



Viðræður orkumálastjóra við R. Skjöldebrand
há alþjóðlegu kjarnorkumálastofnuninni í
Vín hinn 17. maí 1982

Jakob Björnsson

Greinargerð JB-82/01

1982 05 17

Greinargerð JB - 82/01

1. Inngangur

Undirritaður átti viðræður við R. Skjöldebrand, yfirmann Kjarnkljúfa-
verkfræðiskorar í Raforkuvinnsludeild Alþjóðlegu kjarnorkumálastofnunar-
innar í Vín mánudaginn 17. maí 1982.

Tilgangur viðræðanna var að fræðast nánar um þróun tækninnar til að
vinna raforku úr kjarnorku, með sérstöku tilliti til aukins markaðar fyrir
þungt vatn í framtíðinni. Framleiðsla á þungu vatni er athyglisverður
möguleiki til að nýta orku háhitasvæðanna á Íslandi, og gæti skapað mjög
stóran markað fyrir slíka háhitaorku. Þungt vatn hefur marga kosti sem
framleiðsluvara í slíku samhengi, svo sem þann að vera mjög dýr (hafa hátt
markaðsverð), andstætt við t.d. afurðir væntanlegrar saltverksmiðju.
Flutningskostnaður skiptir þannig hverfandi litlu máli. Árlegt framleiðslu-
magn yrði einnig lítið; nokkur hundruð tonn í fyrstu og endanlega fáein
þúsund tonn. Ókostur er það hins vegar að markaður fyrir þungt vatn er
alfarið bundinn við vinnslu raforku úr kjarnorku í svonefndum þungavatns-
kljúfum, sem eru enn sem komið er lítið útbreiddir. Annar ókostur er að
slíkur iðnaður er mjög fjármagnsfrekur. Var tilgangur viðræðanna ekki
síst sá, að heyra mat manna hjá Alþjóðlegu kjarnorkumálastofnuninni á
framtíðarhorfunum fyrir þessa tegund kjarnkljúfa.

Fyrir nálægt 20 árum voru möguleikar Íslendinga til að framleiða þungt
vatn kannaðir ítarlega. Var niðurstaðan sú, að tæknin til þess væri
allvel þróuð og hagkvæmni slíkrar vinnslu á Íslandi virtist álitleg ef
markaður væri fyrir hendi. Það var hann hins vegar ekki þá, og hefur
ekki verið síðan, svo málið var lagt á hilluna. Að mati undirritaðs er
nú tími til kominn að skoða það að nýju.

Fulltrúi Íslands hjá Alþjóðlegu kjarnorkumálastofnuninni, Magnús Magnússon,
prófessor, hafði milligöngu um þessar viðræður, og eru honum færðar þakkir
fyrir góða fyrirgreiðslu.

2. Niðurstöður

Niðurstöður af viðræðum við hr. R. Skjöldebrand og öðrum athugunum undirritaðs má draga saman þannig:

2.1 Núverandi markaður fyrir þungt vatn í heiminum er um 2000 t/a.

Líklegt þykir að hann verði orðinn 3 til 4 sinnum meiri um aldamót. (1) Hvað síðar verður ræðst alveg af því, hvaða gerðir kjarnkljúfa verða þá ráðandi, en Skjöldebrand taldi líklegast að aukningin eftir aldamót héldist í fyrstu svipuð og á tímanum fram til aldamóta (kúrfa 1, 2, 3, 4 á myndum 8.5 og 8.6, bls. 224 og 225 í (1)).

2.2 Vinnslugetan nú er einnig um 2000 t/a, en 1100 t/a til viðbótar geta verið tiltæk innan þriggja ára í verksmiðjum sem komnar eru langt í byggingu í Kanada, en frestað hefur verið í bili að taka í notkun vegna þess að markaðurinn er sem stendur aðeins 2000 t/a.

Vegna þess að þungavatnsverksmiðja þarf árlegt viðhald eru meðalafköst hennar ekki nema um 70% af hámarksafköstum. Ofangreindar tölur um ársvinnslu, 2000 t/a og $2000 + 1100 = 3100$ t/a, svara því til um 2900 to 4400 t/a hámarksafkasta. Raunveruleg hámarksafköst þungavatnsverksmiðju í heiminum í dag, að meðtöldum kanadisku verksmiðjunum þremur, sem eru í smíðum, eru 4525 t/a. (1).

Af þessum heildar-hámarksafköstum þungavatnsverksmiðju eru 88,4% í Kanada; 7,0% í Indlandi, 0,4% í Noregi og 4,2% í Bandaríkjunum. (1) Samkvæmt upplýsingum Skjöldebrands framleiða indversku verksmiðjurnar einvörðungu fyrir innalandsmarkað þar á landi, og dugar þó varla til, en Indverjar hafa verið illa séðir, nánast á svörtum lista, í kjarorkusamfélagi þjóða heims síðan þeir sprengdu kjarnorkusprengju sína 1974, sem gerð var úr plútóníum sem unnið var með rannsóknarkjarnkljúfum er þeir höfðu keypt af Kanadamönnum, og gert samning um að nota eingöngu í friðsamlegum tilgangi (Indverjar telja sig hafa haldið það loforð; þeir hafi aldrei lofað að framleiða ekki "kjarnorkusprengju til friðsamlegra nota").

Líklegur markaður fyrir þungt vatn um aldamót er samkvæmt þessu 6000-8000 t/a, svarandi til 8600-11400 t/a hámarksafkasta verksmiðjanna.

- 2.3 Vinnsla á þungu vatni er mjög orkufrek (notar miklar varmaorku). Hún getur því aðeins þrífist þar sem ódýr varmaorka er fáanleg. Kanadamenn fá orku sína, skv. upplýsingum Skjöldebrands, frá kjarnkljúfum sínum, sem þannig verða að framleiða mun meiri varmaorku en þarf til raforkuvinnslunnar. Kostnaður við slíka orku er í fyrsta lagi eldsneytiskostnaður kjarnorkuvinnslunnar + stækkunar-kostnaður sjálfra kjarnkljófana (vegna meiri nauðsynlegra afkasta en fyrir raforkuvinnsluna eina). Skjöldebrand kvaðst ekki hafa upplýsingar um hver sá kostnaður væri. Við hann verða íslensku háhitasvæðin að keppa.
- 2.4 Kanadamenn þróuðu vinnslutækni á raforku í þungavatnskjarnkljúfum og hafa setið nánast einir að henni. Hún hefur þegar náð mikilli fullkomnun, og hefur ýmsa kosti umfram léttavatnaskljúfana, sem annars eru nær einráðir í raforkuvinnslu úr kjarnorku í heiminum. Ekki er líklegt, að mati Skjöldebrands, að aðrar þjóðir leggi í þróunarkostnaðinn ef þungavatnaskljúfar ná meiri útbreiðslu en nú er (sem er skilyrði þess að markaður fyrir þungt vatn aukist), heldur muni þær þá framleiða slíka kljúfa eftir leyfum frá Kanadamönnum, sem þannig yrðu mjög áhrifamiklir á kjarnkljúfamarkaði heimsins. Ef Íslendingar hyggja á að framleiða þungt vatn í stórum stíl í framtíðinni gæti samvinna við Kanadamenn um einskona verkaskiptingu verið mjög athyglisverður möguleiki.
- 2.5 Kanadisku þungavatnsverksmiðjurnar hafa 400 og 800 t/a hámarksafköst; þær nýrri flestar 800. Sú stærð verksmiðju, sem reiknað var með í íslensku athuguninni fyrir um 20 árum mun hafa verið 400 t/a hámarksafköst.
- 2.6 Þungavatnsverksmiðju þarf að staðsetja við á eða (ferskt) vatn. Hver 100 t/a í hámarksafköstum hafa í för með sér um 100 l/s vatnsþörf (1). Hún þarf einnig að vera í nálægð við stað þar sem sérhæft, þjálfað vinnuafli og almenna þjónustu er að fá.
- Áreiðanleiki í aðfærslu gufu og raforku til verksmiðjunnar er afar mikilvægur, því að jafnvel mjög skammvinnar reksturstuflanir geta verið afar kostnaðarsamar.

Í vinnsluferlinum er notað brennisteinsvetni í stórum stíl, en það er bæði tærandi og eitrad. Af þeim sökum eru gerðar mjög háar öryggiskröfur, bæði í byggingu slíkra verksmiðja og rekstri. Starfsliðið þarf því að hafa góða menntun og þjálfun - og fær væntanlega laun í samræmi við það. Vinnan er fyrst og fremst fólgin í að líta eftir og fylgjast með vinnsluferli sem er að mestu sjálfvirkur. Þungvatnsvinnsla virðist þannig dæmigerður hálaunaíðnaður er notar sérhæft vinnuafli.

Vegna tæringar- og eitrunarhættu frá brennisteinsvetninu eru þungavatnswerksmiðjur ekki reistar í næsta nágrenni við þéttbýli. (1).

2.7 Þungavatnskljúfar geta nýtt nátturlegt uraníum, gagnstætt léttavatnskljúfum, sem þurfa auðgað uraníum. Í grundvallaratriðum er því hægt að vinna raforku í kjarnorkustöðvum án þess að auðga uraníum og sleppa þannig við hættuna af að auðgunarstöðvarnar verði misnotaðar til að framleiða háauðgað uraníum í sprengjur. Enn sem komið er eru slíkar stöðvar einungis í þeim fáu löndum sem ráða yfir kjarnorkuvopnum, og þær hafa flestar verið reistar í tengslum við vopnaframleiðslu. Slík lönd hafa því einnig einokun á lágauðguðu uraníum (3-4%), sem notað er í léttavatnskljúfa þá, sem algengastir eru í heiminum. Mörg lönd eiga erfitt með að setta sig við slíka einokun, ekki síst mörg þróunarlönd, sem eru tortryggin bæði gagnvart iðnríkjum Vesturlanda, Sovétríkjunum og Kína. Eigi slík lönd að geta aukið raforkuvinnslu sína í næstu framtíð, í samræmi við áform um iðnþróun - og slík aukning er í mörgum þróunarlöndum ekki möguleg nema kjarnorka eigi þar stóran hluta að - er um tvær leiðir að velja: (1) Að verða sér úti um auðgunartæknina og reisa auðgunarstöðvar í löndum sínum, eða (2) velja þungavatnskljúfa sem geta nýtt nátturulegt uraníum. Þá kemur hinsvegar innflutningur á þungu vatni, eða vinnslu þess innanlands, en til þess skortir mörg þróunarlönd orku. Að mati Skjöldebrands verður framtíð þungavatnskljúfama í heiminum ekki síst undir því komin hvora þessara leiða þróunarlönd velja. Frá því sjónarmiði að draga úr þeirri hættu á útbreiðslu kjarnorkuvopna sem er samfara því að auðgunarstöðvar rísi út um allar jarðir er síðari leiðin, þungavatnsleiðin, tvímælalaust eftirsóknarverðari.

Þessi staða kann að skapa áhugaverða möguleika á þríhliða samvinnu milli Kanada, Íslands og Þróunarlands, sem fengi kjarnkljúfinn frá Kanada og þungavatnið frá Íslandi. Minni tottryggni kann að gæta í mörgum þessara landa gagnvart Kanada og Íslandi en risaveldunum og stærstu iðnríkjum Vesturlanda.

Hins vegar er, að álitum Skjöldebrands, ekki líklegt að þungavatnskljúfar nái í náinni framtíð umtalsverðri útbreiðslu í iðnríkjum OECD, utan Kanada, eða Sovétríkjunum og Austur Evrópu, ríkjum, sem ýmist ráða sjálf yfir auðgunartækni, eða hafa nána samvinnu án verulegrar innbyrðis tottryggni.

2.8 Að sögn Skjöldebrands borgar endurvinnsla á ónotuðu úraníum úr útbrunnum eldsneytisstöngum, og á plútóníum, sem í þeim myndast, sig ekki sem stendur á almennum viðskiptalegum grundvelli. Ekki eru sem stendur neinar horfur á breytingum í því efni, að hans sögn. Þær endurvinnslustöðvar, sem til eru í heiminum nú eru reistar í tengslum við smíði kjarnorkuvopna, og stofnkostnaður þeirra meira eða minna borinn uppi af henni. Það verð á endurvinnslu, sem samningar milli slíkra stöðva og raforkuvinnslufyrirtækja (t.d. samningar Vattenfalls og Sydkrafts í Svíþjóð við COGEMA í Frakklandi) kveða á um er því ekki raunhæft kostnaðarverð endurvinnslu. Í nýjum samningum sem rætt hefur verið um, en ekki verið undirritaðir, þar sem verðið þarf að bera uppi stækkun endurvinnslustöðvanna, eða endurbyggingu eldri stöðva, þarf þetta verð að vera svo hátt að það borgar sig betur fyrir raforkufyrirtækið að sleppa endurvinnslunni alveg og hirða ekki óbrunnið úraníum og plútóníum úr útbrunnum stöngum.

Meðan slíkt ástand varir hafa hraðkljúfarnir, sem brenna plútóníum, enga möguleika á að borga sig til raforkuvinnslu.

Þetta kann að breytast síðar meir, ef alvarlegur skortur á úraníum gerir vart við sig, t.d. eftir nokkra áratugi, en þá kunna líka aðrar aðferðir til að vinna raforku, t.d. úr endurnýjanlegum orkulindum, að verða orðnar samkeppnisfærar við kjarnorkuna.

Þar eð nýting á úraníum er heldur betri í þungavatns- en léttavatnskljúfum ætti þessi staða varðandi hagkævmni endurvinnslu að vera þungavatnskljúfunum í vil, en munurinn er þá ekki afgreandi, að sögn Skjöldebrands.

Þetta þarf ekki að tákna að engar endurvinnslustöðvar verði reistar, en til þess að rekstur þeirra komi til greina verður viðkomandi ríki að taka á sig hluta stofnkostnaðarins af einhverskonar pólitískum ástæðum.

2.9 Þegar Carter var forseti tóku Bandaríkin þá stefnu að fara ekki út í endurvinnslu kjarnorkueldsneytis sjálfir, eða þróa og selja öðrum tækni og búnað til endurvinnslu. Var þetta hugsað til þess að draga úr hættunni á því að allar mögulegar þjóðir gætu eignast plútóníumsprenngjur. Þessi stefna var mjög umdeild í Bandaríkjunum og var harðlega gagnrýnd t.d. af Frökkum og Þjóðverjum. Að sögn Skjöldebrands eru menn sem þekkingu hafa á þessum málum, bæði í Evrópu og Bandaríkjunum, sem óðast að verða sammála um að þessi stefna Carters hafi verið misskilningur frá upphafi, tilkomin fyrir áhrif ungra, reynslulítilla ráðgjafa. Það er, segir hann einungis fært að hindra útbreiðslu á plútóníumsprenngjum eftir pólitískum leiðum, en ekki tæknilegum. Það er tæknilega tiltölulega einfalt að vinna plútóníum úr útbrunnu eldsneyti, sem gert er með efnafræðilegum aðferðum. Búnaður til að gera það í smáum stíl, sem nægir í nokkrar sprenngjur á ári, kostar fáeina tugi milljóna dollara (minna en ein vatnsaflsstöð á Íslandi). Í plútóníumsprenngju þarf ca. 10 kg. Jafnvel þróunarlönd hafa vel efni á slíku. Allt annað mál er að endurvinnsla á plútóníum sem eldsneyti borgar sig ekki, segir Skjöldebrand.

Þegar Reagan varð forseti Bandaríkjanna hvarf hann alveg frá þeirri stefnu Carters að leggja hindranir í veginn fyrir endurvinnslu á útbrunnu kjarnorkueldsneyti. En slík endurvinnsla er mál einkaframtaksins, ekki ríkisvaldsins, sem ekki mun taka neinn þátt í slíkri starfssemi sem reka skal á venjulegum viðskiptagrundvelli, að mati Reagans og ráðgjafa hans. En endurvinnsla borgar sig ekki á slíkum grundvelli, að mati einkaframtaksins, og við það situr. Málið er því mikið til í sömu sporum og í forsetatíð Carters, en af allt öðrum ástæðum.

Smávegis munur er á léttavats- og þungavatskljúfum varðandi notkun á plútóníum úr útbrunnu eldsneyti frá þeim í sprenngjur. Eru þungavatskljúfarnir heldur verri í því tilliti, en munurinn er óverulegur, að sögn Skjöldebrands. Hann liggur í því, að í útbrunnu eldsneyti frá þungavatskljúf er meira af Pu-239 en í samskonar úrgangi frá

léttavatnaskljúf, sem inniheldur stærri hluta af Pu-240. Síðar- nefnda samsætan, Pu-240 er heldur örðugri til nota í sprengju en Pu-239.

Að mati Skjöldebrands hefur raforkuvinnsla úr kjarnorku lítið að gera með hættuna á útbreiðslu á plútóníumvopnum. Auðveldasta leiðin til að smíða slík vopn er að hans mati sú, að kaupa sér rannsóknar- kljúf og hirða plútóníið úr útbrunnu eldsneyti hans. Það gerðu Ind- verjar 1974, og það var slíkur kljúfur sem Ísraelsmenn eyðilögðu í Írak með loftárás.

2.10 Verð á kanadískum þungavatnaskljúfum liggur að sögn Skjöldebrands einhversstaðar á milli verðs á bandarískum léttavatnaskljúf (um 2000 \$/kW) og frönskum (um 1200 \$/kW að sögn Frakka, en nokkur óvissa virðist um hvort það verð er algerlega sambærilegt við hið banda- ríska). Undirbúnings- og byggingartími kjarnorkurafstöðvar með léttavatnaskljúf er 64 mánuðir í Frakklandi, en 121 mánuður í Banda- ríkjunum, vegna flóknari og þunglamalegri öryggislaggjafar þar miðað við sambærilegt öryggi í báðum löndum.

2.11 Varðandi möguleika okkar Íslendinga til að nýta háhitasvæðin til framleiðslu á þungu vatni er það mat undirritaðs, eftir að hafa kynnt sér málið nokkuð, og eftir þessar viðræður við Skjöldebrand, að alveg á næstunni, fyrir 1985, sé ekki líklegt að núverandi markaður fyrir þungt vatn breytist verulega okkur í hag. En til lengri tíma lítið gæti það mætavel gerst, og því er fyllsta ástæða til að fylgjast vel með þróuninni í vinnslu raforku úr kjarnorku. Tímenn á að nota vel til að átta sig á því, með hvaða hætti við Íslendingar gætum hugsað okkur að standa að framleiðslu á þungu vatni; fá fram nýjar kostnaðartölur um hana, og síðast en ekki síst kanna hvort einhverjir, og þá hverjir, möguleikar kunna að vera á samvinnu við Kanadamenn í þessu efni og íhuga hvaða afstöðu við viljum taka til slíkrar samvinnu. Jafnframt þurfum við að sannfæra bæði okkur og aðra um að nægileg jarðgufa sé raunverulega fánleg á hentugum stöðum.

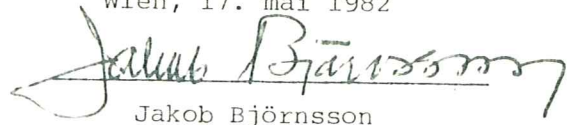
Heimildir:

- (1) International Nuclear Fuel Cycle Evaluation:
INFCE Summary Volume

Fuel and Heavy Water Availability
(Report of INFCE Working Group 1)

Published by the International Atomic Energy
Authority Agency. Vienna 1980.

Wien, 17. maí 1982


Jakob Björnsson