar um verð á AALBORG gufukötum, fengnar hjá Hamri h/f, eru miðaðar við eftirtalin atriði.

- FOB-verð frá framleiðanda í Aalborg.
- Hönnunarþrýsting 10 kp/cm²
- Innifalið í verði er: stjórnbúnaður, fæðivatnstankur, lagnir ofl.
- Ketilnýtni er 90%

Kolaketill: FOB-verð eftir afköstum ketils.

- 4 tonn gufa/klst 2.200. þús dkr.
- 8 tonn gufa/klst 3.200. þús dkr.

Nálgun á verði kolaketils eftir afköstum er þá:

$$\text{ketilverð} = 3.200 + 250 * (G - 8) \text{ þús dkr.}$$

þar sem G er afköst: tonn gufu/klst

Olíuketill: FOB-verð eftir afköstum ketils.

- 4 tonn gufa/klst 800. þús dkr.
- 8 tonn gufa/klst 1.200. þús dkr.

Nálgun á verði olíuketils eftir afköstum er þá:

$$\text{ketilverð} = 1.200 + 100 * (G - 8) \text{ þús dkr.}$$

1 dkr = 5 ískr.

Reikna má með 40% ofaná FOB-verð vegna flutnings, trygginga, uppsetingar ofl.

Reikna með 25% dýrari katli ef framleiða á yfirhitaða gufu með katlinum, aukin efnisþykkt.

Dæmi: Verksmiðja með afköst 500 tonn/dag
 þarf 11,3 tonn gufu/klst ef notuð er eldþurrkun, með
 gufupurrkun notar hún 18,7 tonn gufu/klst (skv. kafla 4.1).
 Ef keyptur er gufuketill um leið og skipt er yfir í
 gufupurrkun.

kolaketill kostar:

$$1,40 * 5 * (3.200 + 250 * (18,7 - 8)) = 41,1 \text{ milljónir ískr.}$$

olíuketill kostar:

$$1,40 * 5 * (1.200 + 100 * (18,7 - 8)) = 15,9 \text{ milljónir ískr.}$$

olíuketill kostar um 40% af verði kolaketilsins.

Í samanburði sem gerður var í kafla 2.4 á verði mismunandi
 orkugjafa, kostaði olía um tvisvar- til þrisvarsinnnum meira
 en kol. Þegar það er tekið með má kolaketillinn vera nokkru
 dýrari.

Verksmiðja sem tekur á móti 40.000 tonnum af hráefni, notar
 55 kg olíu á hvert tonn og greiðir fyrir olíuna um 300
 \$/tonn af olíu.

$$\text{Árlegur olíukostnaður: } 55 * (300/100) * 40.000 = 660. \text{ þús } \$ \\
 (27 \text{ milljónir kr.})$$

Árlegur sparnaður með að nota kol verður

$$(1/2 - 2/3) * 660. \text{ þús } \$ = 330. - 440. \text{ þús } \$$$

(14-18 milljónir kr.)

Til viðbótar kemur sparnaður vegna hærri ketilnýtni um 11%
 ef nýtnin fer úr 80% í 90%

$$1.11 * 660. \text{ þús } \$ = 702.6 \text{ þús } \$ (3 \text{ milljónir kr.})$$

Þetta er sá sparnaður sem borgar upp olíuketillin.

$$\text{endurgreiðslutími } 15,9 / 3 = 5 - 6 \text{ ár}$$

Endurgreiðslutími kolaketils verður þá

$$41,4 / ((14 \rightarrow 18) + 3) = 2 - 3 \text{ ár miðað við gefnar forsendur.}$$

Ef skoðuð eru áhrif vaxta á hvað mikið hráefni þarf til að
 fjárfestingin borgi sig, tekinn er Capital Recovery Factor,
 skv. töflu 12 í kafla 5.1, fyrir 15% vexti á ári og
 endurgreiðslutíma 2 ár, CRF = 0,615 og að ef sparnaður sé
 jafngildur um 40 kg olíu/hráefnistonn, hvert tonn af olíu
 kosti 300 \$, kolaketillinn kostar uppsettur 41,1 milljón kr
 (1,000.000 \$) fæst að hráefnismagn til að þetta standist er
 51.300 tonn á ári.

$$\begin{aligned} \text{Hráefnismagn} &= (\text{CRF} * \text{FJÁRFESTING}) / (\text{olíu sparnaður} * \text{verð olíu}) \\ &= (0,615 * 1,000.000\$) / (40\text{kg/tonn hrá} * 0,3 \$/\text{kg}) \\ &= 51.300 \text{ tonn af hráefni á ári} \end{aligned}$$

Reiknað með 10% vöxtum annað óbreytt CRF = 0,576

$$\begin{aligned} \text{Hráefnismagn} &= (0,576 * 1,000.000\$) / (40\text{kg/tonn hrá} * 0,3\$/\text{kg}) \\ &= 48.000 \text{ tonn á ári} \end{aligned}$$

Sparnaður við að auka nýtni ketils úr 80% í 90% er um 5 - 6 kg olíu/hráefnistonn. (11 % * 55 kg olíu/hráefnistonn)

5.3 Rafmagnsframleiðsla með gufuhverfli

Með því að framleiða yfirhitaða gufu, $T = 250^\circ\text{C}$ (25 bör abs.) sem fer í gegnum gufuhverfil, þar sem þrýstingurinn fer niður í 6 bör abs. Væri hægt að framleiða meirihluta þess rafmagns sem verksmiðjan notar.

- Notum mótþrýstihverfil
- Ísentrópísk nýtni 80%
- Nýtni rafala 90%
- Gufa $T_1 = 250^\circ\text{C}$, $h_1 = 2878 \text{ kJ/kg}$, $s_1 = 6,404 \text{ kJ/kg}\times\text{K}$
- Gufa $T_2 = 159^\circ\text{C}$, $h_f = 670 \text{ kJ/kg}$, $h_{fg} = 2085 \text{ kJ/kg}$
 $s_f = 1,931 \text{ kJ/kg K}$, $s_{fg} = 4,821 \text{ kJ/kg}\times\text{K}$

$$P = \text{nýtni}(\text{ísen}) * mg * (h_1 - h_{2s})$$

P : afl frá hverfli (kW)

mg : massastreymi gufu (kg/sek)

() : mismunur á ísentrópískru enthalpy (kJ/kg)

$$P_{\text{út}} = \text{nýtni rafala} * P$$

Reiknað með ísentrópískri þennslu $\Delta s = 0$, $s_1 = s_{2s}$

$$\begin{aligned} x_{2s} &= (s_{2s} - s_f) / s_{fg} \quad : \text{þurrstig gufu frá hverfli} \\ &= (6,404 - 1,931) / 4,821 \\ &= 0,93 \end{aligned}$$

Enthalpy gufu frá hverfli er þá:

$$\begin{aligned} h_{2s} &= h_f + x_{2s} * h_{fg} \\ &= 670 + 0,93 * 2085 \\ &= 2610 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Afl frá hverfli:

$$\begin{aligned} P_h &= mg * 80\% * (2878 - 2610) \\ &= mg * 214 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Afl frá rafal:

$$\begin{aligned} P_r &= \text{nýtni} * P \\ &= 90\% * mg * 214 \text{ kJ/kg} \\ &= mg * 193 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Upplýsingar um verð á gufuhverfli fengust hjá Hitaveitu Reykjavíkur, um gufuhverfilinn á Nesjavöllum.

Lýsing:

Thomassen - Elliott hverfill með rafal og Woodward gangráð, ásamt öllum fylgihlutum (skid mounted)

skráð afl : 300 kW út á klemmu

spenna : 380 V - 3 fasa

snúningshraði : 3000 sn/mín (án niðurgírunar)

Hönnuð fyrir lægri þrýsting, turbínuhjól og hús utan um hjólið eru öðruvísi en hér, en að öðru leiti eins.

FOB-verð haustið 1979 110.000 hollensk gyllini

Reiknað með 10% verðbólgu á ári í Hollandi

FOBverð júní 1986 : $(1,1)^5 * 110.000 = 190.000$ gyllini

1 hollenskt gyllini = 16,5 kr

FOB-verð 1986 $(12 * 190.000) = 2.610$ þús kr

15% flutningar, trygginar, ofl. 500 þús kr

40% tollur, söluskattur og uppsetn. 780 þús kr

samtals 3.890 þús kr

(95. þús \$)

Nálga stofnkostnað gufuhverfils með:

3.890 þús kr/300 kW um 12. hús kr/kW

Til að framleiða 300 kW af rafmagni þarf hverfillinn

$mg = 300 \text{ kW} / 193 \text{ kJ/kg}$

$= 1,55 \text{ kg/sek} (5,6 \text{ tonn gufa/klst})$

Orkan sem þarf til að hita gufuna upp úr 160°C í 250°C er

$= (h_1 - h_{2s}) / \text{nýtni ketils}$

$= (2878 - 2610) / 90\%$

$= 300 \text{ kJ/kg gufu}$

Dæmi: Verksmiðja með afköst 500 tonn/dag hefur afltopp 500 kW. Rafmagnsframleiðsla um 300 kW eru því um 60% af aflþörfinni, gerum ráð fyrir að hún noti 30 kW/hráefnistonn, framleiðum um $60\% * 30 \text{ kW/hráefnistonn} = 18 \text{ kW/hráefinstonn}$.

Ef verksmiðjan tæki á móti um 40.000 tonnum á ári af hráefni yrði árlegur vinnslutími hennar $(40.000 \text{ tonn} / 500 \text{ tonn} / 24 \text{ klst})$
 $= 1920 \text{ klst} (3 \text{ mánn})$ skv. töflu 7 miðað við 2000 klst, þarf

verksmiðja þessi að greiða 4,12 kr/kwh um 99 mills/kwh fyrir rafmagnid sem hún notar.

Ef hægt er að framleiða 18 kWst/hráefnistonn, verður árlegur sparnaður

$$(40.000 \text{ hr.tonn} * 18 \text{ kWst/hr.tonn} * 0,099\$/\text{kWst}) = 71.280 \$$$

(2.930 þús kr.)

Hins vegar þarf orku til að framleiða yfirhitaða gufu,
300 kJ/kg og 1,55 kg/sek = 465 kJ/sek

nýtni ketils 90% og orkugildi olíu 40 MJ/kg

olíunotkun $465/(90\%*40.000)=0,013$ kg olíu/sek (46,8 kg/klst)

vinnslutíminn er 2000 klst,

olíukostnaður: $2000 * 46,8 * 300/1000 = 28.080 \$$

Ef notuð væru kol væri kostnaður 1/3 - 1/2:

$$(1/3 - 1/2) * 28.080 = 9.400 - 14.040 \$$$

Samkvæmt þessu sést að nettó sparnaður með framleiðslu rafmagns er.

Sparnaður í rafmagnskostnaði\$	71.280	71.280	71.280
Aukin orka			
- olía (300 \$/tonn)	\$ -28.000		
- olía (200 \$/tonn)	\$	-18.670	
- kol	\$		-14.040
Nettó sparnaður \$	43.280	51.610	57.240
(milljónir kr.)	1,8	2,2	2,4
Endurgreiðslutími: ár	2,2	1,8	1,7

Ekki er tekin með aukakostnaður við ketil til að framleiða yfirhitaða gufu og kostnaður við breytingar yfir í notkun á kolum.

5.4 Stofnkostnaður fyrir fullkomnasta búnað verksmiðju

Upplýsingar um verð á búnaði fyrir verksmiðju með afköst um 500 tonn/dag, fengnar hjá BRØDR HETLAND AS.

Tækin eru hráefnisforhitari, gufupurrkari og þriggja þrepa soðgufunartæki, sem hægt er drífa með afgasi frá þurrkara. Reiknað er með að allt hreint þéttivatn fari aftur til ketils, sem fæðivatn. Til viðbótar þarf verksmiðjan nýjan ketil. Reikna með að ofan á FOB-verðið bætist 50% vegna flutnings, trygginga, tolla, gjalda, breytingar á húsnæði ofl.

Viðmiðunar gengi: 1 Nkr. = 5,5 ískr.

1 stk. Hráefnisforhitari með snigli HIK 0914

afköst : 25 tonn/klst

upphitun : $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$

hit aflötur : $A = 76.6 \text{ m}^2$

efni : Ryðfrítt stál SIS 2333

FOB-verð: 965.900 Nkr.

: 5.310. þús kr.

2 stk. Hetlandgufupurrkarar

samtals afköst: 5.900 kg eim/klst

rafmótor : 2 * 110 kW

efni : Ryðfrítt stál í belg, ytra byrði einangrað

2 stk. FOB-verð: 3.950.000 Nkr.

: 21.730. þús kr.

1 stk. 3-þrepa soðgufari (fallandi filmupétting)

afköst : 15.000 kg eimur/klst

vinnusvið : 7 -> 35% þurrefni í soðkjarna

efni : Ryðfrítt stál

FOB-verð: 2.420.000 Nkr.

samtals FOB-verð í nkr. : 11.370. þús Nkr.

SAMTALS FOB-VERÐ : 40.350. þús ískr.

Til viðbótar þarf nýjan gufuketil

afköst:

sjóðari 70% * 170 kg gufu/tonn * 25 tonn/klst. = 3 tonn/klst

þurrkari 1,20 kg gufa/kg eim * 5.900 kg eim/klst = 7,1 tonn/klst

samtals = 10,1 tonn/klst

Töp 10% = 1 tonn/klst

samtals = 11,1 tonn/klst

FOB-verð á gufukatli:

kolaketill 5 * (3.200 + 250 * (11,1-8)) = 19.880 þús. ískr.

olíuketill 5 * (1.200 + 100 * (11,1-8)) = 7.550 þús. ískr.

SAMTALS FOB-VERÐ MEÐ KOLAKATLI : 60.230. þús kr.

AUKAKOSTNAÐUR 50% : 30.120. þús kr.

SAMTALS : 90.350. þús kr.

SAMTALS FOB-VERÐ MEÐ OLÍUKATLI : 47.900. þús kr.

ANNAR KOSTNAÐUR 50% : 23.950. þús kr.

SAMTALS : 71.850. þús kr.

sparnaður með forhitun á hráefni 2 - 4 kg olíu/hráefnistonn	
3-glatgufun	13 - 17 kg olíu/hráefnistonn
nýtingu þéttivatns	<u>4 - 7 kg olíu/hráefnistonn</u>
samtals	<u>19 - 28 kg olíu/hráefnistonn</u>

Olíunotkun verksmiðju, verður 27 - 36 kg olíu/hráefnistonn, meðaltal 32 kg olíu/hráefnistonn (miðað við verksmiðju sem notaði 55 kg olíu/hráefnistonn fyrir breytingu.)

Olíukostnaður við vinnslu á hráefni lækkar um 42 % .

Ef hins vegar væri farið út í notkun á kolum í stað olíu í nýju verksmiðjunni, (miðað við að orkueining í kolum kosti 1/3-1/2 af því sem hún kostar í olíu) og nýja verksmiðjan noti 32 kg olíu/hráefnistonn.

Orkukostnaður með notkun á kolum ætti að lækka um 50-65 % miðað við að nota olíu.

Áætlaður endurgreiðslutími :

a. verksmiðja með olíukatli kostar 71.850.þús kr (1750.þús\$) sparnaður í olíukostnaði miðað við 40.000 tonn af hráefni á ári og eyðslu úr 55 í 32 kg oliu/hráefnistonn.

* sparnaður fyrir olíuverð (300\$/tonn): 264. þús \$

- endurgreiðslutími: 6,6 ár

* sparnaður fyrir olíuverð (200\$/tonn): 176. þús \$

- endurgreiðslutími: 9,9 ár

b. verksmiðja með kolakatli kostar 90.350 þús kr.(2200.þús\$)

* sparnaður við að nota kol og sparneytnari búnað miðað við vinnslu á 40.000 tonnum á ári: 532.þús\$

- endurgreiðslutími: 4,1 ár

6. NIÐURSTÖÐUR

Í fáum orðum er niðurstaða athugunarinnar sú, að breyta eigi fiskimjölsverksmiðjum þannig að þær geti notað kolahræru (coal-sludge) eða olíu eftir því hvort sé hagstæðara á hverjum tíma, jarðvarma ef þess er nokkur kostur, og framleiða rafmagn með gufuhverfli. Breytingu úr olíu- yfir í kolaketil á að framkvæma í samræmi við aðrar breytingar á verksmiðjunni, breyting úr eld- yfir í gufupurrkun kallar á stærri ketill, notkun á afgasi frá þurrkara til soðgufunar minnkar gufunotkun og síðast en ekki síst ef framleiða á rafmagn með yfirhitaðri gufu, þarf ketil sem þolir hærri þrýsting og brennir bæði kolum og olíu. Skipta þarf á eldþurrkun og óbeinni hitun (gufupurrkun), til að geta notað kol við þurrkunina í stað olíu og til að framleiða betra mjöl.

Setja verður strangar arðsemiskröfur fyrir fjárfestingum í fiskimjölsiðnaði þar sem hráefnisöflun er ótrygg. Hámarks endurgreiðslutími fjárfestinga sé 4 - 5 ár.

Sparnaður með nokkrum breytingum á búnaði.

Nýting glatvarma:

- hráefnisforhitun	2 - 4 kg olíu/hráefnistonn
- 1 - þrepa glatgufun	6 - 7 - " -
- 2 - brepa glatgufun	11 - 14 - " -
- 3 - þrepa glatgufun	13 - 17 - " -
Einangrun á lögnum og tönkum ..	2 - 8 - " -
Hærri ketilnýtni (80->90%)	5 - 6 - " -

svartolíuverð

Endurgreiðslutími fjárfestinga	(300\$/tonn)	(200\$/tonn)
nýting glatvarma	4 - 5 ár	6 - 8 ár
skipta um ketil		
* nota áfram olíu	4 - 5 ár	6 - 8 ár
* nota kol í stað olíu	1 - 2 ár	
framleiða rafmagn með gufuhverfli		
* nota olíu	1 - 2 ár	2 - 3 ár
* nota kol	1 - 2 ár	2 - 3 ár

setja upp verksmiðju með fullkomnum búnaði og nýjum katli		
* nota olíu	5 - 7 ár	8 - 10 ár
* nota kol	3 - 5 ár	5 - 8 ár

Aðrar niðurstöður:

Rafmagnsverð sem verksmiðjan þarf að greiða er um 50 - 130 mills/kWst, eftir árlegum vinnslutíma. Það var tvisvar til þrisvar sinnum ódýrara að nota kol í stað olíu (300\$/tonn) en eins og málin standa í dag borgar það síg varla.

Orkunotkun hjá fiskimjölsverksmiðjum hér á landi var á síðasta ári 40 - 60 kg olíu/hráefnistonn og 27 - 40 kWh/hráefnistonn af rafmagni og hafði lækkað eitthvað frá 1978.

Á síðast liðnum mánuðum hefur olíuverð lækkað mikið, þessi lökkun hefur þau áhrif að endurgreiðslutími fyrir orkusparandi búnað er lengist.

7. LOKAORÐ

Íslenskur fiskimjölsiðnaður verður ekki samkeppnisfær við annan innlendan fóðuriðnað í náninni framtíð nema hart verði brugðist við, tæki og búnaður í verksmiðjum endurnýjaður þannig að hægt sé að framleiða fóður í þeim á hagkvæman hátt með betri orkunýtingu og mjöl með betri gæðum. Búast má við að hráefnisverð hækki með aukinni samkeppni við t.d. meltuvinnslu. Með betri búnaði má minnka töluvert þá mengun sem kemur frá verksmiðjunum og bæta hráefnismeðferð. Einnig er mikilvægt að verksmiðjunum verði breytt þannig að hægt sé að vinna í þeim meltufóður og lengja þannig árlegan vinnslutíma þeirra.

Æskilegt hefði verið að kanna betur nokkur atriði, en frekar var leitast við að gera forathugun á því hvað bæri helst að gera til að tryggja framtíð þessa iðnaðar. Það síðar verður farið nánar út í einstaka þætti eins og kolanotkun. Í gangi eru tilraunir í samvinnu við Síldarverksmiðjur Ríkisins, en endanlegar niðurstöður liggja ekki fyrir þegar þetta er ritað. Einnig er verið að leita óformlegra tilboða í búnað til rafmagnsframleiðslu með gufuhverfli, gufupurrkara, katla og fleiri búnað

Endanlegar ákvarðanir verður síðan að taka eftir að gaumgæfilegar athuganir hafa farið fram á einstökum þáttum.

Skýrsla þessi byggir að mestu leyti á lokaverkefni í vélaverkfræði 1985 við Háskóla Íslands, ORKUNOTKUN Í FISKIMJÖLSIÐNAÐI. Skýrslan var unnin af Hannesi Árnasyni hjá Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins undir handleiðslu þeirra Sigrjóns Arasonar deildarverkfræðings hjá Rf og Valdimars K. Jónssonar prófessors við Háskóla Íslands.

HEIMILDASKRÁ :

- (1) Hannes Árnason (1985)
Orkunotkun í fiskimjölsiðnaði
Lokaverkefni í vélaverkfræði 1985, Háskóli Íslands
- (2) FAO (1984)
1982 Yearbook of of fishery statistics vol 55
Rome 1984, skýrsla
- (3) Fiskifélag Íslands (1985)
Útvegur 1984,
Reykjavík 1985,
- (4) Björn Dagbjartsson (1979)
Loðnuverksmiðjur
Reykjavík jan. 1979,
Rannsóknastofnun fiskiðnarins og Framkvæmdastofnun
- (5) Geanakoplis, C.J (1983)
Transport process and unit operatoins 2. edition,
Boston 1983, ALLYN AND BACON
- (6) Geir Þórólfsson (1976)
Athugun á notkun jarðvarma til reksturs
fiskimjölsverksmiðju,
Lokaverkefni í vélaverkfræði 1976, Háskóli Íslands
- (7) Geir P. Zöega (1983)
Orkunýting þurrkara og möguleikar á að bæta
nýtinu þeirra, Erindi á ráðstefnu: Orkunotkun og
orkusparnaður 28-29.1 1983
- (8) IAFM (1979, '81 og '83)
News summary no. 46,50 og 51, UK, fréttarit
International Association of Fish Meal Manufactures
- (9) Jón Reynir Magnússon (1985)
Fiskimjölsframleiðslan 1984,
ÆGIR 85(3):82-84
- (10) Loðnunefnd
Loðnuveiðar, 1978, '79, '80, '81
skýrslur, Reykjavík 1979- 1982,
- (11) Karl Ragnars (1982)
Verð á jarðgufu frá háhitasvæðum
0S82045/JHD06, Reykjavík 1982
- (12) Ólafur Árnason (1976)
Nýting varma í fiskimjölsverksmiðju,
Lokaverkefni í vélaverkfræði 1976, Háskóli Íslands
- (13) Petersen, Dr. E. Ettrup (1983)
Fuel economy in the fish meal industry,
grein í IAFM PROCESSING BULLETIN No. 1, UK júlí 1983
- (14) Gjaldskrá maí 1986
Reykjavík 1986, Rafmagnsveitur Ríkisins

- (15) Raznjevic, R. (1976)
Handbook of thermodynamic tables and charts,
New York 1976, McGRAW-HILL
- (16) Sigurjón Arason ofl. (1984)
Meltuvinnsla
Tæknitíðindi Rf nr.152, Reykjavík 1984
- (17) Upplýsingar um verð á kolum
Sementsverksmiðja Ríkisins, munnlegar upplýsingar
- (18) Trausti Eiríksson (1977)
Athugun á orkunýtingu í íslenskri fiskimjölsverksmiðju
Tæknitíðindi Rf.nr.98, Reykjavík 1977
- (19) Valdimar Kr. Jónsson (1980)
Fiskimjölsverksmiðjur - orkunotkun,
ÆGIR 80(7): 373-378
- (20) Þorbjörn Karlsson (1982)
Orkuvinnsla á háhitasvæðum,
fjölrit, Háskóli Íslands 1982
- (21) Wark, Kenneth (1977)
Thermodynamic 3. edition,
New York 1977, McGRAW-HILL
- 22) West, James (1985)
Disc-bowl centerifuges,
Chemical engineering vol 92 no. 1 bls. 69 -73
- (23) White, J.A. og fleiri (1977)
Principles of engineering economic analysis,
New York 1977, JOHN WILEY & SONS

ÝMIS FRAMSÖGUERINDI Á RÁÐSTEFNUM

- (24) ENERGIÖKONOMISERING PÁ FISKMELSFABRIKKER
Kaupmannahöfn 1984, ráðstefna 26 - 29.9 1984,
ráðstefnugögn gefin út af Nordisk Ministerrad
- (25) ORKUNOTKUN OG ORKUSPARNAÐUR, Reykjavík 1983
ráðstefna 28-29.1 1983

UPPLÝSTINGAR FRAMLEIÐENDA

- AALBORG, ATLAS STORD, BRQDR HETLAND, NOVO, SAAS, WIEGAND

Fjölritunarstofa
Daniels Halidórssonar

