

ORKUSTOFNUN

Jarðhitadeild

Jarðhitadeild
GREINASAFN

12/1978

NOKKUR ATRIÐI ER VARÐA ÚTFELLINGAR

Í FYRIRHUGAÐRI SALTVERKSMÍÐJU

Á REYKJANESI

Jón Steinar Guðmundsson

NOKKUR ATRÍÐI ER VARÐA ÚTFELLINGAR

Í FYRIRHUGAÐRI SALTVERKSMÍÐJU

Á REYKJANESI

Jón Steinar Guðmundsson

ÁGRIP

Sagt er frá Undirbúningsfélagi um saltverksmiðju á Reykjanesi, og starfsemi félagsins fram til þessa rakin. Saltvinnslu úr jarðsjó er lýst, og gerð er grein fyrir helstu útfellingavandámum tengdum slíkri vinnslu. Um er að ræða þrennskonar útfellingar: Kalk í borholu, kísill í vinnslutækjum og saltefni í kristallara. Fjallað er um hin ýmsu vinnsluþrep saltverksmiðju með tilliti til útfellinga og þeirra tæknilegu atriða, sem leysa þarf áður en endanleg verksmiðja verður hönnuð. Ýmislegt bendir til þess, að við endalok fyrirhugaðrar tilraunastarfsemi, verði tæplega komin nægileg reynsla á kísilsetjun, saltkristöllun og hreinsum, til að ráðast í hönnun endanlegrar verksmiðju. Svo virðist, sem tilraunaverksmiðjan sé stærri en eðlilegt þykir með tæki, sem á einungis að nota í tilraunaskyni. Vegna fyrir-sjáanlegra útfellingavandamála saltframleiðslu úr jarðsjó, er þeirri hugmynd varpað fram, hvort ekki væri hagkvæmast að framleiða fisksalt úr venjulegum sjó á Reykjanesi.

EFNISYFIRLIT

	bls.
ÁGRIP	ii
INNGANGUR	1
SALTVERKSMIÐJA	2
ÚTFELLINGAR	3
TILRAUNAVERKSMIÐJA	4
UMFJÖLLUN	4
NIÐURLAG	10
HEIMILDIR	12
EINTAKASKRÁ	13
MYNDIR	14

INNGANGUR

Ráðgert er að reisa og reka tilraunaverksmiðju á Reykjanesi til undirbúnings að byggingu og rekstri saltverksmiðju. Þessi starfsemi er á vegum "Undirbúningsfélags um saltverksmiðju á Reykjanesi" sem var stofnað samkvæmt lögum nr. 47/1976 frá Alþingi.

Væntanleg saltframleiðsa felur í sér nokkuð sérstæða nýtingu á jarðhita og jarðefnum. Gufuhluti borholuvökvans verður skilinn frá og notaður til að eima jarðsjóinn og framleiða úr honum fisksalt og jafnvel önnur efni. Þessi vinnsla fer fram í tækjum sem ekki hafa verið reynd við jarðhitaaðstæður nema að litlu leyti. Það er því viðbúið, að áður en ráðist verður í framkvæmd þurfi að leysa tæknileg vandamál, sem eru nátengd eðli jarðsjávarins og eiginleikum jarðhitasvæðisins á Reykjanesi.

Innan jarðhitadeildar Orkustofnunar starfar undirdeild - vinnslutækni-deild - sem fjallar sérstaklega um verkfræðileg vandamál, er varða nýtingu jarðhita. Starfsemi deildarinnar beinist bæði að lausn tæknilegra vandamála í rekstri jarðvarmaveitna og athugunum og rannsóknum er varða tæknilega hlið jarðhitanytingar við hinar ýmsu aðstæður.

Tilgangur og markmið vinnslutæknideildar falla því vel að fyrirhugaðri starfsemi Undirbúningsfélagsins á Reykjanesi, sem tekur til vandamála tengdum eðli jarðsjávarins. Í ljósi þessa kemur til greina að vinnslutæknideild stuðli á einhvern hátt að því að tæknilegum markmiðum Undirbúningsfélagsins verði náð. Það var ákveðið, að deildin gerði einfalda athugun á væntanlegri tilraunastarfsemi á Reykjanesi, og að sérstök áhersla skyldi lögð á hugsanleg útfellingavandamál, í hinum ýmsu tækjum saltvinnslunnar. Núverandi greinargerð nær ekki til vinnslueiginleika jarðhitasvæðisins á Reykjanesi.

Til upplýsingaöflunar var talað við Baldur Líndal, ráðgefandi efna-
verkfræðing, 26. janúar, 1978, og Guðmund Einarsson, formann Undir-
búningsfélagsins, 7. febrúar, 1978. Einnig var stuðst við ýmsar skýrslur
og greinar.

SALTVERKSMIÐJA

Undirbúningsfélagið hefur komist að þeirri niðurstöðu að ekki sé ráðlegt að byggja 250.000 tonna saltverksmiðju eins og lokaskýrsla Rannsóknaráðs frá 1972 gerir ráð fyrir. Félagið stefnir að því að framleiða salt fyrir íslenskan markað einungis. Þessi markaður mun vera um 50.000 tonn á ári. Við núverandi aðstæður telur stjórn Undirbúningsfélagsins, að 60% markaðshlutdeild sé ekki óeðlileg og er því miðað við saltverksmiðju sem getur framleitt um 30.000 tonn á ári. Þessi tonnafjöldi er jafnframt það magn sem búist er við að hola 8 á Reykjanesi geti afkastað.

Ekki er gert ráð fyrir því, að fyrirhuguð saltverksmiðja framleiði önnur efni en fisksalt til að byrja með. Þó hefur komið til umræðu að setja affallslög verismiðjunnar í safnþró og framleiða kalí í áburð seinna meir. Tilraunaverksmiðjan miðast því einvörðungu við það að nægilegar upplýsingar verði fyrir hendi að unnt verði að hanna 30.000 tonna saltverksmiðju.

Flæðirit af 30.000 tonna saltverksmiðju liggur ekki fyrir. Hinar ýmsu skýrslur og greinar gefa þó vísbendingu um mikilvægustu vinnsluþrepin. Mynd 1 sýnir hugsanlega vinnslurás saltverksmiðju. Þessi mynd er að hluta til byggð á grein Baldurs Línadal frá 1975.

Við saltvinnslu er jarðsjórinn eimaður allt að mettunarmörkum natríumklóríðs, sem jafngildir u.þ.b. tífoldun á styrkleika uppleystra efna. Eftir eimun fer lögurinn í setjun, þar sem kísilagnir myndaðar við eimun eiga að falla til botns. Við botnfall kísilsins verður lögurinn tær og fer næst í kristöllum. Kristöllum byggir á frekari uppgufun vatns (eimun) þar sem lögurinn verður yfirmettaður af natríumklóríði og saltkristallar myndast. Kristöllumin má ekki ganga það langt að önnur efni svo sem kalíklóríð og/eða kalsíumklóríð kristallist líka. Kristallarar eru að jafnaði þannig smíðaðir, að eimaði lögurinn skilst frá kristallaða efninu. Eftir kristöllum er efnið þvegið til að ná úr því óhreinindum. Síðan er það þurrkað og kornað og gert tilbúið til afgreiðslu.

ÚTFELLINGAR

Vinnslufyrirkomulag fyrirhugaðrar saltverksmiðju á Reykjanesi ræðst fyrst og fremst af þeim takmörkunum sem útfellingar valda. Helstu útfellingavandamálin eru tilkomin vegna þess, að verið er að nýta heitan jarðsjó. Saltvinnsla úr venjulegu sjóvatni fer fram með öðrum hætti, en fyrirhugað er á Reykjanesi, og eru útfellingavandamál við slíka vinnslu ekki eins umfangsmikil.

Tala má um þrennskonar útfellingavandamál er varða saltvinnslu úr jarðsjó: Kalk í borholum, kísil í vinnslutækjum og ýmis saltefni í kristallara. Djúpvatnið á Reykjanesi er mettað af kalki og kvarsí. Þegar heiti jarðsjórinn streymir upp djúpar borholur byrjar suða vegna minnkandi þrýstings. Við þessa suðu raskast efnajafnvægi kalksambanda og jarðsjórinn verður yfirmettaður af kalki. Í borholu 8 á Reykjanesi er talið að umframkalkið falli út og myndi hart útfelli. Þetta útfelli vex með tíma og stíflar holuna smátt og smátt. Þótt skilningur sé fyrir hendi á orsökum kalkútfellinga er ekki vitað um aðferð til að fyrirbyggja eða losna við þær með núverandi tækni. Hins vegar er hægt að bora út (hreinsa) útfellingar, sem myndast í borholum.

Kísil- og kalkútfellingar eru í eðli sínu nokkuð frábrugðnar. Kalkútfellingar ganga greiðlega fyrir sig og mynda útfelli þar sem yfirmettun á sér stað. Kísilútfellingar, aftur á móti, ganga hægar fyrir sig og dreifast miklu víðar. Þetta er ein ástæðan fyrir því að kalkútfellingar verða aðallega í borholum en kísilútfellingar í leiðslum og hinum ýmsu vinnslutækjum.

Djúpvatn jarðhitakerfa er mettað af kísli samkvæmt uppleysanleika kvars. Þetta er aðeins eitt form kísils, opal er annað. Opal hefur meiri uppleysanleika er kvars. Við yfirmettun kvars, sem verður við fyrstu suðu í borholu eins og kalkyfirmettun, fellur enginn eða hverfandi lítill kísill út. Talið er, að við jarðhitaaðstaður byrji kísilútfellingar ekki fyrr en opalmettun er náð. Þessi staðreynd er ein forsenda þess að hægt sé að nýta háhitasvæðin í dag. Til að forðast kísilút-

fellingar í borholu- og skiljubúnaði, er ráðlegt að skiljubrýstingur sé aldrei lægri en sem samsvarar opalmettun.

Þriðja útfellingavandamál saltvinnslu er bein afleiðing þess, að verið er að eima jarðsjóinn. Saltið sjálft (natríumklóríð) er beinlínis fengið með því að eima jarðsjóinn að mettunarmörkum og láta saltið kristallast út. En það eru fleiri efni í heita sjónum en natríumklóríð. Nefna má kalíklóríð, kalsíumklóríð og ef til vill kalsíumsúlfat. Þessi og önnur efni geta borist með eiginlega saltinu og myndað þannig óæskileg óhreinindi.

TILRAUNAVERKSMIÐJA

Byrjað hefur verið á byggingu tilraunaverksmiðju Undirbuningsfélagsins á Reykjanesi. Í febrúar 1978 var búið að slétta athafnasvæðið við holu 8 og verið er að slá upp mótum fyrir grunni tilraunastöðvarinnar. Stöðvarhúsið verður 10x15 m stálgrindahús klætt álplötum. Keypt hafa verið 14 smáhýsi fyrir starfsemina. Stefnt er að því að stálgrindarhúsið verði tilbúið í apríl og að innréttingar taki einn mánuð. Það er fyrirhugað að setja tilraunatakkin í húsið í júní.

Ráðgert er að tilraunaverksmiðjan geti framleitt 2 tonn af salti, á sólahring. Sé miðað við 300 daga starfsár jafngildir þetta 1/50 af stærð endanlegrar verksmiðju. Vinnsalurás tilraunaverksmiðjunnar er sýnd á mynd 2. Framkvæmdir við hönnun og smíði hinna ýmsu tilraunatakja eru misjafnlega á veg komnar. Eimarnir hafa verið hannaðir af DSS Engineering Inc. í Florida og er verið að bjóða út smíði þeirra hérlendis. Ekki er vitað til þess að búið sé að hanna önnur tæki tilraunastöðvarinnar - til stendur að smíða þessi tæki sérstaklega og þá væntanlega á staðnum.

UMFJÖLLUN

Í þessum kafla verður fjallað um hin ýmsu vinnsluþrep fyrirhugaðrar tilraunasaltverksmiðjunnar á Reykjanesi. Þessi umfjöllun tekur sérstaklega til hugsanlegra útfellingavandamála, en einnig þeirra markmiða, sem

Undirbúningsfélagið hefur sett sér með starfseminni. Eitt af markmiðum félagsins er að láta framkvæma hvers konar viðbótarrannsóknir, sem það telur nauðsynlegar til undirbúnings að byggingu og rekstri saltverksmiðju. Stefnt er að því að hægt verði að fullhanna 30.000 tonna saltverksmiðju að loknum rekstri tilraunaverksmiðjunnar.

Árið 1971 fóru fram á vegum Rannsóknaráðs ríkisins tilraunir með eimun jarðsjávar á Reykjanesi. Enn helsti tilgangur þessa tilrauna var að kanna áhrif útfellinga á rekstur eima og annarra tækja. Tilraunirnar voru ekki samfelldar vegna þess að tækin voru stoppuð á kvöldin og um helgar. Auk þess þurfti að bæta jarðsjónum í tækin í skömmtum þar sem ekki voru aðstæður til stöðugar vinnslu. Á tilraunatímanum, sem var 440 klukkustundir, var meðal varmaflutningsstuðullinn u.þ.b. $3 \text{ kW/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Við aðstæður þar sem gufa hitar vatnsupplausnir er svona stuðull yfirleitt á bilinu $0,5\text{-}3,0 \text{ kW/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ samkvæmt handbókum. Þessar tilraunir lofa því góðu hvað varðar útfellingar á varmaflutningsfleti.

Hins vegar eru nokkur atriði er varða útfellingar við eimun, sem kanna þarf nánar. Vegna þess, að tilraunirnar voru ekki samfelldar og jarðsjónum var bætt í tækin í skömmtum, var lögurinn ekki alltaf eins "ferskur" og vænta má við stöðuga vinnslu. Það má því vera, að kísilyfirmettunin hafi ekki verið eins mikil og verður í væntanlegum framleiðslueimum. Annað atriði varðar tilraunatímann því, 440 klukkustundir eru ekki langur tími á mælikvarða kísilútfellinga. Tilraunir með varmaskipta í Svartsengi hafa sýnt að uppbygging útfellinga er fremur hæg. Þessar tilraunir vörðu í allt að 1000 klukkustundir. Útfellið, sem myndaðist, var mjög hart og var ekki hægt að ná því auðveldlega af með vírbursta. Það er því full ástæða til að hafa tilraunatímann á Reykjanesi sem lengstann.

Tilraunir Baldurs Línadal á vegum Rannsóknaráðs ríkisins 1971 sýndu, að kísilagnir/kísilkorn mynduðust þegar jarðsjórinn var eimaður. Þetta er atriði sem kanna þarf nánar. Gera þarf greinarmun á fjölliðun (myndun kollagna úr yfirmettuðum kísli) og myndun stærri korna (úr kollögnunum) sem botnfalla. Mælingar á uppleystum kísli sýna einungis hvernig fjölliðun gengur fyrir sig. Við eimun er æskilegt að yfirmettaði kísillinn myndi

stór botnfallandi korn sem fyrst. Það eru tvö atriði sem flýta fyrir að svo verði: Fjölliðun eykst með auknum hita (eimun verður við 100-150°C) og aukin selta veldur greiðari samruna kollagna við myndun botnfallandi korna.

Eftir eimun er ráðgert, að kísillinn botnfalli í sérstöku kerri eða þró. Mikil óvissa ríkir um þetta vinnsluþrep saltverksmiðjunnar. Rannsóknaráð lét framkvæma minniháttar tilraunir, sem sýndu að eitthvað af kísli botnféll auðveldlega á stuttum tíma. Í skýrslu DSS Engineering Inc. frá 1973 er greint frá tilraunum Office of Saline Water í Bandaríkjunum með afsöltun jarðsjávar. Tilraunaaðstæður voru ekki ósvipaðar og á Reykjanesi. Í öllum tilvikum botnféll kollaður kísill ekki til fullnustu við setjun og var talið, að bætiefni þyrfti, til að ná jarðsjónum tærum. Til greina kemur að aðskilja kísilkornin frá eimaða jarðsjónum með síun. Auk kísilagna (kollaður kísill) og kísilkorna (samrunnar kollagnir) í jarðsjónum eftir eimun er uppleystur kísill til staðar. Þó svo lögurinn verði tær við setjun þá heldur kísillinn áfram að falla út í einhverju mæli við frekari eimun. Þetta orsakast afmínkandi uppleysanleika með lakkandi hitastigi og frekari gufutapi við eimun, sem eykur styrkleika uppleystra efna.

Kristöllun saltsins fer fram við frekari eimingu á jarðsjónum. Þetta vinnsluþrep er eflaust eitt það vandasamasta í allri saltvinnslunni. Ekki er vitað til þess að framkvæmdar hafi verið tilraunir með kristöllun jarðsjávarsalta úr holu 8 á Reykjanesi. Í skýrslu DSS Engineering Inc. frá 1973 er bent á að framkvæma þurfi tilraunir með kristöllun og útfellingu saltefna úr jarðsjónum. Með kristöllun er hér átt við myndun saltkristalla (NaCl , KCl , CaCl_2) í jarðsjávarleginum. Með útfellingu saltefna er átt við myndun útfellinga á yfirborð tækja, sem síðan þarf að hreinsa reglulega.

Efnafræði jarðsjávarins er frábrugðin venjulegu sjóvatni. Kalí- og kalsíuminnihald jarðsjávarins er u.þ.b. fjórum sinnum meira en í sjóvatni. Hinsvegar er magn magníum og súlfats miklu minna í jarðsjónum.

Natríum í jarðsjónum er heldur minna. Magn klóríðs í sjó og jarðsjó, er svo til hið sama. Jarðsjórinn inniheldur mikið af uppleystum kísli - venjulegt sjóvatn inniheldur hverfandi magn kísils. Í fyrirhugaðri saltvinnslu úr jarðsjó, er gengið út frá því, að kísillinn hafi verið fjarlægður við setjun. Saltkristöllun úr jarðsjó verður því frábrugðin kristöllun saltefna úr sjóvatni þannig, að kalí- og kalsíumklóríð myndast væntanlega eftir minni uppgufun eða eimun. Það magn salts (NaCl), sem fæst úr hverjum lítra af jarðsjó, verður því ekki eins mikið og úr sjóvatni, án þess að fá önnur saltefni (t.d. KCl og CaCl₂) með. Væntanlega verður lítið af kísli, kalki og gífsi í eimaða jarðsjónum við kristöllun. Ekki er vitað um hvaða áhrif þessi efni geta haft á kristöllun og útfellingu saltefna í kristallara. Þar af leiðandi er það mikilvægt, að tilraunir með kristöllun salta úr heita jarðsjónum, verði framkvæmdar við skilyrði sem líkust endanlegum vinnsluskilyrðum. Jarðsjórinn er það frábrugðinn venjulegu sjóvatni, að óráðlegt er að byggja of mikið á tilraunum framkvæmdum annars staðar en á Reykjanesi.

Í skýrslu Rannsóknaráðs frá 1972 og skýrslu DSS Engineering Inc. frá 1973 kemur fram að salt er venjulega kristallað í tækjum ekki ósvipuðum eimum. Svo mun einnig verða í fyrirhugaðri 30 þús. tonna saltverksmiðju á Reykjanesi. DSS Engineering Inc. lagði til, að gerðar yrðu tilraunir með kristöllun og útfellingar, í kristallara af þeirri tegund, sem verður í endanlegri verksmiðju. Í tilraunaverksmiðjunni, sem verið er að reisa á Reykjanesi, verða tilraunataein ekki af þessari tegund. Tilraunakristallarinn verður af svokallaðri Grainer-tegund, sem er mjög frábrugðin venjulegum eimkristallara. Þar sem kristöllunin er eitt mikilvægasta vinnsluþrep saltvinnslunnar, er vert að athuga þetta atriði nánar.

Eimkristallarar eru áþekkir eimunum, sem sýndir eru á mynd 2. Mettaði lögurinn hringrásar um varmaskiptir og yfir í stórt eimhvolf. Í eimhvolfinu flassar lögurinn og saltið kristallast. Eðli kristallana fer eftir flóknu samspili varma- og massaflutninga í jarðsjávarleginum, og þeim óhreinindum sem eru til staðar. Saltið, sem kristallast úr mettaða leginum, má svo aðskilja á ýmsa vegu. Stærð og eðli saltkristallana fer aðallega eftir þeim vinnsluáðstæðum sem þeir myndast við.

Í Grainer-kristallara hringrásar lögurinn um varmaskipti og stórt ker. Í tilraunastöðinni verður yfirborð þessa kers u.þ.b. 3x8 m en dýptin fáeinir tugir sentimetra. Sjá mynd 2. Heiti jarðsjórinn rennur hægt eftir þessu kerri og gufar upp rólega. Saltefnin myndast við yfirborð jarðsjávarins, þar sem yfirmettunin á sér stað. Kristallarnir falla til botns og er rakað úr kerinu öðru hvoru. Grainer-kristallarar eru að öllu jöfnu einfaldari og ódýrari en eimkristallarar; hinsvegar eru þeir dýrari í rekstri. Samkvæmt fengnum upplýsingum verður Grainer-kristallarinn í tilraunaverksmiðjunnu smíðaður úr timbri og klæddur plasti til þéttingar. Varmaskiptirinn á að vera úr plaströrum til að forðast tæringar.

Það er álitamál, hvort hægt verði að nota þá reynslu, sem fæst við rekstur Grainer-kristallara, til hönnunar á eimkristallara. Til glöggvunar, þykir rétt að telja upp nokkur atriði, sem gera tilraunakristallarann og endanlegan eimkristallara frábrugðna: Þeir verða ekki smíðaðir úr sama smíðaefni; varmaskiptin fara fram með öðrum hætti; saltið myndast í öðruvísi umhverfi; aðskilnaður saltsins frá mettaða leginum verður ekki samskonar. Þetta eru atriði, sem ákvarða stærð endanlegs eimkristallara, gæði saltsins, útfellingar saltefna og tæringar, og aðra vinnslutæknilega þætti. Það er því útlit fyrir, að rekstur tilraunakristallarans hafi ekki í för með sér þá upplýsingaöflun, sem nauðsynleg má teljast til hönnunar endanlegrar verksmiðju.

Eftir kristöllum á að hreinsa óhreinindi úr saltinu. Þetta verður framkvæmt á þann veg að skola saltið með mettuðum saltlegi. Ekki er alveg ljóst hvernig þessi hreinsun verður framkvæmd í væntanlegri verksmiðju, né hvað er verið að hreinsa. Séu óhreinindin í föstu formi má hugsanlega síá þau frá saltleginum. Ekki er vitað um neinar tilraunir, sem gerðar hafa verið á þessu vinnsluþrepi.

Frágangur saltsins felur í sér þurrkun og kornun. Í endanlegri verksmiðju verður þetta eflaust framkvæmt í aðkeyptum tækjum því ekki er búist við neinum sérstökum vandamálum. Þar er hins vegar athyglisvert að í skýrslu Rannsóknarráðs frá 1972 um 250.000 tonna saltverksmiðju er minnst á nauðsyn þess að bæta kalsíumklóríði (CaCl_2) í saltið til að gera það nothæft við söltun á þorski.

Hér að ofan hefur verið fjallað um öll helstu vinnsluþrep saltvinnslu úr jarðsjó. Það er greinilegt að misjafnlega mikið er vitað um vinnsluþrepin. Því er nauðsynlegt að afla frekari vitneskju til að fullnægja tilgangi og markmiðum Undirbúningsfélagsins. Það er ekki ljóst hvort rekstur tilraunaverksmiðjunnar veiti nægilegar upplýsingar til hönnunar 30.000 tonna verksmiðju. Til að varpa ljósi á þetta vandamál hefur verið búinn til einfaldur mælikvarði fyrir þekkingu á hinum ýmsu vinnsluþrepum saltvinnslunnar úr jarðsjó. Þessi mælikvarði er og verður huglægur og ber því að nota hann með varúð.

Mælikvarðinn samanstendur af plúsmerkjum sem gefa til kynna þekkingu okkar á einstökum vinnslueiningum. Hér er átt við þekkingu og reynslu, sem þarf til að hanna og reisa saltverksmiðju á Reykjanesi. Einn plús (+) þýðir "engin eða lítil reynsla fyrir hendi", tveir plúsar (++) þýða "frekari reynsla þörf" og þrír plúsar (+++) þýða "nægileg reynsla fyrir hendi".

Á mynd 3 eru sýndir kassar fyrir helstu vinnslueiningar saltverksmiðju á Reykjanesi. Vinnslunni hefur verið skipt í 6 þrep eða einingar; skiljun, eimun, setjun, kristöllun, hreinsun og frágang. Þess skal getið að skiljun - aðskilnaður gufu og jarðsjávar frá borholu - er hér tekin með umfram það sem sýnt er á mynd 1, en þvottur og síun óhreininda eru sýnd á mynd 3 sem hreinsun.

Þekkingarmælikvarðanum hefur verið beitt á vinnslueiningar saltvinnslu. Plúsgjöfin byggir aðallega á þeirri umfjöllun sem fram kemur hér að ofan, í núverandi kafla. Á mynd 3 sést að skiljun er eina vinnslueiningin sem telja má að nægileg reynsla sé nú þegar fyrir hendi til að ráðast í framkvæmdir. Eimun fær plúsgjöf sem tekur tillit til þeirra tilrauna sem skýrt er frá í skýrslu Rannsóknaráðs frá 1974. Frágangur fær sömu plúsgjöf, því sú vinnslueining ætti að vera nokkuð aðgengileg. Setjun, kristöllun og hreinsun fá hinsvegar plúsgjöf sem samsvarar því að lítil sem engin reynsla sé nú þegar til staðar.

Tilgangur tilraunaverksmiðju Undirbúningsfélagsins er að sjálfsögðu að auka plúsgildi hinna ýmsu vinnslueininga. Starfsemin beinist því

einungis að þeim einungum sem hafa minna en þrjá plúsa - þannig er ekki fyrirhugað að gera neinar tilraunir með skiljun. Nú er matsatriði hvað fyrirhuguð tilraunastarfsemi getur bætt mörgum plúsgildum við þau, sem sýnd eru við upphaf starfrækslu tilraunaverksmiðjunnar á mynd 3. Í ljósi ofangreindrar umfjöllunar og þeirrar reynslu, sem fengist hefur á Reykjanesi, þykir eðlilegt að tilraunastarfsemin bæti einungis einu plúsgildi við núverandi þekkingu. Mynd 4 sýnir væntanlega þekkingu við endalok starfrækslu tilraunaverksmiðjunnar.

Skiljun, eimun og frágangur fá þrjú plúsgildi, sem þýðir að nægileg reynsla verði fyrir hendi. Hinsvegar fá setjun, kristöllun og hreinsun aðeins tvö plúsgildi, sem gefur til kynna, að við endalok fyrirhugaðrar tilrauna og rannsóknastarfsemi, verði frekari reynslu þörf til að hanna 30 þús. tonna saltverksmiðju.

Í kaflanum "Tilraunaverksmiðja" hér að framan, er sagt að framleiðsla tilraunaverksmiðjunnar verði 1/50 af endanlegri stærð 30.000 tonna verksmiðjunnar. Þetta er helmingi stærri tilraunaverksmiðja en yfirleitt er mælt með - hlutfallið 1/100 er venjulega talið eðlilegt fyrir eima og kristallara. Burtséð frá öllum þumalputtareglum segir almennt reynsla höfundar að tilraunataki af þeirri stærð sem hér um ræðir, sé allt of stór til að vera meðfærileg til rannsókna. Það er eðlilegt að breytinga þurfi við á tilraunatakjum við fengna reynslu í rekstri. Slíkar breytingar eru því erfiðari og kostnaðarsamari, sem tækin eru stærri. Það er almenn skoðun, að tilraunataki eigi að vera lítil og meðfærileg án þess að fórnar því vinnsluástandi, sem kemur til með að ríkja í endanlegu tækjum í fullri stærð.

NIDURLAG

Eins og fram kemur í núverandi greinargerð - og annars staðar þar sem fjallað er um sjóefnaiðju á Reykjanesi - eru útfellingar eitt helsta tæknilega vandamálið, sem leysa þarf, áður en ráðist verður í byggingu saltverksmiðju. Vandamál útfellinga eru aðallega tilkomin vegna þess, að verið er að nýta jarðsjó með óvenjulega efnasamsetningu. Útfellingar við saltverksmiðju úr venjulegu sjóvatni, eru alls ekki eins umfangsmiklar. Þar munar mestu um hið háa kísilinnihald jarðsjávarins.

Burtséð frá því hvernig útfellingavandamálið verður leyst, hlýtur sú lausn að kosta eitthvað. Það er augljóst mál, að væri enginn kísill í jarðsjónum, þyrfti enga setjun, og stofn- og rekstrarkostnaður saltframleiðslunnar yrði lægri. Í kísilsnauðum jarðsjó yrðu útfellingar við eimun einnig hverfandi.

Í núverandi greinargerð kemur fram, að kalí- og kalsíuminnihald jarðsjávarins, er u.þ.b. fjórum sinnum meira en í venjulegum sjó. Við kristöllun saltsins byrjar kristöllun kalí- og kalsíumklóríðs miklu fyrr. Ef þessi saltefni teljast óæskileg í framleiðslusaltinu, fást færri kíló af salti úr hverjum lítra af jarðsjó, vegna þess að henda þarf mettaða leginum, áður en kalí- og kalsíumklóríð byrja að myndast. Venjulegt sjóvatn hefur hagstæðari efnahlutföll hvað þetta snertir.

Tilgangur fyrirhugaðra tilrauna á Reykjanesi, er að afla tæknilegrar reynslu, til undirbúnings að byggingu og rekstri saltverksmiðju. Í ljósi núverandi greinargerðar virðist augljóst, að nýting jarðsjávar á Reykjanesi hafi í för með sér erfið tæknileg vandamál. Það hefur jafnframt komið fram, að framleiðsla fisksalts úr venjulegu sjóvatni, virðist ekki búa við jafn umfangsmikil útfellingavandamál og saltvinnsla úr jarðsjó. Saltframleiðsla, sem byggir á eimun venjulegs sjóvants, er stunduð víða um heim. Öll helstu tæknilegu vandamál slíkrar vinnslu hafa því verið leyst: Tæknin er þekkt og væntanlega aðgengileg. Það er skoðun höfundar, að athuga beri gaumgæfilega, hvort ekki væri hagkvæmast, að framleiða fisksalt á Reykjanesi úr venjulegum sjó. Varmi jarðhitasvæðisins yrði nýttur við eimun og kristöllun sjávarins, eins og lýst er m.a. í skýrslu Raforkumálasjóra frá 1950 eftir M.S. Patel. Það er athyglisvert að í þessari skýrslu er talað um 40.000 tonna saltverksmiðju fyrir innlendan markað einungis.

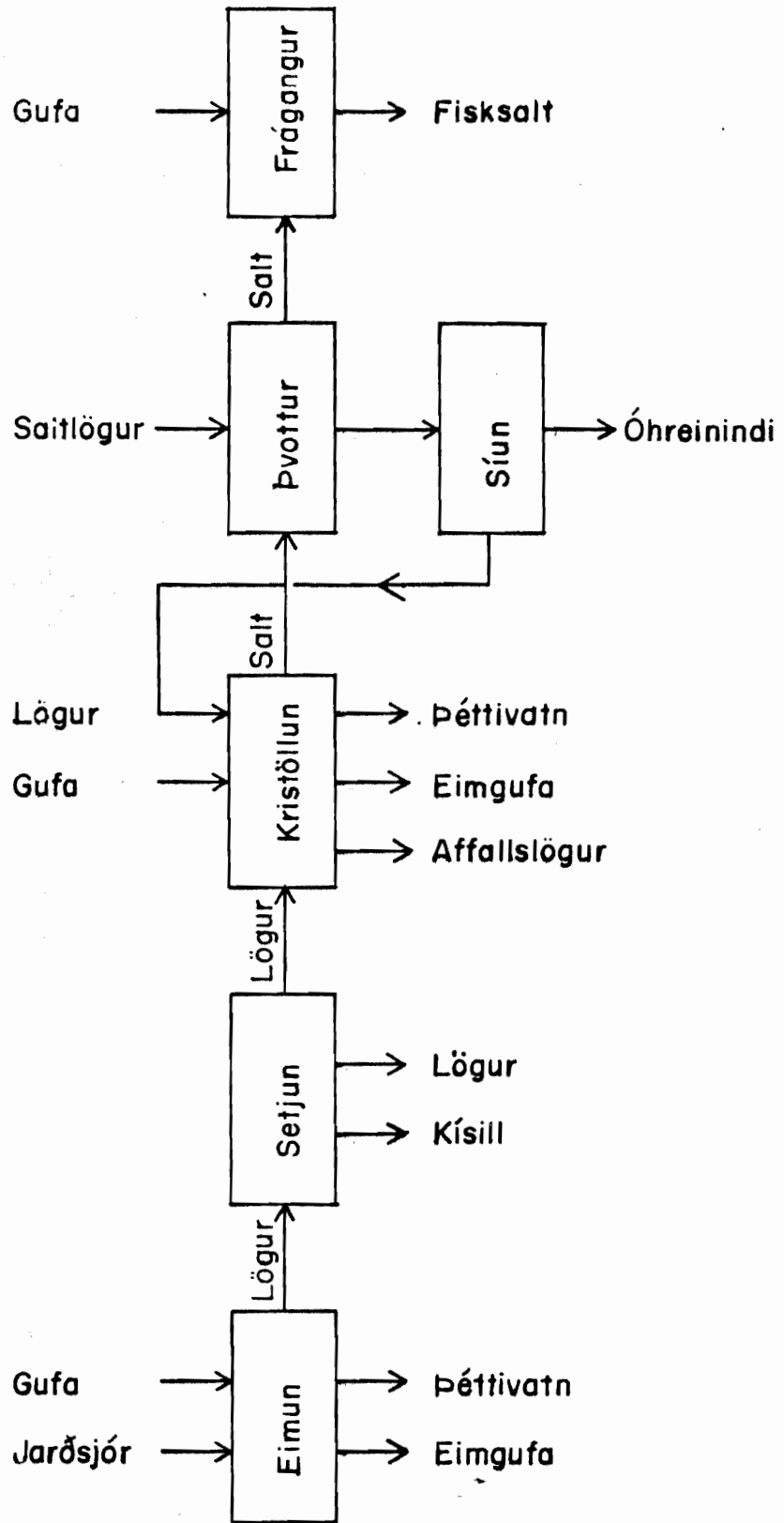
HEIMILDIR

1. "Report on the Possibility of Production of Salt in Iceland", M.S. Patel, Raforkumálastjóri, jarðhitadeild, Desember 1959.
2. "Saltvinnsla úr jarðsjó", Verkfræðistofa Baldurs Líndal, maí 1967.
3. "Chemical Engineering", J.M. Coulson og J.F. Richardson, Pergamon Press, 1968.
4. "Preliminary Design and Cost Estimate of Geothermal Brine Processing Plant at Reykjanes Iceland", DSS Engineering Inc., júlí 1973.
5. "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", Max S. Peters og Klaus D. Timmerhaus, McGraw Hill, 1968.
6. "250.000 Ton Salt Plant at Reykjanes", Vilhjálmur Lúðvíksson, Rannsóknaráð ríkisins, Rr-1-72, júlí 1972.
7. "Principles of Heat Transfer". Frank Kreith, Intext Educational Publihers, 1973.
8. "Concentrating of Geothermal Brine in an Experimental Evaporator - and the Removal of Silica", Baldur Líndal, Rannsóknaráð ríkisins, Rr-3-74, júní 1974.
9. "Development of Industry Based on Geothermal Energy, Geothermal Brine, and Sea Water in the Reykjanes Peninsuls, Iceland", Baldur Líndal, 2nd. U.N. Symp. Development Use of Geothermal Resources, San Francisco, maí 1975.
10. "Deposition - The Geothermal Constraint", Jón Steinar Guðmundsson, I.Chem. E. Symp. Ser. No. 48, apríl 1977.
11. "Precipitation of Calcite from Flashed Geothermal Waters in Iceland", Stefán Arnórsson, Proc, 2nd Int. Symp. Water-Rock Interactions, Strasboug, ágúst 1977.

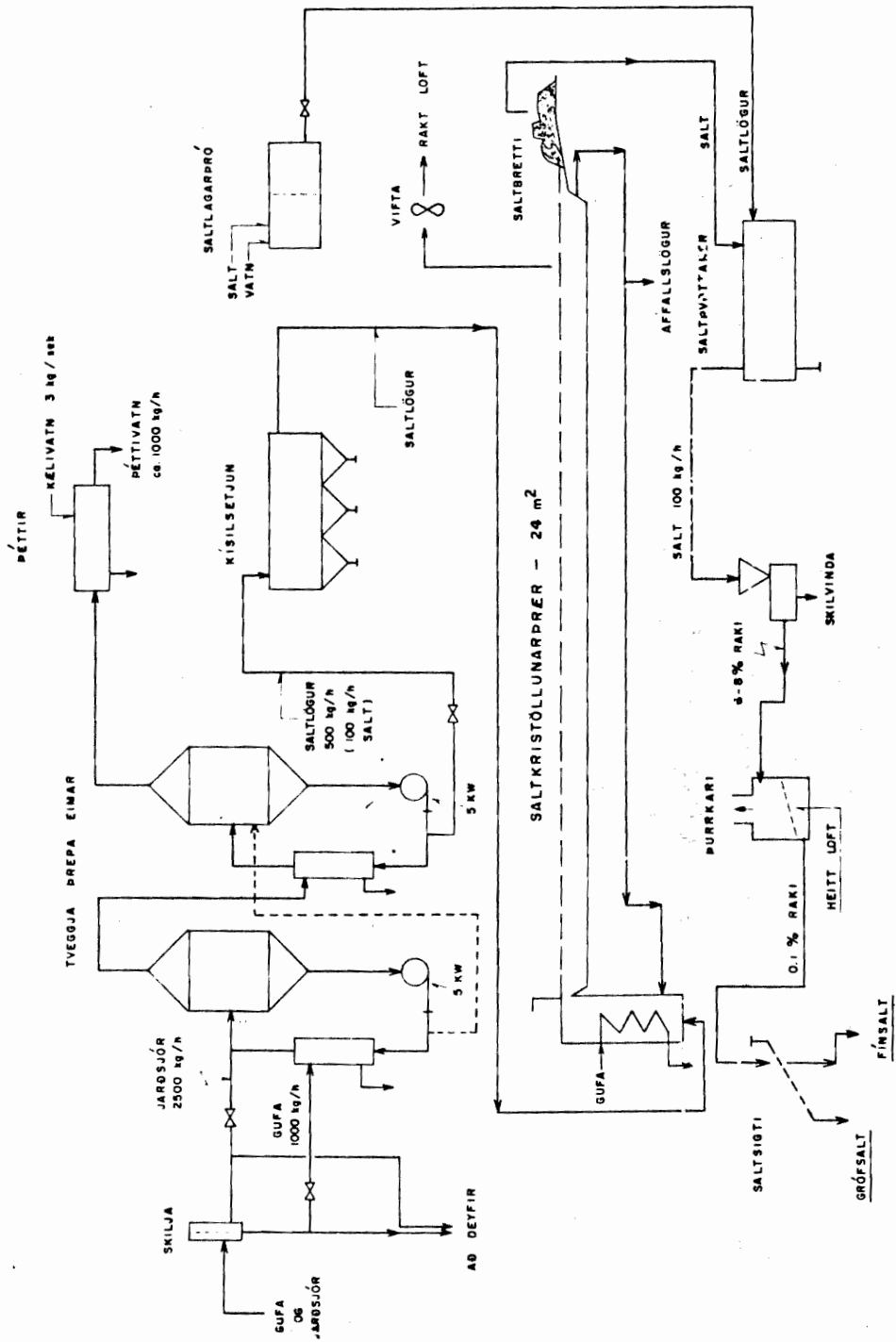
12. "Double Effect Evaporator Design Report", DDS Engineering Inc., september 1977.
13. "HOLA 8 á Reykjanesi", Sverrir Þórhallsson, Orkustofnun, OS-JHD-7730, október 1977.

EINTAKASKRÁ

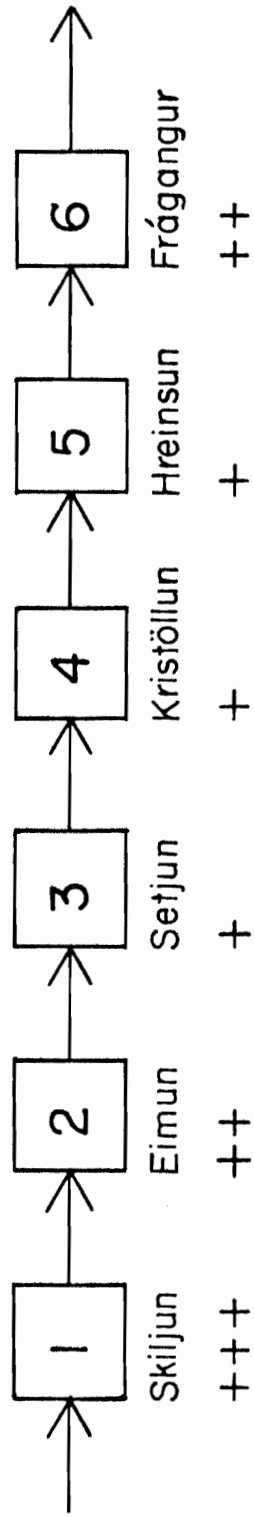
Undirbúningsfélagið	3
Orkustofnun, bókasafn	1
Jarðhitadeild, greinasafn	1
Baldur Líndal	1
Guðmundur Pálmason	1
Jón Steinar Guðmundsson	1
Karl Ragnars	1
Stefán Amórsson	1
Sverrir Þórhallsson	1
Iðnaðarráðuneytið - - - - -	3



MYND 1 - Hugsanlegt flæðirit saltverksmiðju



MYND 2 - Vinnsalurás tilraunaverksmiðju (B.L. 1977)



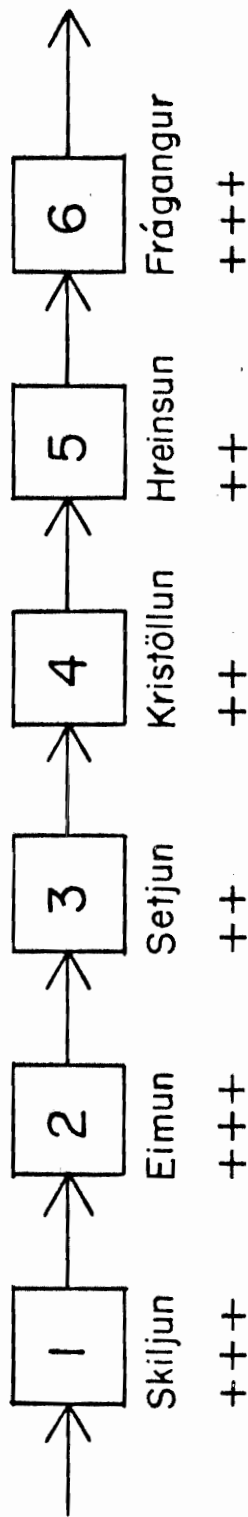
+ Engin eða lítil reynsla til staðar

++ Frekari reynsla þörf

+++ Nægileg reynsla fyrir hendi

MYND 3 - Þekking á einstökum vinnslueiningum saltvinnslu við UPPHAF

starfrækslu tilraunaverksmiðju.



+ Engin eða lítil reynsla til staðar

++ Frekari reynsla þörf

+++ Nægileg reynsla fyrir hendi

MYND 4 - Þekking á einstökum vinnslueiningum saltvinnslu við ENDALOK
starfrækslu tilraunaverksmiðju.