



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

VETNI, GRÓMUN OG KÍSILL
Ferð til Bretlands í mars/apríl 1979

Jón Steinar Guðmundsson

OS79O21/JHD10
Reykjavík, maí 1979

VETNI, GRÓMUN OG KÍSILL

Ferð til Bretlands í mars/apríl 1979

Jón Steinar Guðmundsson

OS79021/JHD10
Reykjavík, maí 1979

EFNISYFIRLIT

	Bls.
EFNISYFIRLIT.....	1
FORMÁLI.....	4
1. FOULING: SCIENCE OR ART? SURREY UNIVERSITY, GUILDFORD 27-28.MARS 1979.....	5
1.1 Ráðstefnan.....	5
1.2 Erindin.....	5
1.3 Almennt.....	6
1.4 Sambönd.....	6
2. JOSEPH CROSFIELD & SONS LTD., WARRINGTON 29. MARS 1979.....	7
2.1 Viðmælendur.....	7
2.2 Verksmiðjan.....	7
2.3 Efnagreining og eðliseiginleikar.....	7
2.4 Framleiðslutilraunir.....	8
2.5 Frekari tilraunir.....	9
2.6 Kísill sem fylliefni.....	9
2.7 Annað.....	9
2.8 Gögn.....	10
3. CIBA-GEIGY, MANCHESTER 30. MARS 1979.....	11
3.1 Viðmælendur.....	11
3.2 Fyrirtækið.....	11
3.3 Fundur.....	11
3.4 Bætiefnin.....	12
3.5 Tilraunir.....	12
4. ENERGY TECHNOLOGY SUPPORT UNIT, HARWELL 3. APRIL 1979.....	14
4.1 Stofnunin.....	14
4.2 Viðmælendur.....	14
4.3 Framtíðin.....	14
4.4 Hlutverk vetnis.....	15
4.5 Geymsla orku.....	15
4.6 Farartæki.....	15

	Bls.
4.7 Solid Polymer Electolysis.....	16
4.8 Efnahagsbandalagið og vetni.....	16
4.9 Samkeppni frá jarðgasi.....	16
4.10 Meira um ETSU.....	17
4.11 Rannsóknir á "hydrides".....	17
4.12 Rafmagnsbílamenn.....	18
4.13 Sjónvarpsþáttur.....	18
4.14 Jarðhitamál.....	19
4.15 Gögn.....	19
5. CENTRAL ELECTRICITY RESEARCH LABORATORY, LEATHERHEAD 4. APRIL 1979.....	20
5.1 Viðmælendur.....	20
5.2 Afl orkuvera.....	20
5.3 Umframrafmagn frá kjarnorkuverum.....	20
5.4 Framleiðslukostnaður vetnis.....	20
5.5 Um "hydrides".....	21
5.6 Áhugi CEGB fyrir SPE.....	21
5.7 Rannsóknir á rafgreiningu.....	22
5.8 Efnahagsbandalagið og vetni.....	22
5.9 Metanól og LNG.....	23
5.10 Frakkar og vetni.....	23
5.11 Útfellingar.....	24
6. BP RESEARCH CENTRE, SUNBURY-ON-THAMES 6. APRIL 1979.....	25
6.1 Energy Studies Unit.....	25
6.2 Kísilhúðun minnkar grómun.....	26
6.3 Vetni, rafgreining, rannsóknir.....	26
6.4 Olíugrómun.....	27
7. BERKELEY NUCLEAR LABORATORIES, BERKELEY 9. APRIL 1979.....	28
7.1 Viðmælandi og stofnunin.....	28
7.2 Grómunarrannsóknir.....	28
7.3 Gögn.....	28
8. COAL RESEARCH ESTABLISHMENT, CHELTENHAM 10. APRIL 1979.....	30
8.1 Stofnunin.....	30

	Bls.
8.2 Viðmælendur.....	31
8.3 Vetni og kol.....	31
8.4 Gasframleiðsluofnar.....	31
8.5 Ráðgjafar.....	32
8.6 Skoðunarferð.....	32
8.7 Gögn.....	33
9. CJB DEVELOPMENTS LTD.,	
PORTSMOUTH 11. APRIL 1979.....	35
9.1 Viðmælandi.....	35
9.2 Fyrirtækið.....	35
9.3 SPE tæknin.....	35
9.4 Almenn vetnisframleiðsla.....	36
9.5 Önnur tæki.....	36
9.6 Sambönd.....	36
10. BP TRADING LTD.,	
LONDON 12. APRIL 1979.....	38
10.1 Viðmælendur.....	38
10.2 Olía og framtíðin.....	38
10.3 Verð á hráolíu.....	38
10.4 Verð á kolum.....	38
10.5 "Relative" verð á orkugjöfum.....	39
10.6 Metanól og Mið-Austurlönd.....	39
10.7 Framtíðarspár.....	40

FORMÁLI

Innan Orkustofnunar er nú unnið að verkefnum er varða útfellingar og ný brennsluefni. Útfellingaverkefni fjalla m.a. um grómun varmaskipta og hugmyndir um hagnýtingu kísilefna úr frárennslisvatni háhitasvæða. Unnið hefur verið að þessum verkefnum um árabil. Frá því um áramót hefur starf- að á vegum Orkustofnunar vinnuhópur um vetni og ný brennsluefni.

Ætlunin er að hópurinn skili skýrslu á þessu ári um þá möguleika sem gætu verið á Íslandi til eldneysisframleiðslu.

Í mars/apríl fór höfundur til Bretlands til að kynnst málefnum er varða útfellingar og ný brennsluefni. Fyrst var farið á fund um grómun varma- skipta og síðan rætt við fyrirtæki sem í samvinnu við Orkustofnun er að gera prófanir á nýtingarmöguleikum jarðhitakísils. Farið var í fyrirtæki sem framleiðir batiefni er draga úr útfellingum. Hvað varðar vetni og ný brennsluefni var tilgangur ferðarinnar að safna hugmyndum og gögnum er gætu komið vinnuhópnum til góða. Reynt var að heimsækja fyrirtæki og stofn- anir sem spönnuðu flesta þá þætti er varða brennsluefnamálið.

Til að gera aðgengilegar þær upplýsingar sem söfnuðust í þessari kynnisferð til Bretlands var ákveðið að skrifa þessa skýrslu. Mest er um hreina frá- sögn að ræða en einnig minnst á gögn o.þ.h. þar sem frekari upplýsingar er að hafa. Flest þessara gagna eru í vörslu höfundar.

1. FOULING: SCIENCE OR ART? SURREY UNIVERSITY, GUILDFORD 27-28.MARS 1979

1.1 Ráðstefnan

Þessi tveggja daga ráðstefna fjallaði um útfellingar og grómun. Hún var haldin á vegum "Institution of Corrosion Science and Technology" og "Institution of Chemical Engineers" og er sú fyrsta sinnar tegundar. Ráðstefnuna sátu 84 manns, þar af 50 (60%) frá fyrirtækjum, 23 (27%) frá ýmsum ríkisstofnunum og 11 (13%) frá háskólum.

1.2 Erindin

Haldin voru 12 erindi um hinar ýmsu tegundir útfellinga. Þessi erindi voru gefin út í sérstakri bók upp á 200 bls.

a. The Cost of Fouling in Heat Exchange Plant	1
b. Some Aspects of Treatment in Open Evaporative Cooling Water Systems	10
c. The Fouling of Power Station Condenser Tubes by Tricalcium Phosphate	14
d. Studies of Particulate Deposition from Flowing Suspension	35
e. Crystallisation Fouling - a Review of Fundamentals	82
f. The Control of Fouling within Cooling Water Systems	92
g. Development of Additives to Control Inorganic Fouling in Industrial Water Systems	104
h. Biological Fouling of Heat Transfer Surfaces	117
i. Biofouling in Cooling Water Plant	145
j. Fouling by Crude Oil in Refinery Heat Exchangers	155
k. Mass Transfer and Chemical Kinetics in Hydrocarbon Fouling	169
l. Fouling and its Control by Chemical Additives in Hydrocarbon Streams	188

Að auki var flutt erindi um "Some Influences of Fouling in the Design of Heat Exchanger" og verður "reprint" af því sent þátttakendum seinna. Flutt voru fjögur stutt erindi sem verða ekki gefin út. Í þessum erindum var sagt frá: a) Útfellingum og tæringum í stórum gufukötlum, b) Könnun á útfellingum í kælikerfum skipa, c) Tæringum í hitakerfum húsa (central

heating systems) með tilliti til sýrefnisinnihalds, d) Nýrri aðferð til að mæla útfellingar.

1.3 Almennt

Erindin spönnuðu vel það svið útfellinga og grómunar sem valda erfiðleikum í iðnaði. Sagt var frá hefðbundnum aðferðum til að leysa vandamál. Hins vegar var lítið um nýjar niðurstöður sem geta aukið skilning okkar á grómun og þar með meiri "science" en "art".

1.4 Sambönd

Mikið gagn var af þeim viðræðum sem ég átti við hina ýmsu þátttakendur.

- a. Dr. B.McEnaney, University of Bath. Sagði nánar frá þeim rannsóknnum sem þeir hafa gert á tæringum í húshitunarkerfum. Hann ætlar að senda greinar sem þeir hafa skrifað um efnið.
- b. Dr. B.Creedon, Water Technology Ltd. Starfar á Írlandi og sagði frá orkuverum sem brenna mó. Sagði Mr. Hugh Pollock, Engeering Department, University College, Cork, Ireland, vera mjög fróðan um allt sem viðkemur mó, þá sérstaklega mótvinnslu.
- c. Mr. A.W.Sluitman, Shell, Hollandi. Vinnur sjálfur við hönnun hitaskipta í olíuhreinsunarstöðvar en sagði frá "Koppers-Shell coal gasifier". Sá sem sér um þær rannsóknir er: M.v.d.Burgt í deild sem heitir MFD hjá SIPM (Shell International Petroleum Maatschappy) Carel v. Bylandtlaan 23, The Hague. Hann sagði líka frá Mr. v.Hilten, í MFPA Department sama stað. Þessi maður vinnur að orkumálum sérstaklega "future scenarios".
- d. Mr. F.Starr, British Gas. Hann sagði frá "slagging gasifier" sem British Gas eru að gera tilraun með í Westfield Development Centre, Westfield, Fife, Scotland.
- e. Mr. G.J.Wanless, B.P. Trading Ltd. Sagði Mr. R.N.Bennett, Energy Studies Unit, B.P.Sunbury vera í forsvari fyrir athugunum á vetni og alls kyns orkumálum er varða framtíðina.
- f. Mr. A.J.Maltpress, Ciba-Geigy. Hafði mikinn áhuga fyrir jarðhitaútfellingum vegna hugmynda sem þeir hafa lengi haft um að þróa "additives" til að minnka t.d. kísilútfellingar. Bað mig að heim-sækja þá til frekari viðræðna.

2. JOSEPH CROSFIELD & SONS LTD. WARRINGTON 29. MARS 1979

2.1 Viðmælendur

Rætt var við Mr. Nat Burak sem er "special projects manager". Hann hefur verið tengiliðurinn fram til þessa og séð um þær athuganir sem þeir hafa gert á kíslinum frá Svartsengi. Næsti yfirmaður hans er Mr. David Jackson sem er "technical manager". David tók jafnframt þátt í þeim viðræðum sem áttu sér stað. Haldinn var fundur þar sem málið var rætt frá öllum hliðum. Þar mætti Dr. Robert Hunter sem vinnur fyrir Dr. Mike Liberman en þeir eru í "silicates division" sem mundi nota kísilinn frá Íslandi ef til kæmi.

2.2 Verksmiðjan

Crosfield fyrirtækið er væntanlega stærsti framleiðandi silíkata í Bretlandi. Fyrsta skrefið í framleiðslunni er vatnsgler eða natríum silíkat. Mr. David Jackson og Mr. Nat Burak sýndu mér þessa verksmiðju. Þeir hafa 3 stóra ofna sem framleiða eirungis natríum silíkat gler. Framleiðslan er u.þ.b. 1000 tonn á viku. Eins og önnur glerframleiðsla er þetta orkufrekur iðnaður. Fyrir hvert tonn glers nota þeir um 0,1 tonn af olíu. Þeir geta notað bæði olíu og gas. Ofnana þarf að endurbyggja á tveggja ára fresti. Þeir hafa einn lítinn ofn til að framleiða kalíum silíkat. Þessi framleiðsla er það lítil að ofninn gengur aðeins öðru hvoru. Úr þessum grundvallar silíkötum framleiðir Crosfield síðan sérhæfðari silíköt.

2.3 Efnagreining og eðliseiginleikar

Búið var að gera ýmsar athuganir á kíslinum frá Svartsengi sem Orkustofnun sendi Crosfield sumarið 1978. Greint var frá helstu niðurstöðum þessara athugana. Lögð var fram efnagreining af kíslinum og niðurstöður mælinga á helstu eiginleikum. Þeir höfðu fengið kísilinn beint úr dvalarlóninu. Þegar búið var að þurrka kísilinn við 110°C var efnagreiningin þessi:

SiO ₂	95,0%
Cl	1,76%
SO ₄	Hverfandi
Na	1,30%
Ca	0,80%

Mg	0,020%	200ppm
Al	0,050%	500ppm
K	0,34%	-
Fe	0,054%	540ppm
Cr	0,015%	150ppm
Co	-	3ppm
Mn	0,023%	230ppm
Zn	-	2ppm
Cu	-	5ppm
Pb	-	2ppm
As	-	< 2ppm

Þessi efnagreining sýndi þeim að efnið væri frá "brine source" og það hefði lítið af þungmálmun en Mn innihaldið væri hátt. Tilraunir sýndu að auðvelt var að skola klóriðinu í burtu við síun. Það var töluvert af svörtum ögnum í kíslinum sem þeir fengu. Þeir týndu þessi svörtu korn úr eftir bestu getu og efnagreindu kísilinn aftur. Fe minnkaði þá allverulega en ekki Mn innihaldið. Það er því spurning hvort þetta háa Mn innihald komi með jarðhitavökvanum eða hafi borist með ryki í dvalarlónið. Yfirborð kísilsins mældist $40 \text{ m}^2/\text{g}$ og "pore volume" mælingar sýndu að efnið er þétt og án mikillar innri byggingar. Meðal agnarstærð var $6 \mu\text{m}$ sem er nokkuð gott. Okkur kom saman um að svörtu kornin gætu verið rykmolar úr hrauninu umhverfis orkuverið við Svartsengi. Þegar kíslinum var mokað úr lóninu mátti sjá lagskiptingu þar sem þetta ryk hafði safnast fyrir.

2.4 Framleiðslutilraunir

Þeir voru búnir að fara með jarðhitakísilinn í gegnum hin ýmsu framleiðslu þrep til að kanna eiginleikana. Þegar þurrkaða efnið var malað varð það grátt því svörtu agnirnar urðu miklu fínni og dreifðust um efnið. Vatnsglerið var svolítið skýjað og því ekki eins tært og það gler sem þeir framleiða. Auk þess voru bláir blettir í vatnsglerinu. Þeir vissu ekki hvað olli þessum blettum. Þegar venjulegt natríum sílikat er leyst upp í vatni myndar það hreinan og tæran vökva. Glerið úr kíslinum frá Svartsengi myndaði hins vegar brúna upplausn (eins og mold í vatni) með svolítið botnfall af svörtum ögnum. Í viðræðum kom fram að þeir töldu Mn innihaldið valda þessum lit. Með því að leysa þurrkaða efnið í vítisódaupplausn má framleiða natríum metasilikat. Þetta efni varð sömuleiðis brúnt. Þeir hjá Crosfield telja að sá kísill

sem þeir gerðu tilraunir með sé ekki nothæfur við framleiðslu silikata vegna óhreininda. Hins vegar megi nota kísilinn sem fylliefni.

2.5 Frekari tilraunir

Hvað varðar gæði kísilsins virðist helsta vandamálið vera þessar svörtu agnir ásamt of háu Mn innihaldi. Vel má vera að þessi atriði tengist saman. Okkur kom saman um að næsta skrefið væri að fá sýni sem hefðu engar svartar agnir. Ef þessar agnir eru ryk sem hefur fokið í dvalarlónið verður ekki svo erfitt að fá hrein sýni. Hreinum sýnum þarf að safna sem fyrst. Lofi þær tilraunir góðu hvað varðar hreinleika efnisins finnst þeim full ástæða til að halda verkefninu áfram. Þeir vilja fá sýni af ferskum kísli við fyrstu hentugleika.

2.6 Kísill sem fylliefni

Sýni það sig við frekari tilraunir að kísillinn er ekki nógu hreinn fyrir framleiðslu silikata kemur til greina að nota hann sem fylliefni. Þá verður kísillinn að keppa við þau fylliefni sem eru notuð í dag. Fylliefni er notað í plastefni og málningu o.fl. Fylliefni í plastefni eru dýrari en fylliefni í málningu. Öll fylliefni þurfa að vera án klóríðs vegna tæringarhættu. Malað og þurrkað kalk kostar 17-20£/tonn og er notað í plastefni og gúmmiefni. Leir er notaður í pappír og kostar 17£/tonn. Hvítur leir sem hefur hlotið töluverða meðhöndlun kostar 56-100£/tonn. Mika og talk kosta eitthvað svipað. Dolomite kostar 40£/tonn og kemur frá Skandinavíu. Leirinn kemur frá Cornwall. Crosfieldfyrirtækið verslar ekki með fylliefni.

2.7 Annað

Þeir Burak, Jackson og Hunter töluðu um nauðsyn þess að vita hvað kísillinn frá Svartsengi kostar. Þeir þurfa að vita magn, verð og gæði efnisins til að geta tekið ákvörðun um, hvort þeir hafi áhuga fyrir kíslinum frá Svartsengi eða öðrum jarðhitasvæðum. Þeir vilja gjarnan fá sýni frá svæðum sem framleiða ekki jarðsjó. Til að auðvelda söfnun kísils telja þeir vel koma til greina að setja upp litla "washing filter press". Burak ætlar að athuga það mál. Þeir spurðu um hvaða aðili á Íslandi mundi selja jarðhitakísilinn ef til kæmi.

2.8 Gögn

Afhent var vélritað blað "Icelandic Geothermal Silica Analysis" sem sýndi efnagreiningu þurrkaða kísilsins og helstu niðurstöður þeirra athugana sem þeir gerðu á efninu. Afhent var skýrslan "Sodium Silicates" sem greinir frá helstu eiginleikum þeirra natrium silikata sem fyrirtækið framleiðir. Burak ætlaði að senda frekari gögn/greinar um framleiðslu og eiginleika silikata.

3. CIBA-GEIGY, MANCHESTER 30. MARS 1979

3.1 Viðmælendur

Rætt var við Mr. A.J.Maltpress, General Manager, Water Treatment Services, Dr. A.J.Duke, Technical Coordinator, Dr. A.Harris, Technical Manager, Dr. A.F.Gerrard, Product Manager, Mr. M.A.Finan, Principal Product Development Chemist.

3.2 Fyrirtækið

Fyrirtækið er staðsett í Trafford Park í Manchester og heitir Ciba-Geigy Plastics and Additives Company. Það er hluti að Industrial Chemicals Division sem er deild innan Ciba-Geigy (U.K.) Ltd., sem er undirfyrirtæki Ciba-Geigy í Sviss. Ciba-Geigy Plastics and Additives Company skiptist í þrjár sjálfstæðar "business" einingar: Lubricants, Plastics og Water Treatment. Síðan er ein stór deild (Production) sem sér hinum þremur fyrir efnum til að selja o.s.frv. Þeir sem ég talaði við voru allir frá Water Treatment Services nema Dr. A.J.Duke sem spannar deildirnar þrjár. Hann hefur verið aðalhvatamaðurinn fyrir áhuga þeirra á útfellingum við jarðhitaaðstæður.

3.3 Fundur

Haldinn var fundur þar sem allir ofangreindir voru viðstaddir. Þeir höfðu áhuga fyrir að heyra sem mest um útfellingavandamál sem eru við nýtingu jarðhita. Þess vegna höfðu þeir beðið mig að koma í heimsókn. Áhugi minn fyrir Ciba-Geigy var að heyra um bætiefni (additives), sem gætu komið í veg fyrir útfellingar við jarðhitaaðstæður. Þeir hjá Ciba-Geigy eru að velja því fyrir sér hvort það sé aðvænlegur markaður fyrir bætiefni á jarðhitasviðinu. Fram til þessa telja þeir að svo sé ekki. Þeir hafa hins vegar beðið Mr. Vetter (ráðgjafi á sviði útfellinga) að prófa ýmis Ciba-Geigy efni við jarðhitaaðstæður í Bandaríkjunum. Þeir eru alls ekki ánægðir með þetta samstarf. Þeir spurðu um aðstæður á Íslandi til að prófa bætiefni, sem gætu komið í veg fyrir t.d. kísilútfellingar.

3.4. Bætiefnin

Water Treatment Services selur "additives" til fyrirtækja sem veita þjónustu til fyrirtækja í iðnaði. Þessi þjónustufyrirtæki fara á staðinn og meta útfellingavandamálið og veita ráðgjöf og þjónustu til úrbóta. Í flestum tilfellum er um kælivatn að ræða. Water Treatment Services selur þessi bætiefni um allan heim. Í Bretlandi starfa þeir að hluta sem þjónustufyrirtæki. Þessi þjónustustarfsemi er mjög smá í sniðum. Water Treatment Services leggur mesta áherslu á að rannsaka/þróa bætiefni til að selja bæði þjónustu og iðnaðarfyrirtækjum um allan heim.

Hin síðari ár hefur Ciba-Geigy lagt mikla áherslu á að þróa bætiefni sem koma í veg fyrir útfellingar við framleiðslu fersksvatns (desalination). Þeir eru svo til einráðir á þessu sviði í dag. Í framhaldi eru þeir núna að framleiða og prófa bætiefni fyrir "water flooding" á olíusvæðum. T.d. í Norðursjónum er/verður sjó dælt niður til að auka "oil recovery". Við slíkar aðstæður geta orðið útfellingar. Á svipaðan máta eru þeir alvarlega að hugsa um þá möguleika sem aukin nýting jarðhita býður upp á til sölu bætiefna. En sem komið er hafa þeir engin efni sem gætu komið í veg fyrir kísilútfellingar. Hins vegar eru þeir með efni sem koma í veg fyrir kalkútfellingar o.þ.h., sem koma fyrir í kælivatnskerfum og "desalination". Erindi g í kafla 1.2 var skrifað af þeim hjá Ciba-Geigy og greinir frá helstu tegundum bætiefna sem þeir framleiða.

3.5 Tilraunir

Rætt var sérstaklega við Mr. Mike A. Finan en hann stendur fyrir mikið af þeim tilraunum sem Ciba-Geigy gerir á útfellingum og áhrifum bætiefna. Hann sagði frá reynslu þeirra af hinum ýmsu bætiefnum, sem talað var um í erindi þeirra á ráðstefnunni í Guildford. Þeir hafa gert umfangsmiklar tilraunir með áhrif rennslisraða á útfellingar, þar sem horið er saman magn útfellis með og án bætiefna. Tilraunirnar sýna að "asymptotic" útfellingar minnka með rennslisraða. Það tekur 3 klst. að ná "asymptotic" gildum. Bætiefnin hafa áhrif við hitastig a.m.k. 150-180°C þegar uppleyst efni nema 1%. Svo eru bætiefni jú notuð í gufukötlum. Magn bætiefna til að hafa áhrif fer bæði eftir hitastigi og magni uppleystra efna. Magn

bætiefna er gjarnan 1-10 ppm. Bætiefni kosta um 2000 £/tonn. Þau koma sem vökvi. Sé notað 1 ppm af bætiefnum í 10 l/s rennsli verður efnis-kostnaðurinn því 630 £/ári eða allt að 0,5 Mkr. Með aðflutningsgjöldum o.fl. getur það því kostað 1 Mkr. á ári að setja bætiefni í borholu eins og í Súgandafirði þar sem kalkútfellingar valda erfiðleikum. Mike Finan ætlaði að senda mér ljósrit af hinum og þessum greinum um útfellingar o.p.h.

4. ENERGY TECHNOLOGY SUPPORT UNIT, HARWELL 3. APRIL 1979

4.1 Stofnunin

Energy Technology Support Unit (ETSU) er stofnun (agency) innan orkuráðuneytisins (Department of Energy) og ber ábyrgð á: Þróun nýrra orkulinda, rannsóknnum og þróun á sviði orkusparnaðar, þróun aðferða til ákvörðunartöku vegna rannsókna og þróunar innan orkugeirans. Stofnunin er staðsett í Harwell hjá Atomic Energy Research Establishment og nýtur góðs af starfskröftum og allri aðstöðu þar.

4.2 Viðmælendur

Rætt var við Dr. K.F.Langley sem fer með öll mál er varða vetni. Hann fylgist með þróun mála á því sviði og er ráðgjafi ríkisins í þeim efnum. Hann eyðir um 25% af tíma sínum í vetnismál, sem þykir ekki mikið. Restin af tímanum fer í mál er varða "bioconversion". Einnig var rætt við Mr. K.Linacre en hann vinnur að málefnum er varða geymslu orku. Hann er nýlega byrjaður hjá ETSU eftir 1-2 ár hjá Department of Energy sem ráðgjafi í orkumálum.

4.3 Framtíðin

ETSU er með í smíðum skýrslu mikla sem lýsir viðhorfum Department of Energy til hugmynda um framþróun orkumarkaðarins næstu árin, ekki bara í Bretlandi heldur á vesturlöndum almennt. Um er að ræða hugmyndir um framboð og eftirspurn (supply/demand) á orkugjöfum. Þessi skýrsla er enn í handriti og kemur ekki út fyrr en allir aðilar (ETSU og Department of Energy) geta sætt sig við innihaldið. Kevin Langley og Ken Linacre ræddu um skýrslu þessa og greindu frá því helsta sem getur skipt máli fyrir vinnuhóp Orkustofnunar um vetni og ný brennsluefni. Hvað varðar framboð og eftirspurn orkugjafa þá sögðu þeir að fram til þessa töluðu flestir um að 1985-1995 mundi framreiknuð eftirspurn verða meiri en framreiknað framboð. Hér er um að ræða þetta fraga "energy gap". Hins vegar sýna seinustu rannsóknir ETSU (í ofangreindri skýrslu) að þessi framreiknaði orkuskortur verður ekki fyrr en 2025. Hér munar um 30-40 ár. Verulegur orkuskortur verður því ekki fyrr en eftir 45 ár.

4.4 Hlutverk vetnis

Það var samdóma álit þeirra hjá ETSU að "hydrogen economy" ætti það langt í land að enginn í Bretlandi hugsaði alvarlega um það málefni. Þeir töldu að almenn notkun vetnis (hydrogen economy) kæmi alls ekki til greina fyrr en seint á næstu öld. Núverandi áhugi Breta og annarra Evrópuþjóða fyrir vetni byggist nær eingöngu á aukinni nauðsyn til að geyma orku. Þessi nauðsyn skapast vegna meiri fjölda kjarnorkuvera. En til eru aðrar aðferðir til að geyma orku. Í væntanlegri skýrslu ETSU tala þeir um að framleiðsla vetnis sé fjórða besta leiðin til að geyma orku. Besta aðferðin er "pumped storage" næst kemur "underground compressed air storage with heat recovery" síðan "battery storage" og ef til vill "hydrogen".

4.5 Geymsla orku

Uppsett afl í Bretlandi er um 60 GW. Hámarksafl sem þeir þurfa er um 45 GW en meðaltalið yfir allt árið er um 25 GW. Verið er að byggja 1,68 GW "pumped storage" í Wales. Þegar því verður lokið innan fárra ára hafa Bretar "pumped storage" sem jafngildir um 10% af meðaltalsaflinu 25 GW. Þeir hjá ETSU töldu að "pumped storage" mundi fullnægja þörfum Breta fyrir orkugeymslu í náinni framtíð og þess vegna talaði enginn alvarlega um vetni.

4.6 Farartæki

Í Bretlandi fara um 10% af allri orkuneyslunni í farartæki. Þeir hjá ETSU töldu að Bretar hefðu meiri áhuga fyrir rafdrifnum bílum en vetnisbílum. Þeir telja að natríum/brennisteins rafhlaðan eigi framtíð fyrir sér. Í London styrkir borgin þá aðila sem vilja nota rafknúna bíla vegna aukakostnaðar sem það veldur umfram venjulega bíla.

4.7 Solid Polymer Electolysis

Í Bretlandi hefur Constructors John Brown Developments Ltd. í Porthsmouth einkaleyfi frá General Electric til að selja rafgreina sem byggja á SPE. Dupont framleiða himnumar í þessa rafgreina. Kevin Langley telur óvíst að þeir geti framleitt þetta himnuefni í nægilegu magni á samkeppnisfæru verði í náinni framtíð.

4.8 Efnahagsbandalagið og vetni

Bretland tekur þátt í þeim rannsóknum sem Efnahagsbandalagið er að gera á vetni. Þessum rannsóknum voru gerð skil á ráðstefnu í Brussel 3-4. okt. 1978. Til frekari upplýsinga er vísað í skýrslu Kevin Langleys skv. gagnalista hér að aftan. Í kafla 5 frá heimsókn minni til CERL í Leatherhead er sagt frá skýrslu Efnahagsbandalagsins frá ráðstefnunni. Kevin Langley sagði að EBE eyddi um 7 M£ í "Indirect Action Programme" sem nær til rannsókna á "electrolytic production" (64%) "thermochemical production" (25%) og "transport etc." (11%). Öðrum 7 M£ er eytt í "Direct Action Programme" sem nær til tilraunaframleiðslu vetnis með "thermochemical" aðferðinni. Þessi upphæð miðast við fjögurra ára tímabil. Þeir hjá ETSU telja að án "thermochemical" aðferða þýði ekkert að tala um "hydrogen economy" í framtíðinni. Hins vegar segja þeir að allar tilraunir fram til þessa til að framleiða vetni á samkeppnisfæru verði með "thermochemical" aðferðinni hafi brugðist. Þeir segja meira: Það er skoðun ETSU að það sé engin framtíð í "thermochemical" aðferðum og því sé eins gott að hætta peningaeyðslu í slíkar tilraunir. Dr. Langley taldi að Bandaríkin eyddu ekki meira en 7 M£ í allar sínar rannsóknir á vetni og vetnisframleiðslu.

4.9 Samkeppni frá jarðgasi

Talað var um framleiðslu metanóls úr jarðgasi í Mið-Austurlöndum. Þeir hjá ETSU töldu að British Gas gæti gefið bestar upplýsingar um það. Bent var á að tala við Mr. Mike Duell (hans næsti yfirmaður er Mr. Geoff James), British Gas Corporation, R&D Division, London Research Station, Michael Rd., London. Tel. 01-736-3344.

4.10 Meira um ETSU

Af þeim atriðum sem eru talin upp í kafla 4.1 eyðir ETSU mestum tíma í orkusparnað. Almennt er talið að þær nýju orkulindir sem ETSU fjallar um geti aldrei annað meira en 1% af orkuþörf Bretlands. Mikið er um það að ETSU stjórn/úthluti rannsóknum hjá/til háskólum og stofnunum.

4.11 Rannsóknir á "hydrides"

Talað var við Mr. N.J.Bridger sem vinnur hjá Materials Development Division í Harwell. Hann er að gera tilraunir með "hydrides" í samvinnu við ónefnt fyrirtæki. Kostnaðurinn skiptist til helminga. Mr. Bridger talaði um rannsóknirnar út frá eftirfarandi töflu sem sýnir 7 mikilvæga eiginleika "hydrides".

	FeTiH ₂	MgH ₂
1. High H ₂ capacity	x	v
2. Low cost	x	v
3. Good hydrating kinetics	v	v
4. Low heat of formation	v	x
5. Low temperature where dissociation pressure = 1 bar	v	x
6. Cycling characteristics	?	?
7. Good corrosion and safety characteristics	v	?

Þeir hjá Harwell eru aðallega að rannsaka liði 3, 6, og 7. Mr. Bridger sagði að þeir væru að rannsaka Mg₂NiH₄ sem væri það "hydride" sem flestir hefðu áhuga fyrir. Ni er bæt í málminn til að bæta "hydrating kinetics". Þeir eru að gera tilraunir með mismunandi % af Ni. Tilraunirnar eru gerðar í tækjum sem vinna við hitastig 350°C og þrýsting 450 psi. Tækin voru skoðuð. Tilraunirnar ganga út á það að fylla og tappa vetninu af málmlöndunni á 15 mínútna fresti. Átöppunin tekur 10 mínútur en aftöppunin 5 mínútur. Tilraunir með hreint vetni (pure hydrogen) sýna að eftir 2000 af- og átappanir hefur geta málmsins til að draga í sig vetni minnkað um 30%. Þeir telja að Mg bindist súrefni og þeim raka sem kann að vera í vetninu. Núna eru þeir

að gera svona tilraunir með iðnaðarvetni (industrial grade hydrogen), sem er ekki eins hreint og "pure hydrogen". Þær tilraunir sem þeir hjá Materials Development Division hafa gert á tæringum og öryggi lofa góðu. Þegar vetnisflöskur hitna í eldsvoða byggja þær upp allt að 100 bar þrýsting og sprynga. Fyrir bíla tekur það u.þ.b. 30 mínútur að hlaða flöskurnar. Þessi langi tími er vegna þess að við hleðslu þá hitnar málmurinn og þrýstingurinn eykst og "hydration kinetics" verða þess eðlis að það dregur all verulega úr hleðsluhraðanum. T.d. notar Billings í Bandaríkjunum kælingu við hleðslu, sömuleiðis Daimler/Benz í Þýskalandi. Sagt var frá Dr. H.C. Angus hjá MPD Technology Ltd, Wiggin St., Birmingham B16 OAJ, Tel. 021-454-0373, sem framleiða málm- "hydrides". Tilraunirnar í Harwell hætta í júní nema annað verði ákveðið.

4.12 Rafmagnsbílamenn

Talað var við Dr. R.M. Dell í Materials Development Division og Dr. J. Jensen frá Odense Universitet í Danmörku en þeir vinna að verkefni fyrir Efnahagsbandalagið um geymslu rafmagns, rafmagnsbíla, rafhlöður o.þ.h. Verkefnið felst m.a. í samvinnu á milli AERE í Harwell og efnafræðideildarinnar í Odense. Þeir hafa nýlega gefið út bók "Electric Batteries for Energy Storage and Conservation - An Application Study", Odense University Press, (1979).

4.13 Sjónvarpsþáttur

Í febrúar (26.2.79) var sýndur "Horizon" sjónvarpsþáttur í breska sjónvarpinu (BBC2) sem nefndist "The forever fuel". Þátturinn stóð í 50 mínútur og fjallaði um vetni. Þeir hjá Harwell áttu upptöku af þessum þætti sem ég fékk að sjá. Þátturinn var allur tekinn í Bandaríkjunum og var m.a. talað við Gregory, IGT, Salzano, Brookhaven, Nuttall, GE og sjálfan Billings. Mér fannst áberandi hvað þeir virtust hafa gert lítið í vetnismálunum. En þátturinn var fróðlegur og kom m.a. fram að General Electric eru núna með 15 kW tilraunarafgreini; í Bandaríkjunum framleiða þeir 30 tonn/dag af fljótandi vetni; rútan í Riverside getur keyrt 60 - 80 mílur á einni hleðslu og það tekur um 30 mínútur að hlaða vetniskútana. Það kom fram í viðræðum við Dr. Langley að hann teldi Billings vera lóðabráskara, sem notaði vetnið til að selja dýr hús á dýru landi. Það eina sem kaupendur húsanna lofa að gera er að nota vetni, ef það verður fánlegt á samkeppnisferu verði miðað við jarðgas.

4.14 Jarðhitamál

Talað var við Dr. John Garnish hjá ETSU sem sér um jarðhitamál þeirra í Bretlandi. Hann sagði að í sept. n.k. ætluðu þeir að byrja á 3 km borun í miðri Southampton sem væri jafnframt miðja Hampshire Basin. Borstæðið verður við höfnina í Southampton á lóð þar sem nýtt verslana- og iðnaðarhverfi verður bráðlega byggt. Ef heitt vatn/sjór kemur úr holunni á að nota það til upphitunar í þessu hverfi en varmaþörfin verður 15 MW. Þeir hafa 1,5 M£ í þessa borun. Þeir vilja fá rafdrifinn bor og sýndi Dr. Garnish bornum Jötni mikinn áhuga því mjög erfitt er að fá rafdrifna landbora í Evrópu sem geta borað nógu djúpt. Borinn verður að vera rafdrifinn vegna hávaðavandamála. Hann atlaði að senda fyrirspurn til Orkustofnunar um möguleika á að leigja borinn til verksins.

4.15 Gögn

Eftirfarandi skýrslur, greinar og bæklingar fengust í þessari heimsókn til ETSU eða bárust með pósti:

- a. "Report on EEC Seminar on Hydrogen as an Energy Vector", K.F.Langley, ETSU N3/78, 9 October 1978.
- b. "The Exploitation of Wave Power by Production of Energy Intensive Chemicals", G.McHugh 40 pp, ETSU, AERE Harwell, August 1978, þessi skýrsla er trúnaðarmál.
- c. "Hydrogen Production Assessment Study", B.A.Partridge, T.R.Jenkins, P.T.Walker, R.F.Taylor, 222 pp., AERE - R 8472, Dec. 1977. Þessi skýrsla er trúnaðarmál.
- d. "Hydrogen-The Ultimate Fuel", R.M.Dell, N.J.Bridger, AERE Harwell, January 1975, Applied Energy, 1 (4), 279-292, (1975).
- e. "Role of Hydrogen in our Future Fuel Supply", M.J.Braun, Electronics and Power, pp 110-113, February 1979.
- f. "Economics of Coal Conversion into forms of Energy", W.P.Syrett, 6pp.
- g. "Energy Audit Series No. 4 - Bulk Refractories Industry", Department of Energy and Department of Industry, December 1978, 62pp.
- h. "Energy Technology Support Unit", upplýsingar um ETSU.
- i. "Grants for Demonstrating New Ways of Saving Energy", bæklingur um hvernig "Energy Conservation Demonstration Project Scheme" virkar.
- j. "Harwell Bulletin", No. 79/9, 2 March 1979. Stutt fréttabréf frá Harwell.

5. CENTRAL ELECTRICITY RESEARCH LABORATORY, LEATHERHEAD 4. APRIL 1979

5.1 Viðmælendur

Talað var við Dr. A.B.Hart og Dr. R.Bowles sem vinna báðir í Chemistry Division hjá CERL. Dr. Hart er forstöðumaður þeirrar deildar. Hann var einn af meðhöfundum skýrslu/greinar Central Electricity Generating Board frá 1975, sem gerði ítarlega úttekt á vetni sem orkubera. Dr. Bowles er nýlega byrjaður hjá CERL og hefur "watching brief" á vetni og eyðir um 25% af tíma sínum til þeirra starfa.

5.2 Afl orkuvera

Frá mars 1977 til mars 1978 var uppsett afl í Bretlandi (declared net capacity) 56.326 MW. Á sama tímabili var mesta aflþörfin (maximum demand met) 42.803 MW eða um 75% af uppsettu afli skv. ársskýrslu CEGB. Uppsett afl umfram aflþörfina er því um 30% en Bretar stefna að því að það verði 28%. Mestu aflþörfina kalla þeir stundum "winter peak demand". Nú er verið að byggja "pumped storage" stöð í Dinorwic í Wales. (Sjá kafla 4.5). Mjög lítil "pumped storage" stöð er í Ffestiniog og víðar í Wales.

5.3 Umframrafmagn frá kjarnorkuverum

Þeir hjá CEGB/CERL tala um að verð á umframrafmagni (off-peak electricity) frá kjarnorkuverum í Bretlandi verði um 0,5 p/kWh að meðaltali. Þetta verð byggir á kostnaði við eldsneytið (fuel), viðhaldskostnaði og mannaflakostnaði. Þ.e.a.s. öllum kostnaði nema stofnkostnaði (capital charges). Verðið miðast við núgildi og ætti að gilda fram til aldamóta. Það er talið að árið 2005 verði hægt að fá umframmagn frá kjarnorkuverum í Bretlandi. Það kom fram að á fyrsta ársfjórðungi 1979 borga almennir neytendur Midland Electricity Board um 2,74 p/kWh. Rafmagnsverð í Bretlandi er víðast hvar mjög svipað.

5.4 Framleiðslukostnaður vetnis

Í grein þeirra CEGB manna frá 1975 (Can Hydrogen Transmission Replace Electricity, P.J.Hampson, A.B.Hart, B.Jones, D.T.Swift-Hook, J.J.Syrett, J.K.

Wright, CEGB Research, 4-11, May 1975) eru gefnar tölur um framleiðslukostnað vetnis. Þeir gefa upp kostnað fyrir tvö tilfalli. Annars vegar þar sem vetnið er framleitt með rafmagni frá kjarnorkuverum með 80% nýtingartíma. Fyrir rafmagnsverð 0,55 p/kWh reikna þeir vernetnisverðið 255 p/GJ árið 1975. Núna tala þeir um að rafnagsverð frá kjarnorkuverum (base-load plant) í Bretlandi sé 1,7 p/kWh og framleiðslukostnaður vetnis sé þá 737 p/GJ. Þetta rafmagnsverð frá kjarnorkustöðvum á væntanlega við þegar um nýjar stöðvar er að ræða. "Base-load" rafmagnsverð frá kjarnorkustöðvum hefur því hækkað um 200% frá 1975 til 1979. Hitt tilfallið gefur framleiðslukostnað vetnis ef það er framleitt með umframrafmagni frá kjarnorkuverum. Árið 1975 gáfu þeir upp að umframrafmagn kostaði 0,1 p/kWh (marginal running cost) frá kjarnorkuverum og reiknaðist þá framleiðslukostnaður vetnis 205 p/kWh. Sé notað það verð á umframrafmagni sem þeir tala um núna, þ.e.a.s. 0,5 p/kWh, verður framleiðslukostnaður vetnis 495 p/GJ. Þess verður að geta að CEGB reiknar með endurbættri tækni í rafgreinum sem hafa 70% nýtni og kosta 25 £/KW (1975 verð) af uppsettu afli. Þeir áætla að það kosti 25 £/KW fyrir afriðla, og önnur tengivirkni. Reiknað er með stórum verksmiðjum sem nýta um 1000 MW rafmagns. Þau orkugildi vetnis sem þeir CEGB menn nota í greininni er HHV (high heating value). Í dag jafngildir vetnisverðið 495 p/GJ um 8,4 \$/GJ. Þess má geta að 0,5 p/kWh jafngildir um 10 US mills/kWh.

5.5 Um "hydrides"

Dr. Hart hefur unnið mikið að "high temperature reactor" sem notar helium sem kælimiðil. Nú hefur öllum rannsóknum Breta á þessum kjarnorkuofni verið hætt. Byggt á reynslu sinni með helium telur Dr. Hart að það verði erfitt ef ekki ómögulegt að halda óhreinindum frá málmlöndukútum (hydrides) eins og ppm magni af vatnsgufu. Dr. Hart telur að það sé engin framtíð fyrir "hydrides". Hann telur að framtíð vetnis geti einna helst verið í iðnaði (industrial processes) og/eða við betrubætur á holum (upgrade solid Jules). Hvað varðar Bretland telja þeir hjá CEGB að vetni verði í mesta lagi notað til að betrubæta kol.

5.6 Áhugi CEGB fyrir SPE

Í orkuverum sínum notar CEGB vetni til að kæla rafala (alternator). Í 2000 MW orkuveri nota þeir allt að 35 m³/h af vetni til að kæla fjóra 500 MV rafala. Eins og er þá kaupa þeir vetnið. Ef góðir rafgreinar væru fyrir hendi mundu þeir hugsanlega framleiða sitt eigið vetni. Þess vegna hafa þeir sýnt Solid Polymer Electrolysis (SPE) mikinn áhuga. Í Bretlandi hefur

CJB Developments Ltd., Airport Services Road, Portsmouth PO3 5PG, Tel. Portsmouth (0705) 64911, einkaleyfi frá General Electric til að selja rafgreina sem nota þá SPE tækni sem GE hefur þróað. Mr. J. Wilkinson hjá Developments Ltd. hefur með þessi mál að gera. Fram til þessa hefur CEBG ekki getað fengið rafgreina frá CJB Developments Ltd. sem byggja á SPE tækni. Dr. Hart telur að slík tækni eigi ennþá langt í land. Máli sínu til stuðnings sagði Dr. Hart að 1972 hafi verið fundur í Bretlandi þar sem Nuttall frá GE hafi mætt og sagt að SPE tæknin yrði tilbúin eftir 5 ár (þ.e.a.s. 1977). Skv. seinustu upplýsingum fer fyrsta tilraunaverksmiðja GE hins vegar ekki í gang fyrr en 1983 eftir (4-5 ár). Svo virðist sem það ætli að taka lengri tíma að þróa þessa tækni en fyrst var haldið. Dr. Hart sagði að það sem ekki væri vitað um SPE tæknina hjá General Electric væri hvað þeir notuðu mikið af platiníum í rafskautin og hvernig himnurnar (polymer material) höguðu sér.

5.7 Rannsóknir á rafgreiningu

En General Electric eru ekki þeir einu sem eru að rannsaka SPE tækni. Professor A.C.C.Tseung, City University, St. John Street, London EC1, Tel. 01-253-4399, Dept. Chem. Þessi maður er að rannsaka rafgreiningu til framleiðslu vetnis. Hann telur sig vera búinn að finna rafskaut sem hafa 100% nýtni. (Hámarks nýtni er 140%). Dr. Hart telur að Prof. Tseung sé í erfiðleikum með að tengja rafskautin við himnuefnið. Þetta hafa þeir hjá General Electric leyst nú þegar. Þegar þessar himnur eru notaðar verður að nota platiníum vegna þess að nikkelpólir ekki sýrueiginleikana. Himnan er súr vegna jónaskipaeiginleika. Það kom fram hjá Dr. Hart og Bowles að í Evrópu hafa menn miklu meiri áhuga á því að þróa venjulega rafgreina sem nota t.d. KOH sem leiðara.

5.8 Efnahagsbandalagið og vetni

Áhugi Evrópuþjóða á að þróa venjulega rafgreiningu kom vel fram á fundi í Brussel í október 1978. Sjá kafla 4.8. Skýrslan frá þeim fundi heitir: "EEC Seminar on Hydrogen as an Energy Vector, Its production, Use and Transportation", 3-4 October 1978, EUR 6085. Hún fæst hjá EEC Publications, Librairie européenne, Rue de la Loi 244, 1040 Bruxelles. Þar kom m.a. fram að í Þýskalandi kostar vetnið 888 p/GJ (miðað við HHV), ef rafmagnið er

"base - load" og kostar 1,2 p/kWh og notuð er núverandi tækni frá Lurgi. Síðan var talað um tvö tilfelli af þróuðum rafgreinum þar sem samsvarandi vetnisverð gæti orðið 717 p/GJ eða 760 p/GJ, ef tæknilegum takmörkum Efnahagsbandalagsins yrði náð.

5.9 Metanól og LNG

Skv. þeim Hart og Bowles er nú verið að byggja metanólverksmiðjur í Mið-Austurlöndum sem nýta jarðgas á olíusvæðum (flare gas). Verksmiðjurnar eru byggðar af bandarískum fyrirtækjum til að flytja metanól til U.S.A. Þeir í Bretlandi hins vegar fá eitthvað af LNG frá Alsír. Á Canvey Island nálægt London er tekið á móti þessu fljótandi matangasi.

5.10 Frakkar og vetni

Það er öllum ljóst að Bretar hafa orkulinðir - kol, olíu, gas - sem endast þeim jafnvel í nokkrar aldir. Í Frakklandi er hins vegar ekki um auðugan garð að gresja og því öðruvísi tekið á orkumálunum í því landi. Frakkar sjá sig nauðbeygða að byggja fleiri og fleiri kjarnorkuver. Skv. seinustu áætlunum stefna þeir að því að 50% rafmagns komi frá kjarnorkuverum. Hvenær þessu takmarki á að vera náð veit ég ekki. En skv. upplýsingum CEGB verða þeir með "off-peak nuclear electricity" á árabílinu 1985-90. Talað hefur verið um að frá og með 1987 byrji þeir að hafa umframrafmagn frá kjarnorkuverum. Talað er um að þetta umframrafmagn aukist upp í 11 TWh á ári miðað við 360 TWh heildarframleiðslu. En hvað ætla Frakkar að gera við allt þetta umframrafmagn? Áæltanir sýna að ammoníaksmarkaðurinn í Frakklandi kemur til með að aukast all verulega á næstu árum. Því er talað um að nota rafgreint vetni (framleitt með umframrafmagni kjarnorkustöðva) í áburðarframleiðslu og í efnaiðnaði almennt. (Í skýrslu ETSU í Harwell "Hydrogen Research and Development in the EEC", G.McHugh, ETSU N1/78, 24 January 1978, má finna spár um væntanlega notkun á ammóníaki í Evrópu fram til aldamóta). Frakkar hafa líka mikinn áhuga á vetni sem aðferð til að geyma orku. Þeir tala um árstímageymslu (seasonal storage). Þá er vetnið framleitt á sumrin, geymt í neðansjárvarbyrgjum t.d., og síðan brennt til rafmagnsframleiðslu um veturinn. Verð á umframrafmagni frá kjarnorkuverum í Frakklandi er áætlað 0,41 p/kWh, sem CEGB telur allt of lága tölu. Með þessu rafmagnsverði telja þeir sig geta framleitt vetni fyrir 264 p/GJ. Sá maður í Frakklandi sem hefur mest með vetnismál að gera er: Mr. Phillipe Godin, Chef du Departement

Systems Energetiques, Electricite de France, 6. quai Watier, 78 Chatou, France.

5.11 Útfellingar

Talað var við Dr. R.M.Thomas og Mr. M.W.E.Coney í Engieneering Sciences Division hjá CERL. Þeir eru báðir að gera tilraunir á útfellingum, tæringum og "erosion-corrosion". Dr. Thomas er m.a. að gera tilraunir með rifflaðar útfellingar. Hann er búinn að gera tilraunir með sandi en núna er hann með mettaða KNO_3 lausn við $25^\circ C$, sem streymir með 2 m/s hraða í gegnum brassrör sem er hægt að opna og skoða. Þessi rör eru við $20^\circ C$ og kristallast útfellingarnar við þessa litlu kælingu. Mr. Coney notar rör úr gífsi (gypsum) til að rannsaka rof (erosium) í beygjum á rörum, en "erosion-corrosion" er vandamál í kötlum sumra orkuvera. Eftirfarandi gögn voru afhent:

- a. "Size of scallops and ripples formed by flowing water", R.M.Thomas, Nature, Vol. 277, No. 5694, pp. 281-283, January 25. 1979.
- b. "Length Scales of Wall Deformations Induced by Turbulent Flow", R.M.Thomas, CEBG Report RD/L/N 172/78, March 1979.
- c. "Corrosion-Product Transport on the Boiler Waterside: Some Theoretical Considerations" R.M.Thomas, CEBG Report RD/L/N 173/78, March 1979.

6. BP RESEARCH CENTRE, SUNBURY-ON-THAMES 6. APRIL 1979

6.1 Energy Studies Unit

Talað var við Mr. R.N.Bennett sem veitir ESU forstöðu. Auk hans tóku aðrir starfsmenn (3 að tölu) ESU þátt í viðræðunum. Tilgangurinn með Energy Studies Unit er að benda á ný rannsóknarverkefni sem BP ætti að snúa sér að. Starfseminni mætti lýsa með frösum eins og: Technical feasibility assessment, Looking at new business opportunities; Identifying new areas of research. Þeir gera engar tilraunir/rannsóknir sjálfir en gera "pappírsathuganir" og koma með tillögur (recommendations) um hvað eigi að gera. ESU vinnur fyrir aðalstöðvarnar í London en er væntanlega staðsett í Rannsóknastöð BP vegna þess að þeir koma með tillögur um ný verkefni. ESU hefur verið til í 5 ár. Af þeim mörgu hugmyndum að rannsóknum sem þeir hafa athugað hafa um 5 orðið að rannsóknarverkefnum. Það var ákaflega erfitt að fá þá til að segja náið frá þeim verkefnum sem ESU hefur athugað. Þeir sögðu að allt sem þeir gerðu væri trúnaðarmál (confidential). Eitt af þeim verkefnum sem þeir gerðu tillögu að voru rannsóknir BP á vetnisframleiðslu með rafgreiningu. Annað verkefni hefur með varmadælur að gera. Um önnur rannsóknaverkefni vildu þeir ekkert segja. Hvað varðar olíumál sögðu Bennett og félagar að með árunum yrði þörfin fyrir léttari hluta hráolíunnar meiri (lighter end of barrel). Dæmigert verkefni hjá þeim væri að athuga hvenær kol gætu komið í staðinn fyrir þyngri hluta hráolíunnar (heavy end of barrel). Það er skoðun BP að í Vestur-Evrópu verði hægt að fullnægja þörfinni fyrir bensín og olíu á farartæki með því að "shifting the barrel". Hér er átt við það að fá meira af léttum brennsluefnum úr hverri tunnu hráolíu. Þeir hafa eitthvað athugað "coal gasification", "bioconversion" og jarðhita. Þeir töldu að jarðhiti væri það mikið í framtíðinni að BP hefði engan áhuga. Vegna fyrirspurnar um þróun olíumála og hugsanlegra verðbreytinga létu þeir mig fá fróðlega skýrslu/erindi sem Mr. R.Belgrave, Policy Adviser to the board of British Petroleum og meðlimur í MIT Workshop on Alternative Energy Strategies, hélt 9. mars 1977 á fundi hjá Royal Institute for International Affairs og nefnist "An Analysis of the Energy Balances for the U.K. and Western Europe to the Year 2000". Þeir Bennett og félagar töldu að skoðun BP kæmi fram í þessu erindi. Helsta niðurstaðan er sú að 1990 verður framreiknuð orkupörf á Vesturlöndum meiri en framreiknuð orkuframleiðsla. Auk þess telur Mr. R. Belgrave að fyrir 1985 megi búast við alvarlegum truflunum á orkumarkaðinum

í líkingu við, ef ekki verra ástand, það sem gerðist 1973.

6.2 Kísilhúðun minnkar grómun

Alvarlegt grómunarvandamál í oliuhreinsunarstöðvum er "coking" í "ethylene crackers". Við venjulegar aðstæður verður að hreinsa þessa "crackers" með 30 daga millibili. Þeir hjá BP hafa í mörg ár unnið að rannsóknum sem stuðla að því að minnka "coking". Þessar rannsóknir hafa m.a. farið fram í New Technology Division hjá BP Research Centre. Innan þessarar deildar er Physical Sciences Branch sem hefur með Surface Science Project að gera. "Project leader" er Dr. Malcolm Sims og fyrir hann vinna m.a. Dr. Allan Foster og Mr. John Clark. Ég talaði við þessa menn um þær rannsóknir sem þeir hafa gert á grómun og aðferðum til að sneiða hjá slíkum vandamálum. Þeir eru búnir að þróa 1-5 μm þykka kísilhúð á rör í "ethylene crackers" sem gerir það að verkum að ekki þarf að hreinsa nema á 90 daga fresti. Þeir eru um það bil að byrja prófanir á "crackers" af fullri stærð. Rannsóknir í tilraunatakjum sýna að kísilhúðun getur minnkað "coking" sem nemur 10-20X. Þeir segja að kísilhúðin komi í veg fyrir "catalytic effect" sem málmildi (metal oxides) hafa á "coking". Þeir búa kísilhúðina til með því að hita TEOS (tetraethylorthosilicate) og gufu að 750°C í "crackernum" sjálfum. Rafeindasmásjármyndir (SEM) sýndu að kísilhúðin leit alveg eins út og kísilútfellingar sem mynduðust í varmaskiptum í tilraunastöðinni við Svartsengi 1974.

6.3 Vetni, rafgreining, rannsóknir

Hjá New Technology Division, Physical Sciences Branch, stunda Dr. D.E. Brown og Dr. M.N. Mahmood rannsóknir á "electrocatalysis". Dr. Mahmood er fyrrverandi nemandi Prof. Tseung (sjá kafla 5.7). Þeir eru að þróa ný rafskaut til að framleiða vetni og mun þetta verkefni eiga uppruna sinn að rekja til Energy Studies Unit (sjá kafla 6.1). Drs. Brown og Mahmood sögðu að þeir hjá BP væru búnir að þróa bestu rafskautin í heiminum sem vitað er um. T.d. væri BP rafgreiningin betri en þau markmið sem Efnahagsbandalagið hefur sett sem takmark í þeim rannsóknum sem það kostar. Sjá kafla 4.8 og skýrslu þ (eftir K.F. Langley) í kafla 4.15. Mesta vinnan hjá BP hefur farið í að þróa katóðuna (cathode) þar sem vetnið sjálfst verður til. Þeir BP-menn voru mjög ánægðir með katóðuna og sögðu að anóðan (anode), þar sem súrefnið verður til væri allt að því jafn góð. Rafskautin sem þeir hafa unnið með fram til þessa

eru 20-25 cm². Þeir nota 5N KOH og hitastig 70°C. Þeir sögðu að yfirspennan (overvoltage) við katóðuna væri 70-90 mV. Straupþéttleikinn er 1 A/m² (sem er 10x meiri þéttleiki en í núverandi rafgreinum) og heildarspenna rafgreinisins (overall system) væri 1,7-1,8V. Búið er að prófa rafskautin við þessar aðstæður (1A/m², 1,7-1,8V, 70°C, 5N KOH) í allt að 3000 klst. (4 mán.) án erfiðleika. Drs. Brown og Mahmood telja að búið sé að leysa erfiðustu vandamálin og næsta skrefið sé að byggja stóran rafgreini. Hins vegar er ekki búið að ákveða hvert næsta skrefið verður. Þeir sögðu að engin ákvörðun hefði verið tekin innan BP um hvort: a. BP þróaði tæknina á eigin vegum. b. Fengi annað fyrirtæki til samstarfs. Talað var um rafgreiningatækin almennt. BP sér þróunina á þessu sviði öðrum augum en Efnahagsbandalagið. Þeir Brown og Mahmood telja að það sé óraunhæft að stefna að rafgreinum sem vinna við 150°C. Markmiðið eigi að vera 90-125°C og til þess að ná þessum hita þurfi að nota/þróa asbestsiur, sem séu gerðar þólnari með silikötum (silicate stabilized asbestos membrane). Rafskautin í BP rafgreininum eru úr "transition" málmi og því ekki dýr. Þeir bentu á að rafskautin í SPE rafgreini General Electric væri úr "noble metal" og því mjög dýr. Eins væri síuefnið (solid polymer) dýrt og kostaði 30£/ft² frá Dupont. Í Belgíu hins vegar hefur verið þróað "polymer" síuefni sem kostar minna en það sem GE notar. Þeir Brown og Mahmood töluðu um að Belgíumennirnir væru að gera mjög góðar og gagnlegar rannsóknir á vegum Efnahagsbandalagsins. Skv. þeim félögum notar Norsk-Hydro eitthvað "nickel-sulphide" kerfi á eða fyrir rafskautin en virknin (activity) minnkar með tíma. Það sem þeir Brown og Mahmood hafa gert er að þróa nýja aðferð við framleiðslu á virkum rafskautum (developed a treatment of electrodes to make them very active).

6.4 Oliugrómun

Talað var við Mr. M.K.Eyles í Operations Division, Process Branch, en þeir vinna að lausn vandamála í olíuhreinsunarstöðvum/verksmiðjum sem BP rekur í dag. Mr. Eyles sýndi mér tæki sem þeir nota til að mæla grómunareiginleika olíuefna og hvernig bætiefni hafa áhrif á upphleðslu útfellis á hitað yfirborð. Þeir voru með JFTOT (Jet Fuel Thermal Oxidation Tester) tæki frá Alcord í Bandaríkjunum. Olían streymir í lagstreymi um rör sem hefur stöðugt varmastreymi (constant heat flux). Stórt grómunarvandamál í olíuhreinsunarstöðum er "crude unit heaters" þar sem hráolían er fyrst hituð. Þeir hafa smíðað tilraunataki sem prófa grómunareiginleika hráolíu við skilyrði sem líkjast "crude heaters".

7. BERKELEY NUCLEAR LABORATORIES, BERKELEY 9. APRIL 1979

7.1 Viðmælandi og stofnunin

Talað var við Mr. R.S.Rodliffe en hann starfar við Circuit Studies and Applied Chemistry Section sem er hluti af Applied Physics Division. Berkeley Nuclear Laboratories er ein af þremur rannsóknastofnunum Central Electricity Generating Board. Hinar rannsóknastofnanirnar eru Central Electricity Research Laboratory (sjá kafla 5) og Marchwood Engineering Laboratory. Þessar stofnanir sjá CEGB fyrir grundvallarrannsóknum, en síðan eru 5 landshluta-rannsóknastofnanir sem þjóna verkefnum/vandamálum frá orkuverum í rekstri á þeirra svæði.

7.2 Grómunarrannsóknir

Mr. Rodliffe hefur unnið mikið og gott starf á sviði agnagrómunar (particulate fouling) en það er einmitt áhugasvið höfundar. Slík grómun á sér t.d. stað þar sem járnildisagnir berast með vatni og gufu í kötlum og tækjum í orkuverum. Þessar járnildisagnir (iron oxide particles) verða til við tæringu stálsins í tækjum og rörum ketilsins/orkuversins. Mr. Rodliffe lýsti þeim tilraunum og athugunum sem þeir hafa gert. Hann sagði mér frá nýrri tilgátu sinni sem útskýrir á sannfærandi máta hegðun agnagrómunar. Ýmis tilraunataki voru skoðuð. Auk tækja sem eru notuð við rannsóknir á agnagrómun voru margar straumfræðilaegar tilraunir skoðaðar. Mikið var um tilraunir á sviði tví-fara rennslis. Slíkar tilraunir miðast aðallega við öryggi í rekstri kjarn-orkuvera og LOCA (Loss of coolant accident).

7.3 Gögn

- a. "An Investigation of Particulate Corrosion Product Transients in the Primary Coolant of a Water Reactor", F.A.Means, R.S.Rodliffe, K.Harding. Grein til birtingar í Nuclear Technology.
- b. "Factors Governing Particulate Corrosion Product Adhesion to Surfaces in Water Reactor Coolant Circuits", R.S.Rodliffe, F.A.Means, CEGB Report RD/B/N4525. Í prentun.
- c. "Particles and Properties of Monodispersed Colloidal Metal Hydrous Oxides", E.Matijevic, Pure & Appl. Chem., Vol. 50, pp. 1193-1210, (1978).

- d. "Particle Adhesion and Removal in Model Systems-Part 1: Monodispersed Chromium Hydroxide on Glass", J.E.Kolakowski, E.Matijevic, J.Chem.Soc., Faraday Trans I, Vol. 75, No. 1, 65-78, (1979).
- e. "Berkeley Nuclear Laboratories", April 1977, upplýsingabæklingur um starfsemi stofnunarinnar.
- f. "Scientific Services Centre", upplýsingabæklingur um landshlutarannsóknastofnunina í suð-austur Englandi.
- g. "The Environment of Nuclear Station in England and Wales", P.Williamson, 16 pp., CEGB skýrsla, (1972).

8. COAL RESEARCH ESTABLISHMENT, CHELTENHAM 10. APRIL 1979

8.1 Stofnunin

Coal Research Establishment (CRE) er ein af rannsóknarstofnunum National Coal Board (NCB). Starfsemi CRE er í Stoke Orchard nálægt Cheltenham en auk þess standa þeir fyrir ýmsum athugunum á "verksmiðjum" í rekstri eins og orkuverum sem brenna kol. CRE sér um allar rannsóknir NCB er varða nýtingu kola (coal utilization laboratory). Á vegum NCB er rekið Mining Research Development Establishment (MRDE) sem rannsakar námuvinnslu og meðhöndlun kola (mining and preparation of coal). Fjárhagsáætlun CRE hljóðar upp á 7M £ á ári. Af þessari upphæð fá þeir 60% frá NCB, 20% frá European Coal and Steel Community (ECSC) og 10% frá undirfyrirtækjum NCB og 10% frá utanaðkomandi fyrirtækjum. Fjárhagsáætlun MRDE hljóðar hinsvegar upp á 15M £ á ári. Þar að auki er til stofnun sem heitir British Coal Utilization Research Association (BCURA) sem er staðsett í Leatherhead. Þessi stofnun var til áður en kolaiðnaðurinn í Bretlandi var þjóðnýttir (um eða eftir seinni heimstyrjöldina) og starfaði þá sem "rannsóknafélag" eða "Research Association". Þessi rannsóknafélög verða að teljast merkileg fyrirbæri og eru um 40 slík félög í Bretlandi í dag. Hugmyndin er sú að hópur fyrirtækja innan sama iðnaðar stofni rannsóknarfélag og leggi síðan fram fé til starfseminnar ásamt ríkinu. Þeir tala um "government contribution related to industrial contribution". Með þessu móti er leitast við að gera fyrirtækjum kleift að láta stunda rannsóknir með aðstoð ríkisins. Hin ýmsu fyrirtæki innan sama iðnaðar geta m.a. látið gera tilraunir og prófanir sem þeir einir hafa aðgang að. Með þessu fyrirkomulagi telja stjórnvöld/ríkið að peningum til rannsókna sé vel varið því það eru alltaf fyrirtæki sem hafa áhuga á verkefnum. Af þessu leiðir að minni líkur eru á því að einhver nýiðnaðarhugmynd sé rannsökuð út í ystu æsar án þess að grundvöllur sé fyrir framkvæmdum. Fjárhagsáætlun BCURA er upp á 1M £ á ári. Kolaíðnaðurinn í Bretlandi var frá upphafi þau fyrirtæki sem stofnuðu BCURA. Við þjóðnýtingu varð iðnaðurinn að einu fyrirtæki NCB og CRE í Cheltenham var stofnað. Nú er svo komið að BCURA vinnur nær eingöngu fyrir erlenda aðila og telst því ekki rannsóknafélag lengur. Helsta verkefnið er rannsóknir á "coal gasification" fyrir orkuráðuneytið (Department of Energy) í Bandaríkjunum.

8.2 Viðmælendur

Mr. D.C. Davidson forstöðumaður Reports and Intelligence Section skýrði frá starfsemi CRE og sýndi mér stofnunina og þær rannsóknir sem þar eru stundaðar. Talað var við Dr. D. Merrick sem starfar við Planning, Assessment and Development Branch. Auk þess var viðstaddur Dr. M. Smith sem vann með Dr. Merrick.

8.3 Vetni og kol

Dr. Merrick ofl. hafa nýlega lokið við ítarlega skýrslu um notkun vetnis í verksmiðjum sem breyta kolum í verðmætari efni. Um er að ræða vetni sem ekki er framleitt úr kolum. Miðað við núverandi kolaverð í Evrópu 1,5 - 2,5 \$/GJ þarf vetnið að vera ódýrara en 4 - 7 \$/GJ svo það borgi sig að nota það. Skýrsla þeirra Merrick og félaga er mikil að vöxtum og eimitt þess eðlis að henta vinnuhópi Orkustofnunar um vetni og ný brennsluefni. Sjá skýrslu "a" í kafla 8.7. Þeir hjá CRE eru að semja aðra skýrslu að tilhlutan Efnahagsbandalagsins. Skýrslan er kostuð af EBE (EEC) og NCB til helminga og á hún að vera tilbúin í desember 1980. Í þeirri skýrslu verður gengið út frá því að vetnið sé framleitt með ragnagni frá kjarnorkuverum og verður athugað bæði "base-load" og "off-peak" fyrirkomulag. Í þessari væntanlegu skýrslu verður útkoman (kolaverð gegn vetnisverði) athuguð fyrir tvær tegundir af verksmiðjum umfram það sem er í þeirri "gömlu". Þeir ætla að athuga tækni sem er betur þekkt í dag eins og:

- a) venjuleg SNG verksmiðju sem notar Lurgi tækni (í fyrri skýrslunni reiknuðu þeir með tækni sem verið er að þróa í Bandaríkjunum);
- b) verksmiðju sem notar Fisher-Tropsch við framleiðslu fljótandi eldsneytis. Þeir miða þessar athuganir við mjög stórar einingar.

8.4 Gasframleiðsluofnar

Rætt var um ofna sem framleiða gas úr kolum. David Merrick taldi upp þrjár tegundir sem eru "commercial" í dag. Í skýrslu "b" í kafla 8.7 er ítarlega fjallað um hinar mörgu tegundir ofna og á hvaða þróunarstigi þeir eru. Lurgi-ofninn þarf 10 -15 mm kol, vinnur við 25 bar þrýsting og getur framleitt gas úr 20 t/h af kolum. Gasið hefur hátt H₂ hlutfall. Koppers-Totzek-ofninn vinnur við eina loftþyngd og getur framleitt úr 15 t/h af kolum.

Gasið hefur hátt CO innihald. Winkler-ofninn starfar sömuleiðis við eina loftþyngd og vinnur úr 30-35 t/h af kolum. Hátt metaninnihald í framleiðslugasinu er slæmt ef þú vilt fá CO. Lurgi-ofninn hefur bestu varmanýtnina en framleiðir hátt hlutfall af tjöruefnum. Kolin í Koppers-Totzek þurfa að vera fínmöluð (pulverized) og minni en 100 μm . Koppers-Totzek framleiðir lítið metan og lítið af tjöru en hefur aftur á móti ekki eins góða varmanýtni og Lurgi. Það er vegna þess að erfitt er að nýta sér "sensible heat" í Koppers-Totzek-ofninum. Í Lurgi-ofninum þarf um 1 kg af gufu per kg af kolum. ---Þess má geta að í skýrslu "a" kafla 8.7 er miðað við að verksmiðjurnar séu sjálfum sér nógar með gufu, rafmagn o.s.frv. Við íslenskar aðstæður getur besta lausnin verið allt önnur vegna rafmagnsins og e.t.v. jarðhitagufunnar. British Gas er að þróa nýja tegund af Lurgi-ofni. Verið er að þróa Winkler og Koppers-Totzek til að vinna við háan þrýsting eins og Lurgi. Þá verður varmanýtni þeirra betri en í dag. Þýska ríkið kostar að mestu þær rannsóknir sem fara í þróunarstarfsemi Koppers-Shell-ofnsins. Texaco er sömuleiðis að þróa Koppers-Totzek-ofninn til að láta hann vinna við hærri þrýsting. Ef þessir "continuous" ofnar (L,K-T og W) framleiða of mikið, eru til "batch" ofnar sem afkasta 2 t/h af kolum. Sjá grein "c" í kafla 8.7 en hún fjallar nánar um "gas from coal".

8.5 Ráðgjafar

Dr. Merrich sagði að Coal Processing Consultants væru ráðgjafaaðilar sem störfuðu á sviði kolatækni fyrir hvaða aðila sem er. Þessir ráðgjafar koma flestir (?) frá NCB/CRE/BCURA en NCB og Woodall-Duckham eiga fyrirtækið til helminga. W-D er síðan undirfyrirtæki Babock & Wilcox Ltd. í Bretlandi. Þurfi íslenskir aðilar ráðgjöf á þessu sviði í framtíðinni má leita til Coal Processing Consultants.

8.6 Skoðunarferð

Mr. Davidson sýndi mér hin ýmsu rannsóknatæki/verksmiðjur (pilot plant) sem þeir hafa. Fyrst var skoðuð lítil verksmiðja sem nýtir frárennslisvatn (tailings) frá kolanámum til brennslu. Við námurnar fer vatnið í "thickener" sem eykur föstu efnin upp í 50% (vatn er síð frá) en kolaagnirnar eru um 5 μm að stærð. Frá "thickener" kemur kolaeðja (slurry) sem síðan er brennt í "fluid bed". Að ná kolaögnunum úr vatninu svipar á vissan hátt til vanda málsins sem skapast við losun frárennslis með kísilögnum frá jarðhitamann-

virkjum. Síðan var skoðuð rannsóknaverksmiðja sem vinnur kolefni úr kolum með "supercritical extraction". Þetta er eina verksmiðjan sinnar tegundar í heiminum. Toluene er notað sem það "supercritical" gas sem nær að draga 60% af kolefninu úr kolunum. Kolefnið má nota í efnaiðnaði en kolin sem eftir verða (með 40% kolefnisinnihald) má brenna í orkuverum til rafmagnsframleiðslu. Næst var "coal liquefaction" verksmiðjan skoðuð. Þeir skola 80-90% af kolefninu úr kolunum með því að nota "anthracene", sem kalla má tjöruefni. Þessa aðferð má flokka undir "liquid solvent extraction". Þá blöndu af "anthracene" og kolefnum sem þeir fá úr þessum tækjum fara þeir með í "hydrocracking", þar sem kolefnin eru "brotin" upp í smærri og léttari einingar með aðstoð vetnis og margvíslegara hvata. Eitt stærsta málið í þessari vinnslu er að finna réttu hvatana. (catalyst). Þess vegna hefur BP byggt þessa "hydrocracking" verksmiðju með/fyrir CRE. Notuð er sama tæknin við "cracking" og í olíuhreinsunarstöðvum. Í þessum tækjum hefur CRE framleitt bensín og margvíslega aðra olíuvökva sem hægt er að búa til. Mikil óvissa ríkir um hvaða olíuvökva væri hagkvæmast að búa til. Hér spila saman markaðsöflin og tæknin til að þróa réttu hvatana sem framleiða eftirsóttu olíuvöru. Breska stjórnin er búin að setja mikla peninga í þessar rannsóknir á næstu árum. Þeir hjá CRE telja að það taki allt að 10 ár til að rannsaka og þróa aðferðir/tækni sem nota má við könnun "olíuhreinsunarstöðvar". Þessi tækni á langt í land ennþá. Að lokum var skoðað loftsgastæki (pneumatic transport) sem CRE hefur þróað til að ná upp kolum fyrir minni tegundir gufukatla. Tækið byggir á mjög skemmtilegri og einfaldri hugmynd um það hvernig soghausinn er hannaður. Loftið kemur eftir ytra röri sem er örlítið lengra en innra rörið sem kolin sogast upp í. Loftið frá ytra rörinu þyrlar kolunum upp. Mjög sniðugt. Grein "d" í kaflanum hér á eftir fjallar ráningar um "oil from coal" og greinir m.a. frá þeirri "supercritical gas extraction" og "coal liquefaction" sem CRE hefur gert.

8.7 Gögn

- a. "The Use of Non-Fossil Derived Hydrogen in Coal Conversion Processes, D.Merrick et.al., National Coal Board, Final Report, June 1978, Research Project XII/797/76 068-76 EHUK, Commission of the European Communities.
- b. "Low Colorific Value Gas for Power Generation; A status Report-First **draft for discussion**", D.Merrick, Coal Research Establishment, No. PADB/78/32, November 1978.

- c. "Gas from Coal", M.J.Cook, B.Robson, The Chemical Engineer, pp. 729-732, October 1978.
- d. "Oil from Coal", G.G.Thurlow, The Chemical Engineer, pp. 733-735, October 1978.
- e. "Liquid Fuels from Coal", National Coal Board Report, 70 pp., August 1978. Fróðleg skýrsla fyrir lærða og leikna.
- f. "CRF Annual Report 1977-1978", Ársskýrsla CRE sem lýsir helstu þáttum starfseminnar.
- g. "Coal Research Establishment". Skýrsla upp á 10 bls. sem lýsir því helsta sem CRE gerir ásamt peningum og skipuriti.
- h. "Development of Fluidised Bed Combustion in the United Kingdom", W.G.Kaye, 6th Energy Technology Conference, Washington, 26-28 February 1979.

9. CJB DEVELOPMENT LTD., PORTSMOUTH 11. APRIL 1979

9.1 Viðmælandi

Rætt var við Mr. J.A.E. Wilkinson, Business Development Manager, en hann sér um allt er viðkemur vetni. Auk þess var talað við Mr. G.J. Iggleden sem er Sales Manager í Environmental Division.

9.2 Fyrirtækið

CJB Developments Ltd. er hluti af fyrirtækjasamsteypu Constructors John Brown Ltd. sem er síðan hluti af John Brown & Co. Ltd. CJB Ltd hanna og reisa verksmiðjur í olíuefnaiðnaði (petrochemical) og matvælaíðnaði (food industry). Dótturfyrirtækið CJB Developments Ltd. starfar innan sama ramma nema hvað það bryddar upp á nýjungum. Eitt af því sem CJB Developments Ltd. gerði var að búa til rafgreina til að framleiða vetni til lýsisherslu - þ.e.a.s. starfsemi innan matvælaíðnaðar. T.d. var svona rafgreinir keyptur til Íslands. Núna eru þeir hættir að framleiða rafgreina fyrir lýsisherslu. Á undanförunum árum hafa þeir einungis þróað og búið til rafgreina fyrir breska flotann, ekki til að framleiða vetni heldur súrefni. Þessir rafgreinar eru einungis notaðir í kjarnorkukafbáta, sem þurfa að vera langdvölum neðansjárvar. Ekki vildi Mr. Wilkinson segja hvað þeir hefðu framleitt marga rafgreina! Þessir rafgreinar eru sérsmíðaðir fyrir kjarnorkukafbátana og er því ekkert sparað. Rafgreinarnir taka lítið pláss og eru smíðaðir við bestu fánlegum efnum og orkunýtingin skiptir ekki mestu máli. Sú tegund sem þeir framleiða núna er "Mark V og vinnur við 60 - 70°C og háan þrýsting. Þeir nota "hot strong" KOH lausn. CJB Developments Ltd. sjá um varahluta- og viðgerðarþjónustu á þessum rafgreinum í kjarnorkukafbátunum.

9.3 SPE tæknin

CJB Developments Ltd. hafa einkaleyfi frá General Electric í Bandaríkjunum til að selja SPE tækni þeirra í Bretlandi. Mr. Wilkinson útskýrði málið þannig að CJB Developments Ltd. væri verkfræðifyrirtæki (engineers) sem þenandi sína peninga á því að hanna/smíða/reisa öll þau mannvirki og tæki, sem eru nauðsynleg umfram og/eða vegna þeirrar tækni (t.d. SPE rafgreini) sem verið

er að nýta. Þeir telja að gömlu rafgreinarnir séu úreltir og tímabært sé að próa nýja rafgreina sem byggja á SPE tækni. Þeir hafa ekki farið út í það að betrubæta gömlu rafgreinana sem eru í kaþbátunum. Í staðinn hafa þeir próað og byggt lítinn SPE rafgreini sem byggir á tækni GE. Þar prófanir sem þeir hafa gert lofa góðu. Næsta skrefið hjá þeim er að smíða rafgreini af fullri stærð (prototype) eins og myndi henta kaþbátum. Takist það vel ætla þeir að smíða "sea-going" rafgreini, sem yrði þá settur um borð í kaþbát til frambúðar. Þeir hjá CJB Developments Ltd. trúa það vel á SPE tæknina að þeir hafa veðjað öllu á einn hest.

9.4 Almenn vetnisframleiðsla

Mr. Wilkinson sagði að þær rannsóknir sem General Electric væru að gera á SPE miðuðu nær einungis við notkun vetnis í stórum stíl (hydrogen economy). Þeir hjá CJB Developments Ltd. miða hinsvegar við sérþarfir kjarnorkukaþbáta - þar sem kostnaðurinn skiptir ekki mestu máli - en auk þess væru þeir að athuga aðra "small and medium scale" möguleika. Það var á Mr. Wilkinson að heyra að þeir hjá General Electric væru búnir að leysa tæknilegu vandamálin í SPE-rafgreiningu en erfiðara gengi að lækka kostnaðartölurnar. M.ö.o. General Electric hefur leyst tæknilegu vandamálin en hafa ekki getað lækkað stofnkostnað og rekstrarkostnað eins og stefnt var að. A.m.k. ætlar það að taka þá lengri tíma að lækka framleiðslukostnaðinn á rafgreindu vetni en upphaflega stóð til. Þess verður að geta að hugmyndir CJB Developments Ltd. um að smíða tilraunagreini á næsta ári fer algjörlega eftir því hvað GE vill gera í málinu.

9.5 Önnur tæki

CJB Developments Ltd. framleiða og selja ýmis tæki til að meðhöndla vatn og frárennsli. Þar má nefna sérstaka skilju sem skilur olíubrák/olíudropa frá vatni eða sjó. Þessar skiljur má líka nota á stórar agnir í vökvum. Þeir Wilkinson og Iggleden afhentu mér fjölda bæklinga og bóka um starfsemi John Brown fyrirtækjanna og þá sérstaklega hvað CJB Developments Ltd. framleiða og selja.

9.6 Sambönd

Mr. Wilkinson gaf mér upp pósthöng þeirra aðila í Bandaríkjunum, sem best væri að hafa samband við til frekari upplýsingaöflunar um mál er varða vetni

og vetnisframleiðslu.

a. Mr. David Raley, Director Energy Conversion Programs, General Electric,
50 Fordham Road, Wilmington, Massachusetts 01887, USA.

b. Mr. Frank J. Salzano, Project Manager, Brookhaven National Laboratory,
Upton, New York 11973, USA.

10. BP TRADING LTD., LONDON 12. APRIL 1979

10.1 Viðmælendur

Dr. M.J.Fredrickson, Manager, Supply Forecasts Branch, Forecasting Division, Corporate Planning Department. Jafnframt Mr. P.Bassett og Mr. T.Symes sömu deild.

10.2 Olía og framtíðin

Dr. Fredrickson talaði um að framboð hráolíu mundi ná hámarki á næstu 10 árum. Hámarksframleiðslan verður væntanlega 70 MBPD (million barrels per day) í hinum vestræna heimi (non-communist world). Í dag og á næstu árum getum við búist við tímabundnum (seasonal) erfiðleikum. Á næsta áratug (80's) getum við hins vegar gengið út frá því sem vísum hlut að um tímabundna erfiðleika verður að ræða á olíumarkaðinum. Dr. Fredrickson sagði að í Evrópu í dag væri allt of mikið af olíuhreinsunarstöðvum (chronic surplus). Hann talaði um að þyngri hluti hráolíunnar (heavy end of barrel) færi til brennslu (bunker). Á næstu 20 árum telur Dr. Fredrickson að kjarnorkuver taki yfir alla raforku framleiðslu.

10.3 Verð á hráolíu

Talað var um verð á hráolíu og hvernig það muni hækka í framtíðinni. Verður hækkin stöðug eða verður hún skrykkjótt? Dr. Fredrickson taldi það fara eftir stefnu (policy) stjórnvalda í Bandaríkjunum og hvernig hún samræmist stefnu OPEC ríkjanna. Það kom fram í viðræðum við þá BP-menn að sé litið til lengri tíma hefur verðhækkun olíu undanfarin ár verið 4% á ári umfram verðbólgu. P.e.a.s. raunveruleg verðhækkun er um 4% á ári. Þeir telja að á næstu árum muni olían ekki hækka örar en 4% á ári. Það segja þeir vera þá mestu hækkin sem efnahagskerfi Vesturlanda getur borið. En hækkin verður væntanlega ekki svo mikil. Þeir telja að 2,5% verðhækkun á ári sé ekki óeðlileg.

10.4 Verð á kolum

Þegar talað er um verð á kolum verður að gera greinarmun á "coking" og "thermal" kolum. Dr. Fredrickson talaði um að "coking" kol væru 2x dýrari

en "thermal" kol. Á sjötta (50's) og sjöunda (60's) tug aldarinnar var kola-
verð mjög lágt vegna þess að þá var olían ekki dýr. Þýsk kol eru eitthvað
dýrari en bresk kol. Upplýsingar um kolaverð í dag er að finna í "Coal Week-
ly" sem er gefið út í Bandaríkjunum. Á seinasta ári (1978) kostuðu brennslu-
kol (thermal coal) 30 \$/t í Suður Afríku, 33 \$/t í Ástralíu, 36 \$/t í Banda-
ríkjunum. Evrópukol (Bretland og Þýskaland) kosta helmingi meira. Á sama
tíma kostuðu "coking" kol frá Póllandi 55-56 \$/t. Til þess að fá kol frá Pól-
landi í miklu magni þurfa viðskiptaaðilar að fjárfesta í nýjum námum. Kol
frá Ástralíu virðast aðallega seld skv. langtíma samningum. Til þess að kaupa
"spot" eða á "short contract" telja þeir BP-menn að auðveldast sé að versla
á bandaríska markaðinum. T.d. væri mikið skipað út frá Hampton Road á aust-
urströndinni. Það er nýttískuleg kolahöfn með "good handling facilities".

10.5 "Relative" verð á orkugjöfum

Um leið og hráolía hækkar í verði telja þeir Fredrickson, Bassett og Sims það
alveg víst að verð á öðrum orkugjöfum hækkar líka. Eina spurningin er hversu
mikill verðmunur verður á hinum ýmsu orkugjöfum - olíu, kolum, gasi. Talað
var um að í dag væri brennsluolía fyrir orkuver 25% dýrari en brennslukol
sé miðað við varmainnihald. Þessi mismunur (premium) gæti aukist þegar verð
á hráolíu hækkar. Alþjóðlegt verð á jarðgasi er talið vera lægra en verð á
hráolíu (crude). Í Bretlandi í dag er verð á hráolíu og jarðgasi hins vegar
mjög svipað. Mr. Bassett og Mr. Sims töluðu um að nóg væri af kolum í Banda-
ríkjunum, Ástralíu og Suður Afríku fram yfir aldamót og því mundi verðaukn-
ingin ekki verða svo mikil. Þeir sögðu að verð á kolum stjórnaðist samt af
hráolíuverðinu. Verðmismunurinn hefur áhrif á "economic rent". Það skiptir
litlu máli hvað það kostar að framleiða kolin því þau verða alltaf verðlögð
eins hátt og hægt er að selja þau á. Þeir aðilar sem "híra" mismuninn geta
verið; námuverkamenn, framleiðslu og/eða sölufyrirtæki kolanna; ríkisstjórnir.
Kolaverðið kemur því til með að fylgja á eftir olíuverðinu.

10.6 Metanól og Mið-Austurlönd

Þeir BP-menn töldu ólíklegt að metanól eða LNG yrðu framleidd í Mið-Austur-
löndum ódýrt. Vegna þess að öll eldsneyti koma til með að fylgja hráolíu-
verðinu koma metanól og LNG til með að gera það líka.

10.7 Framtíðarspár

BP telur að þær spár um framboð og eftirspurn orkulinda í framtíðinni sem einna helst sé að byggja á séu Workshop on Alternative Energy Strategies og OECD World Energy Outlook. BP-maður (sjá kafla 6.1) frá þeim í London var meðlimur WAES. BP gefur út árlega yfirlit um framleiðslu og notkun orkugjafa í heiminum.