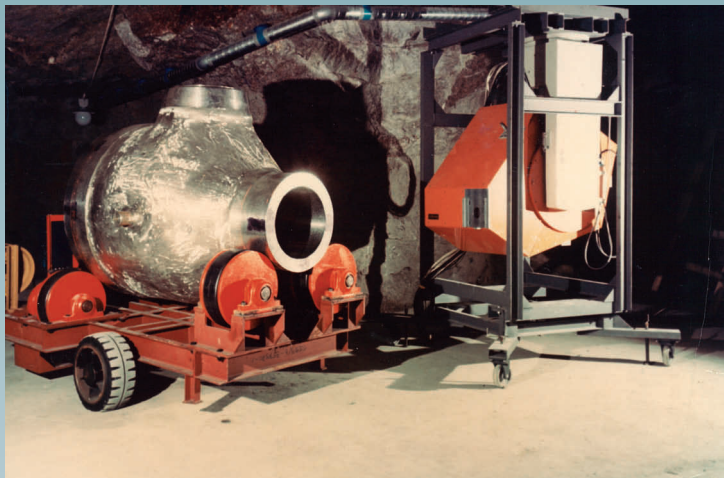


Daniel Jåfs

Introduktionen av kärnkraften i Finland

En undersökning med fokus speciellt på vår
verkstadsindustris roll





Daniel Jäfs

f. 1930

Dipl.ing. 1955

Studier vid the International School of Nuclear Science and Engineering, USA, 1957

Över 40 års verksamhet inom Finlands industri,

bl.a. som verkställande direktör för Oy Finnatom Ab

Teknologie doktor 2009

Pärmbilder: Finnatoms arkiv och författarens arkiv

Pärm: Tove Ahlbäck

Åbo Akademis förlag

Biskopsgatan 13, FI-20500 ÅBO, Finland

Tel. int. +358 20 786 1468

Fax int. +358 20 786 1459

E-post: forlaget@abo.fi

<http://www.abo.fi/stiftelsen/forlag/>

Distribution: Oy Tibo-Trading Ab

PB 33, FI-21601 PARGAS, Finland

Tel. int. +358 2 454 9200

Fax int. +358 2 454 9220

E-post: tibo@tibo.net

<http://www.tibo.net>

INTRODUKTIONEN AV KÄRNKRAFTEN I FINLAND

INTRODUKTIONEN AV KÄRNKRAFTEN I FINLAND

En undersökning med fokus speciellt på vår verkstadsindustris roll

Daniel Jåfs

ÅBO 2009

ÅBO AKADEMIS FÖRLAG – ÅBO AKADEMI UNIVERSITY PRESS

CIP Cataloguing in Publication

Jåfs, Daniel

Introduktionen av kärnkraften i Finland:
en undersökning med fokus speciellt på
vår verkstadsindustris roll / Daniel Jåfs.

– Åbo: Åbo Akademis förlag, 2009.

Diss.: Åbo Akademi. – Abstract.

– Tiivistelmä.

ISBN 978-951-765-473-9

ISBN 978-951-765-473-9
ISBN 978-951-765-474-6 (digital)
Painosalama Oy
Åbo 2009

FÖRORD

Föreliggande undersökning kom igång 2006 i och med att den dåvarande rektorn för Åbo Akademi (numera biskop), Gustav Björkstrand, gav ett positivt svar (2005) på min förfrågan huruvida en 1930 född diplomingenjör som graderat vid Kemisk-tekniska fakulteten 1955 och 1957 studerat kärnfysik och kärnteknik vid the International School of Nuclear Science and Engineering vid Penn State University och USAEC:s Argonnelaboratorier (University of Chicago) kunde utföra fortsättningsstudier med sikte på att i sinom tid avlägga teknologie doktorsexamen. Detta innebar att jag efter att under mer än fyra decennier varit verksam inom vår industri kunde återinträda i den akademiska världen, något som beredde mig stor tillfredsställelse. För detta tack rektor Björkstrand!

Till mina eminenta handledare vid Åbo Akademi, professor Kim Wikström och professor Tapio Westerlund, önskar jag framföra mitt varma tack för deras kontinuerliga stöd under arbetets gång och deras starka intresse för ett tema som i stället för att inrikta sig på framtiden främst behandlade händelser och processer som var aktuella och akuta på 1960- och 1970-talen. Professorn vid Tekniska högskolan i Helsingfors, Karlos Artto med sitt förflutna vid Imatran Voima, visade även han ett klart intresse för mitt tema, något som för mig var en källa till uppmuntran och som jag är tacksam för.

Mina intervjuoffer var alla beredda att svara på mina frågor, och därtill var de ivriga att komma med sina synpunkter och hjälpa till bl.a. med litteraturinformation. Jag vill speciellt tacka bergsråden Krister Ahlström, Georg Ehrnrooth, Jaakko Ihamuotila och Kalevi Numminen, professor em. Pekka Jauho, DI Magnus von Bonsdorff, FD Magnus Gustafsson, TkD Juhani Kuusi samt TkD Anders Palmgren, som förutom att han var en sakkunnig förgranskare därtill bidrog med avgörande synpunkter på min avhandling. Docent Christian Junnelius fungerade även han synnerligen förtjänstfullt som förgranskare.

FL Annemarie Södergård och FM Maria Vasenkari gav en mängd värdefulla råd och anvisningar för min avhandling. Tack för det. Byråsekreterare Eva-Lena Nyby-Iljin var också till stor hjälp och löste en mängd praktiska problem.

Kontakten med mina doktorandkolleger, som uppträdde som goda kamrater trots att de kanske var ett halvt sekel yngre, var utomordentligt inspirerande. Tack för detta.

Slutligen vill jag varmt tacka även mina söner, Gustav, Roy, Peter och Lasse, min sondotter Eva och min sonson Harry, utan vilkas hjälp – bl.a. med data-teknik – avhandlingen troligen aldrig blivit färdig. Under min egentliga studietid utgjorde ju räknestickan ett tillräckligt arbetsredskap!

Grankulla, april 2009

Daniel Jåfs

ABSTRACT

The aim of my research was to study how nuclear power was introduced into Finland placing a special focus on the role of the domestic engineering works industry. I wanted to discover what really transpired during this long and protracted process, which I consider to be unique and having no completely equivalent development anywhere else in the world. In the study, I have also tried to clarify the initial reasons for the process, and why it developed in such an unusual way. Studying the main players was clearly of interest as was analyzing the results of the development described, which proved a challenge. These considerations naturally led me to formulate my basic research questions:

- a. When and how was nuclear power introduced into Finland?
- b. What were the reasons for this introduction and what were the results?
- c. What was the role of the domestic engineering works industry?

It was natural for me to start the investigation by exploring the original situation not only in Finland but also in those countries which came to be moving spirits in the development, or which became main players at a later stage.

I studied the literature in the field and interviewed a number of people, who, in a decisive way, had had an influence on the long and at times chaotic process which led to the introduction of nuclear power into Finland. For the sake of giving a more balanced perspective I included in the investigation several people who had taken part in the process only as passive spectators, but who, for various reasons, were of interest. In order to make it easier for the reader and to avoid numerous footnotes a short list of relevant nuclear symbols and terms with explanations has been included.

When describing the different phases in the development I stayed, in principle, within a historic framework, although I diverged from the strict chronological order when I deemed it necessary. In my investigation, I did not take a neutral stance regarding the two large projects that had a central position in the introduction, namely the nuclear power plants in Lovisa and in Olkiluoto respectively. My reason for this was that the Lovisa project was more eventful; because by its nature it implied a greater challenge and it was also more important to the domestic engineering works industry than Olkiluoto. Imatran Voima Oy and Lovisa therefore received more attention in my investigation

than Teollisuuden Voima Oy – Industrins Kraft Ab (below Industrins Kraft) and Olkiluoto; even though Olkiluoto, due to its higher capacity, produces more kilowatt hours.

Suomen Atomiteollisuusryhmä – Finlands Atomindustrigrupp (below Finlands Atomindustrigrupp) and its successor, *Oy Finnatom Ab*, due to its role as a coordinating body and official spokesman for the Finnish nuclear engineering works industry naturally occupied a central position in my investigation.

The starting point for the introduction of nuclear power into Finland may psychologically be dated to the establishment, in 1958, of the Ydin Exponential Pile, YXP, and in 1962 of Finland Reactor I, FiR I, at the Technical University of Helsinki in Otaniemi. The end of the introductory phase may be seen as the signing, in 1982, of the acceptance protocol for Olkiluoto 1 and Olkiluoto 2 and the final permits for Lovisa 2, granted by the authorities in 1983. The acceptance was signed by Industrins Kraft, ASEA and Asea-Atom. As to the long and complicated process of introduction I refer the reader to the main part of the study.

The domestic engineering works industry played an important role, especially regarding the Lovisa project and the cooperation with the Soviet organizations. Making reference to the *high technical level*, the experiences from the war reparation deliveries and to the construction of conventional power plants as well as to YXP and FiR by this industry—we underlined the importance of using its competence also when building nuclear power plants. The apparent lack in competence in certain areas on the Soviet side was compensated by the Finnish industry, a fact which also contributed to the excellent operational results at Lovisa.

The reasons for the introduction of nuclear power into Finland may be traced to the history of the country and to its people. Finland was a young nation with a rather well educated population, who having gone through the hardships of war, which included the rationing of electricity, were ready to accept the new energy source in order to secure the future for its people. There were also individuals with motivation and visions, who wanted, and were able to steer the development of nuclear energy in the right direction. Despite the many setbacks which had to be overcome during the process, these individuals managed to succeed in achieving a new, economical and almost entirely domestic power supply. Furthermore, in doing this they decisively raised the technical level of our industry. In contrast, they did not succeed, to any large extent, in maintaining a sustainable large scale Finnish nuclear engineering works industry. However, the reason for this was to be found outside the borders of the country: in Harrisburg and in Chernobyl.

SAMMANFATTNING

Undersökningens syfte var att studera introduktionen av kärnkraft i Finland med speciell fokus på den inhemska verkstadsindustrins roll. Jag ville komma underfund med vad som verkligen skedde under denna långt utdragna process, ett skeende som jag betecknar som unikt utan någon direkt motsvarighet på annat håll i världen. Jag strävade också efter att klarlägga orsakerna till att processen över huvudtaget startade och till att dess förlopp blev så speciellt som det blev. Att studera de i skeendet medverkande huvudpersonerna var av intresse och att göra en analys av den beskrivna utvecklingens resultat en lockande uppgift. Dessa tankar ledde mig osökt till formuleringen av mina grundläggande forskningsfrågor:

- a. När och hur introducerades kärnkraften i Finland?
- b. Vilka var orsakerna till denna introduktion och vilka blev följderna?
- c. Vilken roll spelade den inhemska verkstadsindustrin?

Det föll sig naturligt att starta undersökningen med att utreda utgångsläget inte bara i vårt eget land utan även i de länder som kom att fungera som primus motor för utvecklingen eller som blev huvudaktörer i ett senare skede. Jag studerade litteraturen inom området och genomförde personliga intervjuer med ett betydande antal – uppskattningsvis kanske en fjärdedel – av de personer som på ett avgörande sätt påverkade förloppet av den långa och ibland kaotiska process som ledde till introduktionen av kärnkraft i vårt land. För balansens skull tog jag med i undersökningen några personer som deltog i skeendet endast som passiva åskådare, men som av olika orsaker ändå var av intresse. För att underlätta läsarens mödor och undvika en massa fotnoter inkluderades en kort redogörelse för relevanta kärntekniska begrepp.

Vid skildringen av de olika faserna i utvecklingen höll jag mig i princip inom de historiska ramarna, dock så att jag vid behov tillät mig avvikelser från en sträng kronologi. Undersökningen ställde sig ej heller neutral i förhållande till de två stora projekt som intog centrala positioner i introduktionen, nämligen kärnkraftverken i Lovisa respektive i Olkiluoto. Min motivering var att Lovisaprojektet var mera händelserikt, det innebar beroende på sin natur en större utmaning och var dessutom av större vikt för den inhemska verkstadsindustrin än Olkiluoto. Lovisa och Imatran Voima Oy fick därför större uppmärksamhet i undersökningen än Olkiluoto och Teollisuuden Voima Oy – In-

dustrins Kraft Ab (nedan Industrins Kraft), detta trots att Olkiluoto med sin större kapacitet producerar mera elektricitet.

Suomen Atomiteollisuusryhmä – Finlands Atomindustrigrupp (nedan Finlands Atomindustrigrupp) och dess efterföljare *Oy Finnatom Ab* intog givetvis i sin egenskap av koordinerande organ och officiell talesman för Finlands nukleära verkstadsindustri en framträdande position i undersökningen.

Början på introduktionen av kärnkraften i Finland kan psykologiskt dateras till igångkörningen av Ydin Exponential Pile, YXP, 1958 och av Finland Reactor I, FiR I, 1962 vid Tekniska högskolan i Otnäs. Slutet av introduktionsfasen kan dateras till Industrins Krafts, ASEA:s och Asea-Atoms undertecknande 1982 av mottagningsprotokollet för Olkiluoto 1 och Olkiluoto 2 samt till de slutgiltiga tillstånden för Lovisa 2, beviljade av myndigheterna 1983. Beträffande den långa och komplicerade introduktionsprocessen refererar jag till den deskriptiva delen nedan.

Den inhemska verkstadsindustrin spelade en framträdande roll speciellt när det gällde Lovisaprojektet och samarbetet med de sovjetiska organisationerna. Refererande till sin *höga tekniska nivå*, sina erfarenheter från krigsskadeståndsleveranserna och utbyggandet av den konventionella kraften liksom till YXP och FiR I, framhöll vår industri vikten av att dess kompetens utnyttjades även inom kärntekniken.

Den kompetensbrist som onekligen rådde inom vissa områden på den sovjetiska sidan kunde kompenseras av vår industri, något som även bidrog till de utomordentligt goda driftsresultat kraftverket i Lovisa kunde uppvisa.

Orsakerna till introduktionen av kärnkraften i Finland kan även spåras till landets historia och till dess folk. En ung nation med en rätt välutbildad befolkning, som hade genomgått krigets vedermödor med dess elransonering, var beredd att acceptera den nya energikällan för att säkerställa framtiden för sitt folk, och det fanns individer med motivation och visioner som ville och kunde styra utvecklingen i rätt riktning. Trots de många motgångarna, som måste övervinnas under processens gång, lyckades de till slut som resultat åstadkomma ett nytt, ekonomiskt och praktiskt taget inhemskt sätt att producera kraft och dessutom på ett avgörande sätt höja vår industris tekniska nivå. Däremot lyckades de inte upprätthålla en långsiktig inhemsk nukleär verkstadsindustri i stor skala – fastän i ett skede redan skapad. Men orsaken till detta stod att söka utanför landets gränser: i Harrisburg och Tjernoby.

TIIVISTELMÄ

Tutkielman tarkoituksena oli tutkia ydinvoiman tuleamista Suomeen, erityisesti kotimaisen konepajateollisuuden näkökulmasta. Halusin selvittää, mitä tässä pitkässä prosessissa todella tapahtui – tapahtumasarjassa, jota kutsun ainutlaatuisiksi ja jolle ei ole vastaavuutta missään muualla maailmassa. Pyrin myös selvittämään syyt siihen, miksi prosessi ylipäättänsä lähti liikkeelle ja mistä johtui, että siitä tuli niin erikoinen. Tapahtumiin osallistuneiden henkilöiden tutkiminen oli mielenkiintoista, ja kuvaillun kehityksen tulosten selvittäminen oli haastava tehtävä. Määrittellessäni tutkielman kolme peruskysymystä olivat nämä ajatukset taustana:

- a. Milloin ja miten ydinvoima tuli Suomeen?
- b. Mitkä olivat sen syyt ja seuraukset?
- c. Minkälainen oli kotimaisen konepajateollisuuden rooli?

Tuntui luonnolliselta aloittaa tutkimalla lähtötilannetta, ei ainoastaan omassa maassamme, vaan myös niissä maissa, jotka toimivat kehityksen primus motoreina tai joista myöhemmässä vaiheessa tuli jatkokehityksen päävaikuttajia. Tutkin alan kirjallisuutta ja haastattelin henkilökohtaisesti huomattavan määrän – ehkä neljänneksen – niistä henkilöistä, jotka ratkaisevalla tavalla vaikuttivat siihen pitkään ja välillä kaoottiseen tapahtumasarjaan, jonka tuloksena oli ydinvoiman tulo Suomeen. Tasapainoisuuden vuoksi otin tutkimukseen mukaan muutaman sellaisen henkilön, jotka osallistuivat tapahtumiin ainoastaan passiivisina katselijoina mutta jotka eri syistä kuitenkin ovat prosessin kannalta mielenkiintoisia. Yleisen ymmärrettävyyden varmistamiseksi ja monien turhien selitysten välttämiseksi sisällytin tutkimukseen lyhyen ydinteknisten käsitteiden selvityksen.

Kehityksen eri vaiheita selvittäessäni pysyin periaatteessa historiallisessa viitekehityksessä, mutta poikkesin kuitenkin tarvittaessa kronologisesta järjestyksestä. Tutkimus ei myöskään suhtautunut tasapuolisesti kahteen suurprojektiin, joiden asema kehityksessä oli keskeinen, nimittäin Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimaloihin. Loviisa-projekti oli monivaiheisempi, ja käsitykseni mukaan se tarjosi luonteensa johdosta suuremman haasteen. Se oli myös maamme konepajateollisuuden kannalta tärkeämpi kuin Olkiluoto. Näin ollen Imatran Voima Oy ja Loviisan laitos saivat enemmän huomiota osakseen kuin Teollisuuden Voima Oy – Industrins Kraft Ab (seuraavassa Industrins Kraft)

ja Olkiluoto, huolimatta siitä, että Olkiluoto suuremman kapasiteettinsa takia tuottaa enemmän sähköä.

Suomen Atomiteollisuusryhmä – Finlands Atomindustrigrupp (seuraavassa Finlands Atomindustrigrupp) ja sen seuraaja, *Oy Finnatom Ab*, saivat luonnollisesti keskeisen aseman tutkimuksessani, mikä johtuu niiden roolista Suomen nukleaarisen konepajateollisuuden koordinoivana elimenä ja virallisena äänenkannattajana.

Ydinvoiman tulon alku Suomeen on psykologisesti päivättävissä Ydin Exponential Pile:n, YXP:n, käyttöönottoon 1958 sekä Finland Reactor I:n, FiR I:n, käynnistykseen 1962 Teknillisessä korkeakoulussa Otaniemessä ja sen loppuvaihe Teollisuuden Voiman, ASEAn ja Asea-Atomin Olkiluoto 1:n ja Olkiluoto 2:n vastaanottopöytäkirjan allekirjoittamiseen 1982 sekä viranomaisten 1983 myöntämiin Loviisa 2:ta koskeviin lopullisiin lupiin.

Kotimaisen konepajateollisuuden rooli oli tärkeä, erityisesti Loviisa-projektia sekä yhteistyötä neuvostoliittolaisten organisaatioiden kanssa ajatellen. *Korkeaan teknilliseen tasoonsa*, kokemuksiinsa sotakorvaustoimituksista ja tavanomaisten voimalaitosten rakentamisesta sekä YXP:hen ja FiR I:seen viitaten teollisuutemme korosti kompetenssinsa käyttämisen tärkeyttä myöskin ydintekniikan alalla. Se, että teollisuutemme pystyi kompensoimaan neuvostoliittolaisten puolella muutamilla alueilla vallitsevan kompetenssivajeen, on tosiasia, joka omalta osaltaan myötävaikutti Loviisan laitoksen erinomaisen hyvään käyttötulokseen.

Syyt ydinvoiman tulon Suomeen ovat löydettävissä maan historiasta ja sen kansasta. Nuori kansakunta varsin hyvin koulutettuine väestöineen – käytyään läpi sodan rasisukset sähkönsäännöstelyineen – oli valmis hyväksymään uuden energialähteen varmistaakseen kansansa tulevaisuuden. Oli myös yksittäisiä henkilöitä motivaatioineen ja visioineen, jotka pystyivät ohjaamaan kehitystä oikeaan suuntaan. Niistä monista vaikeuksista huolimatta, jotka prosessin aikana oli voitettava, heidän onnistui kuitenkin lopuksi saada aikaan uusi, taloudellinen ja käytännöllisesti katsoen kokonaan kotimainen tapa tuottaa voimaa ja sen lisäksi ratkaisevasti nostaa teollisuutemme teknistä tasoa. Sen sijaan he eivät pystyneet ylläpitämään pitkän aikavälin, suuren mittakaavan kotimaista nukleaarista konepajateollisuutta – vaikka se olikin eräässä vaiheessa jo luotu. Syyt tähän oli löydettävissä maan rajojen ulkopuolelta: Harrisburgista ja Tšernobylistä.

INNEHÅLL

Förord.....	5
Abstract.....	7
Sammanfattning.....	9
Tiivistelmä.....	11
Figurer	17
Tabeller	20
1. Inledning	21
2. Bakgrund	23
2.1 USA.....	25
2.2 Kanada	30
2.3 Storbritannien	32
2.4 Frankrike.....	33
2.5 Sovjetunionen	33
2.6 Tyskland	35
2.7 Sverige	36
2.8 Japan.....	38
3. Elkraften och Finlands industri	39
3.1 Ekono	39
3.2 Elkraftbehovets utveckling	50
4. Undersökningens struktur	52
4.1 Undersökningsområde och planering av undersökningen.....	52
4.2 Undersökningens syfte och omfång	53
4.3 Frågeställningen	53
4.4 Undersökningsmetod och -bas	54
4.5 Val av datainsamlingsmetod och bestämning av populationen	55
4.6 Forskningsprinciper	56
4.7 Intervjuer	57
4.7.1 Val av intervjupersoner.....	57
4.7.2 Genomförande av intervjuerna.....	58
4.8 Seminarier	59
5. Definitioner	60
6. Introduktionen av kärnkraften i Finland	63
6.1 Preludium 1.....	63
6.1.1 Förenta Nationernas första atomkonferens i Genève	64
6.1.2 Inhemska och internationella organisationer.....	65
6.1.3 The International Atomic Energy Agency, IAEA.....	68

7. Orsaker till introduktionen	69
7.1 Preludium 2.....	78
7.1.1 Voimayhdistys Ydin	78
7.1.2 Ydin Exponential Pile, YXP	79
7.1.3 Tillverkningen av YXP	80
7.1.4 Invigningen av Ydin Exponential Pile	83
7.2 Preludium 3.....	85
7.2.1 Atomenergikommissionen	85
7.2.2 Den andra atomkonferensen i Genève	86
7.2.3 Finland Reactor I, FiR I	88
7.2.4 Verkstadsindustrin i Varkaus som underleverantör till Holmes & Narver	90
7.2.5 Tillverkningen av FiR I i Varkaus	90
7.2.6 Montaget i Otnäs	92
7.2.7 Invigningen av Finland Reactor I	95
7.2.8 Några tekniska data för FiR I	98
7.3 Preludium 4.....	100
7.3.1 Bergsrådskommittén	102
7.3.2 Canadian General Electric	104
7.3.3 Finlands Atomindustrigrupp och Oy Finnatom Ab	105
7.3.4 Kotkan Höyryvoima Oy	107
7.3.5 Industrins El-Konsortium	108
7.3.6 Industrins Kraft Ab	109
8. Den inhemska verkstadsindustrins roll	111
9. Den egentliga introduktionen	115
9.1 Lovisa 1: Första skedet	115
9.1.1 Finlands industri som atomkraftverksleverantör	122
9.1.2 Modell för verksamheten	123
9.1.3 Reaktoranläggningen	124
9.1.4 Övrig utrustning	124
9.1.5 Den inhemska andelen	125
9.1.6 Konstruktions- och tillverkningsmässiga synpunkter	125
9.1.7 Slutomdöme	129
9.1.8 Atombränslet	129
9.1.8.1 Brytning av uranmalm	130
9.1.8.2 Framställning av uranhexafluorid och isotopanrikning	130
9.1.8.3 Tillverkning av bränsleelement i Finland	130
9.2. Lovisa 1: Andra skedet	132
9.3 Lovisa 1: Tredje skedet	136
9.3.1 Finnatoms avtal med Technopromexport	139
9.3.2 Kvalitetskontrollproblem och leveransförseningar	142
9.4 Invigningen av Lovisa 1	145
9.5 Lovisa 2	146
9.6 Driften av kraftverket	147
10. Finnatoms aktiviteter i östlig riktning	149
11. Olkiluoto 1	163
12. Olkiluoto 2	168

13. Den inhemska industrins leveranser av utrustning för kärnkraftverk.	170
14. Finnatoms samarbete med Asea-Atom.	174
15. Den inhemska industrins forsknings- och utvecklingsverksamhet.	177
15.1 Huvudcirkulationspumpprojektet	177
15.2 Provanläggningen i Karhula och tekniska data	179
16. Kärnvärmeverket SECURE	187
17. I väntan på Lovisa 3	191
18. Följder av introduktionen.	199
18.1 Elpriserna.	199
18.2 Den tekniska nivån.	203
18.3 Företagsnivån.	204
18.4 Det personliga planet	206
18.5 Övriga följder	209
18.6 Olkiluoto 3.	210
19. Undersökningens tillförlitlighet.	212
19.1 Reliabilitet	212
19.2 Validitet.	213
20. Diskussion och konklusion.	215
20.1 Diskussion	215
20.2 Konklusion.	219
21. Sammanfattning och konklusion.	222
22. Källförteckning.	234
22.1 Publikationer	234
22.2 Tidskrifter.	241
22.3 Protokoll.	246
22.4 Muntliga källor.	246
22.5 Övriga källor.	248
Bilagor	250
1. Intervjustruktur.	250
2. Deltagare i symposiet 03.05.2007 vid Tekniska fakulteten vid Åbo Akademi.	250
3. Reaktorteori och reaktorteknologi.	250
4. Olavi Vapaavuoris memorandum 08.07.1968.	265
5. Medelvärdet av de procentuella lastfaktorerna för kärnkraftverken i några länder (exklusive länder med färre än fyra enheter i drift) för åren 1986–2004	268
6. Finnatom/Rauma-Repolas offert på ångseparatorer och rörledningar ...	269
7. Memorandum beträffande samarbete mellan de kärntekniska organisationerna i Finland och Sovjetunionen.	276
8. Finnatoms förslag till deltagande i Akkuyuprojektet	281
9. Utredning beträffande ett nationellt planeringsprojekt för Lovisa 3	283
10. Den inhemska industrins leveransmöjligheter, resurser och intresse med tanke på Lovisa 3.	286

11. Sammanfattning av händelserna i Tjernobyl 25–26.04.1986.	293
12. Sammanfattning av introduktionens viktigaste (intressantaste) händelser.	294
Sak- och personregister.	300

FIGURER

1. Författaren (till vänster) vid ISNSE, the International School of Nuclear Science and Engineering, Argonne, University of Chicago, i USA 1957	26
2. Hälften av kursdeltagarna vid ISNSE, Pennsylvania State University 1957. (Den andra hälften inledde studierna vid North Carolina State University). Författaren andra och Dr. Wolfgang Keller fjärde från höger i bakersta raden	28
3. Anrikningsverket K-25 i Oak Ridge, Tennessee	29
4. Laddning av kärnbränsle i SGHWR i Winfrith, Storbritannien	32
5. Prognos för utvecklingen av elproduktionen i världen	35
6. Reaktorn i Ågesta	37
7. Elförbrukningen i Finland 1920–60.	40
8. Trend för utnyttjad topp effekt samt utbyggd kapacitet i Finland	51
9. Forskningsreaktorn i Halden	67
10. Prisutvecklingen för Saudi-Arabian Light 1944–81	70
11. Realiserad respektive prognoserad oljeförbrukning i världen	72
12. Realiserad respektive prognoserad andel kärnkraft i världen	72
13. Elförbrukningen i vårt land 1970–2025 enligt olika scenarier. Bas-, Spar-, Mekmax- och Kemmax-scenarier	73
14. Uran laddas i ett kapslingsrör i Varkaus.	81
15. Svetsning av ett bränsleelement	81
16. Professor Pekka Jauho vid den underkritiska milan YXP	82
17. Verkställande direktör Sven-Olof Hultin	83
18. Överingenjör Hans Branders (till vänster) och Mr. Beverly W. Spillman	89
19. Kontroll av reaktortankstuds i Varkaus	90
20. Reaktortanken i verkstaden i Varkaus	91
21. FiR I i montageskedet i Otnäs	92
22. Tekn.lic. Sakari Valve berättar för intresserade åhörare om framställning av kalla neutroner med hjälp av FiR I	93
23. Reaktorhallen inspekteras. Professor Erkki Laurila nere till höger	94
24. En blick in i reaktortanken	95
25. Invigningen av FiR I i Otnäs. Handels- och industriminister T. A. Wiherheimo överlåter reaktorn till Tekniska högskolan. President Urho Kekkonen (till höger) "startar" reaktorn	98
26. Tekn.lic. Antti Vuorinen vid reaktorn	99
27. En del av Ekonos "atomjärntrust". Från vänster tekn.lic. Olavi Vapaavuori, dipl.ing. Norman Westerberg och dipl.ing. Runar Näsman	108
28. Huvudsakliga organisationer (och personer) involverade i introduktionen av kärnkraften i Finland	114
29. Atomdelegationen i Moskva 1966	116
30. Atomkraftverket i Novo-Voronesh 1966	117
31. Stadsdirektör K.-G. Wahlström i Lovisa nöjd med avtalet med Imatran Voima	118
32. Finnatom och nuclear scandinavia i Basel 1969.	119

33. Finnatom och nuclear scandinavia i Basel 1969.	120
34. Den fjärde atomkonferensen i Genève 1971. Från vänster dipl.ing. Martti Mutru, verkställande direktör Uolevi Luoto, professor Erkki Laurila, tekn.lic. Bjarne Regnell och direktör Bjarne Th. Nyman.	120
35. Foratomkongressen i Florens 1973. Från vänster i andra raden tekn.lic. U. Luoto, dipl.ing. K. Numminen, dipl.ing. R. Hyvärinen och fru Hyvärinen. I tredje raden till vänster författaren	121
36. Principschema för kokarreaktorn.	126
37. Principschema för tryckvattenreaktorn.	127
38. Principschema för trycktubreaktorn	127
39. Finländska ingenjörer på besök i Springfield, Storbritannien, 1968	132
40. En av Valmet Oy konstruerad och tillverkad laddmaskin levererad till Lovisa	140
41. Teknologie doktor Anders Palmgren (längst till höger), professor Pekka Jauho och verkställande direktör Uolevi Luoto i Basel 1972.	148
42. Jurij Smeljakov förlorar pilkastningstävling mot författarens yngsta son Lars, på Öjskatan i Oravais skärgård i augusti 1973	150
43. En varm augustidag 1973 på Öjskatan. Från vänster herr Oleg Davydov, fru Smeljakova, fru Jåfs och herr Safronov	151
44. Grundstenen för Olkiluoto 1 muras. Från vänster bergsrådet Björn Westerlund, president Urho Kekkonen och verkställande direktör Magnus von Bonsdorff	166
45. Fem av totalt 13 huvudcirkulationspumphus tillverkade för Lovisa i Karhula	170
46. Transformator på 800 MVA, 415/20 kV (då störst i Finland) levererad av Oy Strömberg Ab till Olkiluoto	172
47. Moderatortanklock levererat av Oy Tampella Ab till Oskarshamn i Sverige. Material rostfritt stål AISI 347	172
48. Personsluss tillverkad av Oy Wärtsilä Ab. Liknande slussar levererades till flera kärnkraftverk i Finland, Sverige, Tyskland och USA	173
49. Finnatom och nuclear scandinavia i Basel 1975. Från vänster direktör Georg Ehrnrooth, dipl.ing. Magnus Hanses och författaren	174
50. Finnatom i Basel 1975. Direktör Åke Molin, Asea-Atom, och fru Gunnel Jåfs.	175
51. Besök hos Combustion Engineering i Chattanooga, Tennessee, USA 1971 ..	179
52. Besök hos Champlain i Toronto, Kanada 1971.	181
53. Testanläggningen i Karhula för huvudcirkulationspumparna till Lovisa.	182
54. Slutbearbetning av ett huvudcirkulationspumphus i Karhula	183
55. Provmontage av en huvudcirkulationspump vid Karhula Pumpfabrik	184
56. Mikrotronundersökning av ett huvudcirkulationspumphus i ett bergrum i Karhula	184
57. Teknologie doktor Juhani Kuusi, chef för Finnatoms F&U 1975–80	185
58. Kärnvärmeaktorn SECURE	187
59. Handelsdelegationens presskonferens den 17 januari 1980 på hotell Hilton i Kuwait. Utrikeshandelsminister Esko Rekola andra från vänster, författaren stående.	191
60. Impulsfrekvenser (impulser/timme) mätta med pulsräknare i olika delar av Finland 05.05.1986 kl. 07.00.	197
61. Strålkällor och stråldoser som påverkade Finlands befolkning år 1986.	198
62. Kärnkraftverksenheter Lovisa 1 och Lovisa 2	199
63. Kärnkraftverksenheter Olkiluoto 1 och Olkiluoto 2	200

64. Kärnkraftens andel av den totalt producerade elektriciteten i världen per 15.06.2005	201
65. Tidtabell för slutbevaring av använt kärnbränsle i Finland	201
66. Plan över "Onkalo", lager för använt kärnbränsle i Olkiluoto	202
67. Energilastfaktorer för Lovisa 1 och Lovisa 2 för åren 1997–2006	204
68. Energilastfaktorer för Olkiluoto 1 och Olkiluoto 2 för åren 1997–2006	204
69. Nokias system för forskning och utveckling	208
70. De huvudsakliga säkerhetsprinciperna för Olkiluoto 3	209
71. Kärnkraftverket i Olkiluoto med tre reaktorenheter	210
72. Schema för tillverkning av bränsleelement utgående från uranhexafluorid	264
73. Lastfaktorer	268
74. Introduktionens tidsmässiga aspekter i ett nötskal	299

TABELLER

1. Huvuddata för JPDR.....	38
2. Elkraftskapacitet exklusive gasturbindrift samt utnyttjad topp effekt i Finland	51
3. Totalt utvinnbara energitillgångar i världen	71
4. Storbritanniens kärnkraftsprogram för perioden 1960–66	87
5. Jämförelse mellan parametrar för koldioxidkylda, grafitmodererade reaktorer	87
6. Tekniska data för BWR, PWR och PTR.....	126
7. Kostnader för tillverkning av bränsleelement i Finland.....	131
8. Tekniska data för Lovisa 1.....	138
9. Av Finnatom 17.09.1970 till Technopromexport sålda utrustningar och system	139
10. Tekniska data för Olkiluoto 1.....	165
11. Finlands industris leveranser till kärnkraftverk.....	171
12. Tekniska data för testloopen för huvudcirkulationspumparna i Lovisa.....	180
13. Tekniska data för huvudcirkulationspumparna i Lovisa	180
14. Speciella testbetingelser för huvudcirkulationspumparna i Lovisa	182
15. Utvecklingsstöd från atommomentet angivna i miljoner mark	185
16. Finnatoms forsknings- och utvecklingsprojekt 1977	185
17. Aktiviteter uppmätta av Kerntechnische Forschungsanstalt Karlsruhe 01.05.1986.....	196
18. Synpunkter på orsakerna till introduktionen	216
19. Tunga grundämnen	252
20. Scattering data.....	254
21. Modereringskoefficienten för några olika ämnen.....	255
22. Geometrisk buckling	256
23. Relativ biologisk effektivitet, RBE	257
24. Strålningsnivåer.....	258
25. Skärmtjocklek.....	259
26. Tekniska data för Elektrims räknare BAT-25/3	262

1. INLEDNING

Introduktionen av kärnkraft i Finland, eller atomkraft – en term som pressen speciellt i ett tidigare skede använde – innebar en lång och komplicerad process som pågick från medlet av 1950-talet till början av 1980-talet. Författaren till föreliggande undersökning följde med denna utveckling på nära håll som observatör, men i viss mån även som aktör. Fastän en del litteratur berörande ämnet existerar, finns det dock ett antal fakta som inte är allmänt kända men som är värda att dokumenteras och delges intresserade läsare.

En motsvarande process ägde rum även i andra länder, men det som skedde i Finland inom detta verksamhetsfält var enligt min mening i stor utsträckning unikt, eller för att associera till Kim Wikströms terminologi: ”ett det aldrig återupprepades”-projekt (Wikström, 2000). I detta skede av mitt liv, när mer än ett kvarts sekel förflutit sedan introduktionen var i sin akuta fas, tror jag mig kunna betrakta skeendet ur en neutral iakttagares synvinkel. Detta framfört med en viss reservation föranledd av att jag märker att pulsen ännu ökar märkbart när hjärnan frammatar bilderna av vissa speciella händelser. En del av dessa händelser kan rubriceras som historiska, andra var blott episoder i ett skeende som ibland var hektiskt och till och med kaotiskt men däremellan lugnt och nästan vardagligt. Men åtminstone för författaren var de alltid intressanta och minnesrika.

Majoriteten av de publikationer som behandlat introduktionen av kärnkraft i vårt land har huvudsakligen betraktat skeendet ur kraftbolagens synvinkel och koncentrerat sig på tiden före 1980 medan det som skedde fram till 1986 fått mindre eller ingen belysning. Detta faktum gäller accentuerat vår nukleära verkstadsindustris verksamhet under hela perioden. Min undersökning strävade även efter att undanröja denna brist samtidigt som den avsåg att påvisa denna industris inverkan på processens hela förlopp.

Det var naturligt och logiskt att inleda arbetet med en utredning av bakgrunden till den kommande utvecklingen utgående från läget inte bara i eget land utan även i de länder som kom att spela rollen av primus motor för skeendet eller som senare blev huvudaktörer i dramat. Skeendet i Finland skiljde sig dock markant från det som ägde rum i andra länder. Som en följd av professor Erkki Laurilas målmedvetna styrning grundades inte i vårt land något stort och kostnadskrävande kärntekniskt forskningscentrum såsom skedde t.ex. i de andra nordiska länderna.

Resultatet av undersökningen baserar sig på studier av litteraturen – *Suomalainen ydinvoimalaitos*, skriven av *Michelsen* och *Saarikoski*, förtjänar ett speciellt omnämmande (*Michelsen & Särkikoski*, 2005) – och på relevanta dokument samt på personliga intervjuer och diskussioner med ett betydande antal – uppskattningsvis närmare en fjärdedel – av de personer som i avgörande grad påverkade processens förlopp. För balansens skull intervjuades även några personer som endast som passiva åskådare deltog i skeendet, men som av olika orsaker dock var intressanta. Mina egna arkiv och minnesbilder var till hjälp, speciellt när det gällde att klargöra den senare utvecklingen och dess resultat. För att underlätta läsarens mödor och undvika en mängd fotnoter inkluderades i arbetet en kort redogörelse för relevanta kärntekniska begrepp.

2. BAKGRUND

Redan på 1930- och 1940-talen bedrevs i vårt land en inte obetydlig fysikalisk forskning bl.a. under professor *Jarl A. Wasastjernas* ledning. Naturligt nog var kontakterna västerut i den unga republiken livliga. *Bengt Grönblom* och *Risto Niini* studerade under *Werner Heisenberg* i Tyskland. Professorn vid Åbo Akademi, *Hilding Slätis*, hade goda kontakter i Sverige, dit han emellertid flyttade permanent och blev framgångsrik forskare vid Nobelinstitutet. Min småkusin, *Lennart Simons*, arbetade en tid under *Niels Bohr* i Köpenhamn.

Återkommen efter kriget från en sejour som ambassadör i Sverige drev Wasastjerna kraftigt på utvecklingen av undervisningen i fysik vid Helsingfors universitet. Detta resulterade i att staten beviljade betydande medel för ändamålet, dock först efter det att han avgått från sin professur. Denna finansiella satsning gjorde det möjligt att under professor Lennart Simons ledning bygga en van der Graaff-generator vid universitetet (personlig kommunikation med Lennart Simons).

Det ekonomiska läget i vårt land efter världskrigets slut kännetecknades till en början av en skriande brist på elektricitet. Min bror Sanfrids erfarenheter var typiska för tiden. Han var tvungen att personligen – assisterad av Lennart Simons – uppvakta vederbörande tjänsteman på Folkförsörjningsministeriet i Helsingfors för att få tillstånd att använda s.k. kraftström vid sin ägandes kvarn i Vörå, där turbinen drevs med vattenkraft.

Storindustrins kapacitet pressades en lång tid till det yttersta av krigsskadeståndsleveranserna. Finlands ekonomi hade redan tidigare till stor del baserat sig på relativt stora, exportinriktade industrianläggningar. Exploaterandet av våra råvarutillgångar, främst skogen, hade krävt en förhållandevis kapitalintensiv industri (Ehrnrooth, 2006, s. 1). Fullgörandet av krigsskadeståndet lade grunden till en snabb expansion även inom vår verkstadsindustri, varvid handeln med Sovjetunionen kom att spela en allt större roll.

Det politiska fältet förändrades som en följd av fredsslutet med Sovjetunionen på ett avgörande sätt. *Urho Kekkonen* fungerade som justitieminister från slutet av 1944 till mars 1946 och genomdrev, trots att den dåvarande statsministern, sedermera presidenten, *J. K. Paasikivi* tvekade, rättegångarna mot de s.k. krigsförbrytarna. Kekkonen tog som statsminister 1950 även hand om inrikesministerportföljen för att bättre kunna sköta de problem krigsförbrytarfrågan gett upphov till (Suomi, 1990, s. 18). *Ahti Karjalainen* och *Johannes*

Virolainen tjänade sina sporrar som Kekkonens politiska sekreterare för att i sinom tid bli ministrar.

Efter det att Kekkonen 1956 blivit vald till president genomförde han med kraft många av sina planer. I november 1960 föreslog han sålunda för *Krustjev* vid ett besök i Moskva att förhandlingarna om Saima kanal skulle intensifieras. Den 27 september 1962 undertecknades avtalet om kanalen av Finlands kommunikationsminister Veikko Savela och Sovjetunionens minister för havsflottan V. G. Bakajev (Warkauden Lehti, 28.09.1962). Vikten av bästa möjliga relationer till Sovjetunionen kunde inte nog understrykas. De utgjorde förutsättningen för skapandet av *Finlands neutralitetspolitik*, en politik som även Sovjetunionen så småningom accepterade (Kekkonen, 1980, s. 176).

Notkrisen 1961 var belysande för det läge som rådde. Den 30 oktober överlämnade *Andrej Gromyko* till Finlands ambassadör i Moskva, *Wuori*, en not med krav på konsultationer. Ahti Karjalainen, som då var utrikesminister, reste till Moskva för att försöka utröna vad som åsyftades. Han rapporterade därifrån att ”de militära kretsarna” krävde förhandlingar, men att dessa kunde undvikas om Finlands hittillsvarande politiska inriktning fortsatte. Kekkonen reste på senhösten till Novosibirsk för att med statsminister *Krustjev* diskutera den kritiska situationen. Urho Kekkonen stärkte sin ställning i och med att notkrisen löstes och han omvaldes till vårt lands president 1962.

Kekkonen var en stark påverkare, inte bara inom politiken utan – på gott och ibland på ont – även inom andra samhällsområden. Hans hundratals till olika mer eller mindre inflytelserika personer riktade ”kvarnbrev” visade, att han befattade sig såväl med detaljer som med stora och viktiga frågor. *Johannes Virolainen* rubricerade t.o.m. ett avsnitt i sin bok *Vallankäyttö Kekkosens kaudella: Presidenttijohtoinen vallankäyttö Suomessa vuosina 1962–1978* (Virolainen, 1986, s. 195).

Kekkonen genomdrev även att den på 1940-talet grundade Finlands Akademi upplöstes och att ett helt nytt system att stöda vetenskaperna infördes. Kekkonen accepterade dock att också det nya systemet fick fungera under namnet Finlands Akademi (Virolainen, 1986, s. 47, 182, 197, 292–298). Hans inställning till de frågor som krävde ett svar, när kärnkraften blev aktuell i vårt land, saknade följaktligen ingalunda betydelse. Hans vykort från Krim i augusti 1966 till Imatran Voimas VD, *Heikki Lehtonen*, togs av direktör *Pentti Alajoki* som ett tecken på att han kommit överens med sina sovjetiska värdar om leverans av det kommande kärnkraftverket från Sovjetunionen (intervju med Kalevi Numminen, 2006). Presidentens roll vid handelsavtalsförhandlingarna har traditionellt varit betydande (Lamberg, 1999, s. 34).

Det har även sitt intresse att notera vad Sovjetunionens före detta första vicepremiärminister, professor *Oleg Davydov* (intervju med Davydov, 2006),

hade att säga om de rysk-finska relationerna under Kekkonens tid. Han konstaterade att relationerna till Finland var speciellt viktiga för de ryska ledarna ur propagandasynpunkt. Det gällde att visa för världen att en fredlig samexistens mellan två olika system, ett socialistiskt och ett kapitalistiskt, kunde fungera och vara till nytta för bägge parter. Men det fanns en hel del problem i dessa relationer och dessa kunde lösas enbart tack vare Urho Kekkonens skärpa (Davydov & Oreshkin, 2000, s. 191).

Det som skedde i ”stora världen” blev naturligt nog riktgivande även för utvecklingen i Finland. I det följande belyses i stora drag den utvecklingsprocess som ägde rum i USA, Kanada, Storbritannien, Frankrike, Sovjetunionen, Tyskland, Sverige och Japan och som mer eller mindre påverkade Finlands vägval när det gällde inträdandet i vad som då av pressen kallades atomåldern.

2.1 USA

Argonne National Laboratory vid University of Chicago intar en central ställning i kärnkraftens historia. Detta laboratorium har en speciell innebörd även för författaren till denna undersökning. År 1957 hade jag som Voimayhdistys Ydins stipendiat den stora förmånen att bedriva postgraduatestudier i kärnfysik och kärnteknik i USA inom ramen för president Eisenhowers program, ”Atoms for Peace”, atomer för fred, ett program som han framförde i FN i december 1953. Stipendiet, tillsammans med det kända bidrag som min arbetsgivare A. Ahlström Osakeyhtiö gav, gjorde det ekonomiskt möjligt för en tre personers familj att klara en nästan ettårig sejour i USA. Vistelsen i Förenta Staterna inleddes med ett besök i Washington DC. Jag önskar här återge en del av ett protokoll från detta besök.

Jag refererar till Congressional Record, Senate, Proceedings and Debates of the 85th Congress of the United States of America, First Session, daterat på min födelsedag, den 29 januari.

Visit to the Senate of Atomic Scientists from other Countries

During the delivery of Mr. Mansfield's speech.

Mr. Anderson: Mr. President, will the Senator from Montana yield very briefly to me?

Mr. Mansfield: I am very glad to yield to the Senator from New Mexico.

Mr. Anderson: Mr. President, I ask that the request I shall make be printed in the Record after the address of the able Senator from Montana.

The presiding officer (Mr. Kennedy in the Chair): Without objection, it is so ordered.

Mr. Anderson: Mr. President, in the gallery are 34 scientists from other lands.



Figur 1. Författaren (till vänster) vid ISNSE, the International School of Nuclear Science and Engineering, Argonne, University of Chicago, i USA 1957. (Författarens arkiv).

They have come to this country to study the peaceful uses of the atom and to take the knowledge they may glean back to their respective countries, in order that it may do great benefit to the people of their lands as well as to people of other lands.

All of us in this country owe a great debt to other lands for such men as Einstein of Germany, Fermi of Italy, and von Neuman and Szilard of Hungary. This group of young men may play a very important part in this field in the years to come, as they take back home with them the knowledge they acquire in this country. I also wish to have them, as our guests today, take along with them a remembrance of the Senate of the United States. I will appreciate it if the students in the gallery who are to attend schools in our country will rise so that the Senate may greet them.

(The group rose and were greeted with applause).

Mr. Anderson: I thank the Senator from Montana, and say to him that I am glad that these young men have had an opportunity to listen to his very fine address this afternoon.

The presiding officer: As the The Presiding Officer of the Senate, the Chair wishes to say to these young men that it is a great pleasure for the Chair, on behalf of the Senate, to extend a welcome to them. The Chair hopes that, when they return to their own countries, they will extend our greetings to their fellow citizens.

Hälsningarna från senaten och dess ordförande, *John F. Kennedy*, fastän fem decennier försenade, framförs härmed (Senate of USA, 1957).

Senare samma dag bjöd senator Clinton Anderson gruppen på cocktails. Han nämnde att han hade svenskt påbrå och noterade med intresse att det i gruppen även fanns representanter från Sverige och Finland. Han underströk starkt atomteknikens medicinska betydelse. Med tårar i ögonen berättade han hur en kär familjemedlem med framgång behandlats mot cancer med hjälp av strålning från en atomreaktor. Som bekant fanns då – och finns ännu i den dag som i dag är – Los Alamos kärnforskningscentrum i New Mexico, den delstat senator Anderson representerade.

Efter Washington DC följde förberedande arbeten vid Penn State University i Pennsylvania och några veckors resor runt USA för att besiktiga och åhöra föreläsningar om ett flertal betydande kärntekniska anläggningar i landet: anrikningsverket i Oak Ridge, K-25 (besågs av säkerhetsskäl bara från utsidan), reaktorprovstationen i Idaho med ett flertal testreaktorer inklusive MTR, the Materials Testing Reactor, Vallecitos kokvattenreaktor, byggd av General Electric och Shippingport tryckvattenreaktor, byggd av Westinghouse, för att nämna de viktigaste. Därefter kunde jag påbörja fördjupade studier vid University of Chicagos (och USAEC:s) Argonnelaboratorier utanför Chicago.

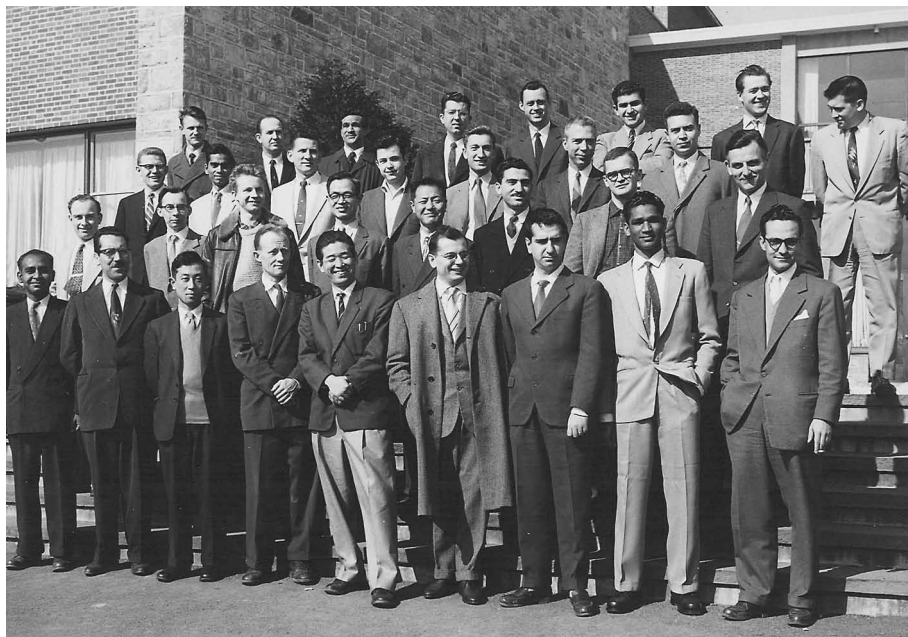
Figur 1 visar författaren tillsammans med en japansk medstudering vid reaktorkontrollen i Argonne 1957 medan figur 2 visar en del av kursdeltagarna vid Penn State University.

I Argonne verkade the International School of Nuclear Science and Engineering under doktor Norman Hilberrys ledning och där invigdes jag tillsammans med ett 40-tal andra tekniker från ett antal länder i Europa och Asien, men även från USA, i de mest up-to-date varande kunskaperna i reaktorfysik och reaktorteknik.

Dr. Norman Hilberry, som själv deltagit i arbetet med CP 1, Chicago Pile 1, gav, assisterad av sina medarbetare, en intressant skildring av detta historiska projekt som kulminerade i startandet av den första kontrollerade kärnreaktorn i världen den andra december 1942.

Efter förberedande studier vid University of Columbia av underkritiska milor uppbyggda med uran som bränsle och grafit som moderator, koncentrerades arbetet 1942 till University of Chicago och Argonne under ledning av Dr. *A. H. Compton*. Italienaren *Enrico Fermi* och ungraren *Leo Szilard* hade föreslagit att uran skulle placeras i en matris av grafit så att ett kubformigt gallermonster skulle bildas.

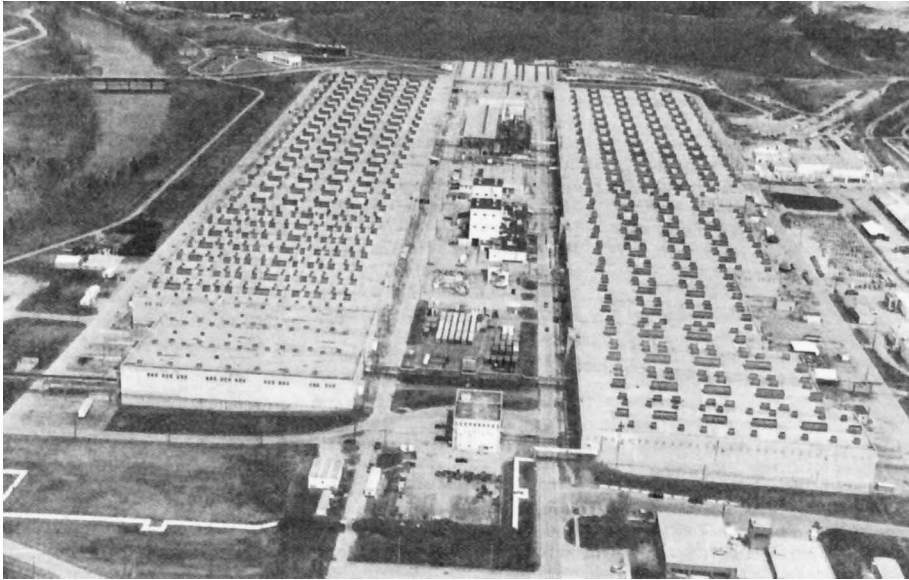
Under Dr. Fermis ledarskap byggdes tiotals experimentalmilor för att testa olika konfigurationer. För att uppnå kriticitet måste en tillräckligt stor mila byggas.



Figur 2. Hälften av kursdeltagarna vid ISNSE, Pennsylvania State University 1957. (Den andra hälften inledde studierna vid North Carolina State University). Författaren andra och Dr. Wolfgang Keller fjärde från höger i bakersta raden.

Vistelsen i det stora landet i väster blev en minnesvärd upplevelse för en ung ingenjörsfamilj från Finland. Jag kan inte låta bli att berätta om en episod från vår resa med bil (köpt för 100 dollar) från Penn State till Argonne utanför Chicago. Vid pass 20 miles från Ashtabula i Ohio stannade vi, trots att både min fru och jag själv tagit körkort i USA, olagligen alltför nära en vägkorsning för att titta på kartan. Efter några minuter stannade en polisbil bakom oss och en av poliserna kom med hotfull uppsyn och med högra handen på pistolhölstret fram till vår bil och kommenderade mig ut ur bilen. När jag väl stammande hade förklarat vår situation, visat körkortet och berättat att vi på vägen till Chicago tänkte besöka några avlägsna släktingar i Ashtabula kom följande kommando: "Follow our car!" Efter 15 miles körning med högsta tillåtna hastighet satte poliserna på sirenen och guidade oss ända in på gården till släktingarnas egnahemshus! Vi blev detta till trots översvallande vänligt mottagna. (Författarens arkiv).

Arbetet med Chicago Pile No. 1 startade i november 1942 under den västra vingen av Stagg Field. Den första december samma år utförde Herbert Anderson och Walter Zinn flera mätningar av aktiviteten i milan. Kontrollstavarna kördes in helt och låstes. Följande dag på eftermiddagen med hela projektgruppen samlad vid milan och med *George Weil* och *Walter Zinn* vid kontrollstavarna kördes milan kritisk. Enrico Fermi kunde 25 minuter över tre den andra december 1942 kungöra att reaktorn var kritisk (dvs. självgående). En halv timme senare gav Fermi order åt Zinn att sänka kontrollstavarna in i reaktorns kärna, varvid reaktorn stängdes. Därefter korskade ungraren *Eugene*



Figur 3. Anrikningsverket K-25 i Oak Ridge, Tennessee. (Nuclear Engineering International, February 2005).

Wigner upp en flaska champagne och fyllde pappersmuggar så att alla kunde celebrera den historiska händelsen. Genast efter denna succé sände Fermi ett telegram till en kollega i Italien: "The Italian Navigator has arrived in the New World." Det var ju krigstid och någon form av kod var på sin plats.

Bränslet i CP 1 var natururan som håller cirka 0,715 procent U-235. Såväl för användning i reaktorer som för bombtillverkning ville man dock uppnå en högre halt av U-235. I det första fallet räckte några procent, i det senare strävade man efter att uppnå den tekniskt högsta möjliga halten. Sålunda uppfördes inom ramen för Manhattanprojektet en stor anläggning i Oak Ridge i Tennessee, K-25, för anrikning av U-235 baserande sig på diffusionsprincipen. Fabriken, som arbetade med uranhexafluorid i gasform som medium, var världens till ytan största byggnad och var planerad för en kraftförbrukning på 235 MWe (Benedict & Pigford, 1957, s. 16). Senare byggdes i USA liknande anläggningar i Paducah och Portsmouth liksom i Storbritannien i Capenhurst och i Frankrike i Tricastin. Figur 3 visar anrikningsverket K-25 i Oak Ridge, Tennessee.

Manhattanprojektet resulterade i de atombomber, "Little Boy" och "Fat Man", som detonerade över Hiroshima och Nagasaki i Japan den sjätte respektive den nionde augusti 1945 (Rhodes, 2005, s. 103). Den femtonde augusti 1945 läste kejsar Hirohito upp Japans kapitulationsförklaring i radio (Overbye, 2005, s. 75). "Little Boy" och "Fat Man" hade vardera en språngeffekt motsvarande cirka 15 kiloton TNT och var fissionsbomber med uran respektive

plutonium som fissionsmedium. Atombomben är ju i själva verket en kärnreaktor som arbetar med snabba neutroner. Medan en snabb reaktor kan kontrolleras på basen av sin period, är problemet med en fissionsbomb att få den att hinna utveckla tillräckligt med energi innan kärnan utvidgat sig för mycket så att reaktionen stannar. Detta kan åstadkommas så att man med hjälp av en ”kanon” av något slag skjuter ihop två nära nog kritiska delpaket. Hiroshima- och Nagasakibomberna var av denna typ. Senare utvecklades vätebomber (fusionsbomber) med effekter på tiotals megaton TNT.

Friedlander (Friedlander & Kennedy, 1955, s. 374) har t.o.m. tagit fram ett om möjligt ännu värre skräckscenarium. En vätebomb laddad med 500 ton deuterium och försedd med en mantel av cirka 100 000 ton kobolt skulle inom några år efter sprängningen ta livet av alla människor och av de flesta andra levande organismerna på vår planet. Endast vissa virusarter, med sin cirka 100 000 gånger större motståndskraft mot joniserande strålning än vad människan uppvisar, skulle överleva (Failla, 1957, s. 135). En klen tröst!

Produkterna från anrikningsanläggningarna och från fabriker för återvinning av uran och plutonium, exempelvis Hanford i USA och Cadarache i Frankrike (Benedict & Pigford, 1957, s. 15), fann dock sin användning inte bara i bomber utan även som bränsle i kärnkraftverk. General Electric färdigställde redan 1957 nära San José i Kalifornien VBWR, the Vallecitos Boiling Water Reactor, medan Westinghouse körde upp sin PWR (tryckvattenreaktor) i Shippingport likaså 1957 (American Nuclear Society, 1992, s. 38, 106).

Jag var i tillfälle att bekantgöra mig med båda dessa anläggningar samma år.

VBWR hade en effekt på bara 5 megawatt, medan General Electrics följande verk, Dresden, som startades 1959 och uppnådde full effekt 1960, var på 184 MWe. Shippingports effekt var ursprungligen 68 MWe, men höjdes senare till 150 MWe med hjälp av en modifierad reaktorhård. 1960 rapporterade U. M. Staebler vid en konferens i Wien att USA hade 13 kärnreaktorer i drift konstruerade speciellt i avsikt att få information om elproducerande anläggningar. Ytterligare nitton var under byggnad (Staebler, 1961, s. 7–8).

2.2 Kanada

Den första kritiska reaktorn i Kanada togs i drift 1945. Det var den med natururan som bränsle och tungt vatten som moderator arbetande forskningsreaktorn ZEEP. Bland övriga kanadensiska reaktorer vill jag speciellt nämna högflödesreaktorerna NRX (National Research Experimental Reactor) som togs i drift 1947 med en effekt på 40 MWt och NRU-reaktorn på 200 MWt. Under en resa till Kanada, som jag företog i slutet på 1957, var jag i tillfälle att bekanta mig med det kanadensiska atomprogrammet och även besöka the

Chalk River Laboratory, grundat av Atomic Energy of Canada Limited, AECL, 1952, och bese bl.a. NRX. Den tredje november 1957 hade NRU, en reaktor speciellt planerad för produktion av radioisotoper, tagits i drift.

I samarbete med Ontario Hydro och Canadian General Electric byggde AECL the Nuclear Power Demonstration (NPD) Reactor i Rolphton, Ontario, vid Ottawafloren. Detta verk blev driftklart 1962 och matade med en kapacitet på 25 MWe den första nukleärt producerade elektriciteten i Kanada till Ontarios elnät. Kanadas första kraftreaktor, byggdes för att demonstrera principen för ett kärnkraftverk baserat på en reaktor modererad och kyld med tungt vatten, D₂O. Den kunde även uppvisa ett flertal andra intressanta konstruktionslösningar. Trycksatta zircaloy-rör innehöll natururan som bränsle, som kunde bytas under drift med hjälp av en för ändamålet speciellt konstruerad laddmaskin. Reaktorkonstruktionen tog även hänsyn till att man i framtiden eventuellt måste byta ut själva trycktuberna. NPD var prototypen för de fullstora CANDU-kraftverksreaktorerna. Den första i denna serie byggdes i Ontario vid Lake Huron för Ontario Hydro och blev kritisk 1966. Dess eleffekt var 200 MW och burnup 9 750 MWd/ton U. Med load-faktorn 80 procent, kapitalkostnaden 405 \$/kW och bränslekostnaden 75 \$/kg U beräknades den producerade elektriciteten kosta cirka 7 mills/kWh (Melvin, 1961, s. 130–134).

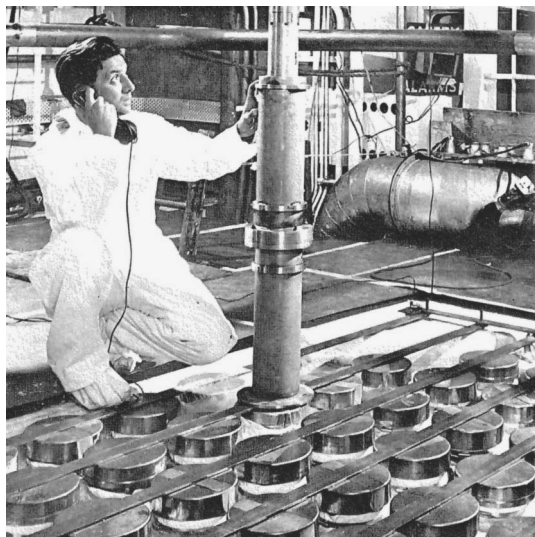
I detta sammanhang är det opportunt att nämna om den studie som 23 unga forskare under det senare halvåret 1966 utförde i Peterborough, Ontario, Canada, i Canadian General Electric Company Limiteds regi. Detta internationella "Venture Design Study Team" bestod av ingenjörer från Argentina, Australien, Brasilien, Canada, Danmark, Finland, Västtyskland, Irland, Italien, Japan, Mexiko, Spanien, Schweiz och Jugoslavien.

Finland representerades av diplomingenjörerna *Jaakko Ihamuotila* (då representerande Imatran Voima Oy) och *Olavi Vapaavuori* (då representerande Ekono). Gruppen genomförde en detaljerad nyplanering av CANDU-reaktorn, som ju byggdes som en horisontell version. Det av teamet konstruerade systemet baserade sig däremot på en vertikal reaktor med de alternativa effekterna 350 MWe och 600 MWe.

Venturerapporten var mycket detaljerad, på över 500 sidor. Den inkluderade ett stort antal intressanta beräkningar och belyste även olika driftsbetingelser. En sådan av speciell signifikans diskuterades på sida 10 E-4 och 10 E-5. Man antog att ett stort rörbrott skedde samtidigt som skyddssystemen kollapsade, vilket innebar att en fjärdedel av härden blev utan effektiv kylning efter cirka 9 sekunder.

Nödkylsystemet uppskattades återuppta kylningen först efter 64 sekunder, bl.a. för att nöddieselaggregaten behövde 30 sekunders starttid.

Den positiva voidkoefficienten ledde till nära nog katastrofala följder. En



Figur 4. Laddning av kärnbränsle i SGHWR i Winfrith, Storbritannien. (Controlled Nuclear Chain Reaction. American Nuclear Society, 1992).

rimlig uppskattning gav vid handen att 50 procent av fissionsprodukterna frigjordes.

Denna uppskattning stämmer väl överens med de värden som Canadian General Electric använt i sina riskanalyser. (Ihamuotila, Vapaavuori & Consortes, 1967, s. 10 E-4-10 E-5).

2.3 Storbritannien

Redan 1945 arbetade John Cockcroft i Harwell aktivt för utvecklandet av ett reaktorprogram och 1946 startade Christoffer Hinton i Risley en målmedveten verksamhet med sikte på att framställa kärnbränsle. Hösten 1947 kördes den första forskningsreaktorn i Storbritannien, GLEEP, igång. GLEEP var en grafitmodererad, gaskylad lågenergireaktor, som blev modellen för landets kärnreaktorprogram, såväl det civila som det militära. Reaktorbränslet i form av uranstavar var inneslutet i aluminiumrör, canningtuber, för att undvika oxidation. Ett mera temperaturtåligt material, Magnox, en magnesiumlegering, tillät att de kraftreaktorer som senare byggdes kunde arbeta vid högre temperaturer. Detta innebar högre verkningsgrad. Den första Magnoxreaktorn startades i Calder Hall i oktober 1956. Den följdes av Calder Hall 2 år 1957. Totalt byggdes fyra Magnoxreaktorer i Calder Hall och ytterligare fyra i Chapelcross. De producerade både elkraft och plutonium.

Av större intresse ur vårt lands synpunkt var dock det utvecklingsarbete som ledde till SGHWR, the Steam Generating Heavy Water Reactor. SGHWR

använde tungt vatten vid låg temperatur som moderator, men lätt vatten under tryck och vid hög temperatur som kylmedel. Bränslet som hettade upp kylvattnet var placerat i trycktuber. Kylvattnet pumpades med hjälp av cirkulationspumpar till en separat ånggenerator och sedan i retur till trycktuberna. En stor aluminiumtank, kalandrian, fungerade som moderatorbehållare och trycktuberna var tillverkade av en zirkoniumlegering. SGHWR blev kritisk 1967.

Figur 4 visar laddning av bränsle i SGHWR i Winfrith (American Nuclear Society, 1992, s. 72).

2.4 Frankrike

1945 grundades i Frankrike CEA, Le Commissariat à l'Énergie Atomique. 1947 blev den första forskningsreaktorn, ZOE, kritisk i Fort Chailion, en förstad till Paris. ZOE var modererad med tungt vatten. Den följdes av en liknande enhet med större effekt, 2 MWt, i Saclay 1952. Denna reaktor var även modererad med tungt vatten och kyld med koldioxidgas under tryck.

1955 godkände PEON-kommissionen (Production d'Électricité d'Origine Nucléaire) ett program som förutsatte byggandet av en serie kärnkraftverk med en totaleffekt på 800 MWe. Den första enheten i serien, EDF 1, även kallad Chinon A 1, hade en effekt på 70 MWe och startades 1964. Den andra enheten, EDF 2, togs i drift 1965. År 1969 uppnåddes det uppställda målet, 800 MWe. Pierre Ailleret, Pierre Guillozat, Francis Perrin och Pierre Taranger kan nämnas bland de personer som drev fram dessa projekt.

Sedan gick utvecklingen snabbare, speciellt efter det att man övergått till tryckvattenreaktorer. Framatome gjorde ett licensavtal med Westinghouse och fick en rad beställningar av Electricité de France, vilket ledde till att Frankrike blev en klar etta i världen, när det gällde andelen kärnkraft av den totala elkapaciteten. Denna andel var 1992 cirka 75 procent (American Nuclear Society, 1992, s. 109). Det franska atomprogrammet hade såväl självförsörjning inom energisektorn som en stark status för Frankrike som kärnvapenmakt som mål. Det pådrevs energiskt av flera kraftfulla presidenter börjande med Charles de Gaulle, statschef 1944–46 och president 1959–69 (Bokförlaget Prisma, band 2, 1990, s. 751).

2.5 Sovjetunionen

Det arbete som på 1940- och 1950-talen utfördes i Sovjetunionen inom området kärnfysik och kärnteknik har i de västliga länderna i viss mån underskatats. Det av Igor Kurchatov år 1943 i Moskva grundade Institutet för atomenergi var av avgörande betydelse för den kommande utvecklingen. Redan i december 1946 uppnådde den första forskningsreaktorn, F-1, som etta i Eu-

ropa kriticitet vid Kurchatovinstitutet. 1963 startades högflödesreaktorn MR med en effekt på 40 MWt. Dessa anläggningar kompletterades med flera andra forskningsreaktorer och institutet blev en av ledarna i världen. Det räcker med att här nämna Tokamak-15, en banbrytare inom fusionsforskningen.

Ett annat institut värt att nämnas är Institutet för fysik och kraftengineering, FEI, i Obninsk, 100 km från Moskva. I Obninsk anslöts kärnkraftverket APS-1 till elnätet 1954. Ryska forskare framhåller gärna att detta innebar ett ”första i världen”, trots att ångan från en i Idaho byggd amerikansk snabb provreaktor redan 1951 hade letts till en liten turbogenerator.

Elströmmen från generatoren hade, dock bara under en kort tid, matats till elnätet i staden Idaho Falls. APS-1 hade grafitmoderator och var en lättvattenkokare försedd med trycktuber. Institutet utförde även ett betydelsefullt utvecklingsarbete inom området snabba reaktorer.

Det av Ryska Vetenskapsakademien upprätthållna Lebedevinstitutet har likaså länge varit framstående inom kärnfysik inklusive partikelstrålningsforskning. Den numera även hos oss välkända Cherenkovstrålningen (som vi kunde se i TRIGA-reaktorn redan 1962 i Otnäs) upptäcktes ursprungligen vid Lebedevinstitutet.

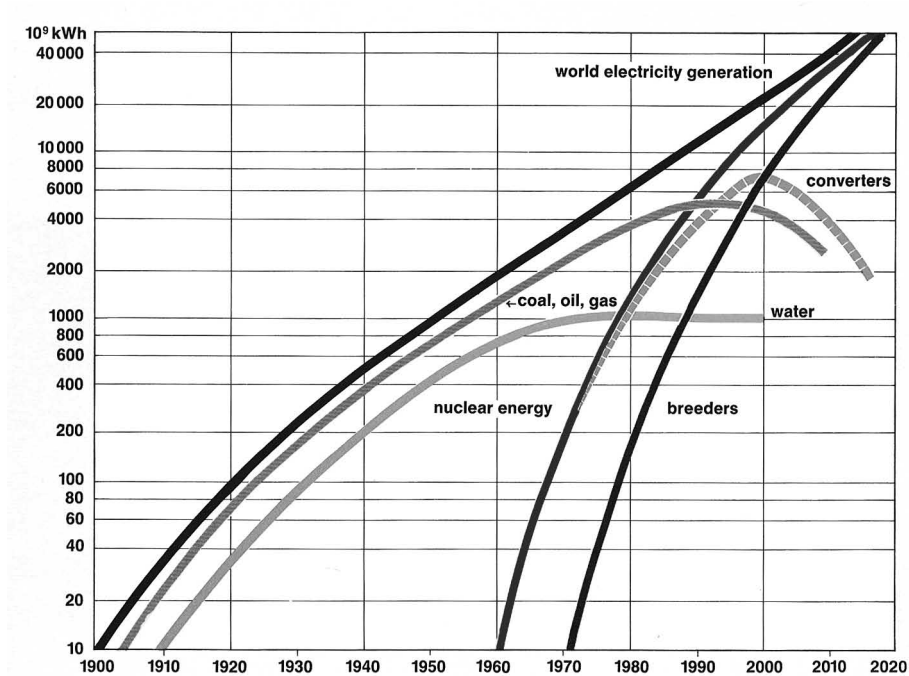
APS-1 efterföljdes av de för Sovjetunionen typiska RBMK-reaktorerna. Dessa är grafitmodererade kokarreaktorer med Belojarsk 1 och Belojarsk 2 på 100 MWe respektive 200 MWe som första egentliga kärnkraftverk. De togs i drift 1964 respektive 1967. Ignalina 1 och Ignalina 2 i Litauen, som nu körts ned resp. kommer att köras ned, representerade länge ett rekord i enhetsstorlek (c. 1 500 MWe).

Tjernobyreaktorerna med sin positiva temperaturkoefficient är av samma typ. Det är skäl att komma ihåg att de fyra 1 000 MWe-reaktorerna i Sosnovy Bor utanför S:t Petersburg även hör till RBMK-familjen.

Tryckvattenreaktorer av lättvattentyp, VVER, utvecklades emellertid även i Sovjetunionen. För många i Finland är anläggningarna i Novo-Voronesh, 600 km söderom Moskva, välkända. Novo-Voronesh 1 och 2 representerade olika utvecklingsfaser i denna familj.

Trean, som togs i drift i början av 1971, hade en effekt på 418 MWe, medan fyran, igångkörd i december 1972 hade samma effekt som Lovisa 1 respektive Lovisa 2, dvs. 440 MWe brutto. Novo-Voronesh 5, som matade elektricitet till nätet för första gången i maj 1980, var redan den en respektingivande enhet med sin bruttoeffekt på 1 000 MWe.

Ovanstående information baserar sig på föreläsningar åhörda under ett större antal tjänsteresor till Sovjetunionen på 1960- och 1970-talen, kompletterad med information från American Nuclear Society (American Nuclear Society, 1992, s. 89–97). Upprepade diskussioner med de ryska experter som var



Figur 5. Prognos för utvecklingen av elproduktionen i världen. (Nuclear Power Today and Tomorrow. Deutsche Verlags-Anstalt, 1971).

stationerade i Finland när Lovisa 1 och Lovisa 2 byggdes, gav även de en viss insikt i det omfattande arbete som utfördes i Sovjetunionen.

2.6 Tyskland

Fastän det var en tysk, *Otto Hahn*, som upptäckte kärnfissionen gick den praktiska utvecklingen inom reaktortekniken relativt trögt i Tyskland. Efter världskrigets slut tillät de allierade makterna fram till år 1955 inte något som helst arbete inom kärnfysik och reaktorteknologi i landet. Först efter den första Genèvekonferensen detta år startade vid flera universitet och högskolor en viss aktivitet inom området. Sålunda blev Max Plancks Institut för Fysik under ledning av Werner Heisenberg ett centrum för atomforskningen i Tyskland. Att den tyska industrin även var alert bevisas bl.a. av det faktum att en av kollegerna i Argonne 1957 till författaren av denna undersökning var Dr. Wolfgang Keller, senare ledare för Siemens reaktorverksamhet.

Byggandet av kärnkraftverk inleddes i Tyskland med Kahl, en 15 MWe kokareaktor, som togs i drift år 1960. Sedan följde bl.a. Gundremningen, en 240 MWe kokare, i drift 1966, Lingen, likaså en kokare som producerade 160 MWe

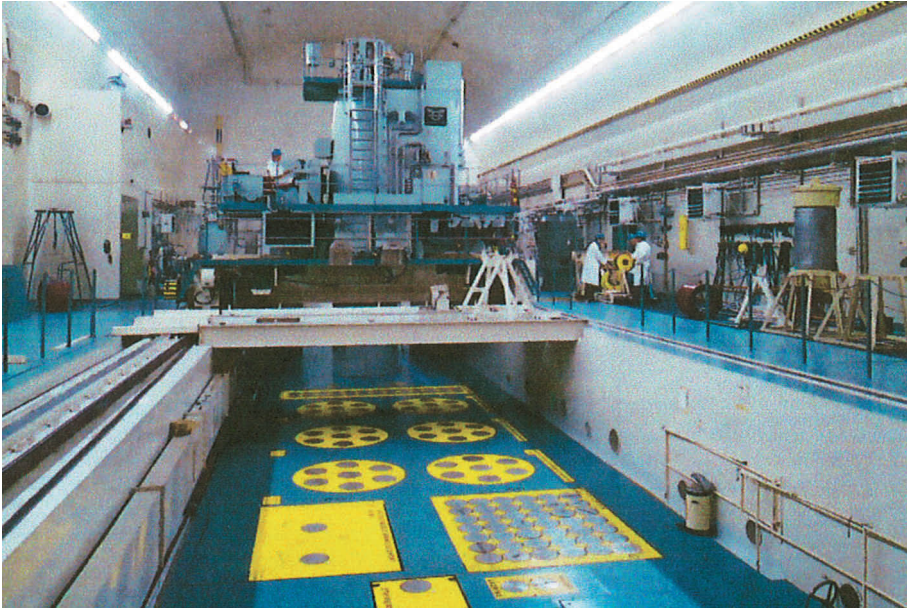
nukleärt och 90 MWe med hjälp av en olje- eller gaseldad överhettare, i drift 1968 och Obrigheim, en 324 MWe tryckvattenreaktor, i drift likaså 1968. Det kommersiella genombrottet i Tyskland kom 1967 då Stade, en kokarreaktor på 660 MWe och Würgassen, en tryckvattenreaktor på 670 MWe beställdes. Därefter ökade kärnkraftkapaciteten snabbt i landet ända tills olyckan i Tjernobyl ledde till en omvärdering av politiken. Figur 5 ger visat hur utvecklingen av elproduktionen i världen prognosades i Tyskland i början på 1970-talet (Gerwin, 1971 s. 17, 27–28).

2.7 Sverige

Redan under andra världskriget färdigställdes en cyklotron i Sverige. På statsminister Tage Erlanders initiativ tillsatte den svenska riksdagen år 1945 en atomenergidelegation för att leda forskningsarbetet inom kärnenergiområdet. Efter kriget bedrevs livlig forskning i kärnfysik även inom industrin. Forsknings- och utvecklingsbolaget AB Atomenergi grundades 1947 med staten som innehavare av 57 procent av aktiekapitalet. Den privata industrins andel var 43 procent.

Den första forskningsreaktorn, R₁, färdigställdes 1954 vid den av AB Atomenergi drivna forskningsanstalten i Studsvik och den andra, R₂, några år senare. Bolaget planerade ytterligare två atomreaktorer, R₃ och R₄. Det statliga kraftverksbolaget Vattenfall AB påbörjade 1955 konstruktionen av två reaktorer för kraftproduktion, kallade Adam och Eva. I ett senare skede sammanslogs R₃ med Adam och R₄ med Eva. R₃/Adam realiserades som ett kraftvärmeverk i Ågesta nära Stockholm och försåg Farsta med fjärrvärme åren 1964–74. R₄/Eva byggdes i Marviken nära Norrköping med en 200 MW tungtvattenkokare som centralenhet. De förberedande driftsförsöken år 1968 visade emellertid att en säker drift förutsatte betydande konstruktionsförändringar, bl.a. beroende på reaktorns positiva voidkoefficient. Reaktorprojektet lades ned år 1970. Turbinanläggningen utnyttjades dock senare som en del av ett konventionellt kraftverk (Björklund, Westerholm & von Bonsdorff, 1994, s. 114). Figur 6 ger en vy av reaktorn i Ågesta. Den var tungtvattenmodererad och försedd med natururan som bränsle. Effekten var 65 MWt, varav fjärrvärme 55 MWt medan resten alstrade mottryckselektricitet (von Bonsdorff, 2006, s. 6, 11).

Enligt uppgift satsade Sverige fram till år 1962 över 100 gånger mera än Finland på forskning inom kärnfysik och kärnteknik (Laurila, 1967, s. 217). Något kostnadskrävande centralt atomforskningsinscentrum grundades inte i vårt land, till stor del beroende på professor Erkki Laurilas styrning av utvecklingen inom området. Omfattande undersökningar gav vid handen att Sverige besatt stora uranreserver. På 1950-talet öppnades urangruvor i Kvarntorp och Billingen och siktet var inställt på en totalproduktion i landet stigande till 200



Figur 6. Reaktorn i Ågesta. (Från blå-gul atom sinivalikoiseen. Föredrag av Magnus von Bonsdorff, 2006).

ton urandioxid per år. Svenska statens satsning på atomenergiforskning översteg 6 miljarder, räknat i finska mark, enbart under 1950-talet. Liksom Norge och Danmark koncentrerade sig Sverige i ett tidigt skede på utveckling av natururanreaktorer. Detta var i det rådande läget helt logiskt. Framställning av anrikat uran var stormakternas privilegium och inköp av anrikningstjänster var politiskt känsligt och besvärligt (Michelsen & Särkikoski, 2005, s. 26–27).

Ännu en orsak till satsningen på natururanlinjen i Sverige framkom år 1957, när en hög tjänsteman vid försvaret framhöll att Sverige hade de tekniska resurserna att inom 7 år bygga en atombomb (Laurila, 1977, s. 31–36). Marviken blev aldrig färdigställd, men ASEA framförde dock 1965 för finländska besökare som en möjlig lösning såväl Marvikentypen, som den lättvattenreaktor man inom bolaget med modell från USA hade utvecklat.

Representanter för Johnsonkoncernen redogjorde vid samma tillfälle för sin konstruktion av tryckvattenreaktor (Laurila, 1967, s. 250). ASEA framförde ännu i januari 1966 Marvikentypen som ett alternativ till sin kokarreaktor.

ASEAs försäljningsdirektör *Curt Mileikowsky* var tidigt aktiv även i Finland. Vid ett besök i vårt land den 21 juli 1965 föreslog han för direktör *Nils Björklund* att Finlands verkstadsindustri skulle bilda ett konsortium för att tillsammans med ASEA sköta leveranserna av kärnkraftverkskomponenter till såväl Finland som till Sverige (Björklund, 1983, s. 158). Till konsortiet, som bildades senare men utan att ASEA togs med, är det skäl att återkomma.

2.8 Japan

Japan måste liksom Finland importera såväl olja som kol för att kunna producera elektricitet för sin snabbt växande industri. Även i Japan var den ekonomiskt utbyggbara vattenkraften fullt utnyttjad i ett tidigt skede. Det var sålunda naturligt att landet så snabbt som möjligt ville komma ombord på ”Shinkansen”, det snabbtåg som utbyggnaden av kärnkraften innebar. Den första demonstrationsreaktorn, JPDR, kördes upp till full effekt, 12,5 MWe, år 1965 vid Japans forskningsinstitut för atomenergi i Tokai. JPDR:s huvuddata framgår av tabell 1.

General Electric var huvudleverantör för JPDR, men ett flertal japanska företag deltog i projektet såväl under byggnadsskedet som vid driften av hela anläggningen. Detta förfarande lade grunden till den kraftiga utbyggnad av kärnkraften som följde i Japan och som gjorde att landet år 1991 låg på fjärde plats i världen i fråga om antalet reaktorer i drift (American Nuclear Society, 1992, s. 110).

Tabell 1. Huvuddata för JPDR (Kubushiro, Togo & Mochizuki, 1961, s. 238–239).

Typ	Lättvattenkokare
Effekt	12,5 MWe
Härddiameter	1540 mm
Urändioxidkuts, diameter/höjd	12,5/12 mm
Kapslingsmaterial	Zircaloy-2
Totalvikt, urändioxid	4840 kg
Anrikning, U-235	2,6 %
Bränsletemperatur i kutscentrum	2750 grader C
Keff max	1,125
Kontrollstavar, antal	16 stycken
Typ	Rostfritt borstål, zircaloy-2

3. ELKRAFTEN OCH FINLANDS INDUSTRI

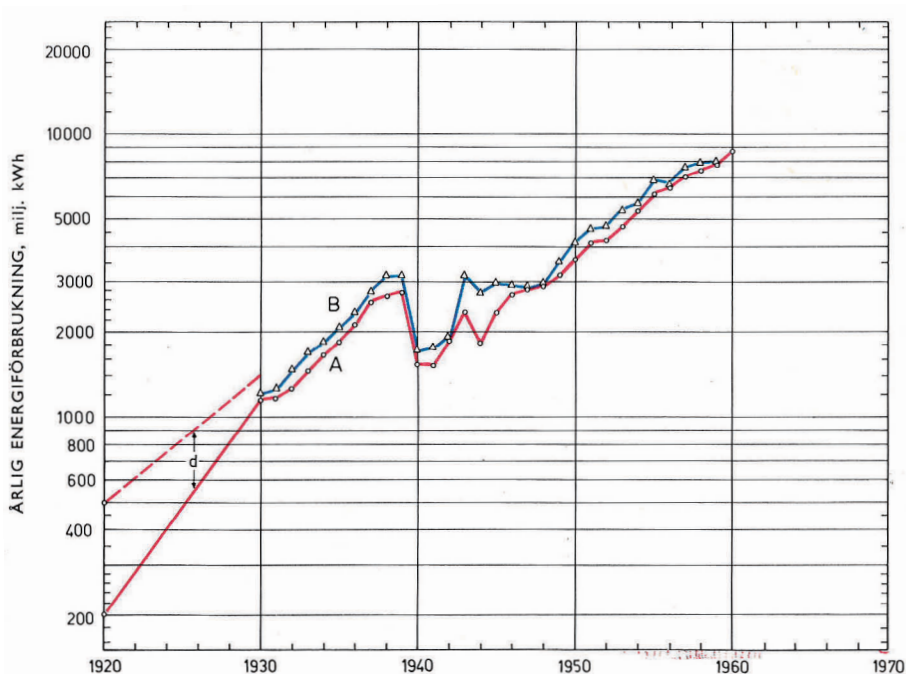
Finland saknar som känt egna kol- och oljefyndigheter och är därför rätt långt beroende av import av energi. Trots att de första med vattenkraft drivna sågverken tagits i drift redan på 1500-talet är det motiverat att konstatera att grunden för vårt lands industri lades i medlet på 1800-talet, då de första bruken anlades. Och vi vet att grundarna var medvetna om att tillgången till energi är avgörande. Industrierna i Tammerfors och Varkaus är blott några exempel på detta. Det var ingen tillfällighet att bruken placerades där forsarna, som kunde ge kraft, var belägna. Grundarna följde uppmärksamt med den tekniska utveckling som ägde rum i andra, något mer avancerade länder. Lampor baserade sig på elljus tändes för första gången i Norden vid Finlaysons väveri i Tammerfors den femtonde mars 1882, bara ett par år efter det att Thomas Alva Edison utvecklat den första kommersiella glödlampan i Amerika (Auer & Teerimäki, 1982, s. 11).

Vår träförädlingsindustri och den spirande metallindustrin med Outokumpu Oy i spetsen krävde ett sekel senare stora energiresurser. Vattenkraften var redan på 1970-talet rätt långt utbyggd. Trots att någon större brist på elenergi inte mera var för handen, var det inte alltför långsökt för en del ledande personligheter såväl inom företagsvärlden som inom vetenskaperna att fråga sig vilken roll nya energikällor eventuellt kunde spela. Vår industri hade redan år 1911 grundat Finska Ångpanneföreningen, som sedermera ombildades till Föreningen för Kraft- och Bränsleekonomi, Ekono.

3.1 Ekono

I ledningen för Föreningen för Kraft och Bränsleekonomi, i det följande Ekono, stod under många år professor *Bernhard Wuolle* och professor *Harald Frilund*. Bernhard Wuolle var viceordförande respektive ordförande för föreningens styrelse under ett halvsekel medan Harald Frilund, som kom i föreningens tjänst år 1920 och blev chef för den eltekniska avdelningen 1923 samt biträdande direktör 1927, utnämndes till verkställande direktör 1946. En långvarig medarbetare inom Ekono (31 år) var även diplomingenjör, teknologie doktor h.c., *Sven-Olof Hultin*, som efterträdde Harald Frilund som Ekonos verkställande direktör.

Ekonos uppgift var att förbättra medlemsföretagens bränsleekonomi, att utföra planering och konstruktion av utrustning relaterad till vatten-, ång- och



Figur 7. Elförbrukningen i Finland 1920–60. (Kraft- och bränsleekonomi. Ekono, 1961).

elkraftverk samt att följa med utvecklingen inom bränslesektorn såväl i vårt land som internationellt och att uppgöra prognoser för denna sektor. Ekono var avsedd att utgöra – och utgjorde enligt min mening – inte bara en instans som följde med den bränsleekonomiska utvecklingen i vårt land, utan som även fungerade som en spjutspets för denna utveckling. Figur 7 visar elförbrukningen i vårt land från 1920 till 1960. Stegningen har sedan dess fortgått så att förbrukningen år 2000 var cirka 80 TWh och år 2007 cirka 90 TWh (Ekono, 1961, s. 7–8, 11).

På 1950- och 1960-talen sammanställde Ekono inom ramen för sin Ydinserie ett flertal rapporter, som summerade fakta om elkraftens utnyttjande historiskt och förutsade dess framtida utveckling i vårt land.

Artiklarna behandlade även atomkraftens möjligheter och problem. Professor Harald Frilund var en synnerligen aktiv författare som, i en publikation (Frilund, 1954, s. 1–11) daterad den 18 november efter ha behandlat nödvändiga utbyggnader av vattenkraftverk och ångcentraler under åren 1955–60, under de följande två åren sammanställde tio avhandlingar i avsikt att – som han säger i sitt förord den 22 november 1955: ”Dels analysera Finlands kraftförsörjningsbehov 15 år framåt. Dels att om möjligt i koncis form klarlägga

grundläggande begrepp om atomreaktorer och atomkraftverk, samt dessas roll i vår framtida kraftförsörjning.”

I Ydin-serie 1 konstaterar Harald Frilund att kraftbehovet i Finland år 1955 sannolikt blir cirka 6 500 MWh och år 1960 cirka 10 000 MWh. Kondenskraftskapaciteten borde under perioden utbyggas med 400 MW (Frilund, 18.11.1954, s. 1–11).

I Ydin-serie 2 ger han en intressant sammanställning av jordens energitillgångar och rekommenderar bl.a. att Finland så snart som möjligt borde utnyttja atombränsle (Frilund, 16.09.1955, s. 1–10).

I Ydin-serie 3 behandlas atomkärnornas energiinnehåll och konstateras att klyvning av 1 kilo uran frigör 25 MMkWh eller en tusendel av den inneboende energimängden (Frilund, 29.08.1955, s. 1–6).

Ydin-serie 4 beskriver forskningsreaktorernas konstruktion och noterar bl.a. att väte, vatten, tungt vatten, beryllium och grafit är goda moderatorer och att bor och kadmium är väl ägnade att fungera som reglerstavar (Frilund, 25.09.1955, s. 1–12).

Ydin-serie 5 refererar till professor Frilunds föredrag i Helsingfors den 10 oktober 1955 och konstaterar att vårt land har förutsättningar att ekonomiskt utnyttja atomkraften tidigare än mångt annat land, som är rikare på vattenkraft eller har tillgång till billigare bränsle (Frilund, 10.10.1955, s. 1–5).

Ydin-serie 6 ger en sammanställning av kraftreaktorerna grupperade enligt deras kylmedel, emedan dessa kylmedel är avgörande för ångturbinens tryck och temperatur (Frilund, 12.10.1955, s. 1–19).

Ydin-serie 7 refererar till professor Frilunds föredrag vid Ekonomiska Samfundets möte den första november 1955. Han räknar med att Finland högst kan bygga ut vattenkraft motsvarande 15 miljarder kWh/år, medan motsvarande värde för Sverige är 80 miljarder kWh/år och för Norge 150 miljarder kWh/år. Kraftförbrukningen i vårt land prognoserar han för 1960 till 10 000 MkWh/år, för 1965 till 14 500 MkWh/år och för 1970 till 20 000 MkWh/år.

Slutsatserna blir att våra vattenkrafttillgångar kommer att vara utbyggda om 10–15 år och att vi måste fördubbla vår kondenskraftskapacitet från 400 MW till 800 MW fram till år 1960, samt att vi intill år 1970 måste femfaldiga vår kondenskraftskapacitet till 2 000 MW och öka uttagningen av mottrycks-kraftskapacitet till 500 MW, så att vi år 1970 har en total ångkraftskapacitet på 2 500 MW. Professor Frilund ställer motiverade frågor: var ta bränsle till våra nya stora ångkraftverk? När blir det aktuellt för oss att anlita atombränsle i våra ångkraftverk? (Frilund, 19.10.1955, s. 1–25).

Ydin-serie 8 diskuterar de prognoserade kostnaderna för atomkraft i olika länder och noterar att värden omkring 8 till 11 mill/kWh, eller i vårt mynt 1,85 till 2,55 mk/kWh, nämnts. Professor Frilund framför åsikten att man för

stora kärnkraftverk färdiga 1962–65 kan kalkylera med 5,5–6 mill/kWh, eller 1,25–1,40 mk/kWh, om man är optimist (Frilund, 14.11.1955, s. 1–9).

Ydin-serie 9 refererar till en artikel i *Nucleonics Week* i mars 1956 och ger uppgifter om sju olika demonstrationsreaktorer i USA. Kraftkostnaderna för dessa anges till allt mellan 5,67 mill/kWh och 17 mill/kWh. Det är att märka att dessa värden bara var prognoser, eftersom kraftverken var planerade att tas i drift först på 1960-talet (Frilund, 03.05.1956, s. 1–3).

Ydin-serie 10 behandlar radioaktivitet och radioaktivt sönderfall och noterar att cirka 40 st. av de i naturen förekommande 300 isotoperna är instabila dvs. radioaktiva. De sönderfaller och utstöter strålningspartiklar av tre olika slag nämligen alfa-, beta- och gammapartiklar. I bilagor redogörs i detalj för fyra radioaktiva sönderfallsserier: uranserien, neptuniumserien, toriumserien och aktiniumserien (Frilund, 16.03.1956, s. 1–8).

Ydin-serie 11 behandlar utförligt framställningen av och egenskaperna hos radioisotoper. Professor Frilund ger exempel på användningsområden för några radioisotoper: inom medicinen används J-131 för diagnos av sköldkörtelns funktioner och Na-24 för undersökning av hjärtats funktion. Co-60 och Ir-192 används för strålbehandling. Hudcancer behandlas med P-32 och Y-90 samt cancer i de inre organen med Au-191 i kolloidal lösning. Inom industrin kan isotoper användas för flera olika ändamål. Co-60 och Ir-192 finner användning vid fotografering av gjutgods och svetsfogar och Sr-90 vid mätning av materialtjocklekar, t.ex. hos papper, plastik, gummi och tunn metallplåt.

Nivåhöjden i slutna kärl kan mätas med Co-60. Slitage i förbränningsmotorer kan mätas genom att aktivera kolringarna till Fe-59 och mäta radioaktiviteten hos oljan (Frilund, 15.04.1956, s. 1–25).

Det är knappast en tillfällighet att professor Frilund var så ivrig att publicera information om atomteknik och atomkraft med början mindre än ett år efter president Eisenhowers kända "Atoms for Peace"-deklaration i Förenta Nationerna. Redan i förordet till avhandlingarna sammankopplar Harald Frilund Finlands kraftförsörjningsproblem med det kommande utnyttjandet av atomtekniken. Ekonos uppgift var ju att förbättra medlemmarnas bränsleekonomi och att följa med utvecklingen inom bränsleekonomin såväl i vårt land som internationellt. Professor Frilund, som från den 9 september 1940 till den 31 december 1949 innehåft den krävande posten som chef för Folkförsörjningsministeriets kraftbyrå, hade fått dyrköpta erfarenheter av kraft- och bränslekrisen i Finland under kriget och den första efterkrigstiden (Frilund, 1961, s. 105). Hans budskap till företagsledarna och kraftcheferna inom vår industri framfördes inte med stora bokstäver men dock klart och underbyggt med de fakta som fanns att tillgå: det är hög tid att vidta förberedelser för utnyttjandet av atomkraften även i Finland. Detta var hans vision.

Professor Harald Frilund gav visserligen även senare sitt bidrag till Ydin-serien – t.ex. i Ydin-serie 12 behandlade han kostnaderna för atomkraft och kolkraft (Frilund, 1959, s. 1–10) – men nya författare tillkom, såsom diplomingenjörerna *Sven-Olof Hultin* (Ydin-serie 13, 14, 15, 17, 22, 23, 25), *Eric Rotkirch* (Ydin-serie 16, 23) och *Norman Westerberg* (Ydin-serie 22, 27) samt teknologie licentiat *Uolevi A. Luoto* (Ydin-serie 16, 18, 19, 27).

Dessa författare gav sina synpunkter bl.a. på radioisotopernas användning inom industrin och på reaktoranläggningarnas säkerhet.

Ydin-serie 20 refererade de föredrag som utländska och inhemska experter höll vid en av Voimayhdistys Ydin den 4 november 1958 i Helsingfors arrangerad konferens med temat ”Nuläget inom området atomteknik samt atomenergins användningsmöjligheter i Finland”. I förordet till denna publikation framhöll bankdirektör *Göran Stjernschantz* att Voimayhdistys Ydin med denna konferens hade för avsikt att erbjuda föreningens medlemmar och andra av saken intresserade en möjlighet att åhöra föredrag om de senaste internationella framstegen inom området atomteknik (Stjernschantz, 1958, s. 1).

Mr. J. L. Gillams, biträdande ekonomisk rådgivare, United Kingdom Atomic Energy Authority, presenterade det brittiska atomenergiprogrammet och kommenterade dess framtidsvyer (Gillams, 1958, s. 3–20).

Harry Brynielsson, direktör vid AB Atomenergi, påpekade att energisituationen i Sverige liknar den i Finland rådande. Kraftproduktionen är baserad på vattenkraft och importen av fossila bränslen är betydande, vilket innebär en kraftig belastning på handelsbalansen och en säkerhetsrisk i kristider. Denna bakgrund samt det faktum att Sverige har stora urantillgångar har lett till att landet har gått in för en aktiv energipolitik över huvud taget och först och främst för ett ambitiöst atomenergiprogram (Brynielsson, 1958, s. 21–35).

Gunnar Randers, direktör vid Institutt for Atomenergi, Norge, gav aspekter på atomenergiarbetet i Norge. Han framhöll att man i Norge anser att två betingelser är nödvändiga för att kunna skaffa sig den energi man behöver i framtiden med atomenergi. Man måste ha en teknisk miljö i landet, en allmän miljö av teknik och industri som gör det möjligt att driva atomkraftverk på en lönsam basis.

Den andra betingelsen är pengar, oberoende av om man köper atomkraftverken eller bygger dem själv. Direktör Randers konstaterade att Norge har så stora vattenkraftsreserver att energitillgången är tryggad för de närmaste 20 åren. Institutt for Atomenergi godkände dock ett program för atomenergiarbetet för åren 1955–60:

- a. Byggande av en tungtvattenreaktor med en arbetstemperatur på över 200 grader C i Nederländerna. (Avvikande från programmet byggdes reaktorn i Norge i samarbete med Nederländerna).

- b. Byggande av en anläggning för fabrikation av uran i Norge.
- c. Utbyggnad av Kjellerreaktorn till tredubbel energinivå.
- d. Studium av plutonium för anrikning av reaktorer i framtiden.
- e. Ökning av isotopproduktionen och byggande av ett nytt isotoplaboratorium.
- f. Systematisk undersökning av norska uranförekomster (Randers, 1958, s. 34–54).

Sven-Olof Hultin, diplomingenjör och tekniskt ombud för Voimayhdistys Ydin, behandlade atomenergins kostnadsmässiga aspekter och konstaterade att kraftverken åtminstone tillsvidare representerar det intressantaste tillämpningsområdet. Reaktorerna skulle enligt Hultin redan 1958 vara nästan konkurrenskraftiga i Finland ifall en 80 procentig lastfaktor kunde uppnås.

Erkki Kinnunen, överdirektör vid Handels- och industriministeriet, underströk vikten av att industrins planer gällande atomkraft bygger på två linjer:

- Att tillfredsställa energibehovet med atomenergi då detta blir ekonomiskt möjligt eller när de andra energikällorna blivit otillräckliga.
- Att grunda nyproduktion, närmast tillverkning av maskinell utrustning och bränsleelement.

Båda linjerna blir, ansåg han, inom kort både behövliga och nödvändiga med tanke på landets bästa. Överdirektör Kinnunen berättade att följande års budget inkluderade en post på 70 miljoner mark bl.a. för planering av en kritisk forskningsreaktor. I vårt land fanns ju redan en underkritisk mila donerad av Voimayhdistys Ydin. Målet var att så snart som möjligt få till förfogande en reaktoranläggning som skulle möjliggöra utövande av adekvata undervisningsmetoder och relevant forskning. Statsmakten strävade efter att skapa sådana grundbetingelser som skulle göra det möjligt att i framtiden ta atomenergin i bruk i vårt land (Kinnunen, 1958, s. 66–69).

Hans Branders, överingenjör och chef för Verkstadsindustrin, A. Ahlström Osaakeyhtiö, Varkaus, berörde i sitt föredrag den inhemska verkstadsindustrins möjligheter att delta i ett reaktorbygge och noterade att moderator och reflektor sannolikt kommer att importeras liksom kontrollstavarnas drivaggregat och själva reaktortanken. Bränsleelementtillverkning med inhemskt uran vore ingen omöjlighet, men skulle förutsätta stora investeringar. Den till den primära kylkretsen hörande utrustningen, värmeväxlare, pumpar, rörledningar, armatur och behållare vore i princip lämpad för inhemsk tillverkning. De för en dylik produktion nödiga omställningarna är av rimlig storleksordning och vår verkstadsindustri borde kunna genomföra dem utan större svårigheter, framhöll han (Branders, 1958, s. 70–77).

Herman Stigzelius, fil.dr. och industriråd vid Handels- och industriministeriet, refererade till den verksamhet som Imataran Voima Oy och Oy Atomienergia startat i Askola respektive i Eno och förhöll sig optimistiskt till våra möjligheter att utveckla en uranindustri som kunde fungera som konkurrenskraftig råvaruleverantör (Stigzelius, 1958, s. 78–81).

Ydin-serie 25 behandlade en konferens om kärnkraft mellan representanter för Voimayhdistys Ydin/Finland och The British Electrical and Allied Manufacturers' Association/United Kingdom som hölls i London den 13 mars 1963. Den finländska delegationen under ledning av styrelseordföranden och verkställande direktören för Ab J. W. Enqvist Oy, R. Christiansen, inkluderade ytterligare 16 representanter för Voimayhdistys Ydin samt som inbjudna delegater verkställande direktör E. Bargum (Oy Algol Ab), K. Sormanto och L. Puhakka (Enso-Gutzeit Osakeyhtiö), professor P. Jauho (Tekniska högskolan), professor E. Laurila (Atomenergikommissionen), E. Aalto Junior (personlig representant för generaldirektör E. Aalto), verkställande direktör U. Rytkönen (Helsingfors Stads Elverk), diplomingenjör L. Nevanlinna (Imataran Voima Osakeyhtiö), verkställande direktör P. Hintikka och diplomingenjör A. J. Salmela (Pohjolan Voima Oy) samt vice verkställande direktör N. Björklund (Valmet Oy). Listan på värdar upptar 39 namn bland vilka kan nämnas styrelseordföranden för General Electric Company Limited, A. L. G. Lindley, styrelseordföranden för Central Electricity Generating Board, Sir Christopher Hinton och J. A. Jukes, Principal Economics and Programming Officer, United Kingdom Atomic Energy Authority.

Värdarna beskrev utförligt kärnkraftsläget i Storbritannien. Mr. Glynn England från Central Electricity Generating Board (CEGB) gav uppgifter om kärnkraftens roll i landet och berättade bl.a. att the Board 1962 genererade 121 900 miljoner kWh, vilket representerade 82 procent av nationens kraftförbrukning. CEGB:s totalkapacitet var 31 400 MW, varav 87 procent var kolbaserad, 10 procent oljekraft, 2 procent kärnkraft och 1 procent vattenkraft.

Med en årlig tillväxt om 7,9 procent skulle det totalt behövas 60 000 MW år 1970, motsvarande 100 miljoner ton bränsle (kolekvivalent). Utbyggnadsbehovet skulle bli 5 000 MW. Order för 3 265 MW kärnkraftverk hade placerats för driftstart 1967 och ytterligare 1 000 MW avsågs bli färdigställda några år senare. Dessutom hade the South of Scotland Electricity Board ett kärnkraftverk på 320 MW under byggnad (England, 1963, s. 7–18).

Mr. D. R. R. Fair och Mr. J. A. Carver, även de från CEGB, berättade att lastfaktorn för de första kärnkraftverken i Storbritannien, Calder Hall och Chapelcross successivt stigit från omkring 70 procent till över 91 procent. Medan deras konstruktionseffekt var 180 MW hade genomförda förändringar lett till att effekten 1962 var 240 MW (Fair & Carver, 1963, s. 19–30).

Mr. S. A. Ghalib, biträdande generaldirektör för the Nuclear Power Group, beskrev egenskaperna hos kärnkraftverk som kunde bli offererade till Finland för idrifttagning 1970–75. Han framhöll att de gaskylda reaktorerna kontinuerligt hade förbättrats. Sålunda var Oldburyreaktorernas gaskrets, bestående av reaktor, ånggenerator och fläktar, innesluten i ett betongtryckkärl som samtidigt utgjorde ett komplett biologiskt skydd.

Prototypen för the Advanced Gas Cooled Reactor (AGR) hade varit i drift i Windscale sedan januari 1963. Liksom Magnoxreaktorerna var AGR grafitmodererad och kyld med koldioxidgas. Men bränslet var kapslat i tuber av rostfritt stål, vilket tillät kylmedeltemperaturer över 600 grader C. Ångtryck på 2 250 p.s.i. och ångtemperatur stigande till 565 grader C, motsvarande värdena hos moderna kolkraftverk, hade uppnåtts.

Högtemperaturreaktorn Dragon under byggnad i Winfrith liksom den snabba reaktorn i Dounreay som redan tagits i drift, beskrevs kortfattat.

Av större intresse för finländarna var the Steam Generating Heavy Water Reactor som the United Kingdom Atomic Energy Authority planerade bygga i Winfrith Heath. Reaktoreffekten 100 MWe planerade man uppnå med kokande lättvatten som kylmedel inneslutet i trycktuber och med tungt vatten som moderator. Moderatoren i en behållare kallad kalandria var isolerad från de heta trycktuberna av zircaloy av ett gasskikt mellan kalandria och trycktuber (Ghalib, 1963, s. 31–45).

Verkställande direktör J. Macartney-Filgate, från Lazard Brothers & Co, Ltd., redogjorde för de existerande finansieringsmöjligheterna för exportprojekt. Han framhöll att the Export Credits Guarantee Department of the Board of Trade hade en betydande roll. Ett bra projekt med en solid låntagare kunde räkna med en kredit av storleken £ 20 miljoner och en lånetid på åtminstone 15 år (Macartney-Filgate, 1963, s. 70–77).

Mr. M. Davis från the UKAEA beskrev olika faser vid utvecklandet av bränsleelement för Magnoxreaktorerna. Av speciellt intresse var hans meddelande att the UKAEA var berett att offerera komplett bränsleservice inkluderande leverans av ersättningsbränsle. Använt bränsle kunde returneras till UK för reprocessing och det återvunna plutoniumet returneras till kunden eller krediteras (Davis, 1963, s. 64–69).

Vice verkställand direktör, Sven-Olof Hultin, Ekono, gav en initierad framställning av det finska kraftproduktionssystemet och berörde framtida planer på kärnkraftverk i Finland. Han noterade att kraftbehovet i landet ökade efter kriget med cirka 10 procent per år men förutsåg att stegringstakten skulle sjunka till 6 procent år 1975. Sven-Olof Hultin konstaterade att kärnkraftverk med en totalkapacitet på 400 MW år 1970 respektive 1 600 MW år 1980 kunde installeras i vårt land förutsatt att kärnkraften vid 70 procents belastning

vore konkurrenskraftig i jämförelse med konventionell kraft (Hultin, 1963, s. 47–63).

I Ydin-serie 26 redogjorde verkställande direktören för Atomkraftkonsortiet, Stockholm, Olle Gimstedt för sin syn på kärnkraftens dagsläge och utvecklingstendenser. Han ansåg att kärnkraften var en realitet, tekniskt och industriellt sett med ett dussin kraftstationer i drift och ett 25-tal under byggnad världen över. Lättvattenreaktorn var starkt på kommande. Den kännetecknades av:

1. Kompakt utformning av reaktorn i en trycktank,
2. Låganrikat uranbränsle i form av urandioxid med 2 till 3 % anrikning,
3. Relativt höga värden på utbränningen av bränslet samt
4. Intermittent bränslebyte.

Direktör Olle Gimstedt konstaterade att man inom Atomkraftkonsortiet bedömt kärnkraften sålunda att det är stor sannolikhet för att det blir ekonomiskt motiverat att insätta 300–400 MW kärnkraft redan före mitten av 1970-talet. Genom att först bygga en mindre anläggning får man genom en begränsad investering erfarenheter från projektering, upphandling, byggande och drift, vilket bör möjliggöra kostnadsreduktioner vid kommande stationer (Gimstedt, 1963, s. 1–38).

Ydin-serie 27 redogjorde för de anföranden som inhemska experter höll vid ett diskussionstillfälle arrangerat av Voimayhdistys Ydin i Helsingfors den 3 december 1963 och som beskrev de viktigaste komponenterna i ett atomkraftverk.

Ordföranden *Rolf Christiansen* konstaterade att en belastningsfaktor på 80 procent till att börja med och 70 procent i ett senare skede skulle tillåta en installerad atomkraftseffekt år 1970 om 300 MW och 1980 om 1 700 MW. Han poängterade att det nu vore hög tid för vår verkstadsindustri att starta förberedelserna om den vill vara med som leverantör (Christiansen, 1964, s. 3–10).

Diplomingenjör *R. Aarnio* var av den åsikten att bristen på tunga maskiner och konstruktörer inom vår verkstadsindustri begränsade möjligheterna att tillverka komponenter för atomkraftverken i vårt land. Vår enda möjlighet att delta i tillverkningen av atomkraftverk vore ett brett samarbete mellan de inhemska fabrikerna och någon utländsk tillverkare med erfarenhet inom området (Aarnio, 1964, s. 20–21).

Diplomingenjör *Jaakko Castrén* återkallade i minnet den första atomreaktors instrumentering. När reaktorn under Enrico Fermis ledning kördes kritisk i Argonne den 2 december 1942 mättes neutronflödet med en borrhäknare och registrerades med en galvanometer. Regleringen sköttes för hand och

Norman Hilberry stod med yxan i hand färdig att hugga av repet som bar upp snabbkontrollstavarna. Instrumenteringen av ett atomkraftverk är emellertid mera sofistikerad och dess andel av totalkostnaderna kan uppskattas till 5–10 procent. För ett konventionellt kraftverk är motsvarande siffror 3–5 procent sade han (Castrén, 1964, s. 41–54).

Diplomingenjör *Paavo Holmström* redogjorde för kvalitetskraven för primärkretsens komponenter och tog som exempel kontrollen av Ågestareaktorns rostfria ånggeneratorarter.

1. Materialet identifierades med hjälp av isotoper.
2. Av smältan togs analys och normala teknologiska prov genomfördes.
3. Tubernas ämnen kontrollerades med ultraljud
4. Tubernas korrosionshållfasthet och rundhet, rakhet och vägg tjocklek kontrollerades.
5. De färdiga tuberna kontrollerades med ultraljud.
6. Ett statistiskt signifikativt antal till U-rör bockade tuber provtrycktes och deras täthet kontrollerades med läcksökningsapparat under användning av helium.
7. Värmebehandlingens resultat kontrollerades.
8. Renligheten kontrollerades.
9. Den färdiga ånggeneratorn utsattes för täthetskontroll med helium vid driftstryck.
10. Tubernas fastsvetsning kontrollerades visuellt och med penetrerande vätska till 100 procent.
11. Ett flertal förberedande prov gjordes för att finna rätt svetsmetod. Alla svetsare utförde sedan svetsprov enligt denna metod (Holmström, 1964, s. 62–71).

Diplomingenjör *Daniel Jåfs* behandlade de verkstadstekniska problem som uppstår vid tillverkning av bränsleelement utgående från färdiga urankutsar: det gäller att se till att en effektiv värmeöverföring kan ske från bränslet till kapslingsmaterialets innervägg. De ifrågakommande metoderna kunde enligt honom grupperas i tre kategorier:

- a. Mekanisk kapsling,
- b. Metallurgisk bindning via mellanlager,
- c. Direkt metallurgisk bindning.

I fallet a) placeras bränslet direkt i kapslingsröret och ändkopporna svetsas på sedan röret fyllts med argon, som tjänar som värmeöverföringsmedium mel-

lan bränslet och kapslingens inneryta. Även helium kan användas, vilket ger fördelen att läckor lättare kan lokaliseras.

I fallet b) är värmeöverföringsmediet en metall som utfyller rummet mellan bränsle och kapsling. Denna metall kan då reaktorn är i drift föreligga i smält tillstånd, ett exempel utgör bly. I fallet c) kan den direkta metallurgiska bindningen t.ex. fås till stånd genom valsning.

En uran-zirkoniumlegering valsas exempelvis tillsammans med en zirkoniumkapsling; reduktionstalen 3-1 och bearbetningstemperaturer på 800 grader C är härvid typiska.

Vid svetsning av zirkonium eller dess legering zirkaloy måste man förhindra en kontaminering av syre och kväve, vilket förutsätter skyddsgassvetsning, vanligen med helium eller argon och med wolframelektrod. Kommersiell argon-arc apparatur är ej tillräcklig, skyddsgastäckning måste även anordnas på baksidan (Jåfs, 1964, s. 34-36).

Diplomingenjören, sedermera professorn, *U. Konttinen* konstaterade i ett kort men kärnfullt anförande att exempelvis kontrollstavarnas drivaggregat utgör kritiska komponenter med tanke på reaktorns säkra funktion. Följaktligen behövs erfarna konstruktörer med diplomingenjörens kunskap för att vi skall kunna garantera kvaliteten hos konstruktionen. Men det är trots allt fråga om relativt normal maskinlära (Konttinen, 1964, s. 40).

Teknologie licentiat *U. A. Luoto* gav en översikt över reaktortryckkärlens och -trycktubernas egenskaper och deras tillverkningsmässiga problem. Han konstaterade bl.a. att medan reaktortryckkärlen i väst tillverkats med vägg-tjocklekar upp till cirka 9 tum så var motsvarande mått i Novo-Voronesh 4 tum. Reaktortryckkärlen måste troligen importeras, medan trycktuberna kunde tillverkas i Finland. Trycktubreaktorn vore totalt sett bättre ägnad att tillverkas av den inhemska industrin än tryckvatten- eller kokarreaktorn (Luoto, 1964, s. 11-20).

Diplomingenjör *J. Mattila* beskrev utvinningen av uranbränsle. Malmen anrikas först till cirka 60 procent, bringas i lösning varefter uranet fälls ut med ammoniumnitrat som ammoniumuranat. Sedan sker kalcinering, varvid man från det uppkomna U_3O_8 via reduktion med vätgas får UO_2 . Denna urandioxid måste hållas under skyddsgas, t.ex. en blandning av N_2 och H_2 . Därefter tillsätts vissa organiska bindemedel och pulvret pressas till kutsar med tätheten 6 till 7 gram per kubikcentimeter. Kutsarna sintras vid 1 500-1 750 grader C och slipas till de exakta dimensioner och till den ytfinhet specifikationerna kräver (Mattila, 1964, s. 33).

Teknologie licentiat *Olavi Vapaavuori* listade de viktigaste kraven på kontrollstavarnas drivaggregat:

1. De måste kunna hålla reglerstavarna exakt i det mot minimi-reaktiviteten svarande läget.
2. De måste konstrueras så att vilket fel som helst i reglersystemet leder till reaktorstopp.
3. De måste konstrueras så att de inte i något fall kan åstadkomma en snabbare reaktivitetsökning än vad säkerhetsgränsen tillåter.
4. När kontrollstavarna bringas till det mot minimi-reaktiviteten svarande läget i ett eventuellt nödläge måste detta ske så snabbt att kärneffekten inte avviker alltför mycket från sitt nominella värde.
5. I anslutning till kontrollstavarnas drivaggregat måste alltid finnas instrument som visar deras exakta läge.

Vid konstruktionen av drivaggregaten bör bl.a. följande faktorer observeras:

1. Kontrollstavens hastighet,
2. Kontrollstavens lägesvisning,
3. Repetitionsförmågan när det gäller detta läge,
4. Kontrollstavens snabba körning till det mot minimi-reaktiviteten svarande läget i en nödsituation (Vapaavuori, 1964, s. 37–40).

Diplomingenjör *E. N. Westerberg* behandlade bl.a. kärnbränslets egenskaper. Uranoxid har enligt honom blivit ett populärt bränsle beroende på dess egenskaper. Den har hög smältpunkt, 2750 grader C, och utmärkta korrosionsegenskaper. Utbränningen är god, cirka 30 000 MWd/t och den har därtill relativt låga framställningskostnader. Bränslet utgörs vanligen av urandioxidkulsor med en diameter på 7–15 mm och en längd på 10–20 mm. Tätheten är cirka 90 procent av det teoretiska värdet 10,96 gram per kubikcentimeter.

Vid tillverkningen av kulsor för NPD-reaktorn använde kanadensarna toleranserna 0,01 mm för diametern och 0,05 mm för längden, plus eller minus (Westerberg, 1964, s. 22–32).

Voimayhdistys Ydin, liksom samarbetspartnern Ekono, var som av Ydinserien framgått, mycket verksam när det gällde att via publikationer, konferenser och studieresor öka intresset för och kunskapen om kärnenergin i vårt land. Detta intresse förefanns även inom industrin och förstärktes bara med tiden.

3.2 Elkraftbehovets utveckling

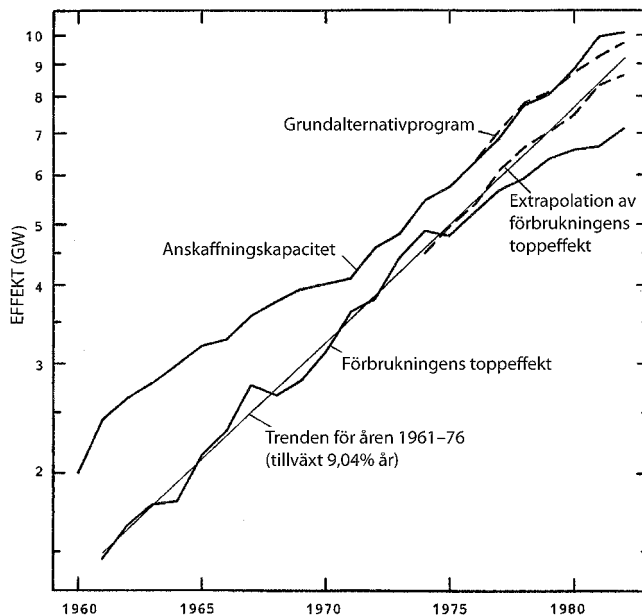
Ända fram till 1970-talet rådde en god jämvikt mellan förbrukning av elkraft och den utbyggda kapaciteten såsom av tabell 2 framgår (Atomenergikommissionen, 1984, s. 15).

Tabell 2. Elkraftskapacitet exklusive gasturbindrifft samt utnyttjad topeffekt i Finland.

År	Förverkligad kapacitet i början av året		Utnyttjad topeffekt		Extrapolation av topeffekt		Grundalternativ	
	MW	Varav av kärnkraft MW	MW	% av kapaciteten	MW	Förhöjd med 15 % MW	MW	Varav tilläggskondenskraft MW
1970	4007		3130	78			4007	
1971	4095		3630	89			4095	
1972	4581		3800	83			4581	
1973	4830		4440	92			4830	
1974	5464		4880	89	4492	5165	5464	
1975	5736		4800	84	4951	5694	5736	
1976	6279		5220	83	5398	6208	6279	
1977	6891		5680	82	6108	7025	7091	200
1978	7765	445	5930	76	6670	7670	7820	500
1979	8079	445	6390	79	7058	8116	8134	500
1980	8843	1105	6600	75	7497	8621	8737	1000
1981	9950	2210	6680	67	8331	9581	9240	1500
1982	10112	2210	7120	70	8645	9941	9702	1800

Det bör framhållas att en reserveffektkapacitet stigande till 15–20 procent av effektbehovet borde finnas till hands beaktande olika typer av störningar såsom växlingar i nederbördsmängden på årsbasis, tekniska problem etc.

Figur 8 åskådliggör situationen fram till år 1975.



Figur 8. Trend för utnyttjad topeffekt samt utbyggd kapacitet i Finland. (Kärnkraftsproduktionens förverkligade ekonomiska verkningar. Atomenergikommissionen, 1989).

4. UNDERSÖKNINGENS STRUKTUR

4.1 Undersökningsområde och planering av undersökningen

Introduktionen av kärnkraften i vårt land kan förliknas vid ett stort projekt med flera delprojekt. Ett projekt har normalt en ledningsgrupp där olika intressen är representerade och där medlemmarna har kompetens inom olika ämnesgrupper. Ledningsgruppen utser en projektledare som i sin tur väljer nyckelpersoner med uppgift att leda de grupper av experter som ledningsgruppen ställer till förfogande. En logisk och detaljerad projektplan görs upp, varefter verksamheten startas i enlighet med denna plan (Pelin, 1999, s. 87–89, 102). Detta är dock ett idealfall som inte alltid är för handen.

Den process som är objekt för föreliggande undersökning representerade minst av allt ett dylikt idealfall. Den bestod av många delprocesser och saknade nära nog helt en enhetlig ledning, varför händelseförloppet ibland blev rätt kaotiskt. Detta innebar ingalunda att utvecklingen skulle ha stannat av i brist på ledargestalter. Tvärtom kan konstateras att det fanns flera mycket starka ledare, som försökte styra processen i rätt riktning. De olika intressen dessa ledare representerade – motsättningen *statligt kontra privat ägande* inte att förglömma – och den disparitet som deras personligheter uppvisade, underlättade på intet vis uppnåendet av det mål som de trots allt i stort hade gemensamt. Med en lätt travestering på *Hellström* kan processen karaktäriseras som ett dirigerande av en symfoniorkester med flera dirigenter i samtidig aktion (Hellström, 2005, s. 68).

Det faktum att författaren till detta verk själv var en kugge i hjulet, när kärnkraften infördes i vårt land, underlättade givetvis arbetet med undersökningen. Jag konsulterade existerande litteraturkällor och dokument för att få en referensram för arbetet men även för att kontrollera att mina minnesbilder var tillräckliga och korrekta. Intervjuerna tjänade delvis samma sak, men därtill gav de mig en utomordentlig möjlighet att studera intervjupersonerna och deras uppfattning om det som skedde. Det egna deltagandet i skeendet innebar att jag personligen kände många av de egentliga aktörerna, något som kunde medföra problem och möjligen leda till att objektiviteten blev lidande, att synfältet grumlades. Det kunde ha blivit svårt att upprätthålla distans och objektivitet (Repstad, 1993, s. 27). Men detta kompenseras enligt min mening av den enastående möjligheten till observation på nära håll som jag hade.

4.2 Undersökningens syfte och omfattning

I min undersökning strävade jag efter att kartlägga händelseförloppet i stora drag, samtidigt som jag ville fästa uppmärksamheten vid centrala personer som kom att spela en avgörande roll i skeendet. De flesta av dessa personer verkade naturligt nog inom industrin, men politikens och politikernas inverkan var inte bara betydelsefull, utan i vissa fall helt avgörande. Jag försökte dock inte enbart registrera reella händelser utan även komma underfund med vad som låg bakom det skeende som jag direkt kunde iaktta; jag ville finna den inre verkligheten i det som syntes ske. Händelserna inte bara inträffade, de hade orsaker och följder, även om dessa inte alltid var lätt skönjbara. Sökandet efter helheten var väsentligt. Mitt betraktelsesätt var holistiskt och syftade till att få fram ett allmängiltigt resultat (Brante & Fasth, 1982, s. 43, 46). Desto bättre om detta var nyttigt och användbart i praktiken (Ylijoki & Ahrio, 1995, s. 9–10).

Det var viktigt att fokusera på tid och rum och därtill på värderingar, något som Lindholm kallat väsen (Lindholm, 1985, s. 29, 31).

Ordet kärnkraft i rubriken på detta arbete definierar redan en del av den gränsdragning jag gjorde gällande omfattningen. Den konventionella kraftalstringen var bara av sekundärt intresse för mig, och dess problem berördes endast i den mån de påverkade kärnkraftens utveckling.

En central avsikt med undersökningen var att klargöra den inhemska verkstadsindustrins roll, en roll som jag som en av aktörerna hade vissa förutsättningar att analysera. Min egentliga utredning omfattade tidsmässigt perioden 1955 till 1980. Tilldragelser före och efter denna tid behandlades mera sporadiskt och ytligt. Utvecklingen under de första åren efter 1980 undersöktes dock något närmare, eftersom den mer eller mindre direkt kunde anses vara ett resultat av introduktionen av kärnkraft. Den har även behandlats, om också mera styvmoderligt, i andra verk som behandlar kärnkraftens införande i Finland.

4.3 Frågeställningen

En deskriptiv utredning rörande kärnkraftens introduktion i Finland var i sig enligt min mening på sin plats. Men av större intresse för mig personligen och möjligen även för andra, var de bakomliggande orsakerna till det som ägde rum och följderna av denna introduktion. Jag gick in för att i min undersökning försöka besvara följande frågor:

1. När och hur introducerades kärnkraften i Finland?
2. Vilka var orsakerna till denna introduktion och vilka blev följderna?
3. Vilken roll spelade den inhemska verkstadsindustrin?

4.4 Undersökningsmetod och -bas

Enligt det paradig – den samsyn (Kuhn, 1992, s. 144) – som länge varit rådande, kan den empiriska forskaren välja mellan två olika metoder: den deduktiva och den induktiva. Den deduktiva metoden, även kallad det hypotetiskt-deduktiva angreppssättet, innebär att en specifik hypotes, ett speciellt antagande formuleras förrän datainsamlingen börjar. Denna hypotes tjänar som utgångspunkt för det forskningsarbete som sedan utförs. Den induktiva metoden däremot förutsätter att undersökaren startar sitt arbete med att insamla information som beskriver händelser eller personer utan förutfattade meningar. På basen av det insamlade materialet utarbetar forskaren sedan en allmän beskrivning av företeelserna, en teori. En induktion startar med observation och leder till en allmän slutsats (Patel & Tebelius, 1987, s. 17). Patton framför analogo synpunkter (Patton, 1987, s. 15).

Det induktiva förfaringsättet passar väl ihop med kvalitativa undersökningar. Medan kvantitativa metoder arbetar med sifferunderlag och ofta använder digitala datorprogram som hjälp, kännetecknas de kvalitativa metoderna av en strävan att karaktärisera och av ett behov att få kunskap om det grundläggande i ett visst sammanhang. Man bör beskriva personer och konkreta miljöer, inte bara isolerade variabler. Insikter i vad som ägt rum under en viss tidsperiod fås som resultat av observationer, intervjuer och dokumentstudier. Subjektiva beskrivningar och uppfattningar om vad som skett och aktörens egna motiv och tankesätt blir tillräckliga underlag för en sammanställning och analys (Repstad, 1993, s. 8, 97).

På senare tid har en integrering av de båda sätten att arbeta börjat göra insteg i forskningen. Det är inte alltid lätt att hålla dem helt och hållet isär, inte heller är det önskvärt. Metoderna är berikande för varandra och den ena utesluter inte den andra (Starrin, Larsson, Dahlgren & Styrborn, 1991, s. 13).

Litteraturen beskriver även ett flertal undersökningstraditioner som skiljer sig från varandra i en annan bemärkelse, såsom biografi, fenomenologi, grundad teori, etnografi och case-studier (Creswell, 1998).

För min undersökning valde jag den induktiva och kvalitativa logiken som huvudsaklig ledstjärna, dock så att kvantitativa data vid behov även utnyttjades. Traditionen blev naturligt nog en case-studie. En narrativ studie av den historiska utvecklingen är en legitim bas vid sökandet efter valida svar på de frågor denna undersökning ställer (Pajunen, 2004).

Bruzelius (2007, s. 15–18) refererar till en intressant, av Hughes (1983, s. 37) formulerad teori för stora tekniska system. Ett kärnkraftverk representerar ju ett sådant system. Min avsikt var emellertid inte att studera ett kärnkraftverk som sådant.

Bruno Latours *Actor Network Theory* (Latour, 1987, s. 258, 259), som kon-

staterar att man vid ett studium av tekniska projekt bör följa med aktörerna och identifiera de nätverk de bygger upp, är mera relevant i detta fall. Industrin påverkade utvecklingen inom kärnkraftsområdet i Finland inom ramen av ett omfattande nätverk (se figur 28). Inom detta stora nätverk uppkom mindre nätverk, t.ex. det nätverk som formades av åtta av de största verkstadsindustriföretagen i vårt land, formaliserat 1966 som Finlanda Atomindustrigrupp, FAIG, och registrerat 1970 som Oy Finnatom Ab.

4.5 Val av datainsamlingsmetod och bestämning av populationen

Ett flertal litteraturkällor ger anvisningar som belyser metoder och tänkesätt en vetenskaplig undersökning är betjänt av. Undersökningsprocessens olika faser listas från problemformulering, litteraturgenomgång och precisering av problemställningen till metoder för datainsamling och bedömning av resultatet samt diskussion. Home (1993, s. 11) och Uusitalo (1991, s. 51) poängterar vikten av att skaffa fram relevanta data. Walla (2004, s. 51) och Winter (1984, s. 10–12) kräver realibilitet och validitet.

Creswell (1998) ger allmänna riktlinjer för kvalitativa undersökningar, beskriver olika traditioner och understryker att en case-studie kräver en detaljerad redogörelse, men ger forskaren rätt fria händer att behandla sitt material.

Banaka opererar med begreppet djupintervju och dess tre faser, nämligen input (insamlad information), analys av materialet och output (sammanställning) av resultatet. Det gäller att insamla tillräckligt mycket av rätt slags information för en noggrann analys för att kunna dra riktiga slutsatser om intervjupersonens beteende under de givna förhållandena (Banaka, 1981, s. 12).

Detaljerade utredningar om olika typer av kvalitativa forskningsintervjuer ges. Målet är att få fram nyanserade beskrivningar av olika aspekter i den intervjuades livsvärld. Detta gäller såväl det faktiska planet som meningsplanet (Kvale, 1997, s. 85, 124–125).

Exempel på olika typer av forskare ges: medan en typ strävar efter att återge neutral information anser en annan typ av forskare inte verkligheten vara neutral. Världen betyder för olika personer och vid olika tider olika saker och människans intresse påverkar hennes synsätt (Varto, 1992, s.16, 67).

Jag hade således tillgång till litteraturkällor med dokumenterad kompetens när det gällde genomförandet av såväl den teoretiska som den empiriska undersökningen liksom av resultatanalysen. Mitt sätt att utföra arbetet påverkades givetvis av experternas åsikter, men de hindrade mig inte att i många fall utforma en egen linje.

Projektet genomfördes till en början på ett sätt som i någon mån påminde om den metod Apple och Steve Jobs påstås använda sig av. Det finns inga klart åtskiljda och logiska utvecklingssteg. Produkterna bearbetas parallellt av alla

avdelningar samtidigt (Grossman, 2005, s. 39). I ett senare skede blev mitt arbetssätt dock mera systematiskt. Jag bestämde mig för att i mån av möjlighet personligen intervjuade de personer som jag bedömde kände till händelseförloppet och som mer eller mindre direkt påverkade vad som skedde.

Detta beslut – fastän hänvisat till i litteraturen som en möjlighet (Jyrinki, 1978, s. 29) – innebar en risktagning, speciellt därför att intervjuoffren var för mig bekanta personer. I avsikt att försöka få en mångsidig bild av skeendet liksom av dess orsaker och följder och för att kunna göra en så objektiv tolkning som möjligt av hela processen, gick jag in för att intervjuade ett trettiotal personer, vilket innebar att en betydande del – kanske fjärdedelen – av de egentliga påverkarna kom till tals. Avsikten var att åstadkomma ett representativt stickprov av målpopulationen. För balansens skull inkluderades emellertid i intervjupersonernas skara även några individer som inte varit inblandade i processen, men som av andra orsaker var intressanta.

Det var även min avsikt att minska snedvridningen i åldersfördelningen. En betydande del av intervjupersonerna var ju av naturliga orsaker redan rätt ålderstigna eller för att citera en yngre dam som jag bett kontrollera mina gamla patent: ”Min fars gamla vän Daniel Jåfs, som redan står vid gravens rand ringde och bad om...”. En stor del av de intervjuade personerna hade genomgått en lång kognitiv utveckling, de var medvetna om objekt, händelser och situationer och hade – trots sin roll som medspelare – förutsättning att analysera dem (Neisser, 1978, s. 58, 93). Alltför stort avstånd är ju liksom alltför stor närhet en negativ faktor (Bourdieu, 1996, s. 35).

4.6 Forskningsprinciper

Vetenskapen uppvisar olika principer för forskning. Positivismen kräver att de använda metoderna skall ge tillförlitlig kunskap. Slutsatserna måste baseras på orsak och verkan och vara logiska (Wallén, 1996, s. 27). Comte (1961, s. 48–50) framför liknande krav, fastän delvis med andra ord. Metoden bör leda till en vetenskaplig teori som i sin tur borde kunna förutsäga nya företeelser med en exakthet som tillåter testning. Om nya data inte stämmer överens med teorin, så måste den förbättras eller förkastas (Hawking, 2003, s. 31).

Denna filosofi överensstämmer med den indoktrinering undervisningen i naturvetenskaperna såväl i Finland som i USA bibringar studenterna. Enligt den vetenskapliga kausalrealismen kan förklaringar ges även till händelser som äger rum på en nivå som inte är direkt observerbar (Pajunen, 2004). En annan intressant läroinriktning, nämligen hermeneutiken, framhåller att uttolkarna av observationerna kan ge olika tolkningar eftersom de kan påverkas av forskarens person.

Ingen av dem representerar nödvändigtvis den absoluta och slutliga ”san-

ningen” (Bohm & Peat, 1992, s. 114). Vi måste erkänna att tolkningarna är relativa och beroende av den praxis uttolkaren förlitar sig på, inte allmängiltiga sanningar eller fakta (Suoninen, 1979, s. 13–14). Personligen föredrar jag positivismen, dock noterade något som redan Popper framhöll: ”vi lär oss av våra fel och samtidigt lär vi oss hur litet vi vet, men vi kan växa i kunskap, fastän vi inte någonsin kan veta – med andra ord veta med säkerhet” (Popper, 1974, s. 662).

4.7 Intervjuer

En kvalitativ undersökning kan genomföras på olika sätt. Enligt en vanligt förekommande metod utarbetar man ett detaljerat frågeformulär som postas till ett stort antal intervjuoffer. ”Offer” är i mitt tycke ett lämpligt uttryck, eftersom jag nära nog varje gång svurit ve och förbannelse över de frågeformulär jag ansett det vara min plikt att besvara (undantaget var Vörå kommuns frågeformulär rörande planerna på sammanslagning av Maxmo och Vörå kommuner). Ett annat sätt, som även förutsätter ett färdigt formulär, innebär att intervjuaren genomför undersökningen per telefon. Min erfarenhet som intervjuoffer är, att svaren i många fall uteblir av den enkla orsaken att respondenten in spe lägger på luren mer eller mindre direkt.

På basis av dessa erfarenheter valde jag att personligen träffa mina intervjupersoner, trots att det innebar ett flertal resor; men tiden räcker ju till om man går in för att den skall göra det. En fördel med den personliga kontakten är att intervjuaren kan variera frågorna under förloppet av intervjun. Han kan studera intervjupersonens reaktioner och i många fall samtidigt bygga upp en fruktbärande diskussion. Detta utesluter inte att han har ett visst mönster i sin hjärna för hela processen. I mitt fall ledde detta mönster till en viss grad av strukturering, såsom bilaga 1 antyder.

4.7.1 Val av intervjupersoner

Valet av intervjupersoner kan styras av flera olika kriterier. Man kan sträva efter neutralitet mellan könen och mellan olika ålders- respektive socialgrupper. Man kan gå in för att personer med olika utbildning blir representerade, allt detta för att åstadkomma ett så representativt resultat som möjligt. Min metod avvek rätt klart från dessa alternativ. Som en följd av att objektet för min studie tidsmässigt i stort sett var förlagt till tredje kvartalet av senaste sekel var det opportunt att huvudsakligen välja intervjupersoner som var aktiva under denna period och som inte bara kände till händelsernas yttre förlopp, utan som även hade förutsättning att förstå orsakerna till det som hände. Beroende på objektets art var det naturligt att intervjupersonerna i många fall var

diplomingenjörer eller doktorer. Men för att uppnå en viss balans intervjuades även personer med andra synnerligen meriterande kvalifikationer. Det faktum att många av dem kom att inneha ledande positioner i samhället vittnar enligt mitt förmenande om deras duglighet och allmänna kvalifikationer.

4.7.2 Genomförande av intervjuerna

Jag kontaktade i regel intervjupersonerna per telefon några dagar i förväg, berättade om mitt projekt och kom överens om tid och plats för ett möte. Utan undantag ställde alla kontaktade personer upp och var beredda att dela med sig av sin kunskap och ge sina synpunkter på de frågeställningar som jag tog upp till diskussion.

Intervjuerna genomfördes under en rätt lång tidsperiod, dvs. på några undantag när under tiden december 2005 – december 2006, bl.a. beroende på att en del intervjuoffer bor utrikes. Platserna för intervjuerna varierade. Mötena skedde hemma hos mig i Grankulla, hemma hos intervjupersonerna eller på deras kontor. Helsingfors-Vanda flygstation, ett café i centrum av Helsingfors och en buss på väg från Helsingfors till Vuojoki herrgård visade sig även vara användbara platser.

Man kan givetvis framföra olika synpunkter på valet av plats för intervjuerna. Intervjupersonens byrå kan, ifall intervjun äger rum under normal arbetstid, innebära störande avbrott. Ett café kan betyda en distraherande omgivning, speciellt under rusningstid. Men dylika svårigheter blir av sekundär betydelse, om såväl intervjupersonen som intervjuaren besitter en viss rutin. Det visade sig att den bästa och lugnaste intervjuplatsen var hemma hos mig i Grankulla med kaffekokaren inom räckhåll.

Under intervjuens gång skrev jag till stöd för minnet upp de intressantaste synpunkterna så att de kunde överföras på dator efter avslutad session. Ibland visade det sig vara nödvändigt och nyttigt att senare per telefon få kompletterande uppgifter. Varje intervju gav ett bidrag till de svar på mina frågor som jag sökte. På så sätt utkristalliserade sig så småningom en bild i min hjärna av de olika intervjupersonernas uppfattning om det skeende intervjuerna försökte belysa. När flertalet av intervjuerna blivit genomförda påbörjade jag en mera djupgående analys av resultatet, en analys som fortsatte i ett senare skede av undersökningen. Det är emellertid skäl att konstatera att synsättet härvidlag i stort sett var det kvalitativa.

En andra intervjuomgång genomfördes sommaren och hösten 2007 med några personer, dels för att kontrollera en del sakuppgifter, dels för att pröva de hypoteser jag framlagt.

4.8 Seminarier

Som en central del av undersökningen genomfördes den tredje maj 2007 ett seminarium vid Tekniska fakulteten vid Åbo Akademi, där författaren inför ett antal av Akademin inbjudna gäster gav en sammanfattning av de resultat studien så långt hade frambringat. Seminariedeltagarna, av vilka några kom fjärranifrån (Sven-Olof Hultin från Schweiz och Norman Westerberg från USA), gav en hel del nyttiga synpunkter på arbetet.

Bilaga 2 ger en lista på deltagarna i seminariet, som – liksom seminarierna vid Tekniska högskolan i Helsingfors den 13 november 2007 och vid Technische Universität Berlin den 25–26 februari 2008 samt ytterligare den 29 augusti 2008 vid Tekniska fakulteten vid Åbo Akademi – gav författaren synnerligen värdefulla impulser för det fortsatta arbetet.

5. DEFINITIONER

Alfa- beta-, gamma-, neutrinostrålning = strål- resp. partikeltyp.

Anrikning av malm innebär att halten av exempelvis urandioxid efter den egentliga malmbrytningen ökas via mekanisk eller kemisk behandling.

Anrikning av uran innebär däremot att halten U-235 ökas, t.ex. i en gasdifferussionsanläggning.

Barn, se bilaga 3.

Breeder, bridreaktorn alstrar nytt klyvbart material, se bilaga 3.

Buckling = buktning, se bilaga 3. (Atomtekniska Sällskapet i Finland, Finlands fysikerförening, 1972, s. 11).

Burnup = utbränning, anger den mängd energi som avges av det kärnbränsle som genomgår fission i en kärnreaktor. Måttenheten är vanligen MWd/kg, dvs. megawattdagar per kg bränsle.

Calandria = kalandria = moderatorbehållare.

Cross section = verkningstvärsnitt, se bilaga 3.

Capture = infångning = absorption av neutroner i reaktorbränslet, se bilaga 3.

Deuterium = tungt väte.

Fast fission factor = snabb fissionsfaktor ϵ = kvoten av det totala antalet snabba neutroner producerade vid fission av neutroner av alla energier och antalet neutroner resulterande av termiska neutronfissioner.

Fission = kärnklyvning, se bilaga 3.

Fusion = kärnsammansmältning, se bilaga 3.

Fördröjda neutroner, se bilaga 3.

Halveringstid = den tid under vilken 50 procent av materialet reagerar.

Kokarreaktorn, BWR, är en kärnreaktor där kylvattnet tillåts koka i reaktorhärden.

Koltonekvivalent = energimängd jämförd med energin i ett ton kol.

Kritisk reaktor. Den effektiva multiplikationsfaktorn är = 1 dvs. reaktorn är självgående (och i balans).

Load factor = lastfaktor = förhållandet mellan verklig och planerad last.

Moderatorn, t.ex. vatten eller grafit, bromsar normalt neutronernas hastighet till termisk nivå, dvs. cirka 2 200 m/s.

Multiplikationsfaktor, se bilaga 3.

MWe indikerar eleffekt och MWt värmeeffekt.

Natural circulation = naturlig cirkulation innebär att kylvattnet i en reaktor strömmar genom härden som en följd av normal kokning. Det är då fråga om en kokareaktor i motsats till en tryckvattenreaktor, där härden kyls av en vattenström under så högt tryck att kokning ej äger rum. I det senare fallet pumpas kylvattnet vidare till en separat ånggenerator och sedan i retur till reaktorn.

Neutron escape = neutronläckage ut ur reaktorn.

Non-leakage probability = sannolikhet för icke-läckage.

Period. Perioden hos en kärnreaktor definieras som den tid som krävs för att neutronantalet i reaktorn skall öka med faktorn e , dvs. med 2,718 (Murray, 1957, s. 149).

RBE = relativ biologisk effektivitet = förhållandet mellan den kroppsskada en given typ av strålning åstadkommer och den skada samma dos gammastrålning ger.

Reflektor, se bilaga 3.

Rem = Roentgen equivalent man = ett index för de skador som olika typer av strålning åstadkommer i den mänskliga kroppen. 1 rem är = dosen i rep multiplicerad med RBE för den i fråga kommande stråltypen.

Rep = Roentgen equivalent physical = den stråldos som resulterar i absorption av energi i mänsklig vävnad motsvarande 93 erg per gram vävnad.

Resonance escape probability = resonanspassagefaktorn anger den andel av de snabba neutronerna vid fission som undgår capture när de bromsas ned till termisk nivå.

Röntgen = den mängd gammastrålning som genom jonisering ger upphov till 2×10^9 jonpar i 1 cm^3 torr luft, uppmätt vid standard temperatur ock tryck.

Scattering = spridning, se bilaga 3.

Scram = nödstopp. Reaktorkontrollsystemen konstrueras vanligen så att scram automatiskt inträder när effekten har stigit till 150 procent av den normala eller perioden har sjunkit till 2 sekunder (Bonilla, 1957, s. 500).

Slowing-down = nedbromsning, se bilaga 3.

Snabb fission innebär att kärnklyvningen sker med hjälp av snabba neutroner. Snabb reaktor. Moderator saknas och fissionen sker med snabba neutroner. Snabba neutroner med energin cirka 2 MeV alstras vid en kärnfission t.ex. i U-235. De kan i sin tur ge upphov till nya kärnspjälkningar, speciellt om bränslet är höganriktat uran eller plutonium. I fall reaktionen är kontrollerad är det ofta fråga om en snabb reaktor. En atombomb kan sägas vara en okontrollerad snabb reaktor. De flesta kärnreaktorer är dock termiska, dvs. de verksamma neutronerna är huvudsakligen energimässigt i jämvikt med det omgivande mediet.

Temperaturkoefficienten anger, om den är positiv, att en momentan temperaturstegring tenderar att leda till en ytterligare temperaturökning. En negativ temperaturkoefficient däremot underlättar i avgörande grad reaktorkontrollen.

Tryckvattenreaktorn, PWR, är en kärnreaktor där kylvattnets höga tryck förhindrar kokning i reaktorn.

Tungt vatten, D₂O, har två deuteriumatomer i stället för två väteatomer. En tungvattenreaktor arbetar med tungt vatten som moderator och ibland även som kylmedel.

Underkritisk reaktor. Den effektiva multiplikationsfaktorn är mindre än ett.

Voidkoefficienten = blåskoefficienten anger inverkan av en momentan ångbildning på reaktiviteten, t.ex. i en kokarreaktorhård. Den borde inte tillåtas vara positiv i en kärnreaktor, eftersom detta kan leda till en snabb tryck- och temperaturstegring och risk för explosion.

6. INTRODUKTIONEN AV KÄRNKRAFTEN I FINLAND

6.1 Preludium 1

Såväl inom den politiska sfären som inom vetenskaperna kan enstaka händelser på ett avgörande sätt påverka och förändra utvecklingen såväl med avseende på dess riktning som på den hastighet med vilken den avancerar. Det är ej alltför svårt att peka på några sådana tilldragelser som kom att ha en avgörande inverkan på den utdragna process som introduktionen av kärnkraften i Finland innebar. Atombomberna över Hiroshima och Nagasaki den 6 och den 9 augusti 1945 ledde direkt till över 100 000 dödsoffer som följdes av ytterligare cirka 100 000 dödsfall senare under förloppet av några år (Rhodes, 2005, s. 99–103). USA:s president, *Harry S. Truman*, hade gett order om fällandet av bomberna.

Åtta år senare, den 8 december 1953, höll hans efterträdare, president *Dwight D. Eisenhower*, sitt berömda tal vid Förenta Nationernas generalförsamling i Washington. Det grundläggande temat för hans anförande var ”Atoms for Peace”, atomer för fred. Han framhöll inte bara vikten av atomnedrustning, utan även att atomkraften kunde och måste användas för att öka välbefindandet i världen. Han föreslog att en ny organisation, the International Atomic Energy Agency, IAEA, skulle grundas inom ramen för Förenta Nationerna. Denna organisation skulle övervaka användningen av atomkraften i hela världen för att förhindra att den utnyttjades som vapen. Men samtidigt borde den på ett avgörande sätt befrämja användandet av denna kraft för fredliga ändamål.

President Eisenhower deklarerade Förenta Staternas beredskap att ställa såväl vetenskaplig och teknisk information som tillhörande material till FN:s förfogande.

Denna högtidliga deklARATION efterföljdes av konkreta åtgärder, som bl.a. ledde till grundandet av the International School of Nuclear Science and Engineering, ISNSE, inkluderande specialundervisningsenheterna vid Pennsylvania State University liksom vid North Carolina State University och vid University of Chicagos Argonnelaboratorier utanför Chicago. Bland andra författaren till denna avhandling har därför orsak att med tacksamhet komma ihåg ”Ike” Eisenhower. Ett evenemang som även kan anses vara en följd av Eisenhowers deklARATION i FN var den första atomkonferensen i Genève 1955. Denna konferens, liksom dess efterföljare, utövade ett direkt inflytande på den utveckling i Finland, som ledde till introduktionen av kärnkraften i vårt land.

Den sammankallades av FN:s generalsekreterare *Dag Hammarskjöld* på basen av ett beslut som Förenta Nationerna fattat.

6.1.1 Förenta Nationernas första atomkonferens i Genève

Den första atomkonferensen i Genève inleddes den åttonde och avslutades den tjugonde augusti 1955. 63 stater var representerade med högst fem officiella delegater per land. Därtill kom ett stort antal experter från ett flertal länder. Finlands officiella delegater var: professor *Erkki Laurila*, ordförande, professorerna *Pekka Jauho*, *Sakari Mustakallio* och *Risto Niini* samt verkställande direktör *Heikki Lehtonen* och magister *K. E. Salimäki*. Trots att det var fråga om en i allra högsta grad politisk kongress blev det tekniskt-vetenskapliga utbytet av information synnerligen givande. Detta var en följd av den stora mängd information som topparna inom de olika ländernas kärntekniska etablissemang bjöd på i form av föreläsningar och publikationer av olika slag.

Framförandena täckte ett vidsträckt område från anrikning av uranmalm och användning av radioaktiva isotoper för olika ändamål, inkluderande de läkarvetenskapliga, till reaktorfysik och reaktorteknik. Atomenergins inverningar på samhälle och ekonomi behandlades utgående från utförliga teoretiska studier. Ett flertal reaktortyper presenterades liksom en mängd användningsmöjligheter för den nya tekniken.

Kärnreaktorbaserade applikationer för alstring av elektricitet, processvärme och fjärrvärme liksom för framdrivande av fartyg och flygplan diskuterades. Föredragen var i en del fall rent teoretiska utläggningar, men de kunde dock förutses få även praktiska tillämpningar. Ett av experter från Sovjetunionen och Förenta Staterna gemensamt sammanställt men informellt tillkännagivande väckte stor uppmärksamhet, dels för att det gjordes gemensamt och dels för att de värden på verkningsvärsnittens temperaturberoende som gavs från sovjetisk respektive amerikansk sida, visade god överensstämmelse. Intressant var även uppgiften att Storbritanniens regering hade fattat beslut att fram till år 1965 bygga atomkraftverk med en sammanlagd kapacitet på 2 000 MW.

Den allmänna atmosfären vid atomkonferensen i Genève var positiv och synnerligen optimistisk. Det råder inget tvivel om att konferensen inte skulle ha kraftigt påverkat utvecklingen inom kärnteknikens område i många länder, även i sådana som inte var representerade i Genève. Och konferensen inverkar klart även på Finlands delegation, såväl på professor *Erkki Laurilas* som på de andra delgationsmedlemmarnas uppfattning om kärnteknikens möjligheter. Därmed fick den en icke ringa betydelse för utvecklingen i vårt land (privat kontakt med *Erkki Laurila*). Professor *Jauho* har bekräftat denna uppfattning (*Jauho*, 1999, s. 106).

Det kan också nämnas att Förenta Staterna hade ställt upp en komplett

forskningsreaktor vid den utställning som arrangerades i samband med konferensen. De amerikanska experterna förevisade och beskrev reaktorn, som samtidigt gav besökarna en möjlighet att se den s.k. Cherenkovstrålningen som omgav reaktorhärden, ett första i sitt slag för många besökare.

Atomkonferensen i Genève hösten 1955 hade onekligen världsomfattande verkningar. Den gav upphov till en entusiasm som resulterade i långtgående statliga planer på stora atomforskningscentraler och omfattande program för byggande av kärnkraftverk i många länder. Och det märkliga var att dessa planer faktiskt realiserades i stor utsträckning, om också i en del fall med en viss försening. I ett flertal länder gjorde staten de största satsningarna, speciellt när det gällde att bygga forskningscentra, men även vid utbyggandet av atomkraft för elproduktion. Detta hindrade ingalunda att också industrin, såväl den statliga som den privata, reagerade snabbt, till en början speciellt med tanke på starkt ökad utbildning inom området, men senare även genom att starta ett förberedande arbete för att kunna bygga kompletta kärnkraftverk. Detta inträffade överallt i världen, också i Finland. General Electric i USA hade redan tidigt startat ett projekt som blev en förebild för den privata industrin. Jag fick vid ett besök i Vallecitos i Kalifornien 1957 en metallplakett som förkunnar följande:

Vallecitos Atomic Electric Power Plant
Nations First Privately-Financed
Nuclear Generating Facility
Operated Under AEC Power Reactor
Licence Number One
Dedicated November 25, 1957

På plaketts baksida deklarerar bolaget stolt: 20 years of GE Boiling Water Reactor progress.

Genèvekonferensen invercade även positivt på den verksamhet som ledde till grundandet av the International Atomic Energy Agency, IAEA, som Eisenhower hade talat för i FN (Laurila, 1977, s. 31–36, samt privat kommunikation med Erkki Laurila).

6.1.2 Inhemska och internationella organisationer

Det fanns – och finns – ett antal internationella organisationer som direkt eller indirekt har varit betydelsefulla för verksamheten inom det kärntekniska området i vårt land. För mig personligen var *American Nuclear Society* under många år en källa till kunskap och till inspiration.

I Europa verkade sedan 1956 Euratom, som gjorde en betydande forsk-

ningsinsats och deltog i flera internationella projekt, inklusive OECD-Halden-projektet i Norge. Inom ramen för detta projekt byggdes en tungtvattenreaktor i Halden i Norge. Finland var väl representerat i de forskningsprogram som genomfördes i Halden. Sålunda arbetade doktor *A. E. Eurola* som forskare och gruppchef 1961–65 inom projektet, medan licentiat *Olavi Vapaavuori* var driftschef respektive forskningschef åren 1959–61 och 1962–64. Båda dessa forskare gjorde sedan en betydande insats i Finland, den förstnämnda inom Ekono och Strålsäkerhetscentralen och den senare bl.a. inom Ekono och Industrins Kraft Ab.

De skandinaviska ländernas resurser var små jämförda med stormakternas. Därför uppstod tidigt ett intimt samarbete mellan de svenska, norska och danska atomorganisationerna. Forskare från vårt land deltog även. På initiativ av Nordiska Rådet bildades 1957–59 Nordiskt Kontaktorgan för Atomsporgsmål, NKA, en nordisk grupp för strålsäkerhet, ”chefsgruppen” och ett institut för teoretisk fysik, Nordita.

Figur 9 illustrerar den år 1968 igångkörda tungtvattenmodererade och -kylda kokarreaktorn i Halden, Norge (von Bonsdorff, 2006, s. 6, 11).

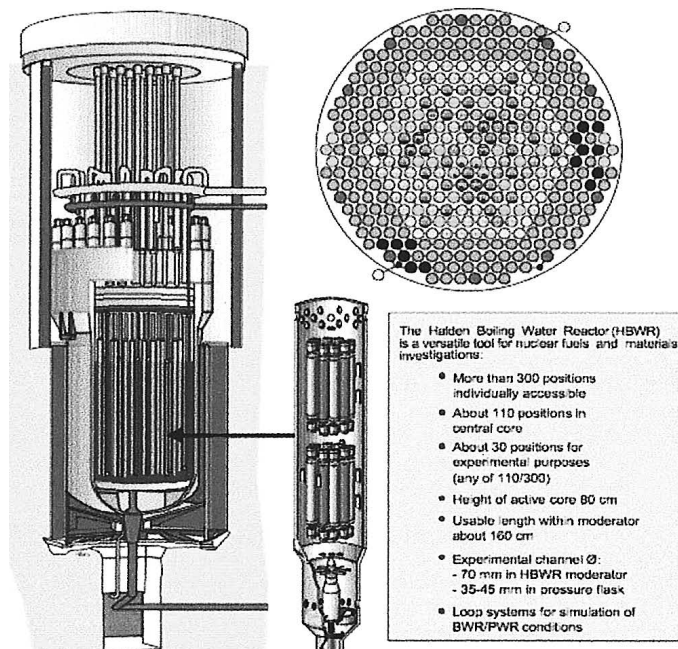
Den av vår industri ägda Kraft- och Bränsleekonomiska Föreningen, Ekono, intog en ledande ställning när det gällde energiexpertis i vårt land och utförde under ledning av sin eminenta chef, verkställande direktör Sven-Olof Hultin, ett värdefullt arbete även inom kärntekniken.

Han kunde via sina kontakter bl.a. till the Atomic Industrial Forum i USA och UKAEA i Storbritannien ordna studieplatser för unga finländska ingenjörer – inklusive författaren – vid de ledande atomtekniska centra i dessa länder. Sven-Olof Hultin var medlem i Strålskyddskommissionen 1958–60, i Atomansvarighetskommittén 1964–66 och i Atomenergikommissionen 1966–67 och 1972–84. Min studiekamrat, diplomingenjör och MSc, Norman Westberg, innehade olika chefspositioner inom Ekono, under åren 1956 till 1984. 1981–86 var han verkställande direktör för Ekono Inc. i USA. Han hade inhämtat sina kunskaper i kärnteknik vid the Oak Ridge School of Reactor Technology i USA 1961.

En annan studiekollega, diplomingenjör *Erik Rotkirch*, var Ekonos projektingenjör 1955–62 och även han var i chefsställning i bolaget 1962–71 och 1983–85. Honom har jag att tacka för att han godkände min muntliga test i engelska, vilket var en av förutsättningarna för mig att som Voimayhdistys Ydins stipendiat bli enrollerad i the International School of Nuclear Science and Engineering, ISNSE, i Argonne, USA.

Professor *Jarl Salin* utförde en utomordentligt värdefull gärning som lärare och innovatör vid Åbo Akademi. Hans medlemskap i den av Statsrådet i mars 1955 tillsatta Energikommittén är kanske mindre känt, men trots det

Figur 9. Forskningsreaktorn i Halden. (Från blågul atom sinival-koiseen. Föredrag av Magnus von Bonsdorff, 2006).



viktigt, eftersom denna kommittés beslut kom att ge riktlinjer för den framtida utvecklingen.

Kommittén under ordförandeskap av professorn i teknisk fysik vid Tekniska högskolan i Helsingfors, *Erkki Laurila*, hade fått i uppdrag att föreslå de åtgärder som den ansåg nödvändiga för att vårt lands energibehov även i framtiden skulle kunna tryggas, varvid det forskningsbehov som ett utnyttjande av atomenergin krävde även skulle beaktas, liksom utbildningen såväl i hemlandet som utrikes av specialister på området. Sekreterare vid Energikommittén var dåvarande biträdande professorn, sedermera professorn och akademikern, *Pekka Jauho*. Kommitténs slutliga utlåtande överlämnades till handels- och industriminister Aarre Simonen den 11 september 1966. Energikommitténs arbete blev riktgivande speciellt för den kärntekniska utbildningen i vårt land.

Det faktum att flera unga finländare, bl.a. diplomingenjörerna *Bjarne Regnell*, *Daniel Jåfs*, *Olavi Vapaavuori* och *Norman Westerberg* samt filosofie doktor *Mårten Brenner*, fick kärnteknisk specialutbildning i USA kan även anses vara ett resultat av energikommitténs rekommendationer. I sitt utlåtande tog kommittén även ställning till den position Finland borde inta i förhållande till den kommande, av Förenta Nationerna planerade organisationen, the International Atomic Energy Agency, IAEA (Laurila, 1967, s. 167–189).

6.1.3 The International Atomic Energy Agency, IAEA

Den organisation, the International Atomic Energy Agency, IAEA, som president Eisenhower i sitt anförande i Förenta Nationerna i december 1953 föreslagit att grundas, fick sin egentliga början fyra år senare i oktober 1957 i Wien. 72 länder blev där grundande medlemmar. I enlighet med Energikommitténs rekommendation avhöll sig Finland från att delta i det grundande mötet, men strävade till att bli dess första på ansökan baserade medlem. Detta skedde även så snart organisationen startat sitt arbete. The International Atomic Energy Agency såg som sin uppgift att kontrollera att de material och den tekniska utrustning som var avsedda för den fredliga användningen av atomenergin inte utnyttjades för vapentillverkning.

Detta arbete har visat sig vara utomordentligt krävande och svårt. Åtminstone Indien och Pakistan har efter 1957 blivit kärnvapenmakter och bl.a. Israel och Nord-Korea torde även höra till samma kategori. Under 2005, 2006 och därefter har IAEA genomfört ett flertal förhandlingar med Iran för att få landet att avstå från tillverkning av anrikat uran, som ju förutom som reaktorbränsle även kan användas för bombtillverkning.

Trots de bakslag IAEA har råkat ut för, måste dock dess arbete anses ha varit fruktbarande. Den stora uppskattning organisationen röner, bevisas av att den liksom dess chef, Mohamed El Baradei, år 2005 tilldelades Nobels fredspris. The International Atomic Energy Agency fick även till uppgift att befrämja utnyttjandet av atomenergi för fredliga ändamål och att därigenom öka välbefindandet i världen. Detta skulle fås till stånd bl.a. genom att organisationen skulle leverera reaktorbränsle, natururan och anrikat uran till medlemsländerna. Finland är ett av de länder, som har blivit delaktig av denna verksamhet.

Det kan även nämnas att diplomatingenjör *Martti Mutru* varit ansvarig ledare för IAEA:s avdelning för materialhjälp och apparaturanskaffning. IAEA har under årens lopp utfört ett omfattande arbete i form av utbildnings- och rådgivningsverksamhet. Ett stort antal konferenser och symposier arrangerade av organisationen i Wien har förmedlat värdefull information till intresserade institutioner och företag. Även författaren till denna studie har kunnat delta i en del av dem och på så sätt haft nytta av IAEA:s verksamhet. Ytterligare kan nämnas att organisationen även utför forskningsarbete i egen regi. Sålunda har IAEA ett forskningslaboratorium i Seibersdorf nära Wien och ett institut för teoretisk fysik i Trieste.

7. ORSAKER TILL INTRODUKTIONEN

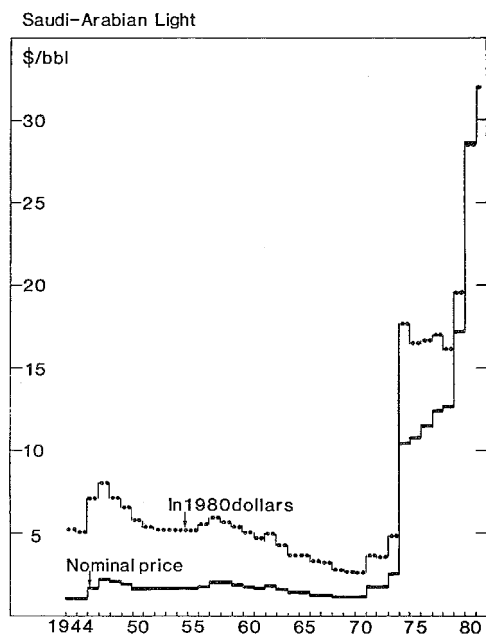
Introduktionen av kärnkraft i Finland innebar ett beslut av en sådan dignitet att dess orsaker med naturnödvändighet måste ha varit flera och komplexa. När jag på allvar började reflektera över vilka delfaktorer som eventuellt inverkade och vilka inspirationskällor de centrala beslutsfattarna hade till sitt förfo-gande, var det naturligt att starta utredningen utifrån historiska sammanhang. Timo Myllyntaus framhåller i sin bok *Finnish Industry in Transition 1885–1920* att industrialiseringen av Finland inte kan förklaras utan att notera en av dess centrala faktorer: teknologin. De huvudsakliga orsakerna till införandet av ny teknologi står att söka i försöken att förbättra produktiviteten, konkurrensför-mågan och att öka vinsten (Myllyntaus, 1989, s. 68).

Samma författare noterar att installationen av elektrisk belysning vid Fin-laysons fabrik i Tammerfors i mars 1882 skedde bara några år efter det att Edison lyckats framställa sina första glödlampor på kommersiell basis (Myl-lyntaus, 1991, s. 28). Edison och hans medarbetare genomförde omfattande experiment i slutet av 1870-talet för att få fram en glödlampa där glödtråden hade både hög resistens och lång livstid. Experimenten kröntes med framgång hösten 1879 (Hughes, 1983, s. 37).

Tekniska nyheter har alltid intresserat vår industri. Atomkraften var inget undantag och den tekniska nivån hos Finlands industri var redan då hög.

Efter krigets slut 1944 rådde i vårt land en skriande brist på elektricitet. Ekono verkställande direktör, professor Harald Frilund, fungerade som ”ener-gidiktator” 1940–49 med vidsträckta fullmakter att reglera användningen av elektricitet. Den av industrin ägda Föreningen för kraft- och bränsleekonomi, Ekono, och den bakom Ekono liggande industrin hade därmed inhämtat dyr-köpta erfarenheter av en situation där den kanske allvarligaste flaskhalsen i produktionen var den bristande tillgången på elkraft. Fastän en kraftig utbygg-nad av kraftverkskapaciteten och speciellt av vattenkraften hade ägt rum och förändrat läget, var situationen efter kriget i färskt minne och påverkade den allmänna inställningen ännu 10 år senare (Harald Frilund gick i pension först år 1964).

Medan självförsörjningsgraden för totalenergin i vårt land i slutet på 1930-talet var 75 procent hade den 1962 som en följd av sjunkande världs-marknadspriser på olja och stenkol gått ned till 56 procent. År 1973 understeg den inhemska andelen redan 20 procent, medan oljans andel av alla energi-källor var 56 procent. Men på hösten samma år ändrades läget över en natt.



Figur 10. Prisutvecklingen för Saudi-Arabian Light 1944–81. (The Engine Fuels of the Future. Föredrag av Jaakko Ihamuotila, 1981).

Oljepriset steg dramatiskt och även i vårt land blev atomenergin ett konkurrenskraftigt alternativ (Leino-Kaukiainen, 1994, s. 36–37). *Jaakko Ihamuotila* åskådliggjorde detta i sin sammanställning av prisutvecklingen på Saudi-Arabian Light under perioden 1944–81 (Ihamuotila, 1981, s. 8). Se figur 10.

Såväl den akademiska eliten som industrin uppvisade handelskraftiga individer med visioner om den kommande tekniska utvecklingen. Och de var motiverade och beredda att satsa all sin förmåga och energi för att – trots många och svåra bakslag – genomdriva sina intentioner. Bl.a. *Harald Frilund* och *Sven-Olof Hultin* inom den privata sektorn liksom *Erkki Laurila* och *Pekka Jauho* bland akademikerna uppvisade dessa egenskaper och de utnyttjade därtill med framgång de nätverk av kontakter de skapat för få geörer för sina idéer (se figur 28). Anknypande till Nils Bruzelius och Bruno Latour kan man konstatera, att utvecklingen mera påminde om *the Actor Network Theory* med dess nätverk än om Edisons arbete som systembyggare (Bruzelius, 2007, s. 15–18) samt (Latour, 1987, s. 258, 259).

Globalt sett förblev dock oljan en viktig energikälla som i medlet på 1980-talet stod för 40 procent av den totala energiförbrukningen (Lahti, 1985, s. 14). Denna förbrukning växte under slutet av 1800-talet och fram till medlet på 1900-talet med cirka två procent per år. I miljoner koltonekvivalenter uttryckt steg den från 500 år 1860 till cirka 50 000 år 1960 (Routti, 1985, s.

Tabell 3. Totalt utvinnbara energitillgångar i världen.

Olja	320 Gtoe
Oljesand och -skiffer	370 Gtoe
Jordgas	250 Gtoe
Kol	1 200 Gtoe
Uran-235	300 Gtoe
Bridreaktorer	250 000 Gtoe
Fusion (DT, litium)	250 000 Gtoe
Fusion (DD, deuterium)	25 000 000 000 Gtoe

435). Figur 11 belyser den realiserade respektive prognoserade utvecklingen världen över från 1990 och fram till 2 100 i måttenheten miljoner ton oljeekvivalenter, Mtoe. Av figur 12 framgår den realiserade respektive prognoserade andelen kärnkraft i världen; måttenheten är Mtoe (Routti, 2006, s. 2). Värdena för kärnkraft är givna i gult.

Den totala globala elproduktionen år 1997 var 13 300 TWh (Jörss & Consortes, 2003, s. 32).

Tabell 3 ger en uppskattning av de totalt utvinnbara energitillgångarna i världen uttryckt i Gigaton oljeekvivalenter (Jahkola, Pirilä, Raiko & Tarjanne, 1994, s. 296).

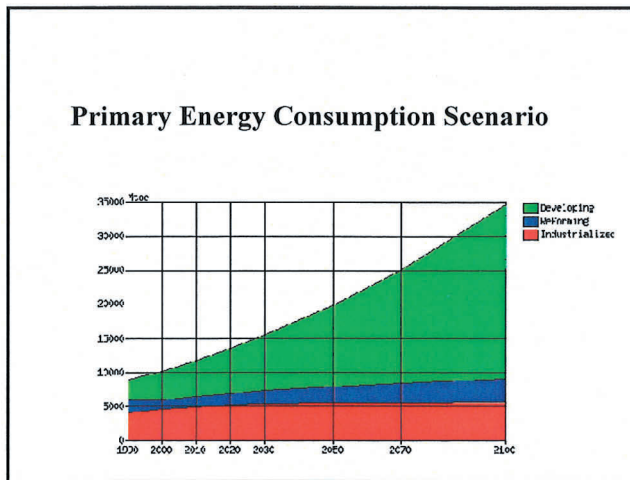
Den totala primärenergiförbrukningen i världen år 1980 uppskattades av samma författare till 8 Gtoe. Tabellen antyder kolets dominans, men också att fissionen med hjälp av bridreaktorer kunde garantera energiförsörjningen under en lång tid.

Det kan nämnas att Frankrike är aktivt även när det gäller att studera olika typer av bridreaktorer. Åtminstone en finländare, TkD *Jörgen Finne*, deltar i detta arbete tillsammans med de franska specialisterna och får sålunda en inblick i spetsforskningen inom området (intervju med Jörgen Finne 2006).

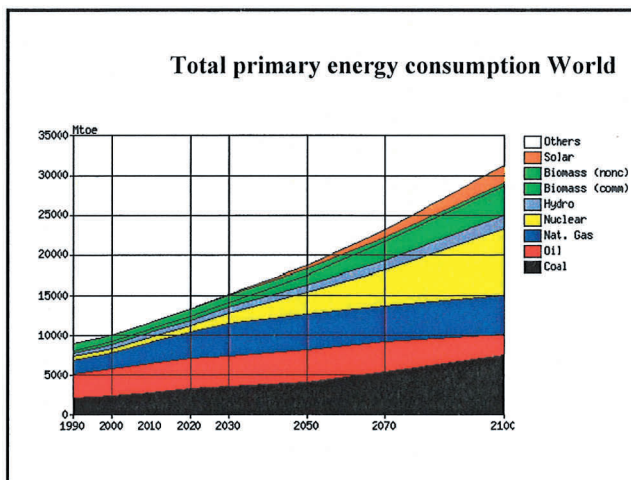
Fusionsenergin skulle praktiskt taget räcka för all framtid. Men utnyttjandet av fusionsenergin i större skala förutses ligga långt framme i tiden – senare delen av innevarande sekel har nämnts – eftersom det nu aktuella forskningsprojektet, ITER, närmast strävar till att visa att en kontinuerlig fusionsprocess, som ger ett betydande energiöverskott, är möjlig (Europakommissionen, 2005, s. 16).

Andra problem än energiknapphet torde dock tillstöta i ett tidigare skede, den globala uppvärmningen inte att förglömma.

Solenergin är aktuell i många länder. Denna energikälla har även studerats i någon mån i vårt land (Peltola, 1992, s. 12).



Figur 11. Realiserad respektive prognoserad oljeförbrukning i världen. (Föredrag av Jorma Routti, 2006).

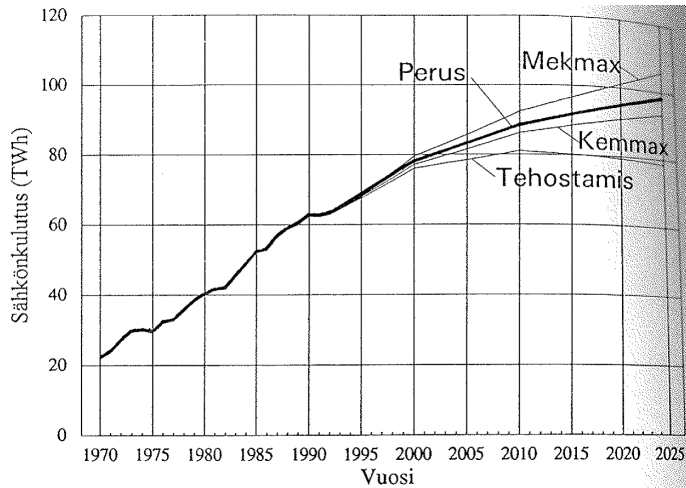


Figur 12. Realiserad respektive prognoserad andel kärnkraft i världen. (Föredrag av Jorma Routti, 2006).

I Finland ledde industrialiseringen till en snabb ökning av elförbrukningen från 200 GWh år 1920 till 30 000 GWh år 1974 (Auer & Teerimäki, 1982, s. 55, 298).

Vår industris andel av elektricitetsförbrukningen var dominerande. År 1977 använde industrin 55,9 procent av den totala produktionen eller 18 224 GWh (Myllyntaus, 1991, s. 239). Pappersindustrin och metallindustrin var de stora användarna som stod för basbelastningen. Den tunga metallindustrin med Outokumpu och Rautaruukki i spetsen använde 1985 cirka 19 procent av den totala elenergiförbrukningen i vårt land (Lindroos, 1985, s. 242, samt Mäkinen & Jåfs, 1981, s. 60).

Figur 13. Elförbrukningen i vårt land 1970–2025 enligt olika scenarier. Bas-, Spar-, Mekmax- och Kemmax-scenarier. (Kestävän kehityksen edellytykset Suomessa. Imatran Voima Oy:n 60-vuotisjulkaisu, 1994).



Noterande skogsindustrins centrala roll i vår ekonomi ger Antero Jahkola, Pekka Pirilä, Risto Raiko och Risto Tarjanne (Jahkola, Pirilä, Raiko & Tarjanne, 1994, s. 340) realiserade och prognoserade värden på elförbrukningen i vårt land med några olika scenarier för den mekaniska massans andel av produktionen som bas. Ett tilläggsscenario förutsätter specialåtgärder för att spara energi, se figur 13.

För de stora elförbrukarna är tillgången på billig energi ett livsvillkor. Sänkiaho och Rantala tar fram ett flertal argument både för och emot kärnkraften. De nämner avfallsfrågan dvs. behandlingen av det använda bränslet som ett stort problem: ”om ingenting görs framskrider kärnpolitiken på en väg belagd med kärnavfall”. Men fördelarna är många. Kärnkraften är en miljövänlig energikälla. En tillräcklig energiproduktion är en grundförutsättning för en förbättring av mänsklighetens livsvillkor. Priset på uran spelar en obetydlig roll när det gäller kärnkraftens pris. Kärnkraften garanterar en tillräcklig energiproduktion i vårt land och minskar importbehovet (Sänkiaho & Rantala, 1987, s. 91–96). Samma författare hänvisar till svenska undersökningar åren 1979–80 som anförde energibehovet, upprätthållande av levnadsstandarden, minskat oljeberoende, upprätthållande av sysselsättningen, miljövänligheten och ekonomin som centrala argument till kärnkraftens fördel (Sänkiaho & Rantala, 1988, s. 107).

Atomenergin har en betydande fördel i sina låga bränslekostnader. Medan bränslekostnaderna för med konventionella bränslen – kol eller olja – producerad elektricitet är av storleksordningen två tredjedelar av totalkostnaderna, är motsvarande värde för kärnkraften mindre än en tredjedel. Under tider med starkt stigande priser på kol och olja innebär kärnkraften en klart stabiliserande faktor för priset på elektricitet (Gerwin, 1971, s. 10–11).

Speciellt för ett litet land som Finland framstod de behövliga investeringarna, bränsleimporten, energiförbrukningen, kraftverksstorleken, elnätets kvalitet liksom den egentliga energiproduktionen som ödesfrågor inom energiekonomin och den ekonomiska politiken (Paloheimo, 2000, s. 3, 5).

Redan på 1960-talet framhöll kärnkraftens förespråkare att denna kraftform radikalt minskade utsläppet av koldioxid till atmosfären. Denna synpunkt skulle långt senare bli en avgörande faktor när det gällde åsiktsbildningen bland den stora allmänheten. Inom den akademiska världen verkade i ett tidigt skede personligheter med intresse för och kunskap i atomfysik. Ovan (avsnitt 2) nämndes namnen på några personer som utövade ett starkt inflytande. Professor Jarl A. Wasastjerna var enligt mitt förmenande speciellt intressant. Det faktum att han år 1946 övergick i industrins tjänst blev för mig med min bakgrund inom industrin ytterligare en orsak att reflektera över hans roll i sammanhanget.

Prefekten för Finlands Akademi, professorn och nobelpristagaren *Artturi Ilmari Virtanen* liksom professorn, sedermera akademikern, *Erkki Laurila* var även de centrala påverkare. Laurila påpekade senare att introduktionen av kärnkraft i vårt land komplicerades av motsättningen mellan Imatran Voima å ena sidan och den privata industrin organiserad som Industrins Kraft å andra sidan. Sovjetunionens starkt framförda intresse av att leverera Finlands första kärnkraftverk innebar att ärendet till slut politiserades helt (Laurila, 1991, s. 19).

Professor *Pekka Jauho* poängterade fysikernas roll i sina artiklar i *ATS Ydintekniikka* 1991 när *ATS* fyllde 25 år. Han konstaterade att kärntekniken är en energiproduktionsform som baserar sig på toppteknologi och som har sina rötter djupt i den fysikaliska grundforskningen. Protonen, neutronen, atomkärnan, fissionen och kedjereaktionen var föremål för spetsforskningen för 50 år sedan. Fysikerna gav även impulsen till det praktiska utnyttjandet av kärnkraften (Jauho, 1991, s. 1). I samma tidskrift behandlade von Bonsdorff svensk kärnteknik (1991, s. 34–35), Nevanlinna den långsiktiga utvecklingen (1991, s. 58–62), Pirilä sårbarheten hos energisystemen (1991, s. 73–75) och Regnell (1991, s. 41–44) kärnsäkerheten ur internationell synvinkel, medan Vuorinen (1991, s. 25–28) belyste Strålskerhetscentralens arbete.

I sitt festtal vid Atomtekniska Sällskapets 40-årsjubileum den 13 oktober 2006 tog *Pekka Jauho* upp ett annat tema. Han framförde som sin åsikt att kärnenergin inte kommer att vara lösningen på världens energiproblem. Han uppmanade därför de unga medlemmarna i Sällskapet att söka andra lösningar. Teknologie doktor *Anders Palmgren*, tidigare vice VD för Imatran Voima och VD för *Perusvoima*, gav en ännu mera pessimistisk bild av energiförsörjningen i framtiden. Vid den av TFiF:s avdelningar för energiteknik respektive fysik

den 16 januari 2007 i Helsingfors anordnade paneldiskussionen med temat ”Tar elen slut?” förutspådde han att vi kommer att bli tvungna att sänka vår levnadsstandard för att kunna klara av de problem som den globala uppvärmningen med åtföljande Kyoto och liknande avtal förorsakar.

I detta sammanhang är det opportunt att återge en uppskattning av den tid de tillgängliga uranresurserna beräknats kunna täcka världens energibehov. Ami Rastas, TkL och mångårig direktör vid Industrins Kraft Ab, framförde refererande till IAEA följande uppskattning vid en expertträff i Eurajoki den 28 augusti 2006. Med nuvarande energiförbrukning och nutida bränslecykel som bas skulle de nu kända resurserna räcka 85 år. Ifall snabba reaktorer med återvinning av bränslet utnyttjades, skulle dessa resurser räcka cirka 5 000 år. Ifall de uppskattade totala resurserna tas som bas skulle motsvarande värden bli 270 år respektive cirka 17 000 år (Rastas, 2006, s. 4).

Professor *Jorma K. Miettinen* har framhållit att ”fredskonferensen” i Genève 1955 starkt påskyndade utnyttjandet av atomkraften (Miettinen, 1991, s. 14). Samma sak gällde kanske i ännu högre grad den följande konferensen i samma stad år 1958.

Påverkarna inom den högre bildningen över huvud taget och speciellt de inom naturvetenskaperna verksamma personerna hade givetvis goda internationella kontakter, och kunde därför hålla sig ajour med vad som hände i den stora världen. Diplomingenjör, dr.hc., *Sven-Olof Hultin*, *Harald Frilunds* efterträdare som verkställande direktör för Ekono, hade även han ett vidsträckt kontaktnät såväl i USA som i Europa, givetvis inklusive Finland. Ett exempel av många möjliga visar detta klart. *Sven-Olof Hultin* var en lång tid aktiv inom *the World Energy Conference* och åren 1975–80 var han ordförande för dess *International Programme Committee*.

Och ”femlingarna” *M. Brenner*, *D. Jåfs*, *B. Regnell*, *O. Vapaavuori* och *N. Westerberg* hade ju fått sin specialutbildning vid de ledande forskningscentra på området i Förenta Staterna, Argonne och Oak Ridge, och var följaktligen väl bekanta med den utveckling som skedde på den internationella arenan och som gav impulser och förebilder för beslutsfattarna i vårt land. Filosofie doktor, sedermera professor, *Mårten Brenner* verkade åren 1960–61 som forskare förutom i Argonne även vid *Massachusetts Institute of Technology*.

Professor *Erkki Laurila* höll vid Elingenjörsföreningens vårmöte 1954 ett föredrag som behandlade olika framtida alternativa energikällor för elproduktionen. I sitt anförande konstaterade han bl.a. att atomenergin hade bättre förutsättningar i vårt land än i många andra länder att ge ett ekonomiskt bidrag till elförsörjningen. Efter återkomsten från den i Förenta Nationernas regi i Genève i augusti 1955 föranstaltade första atomkonferensen blev *Erkki Laurilas* och den av honom ledda delegationens åsikter ännu mera betydelsefulla.

I detta sammanhang bör såväl Imatran Voimas som Pohjolan Voimas verkställande direktörer, *Heikki Lehtonen* respektive *Erkki Aalto*, nämnas. Vardera kom att bli nyckelfigurer när det gällde problemställningen ”atomkraft eller ej” i vårt land.

I de länder i väster som var föregångare när det gällde utnyttjandet av kärnkraften även för fredliga ändamål, hade staten spelat en avgörande roll. Förhållandena i Sovjetunionen var ju, som känt, sådana att staten hade exklusiv bestämmanderätt. Men även i vårt land var statsmakten med presidenten i spetsen en stark aktör och i många fall en avgörande sådan. Juris doktor *Urho Kekkonen* som blivit vald till landets president i februari 1956 befattade sig personligen med både stora och mindre problem. Kraftverksproblematiken var ingalunda obekant för honom. Redan i början av 1950-talet hade han arbetat målmedvetet för utbyggnaden av Kemijoki och t.o.m. lätit sig väljas till ordförande för Kemijoki Oy (Suomi, 1990, s. 208–209).

Människan har olika motiv för sina handlingar. Dessa motiv påverkar också våra föreställningar. Vi blir mera förberedda för mat när vi är hungriga och då smakar maten bättre. Motiven ökar vår potential för handling. Motiven är riktade. Vi går mot ett mål som ibland är direkt synligt, men som ibland bara finns i våra föreställningar (Gleitman, Friedlund & Reisberg, 2004, s. 88). Målen varierar från en människa till en annan och från en tid till en annan, men de har något gemensamt, de driver människan framåt såsom en kraftig motor driver en racerbil.

Verkstadsindustrin i vårt land hade traditionellt intagit en stark position när det gällde utbyggnaden av kraftproduktionen. Det var följaktligen naturligt och logiskt att dess representanter på olika nivåer (inklusive författaren till denna avhandling) inte bara följde med utvecklingen inom området atomkraft utan även aktivt drev på denna utveckling. Dessa ansträngningar väckte gensvar bland kraftproducenterna, Imatran Voima, Pohjolan Voima och flera kommunala elverk. Den inhemska industrin kunde härvid dra nytta av det förtroende den åtnjöt, såväl bland de privata som de statliga beslutsfattarna. Dess beredskap att ta ansvar för den verksamhet som krävdes för att kompensera den kompetensbrist som den sovjetiska leverantören uppvisade – ett ”reverse salient” (Hughes, 1983) – blev avgörande för realiserandet av Lovisa-projektet.

Det är inte alldeles lätt att enkelt och klart peka på orsakerna till introduktionen av kärnkraft i Finland. Några synpunkter har här framförts. Situationen i vårt land med sin akuta brist på elkraft, efter det att kriget avslutats, utgjorde synbarligen en faktor av betydelse. Utvecklingen inom kärntechniken i de stora industriländerna kunde ju inte undgå att påverka beslutsfattarna även i vårt land. Speciellt den första Genèvekonferensen med dess stora mängd informa-

tion om vad som försiggick i ute i världen utgjorde en av de milstolpar på vägen som senare ledde oss in i atomåldern. De tre följande konferenserna, 1958, 1964 och 1971 bekräftade intrycket av att något stort var på gång.

Kontakterna på olika nivåer till de ledande instanserna och de ledande personerna inom området var livliga och gav underlag för beslutfattandet. Men de olika faktorerna var invävda i varandra. Händelserna påverkade personerna och personerna påverkade i sin tur händelsernas karaktär på ett sätt som kunde beskrivas som kaotiskt eller åtminstone komplext. När jag efter en preliminär genomgång av den för min avhandling intressanta litteraturen påbörjade det praktiska arbetet i form av ett större antal intervjuer – som jag genomförde personligen – gick jag därför in för att söka förklaringar till skeendet utöver vad som då föreföll mer eller mindre uppenbart. Intervjuerna hjälpte till när det gällde att klargöra när olika intressanta händelser inträffade, vad dessa innebar och vad de resulterade i. Men därtill gav de mig en klarare bild av intervjupersonernas åsikter och inte minst av deras personligheter.

Under arbetets gång blev det uppenbart att de ledande aktörerna i den process som min avhandling behandlar hade vissa gemensamma drag, vissa speciella egenskaper. De var starka ledare som var beredda att fatta de beslut som situationen krävde. Men de besatt även tillräcklig uthållighet att fortsätta ansträngningarna fastän besluten inte alltid gick att genomdriva, åtminstone inte omgående. Någon har sagt att det är bättre att fatta ett felaktigt beslut än att låta bli att göra något alls. Men många av dem uppvisade något mera än detta. De var starkt motiverade och hade klara uppfattningar om den framtid som de ville vara med om att skapa. Och de hade visioner om denna framtid och om sättet att skapa den.

Som ett resultat av mitt arbete kom jag till slutsatsen att förmågan att ha visioner om framtiden och att vara beredd att ge sitt allt för att dessa visioner skulle förverkligas var en av huvudorsakerna till att kärnkraften introducerades i Finland och att det skedde just på det sätt som det gjorde. Många av aktörerna kunde med skäl utpekas som drivande krafter i detta skeende, men jag vill speciellt här nämna professor *Harald Frilund* och hans efterträdare, *Sven-Olof Hultin*, som inte förtröttades när det gällde att driva industrins kraftverksintressen, professorerna och akademikerna *Erkki Laurila* och *Pekka Jauho*, diplomingenjörerna, sedermera bergsråden *Jaakko Ihamuotila* och *Kalevi Numminen* samt republikens president *Urho Kekkonen*.

Kärnteknikens centralgestalt i vårt land, *Erkki Laurila* var, såsom jag lärde känna honom, en visionär, en drömmare om man så vill, men samtidigt en drömmare med fötterna på jorden, en realist i allra högsta grad. Han var både forskare och innovatör men framför allt en påverkare som i sin verksamhet hade såväl den akademiska utbildningens som industrins behov i åtanke.

Pekka Jauho var eldsjälens bakom den kärntekniska utbildningen i Finland och Jaakko Ihamuotila och Kalevi Numminen representerade toppen bland de unga ingenjörer vars målmedvetna arbete resulterade i att atomkraften introducerades.

Urho Kekkonen blev Finlands president 1956 och var i sin fulla krafts dagar under den tidsperiod när de stora besluten gällande atomkraften fattades. Han var väl insatt i områdets problematik, såväl på den tekniska som på den politiska sidan. Jag vågar påstå, fastän det inte är möjligt att klart bevisa detta, att han avgjorde att beställningarna av kärnkraftverken Lovisa 1 och Lovisa 2 gick till Sovjetunionen. Utan hans medgivande hade Industrins Kraft knappast kunnat beställa Olkiluoto 1 och Olkiluoto 2 av svenska Asea-Atom.

Den inhemska industrins betydelse skall inte heller underskattas. Med erfarenheterna som leverantör av konventionell kraftverksutrustning som argument kunde representanterna för industrin förutsätta att dess roll även inom kärnkraftverksområdet skulle bli betydande. Och man höll inte sitt ljus under skäppan, utan framhöll sin kompetens samtidigt som man vidtog kraftfulla åtgärder för att förbättra denna kompetens.

7.1 Preludium 2

Efter det att jag den andra februari 1955 fått mitt diplom från KTF vid Åbo Akademi arbetade jag fram till slutet av 1956 under ingenjör *Eyvind Frilunds* ledning som konstruktions- och försäljningsingenjör vid ångpanneavdelningen, A. Ahlström Osakeyhtiö, Warkaus Bruk, Verkstadsindustrin. Därefter följde studier i USA 1957 och chefskapet för den nygrundade Värme- och kärntekniska avdelningen vid samma verkstad. Överingenjören vid verkstaden, *Hans Branders*, och verkställande direktören för Warkaus Bruk, *Leif Glörsen* hade god kännedom om vad som var på gång inom energitekniken, liksom givetvis bolagets högsta ledning i Helsingfors.

7.1.1 Voimayhdistys Ydin

Skogsindustrin i vårt land har länge varit en storförbrukare av elenergi. Det var därför naturligt och logiskt att initiera ett närmare studium av kärntekniken. Industrin beslöt år 1956 att grunda en speciell organisation för detta ändamål. Den 24 april 1956 hölls det konstituerande mötet för föreningen Voimayhdistys Ydin.

Aderton av de största industriföretagen i Finland blev medlemmar i den nya föreningen, vars styrelse bestod av bergsrådet R. Erik Serlachius, ordförande, bergsrådet Åke Kilman, viceordförande, diplomingenjör Rolf Christiansen, bergsrådet K. E. Ekholm, vicehäradshövding Bengt Rehbinder, diplomingenjör

Ensio Salmenkallio, vicehäradshövding Rolf Thomasson och överingenjör Leo Toikka. Till föreningens ombudsman valdes bankdirektör Göran Stjernschantz och till juridisk expert juris licentiat Alpo Varjola.

Föreningen anslöt sig till Ekono, där diplomingenjör *Sven-Olof Hultin*, diplomingenjör *Grels Berg*, teknologie licentiat *Uolevi A. Luoto* och diplomingenjör *Eric Rotkirch* fungerade som tekniskt sekretariat. Voimayhdistys Ydin hade som uppgift att för industrins räkning följa med utvecklingen inom atomenergiområdet och informera medlemmarna så att behövliga åtgärder kunde vidtas.

Föreningen var genast från början mycket aktiv och arrangerade studieresor till kärnkraftverk i Sverige, Storbritannien, Tyskland och Italien. Speciellt minnesvärd för författaren blev resan till Italien där vi besåg kraftverken Garigliano och Latina, det ena en lättvattenkokare, det andra en tryckvattenreaktor. Men det fanns även tid att bespisa själen.

Vi besökte Pompeji och Capri, där Axel Munthes villa San Michele väckte vårt intresse. Vi kunde beundra Rom från Villa Lante på en av Roms sju kullar. Och en solig söndag företog en mindre del av resesällskapet en fyra timmars vandring i staden. Vi kastade en slant i lyckokällan och var inne i sju kyrkor, även i Peterskyrkan i Vatikanen. Vi stod på kyrkans trappa när påven körde runt Vatikanplatsen i en glastäckt vagn. På återresan som jag gjorde via Amsterdam köpte jag en stor bukett tulpaner till min fru, som när jag kom hem stolt visade upp vår nyfödde son Lars. Året var 1964.

Ett flertal publikationer inom området kärnteknik liksom initiativ till ny lagstiftning var andra belägg på Voimayhdistys Ydins livliga aktiviteter.

7.1.2 Ydin Exponential Pile, YXP

1958 blev ett händelserikt år. Den 18 januari fick Warkaus Verkstad av Voimayhdistys Ydin beställning på den underkritiska mila YXP. Ordern omfattade den egentliga tanken av aluminium, kapsling av uranbränslet och tillverkning av bränslestavarnas upphängningsanordningar. Pressen skrev senare att dagen var minnesvärd i verkstadens historia (Savon Sanomat, 22.05.1958). För mig personligen stannade natten till den första mars samma år dock klarare i minnet. Förklaringen var uranet.

Voimayhdistys Ydin hade i juni 1957 fattat beslut att bygga YXP. Licentiat Bjarne Regnell vid Tekniska högskolan hade utfört de kärntekniska beräkningarna, medan Ekono under diplomingenjör Sven-Olof Hultins ledning hade gjort konstruktionsritningarna och beställt 1 500 kg natururan från Storbritannien på uppdrag av Voimayhdistys Ydin. Uranlasten kom den 28 februari 1958 till Helsingfors hamn. Den på Atomenergikommissionens och dess ordförandes, professor Erkki Laurilas initiativ den 25 oktober 1957 stiftade

Atomenergilagen och den därtill hörande Atomenergiförordningen av den 11 februari 1958 inkluderade bestämmelser som måste följas (Atomenergianeuvottelukunnan käsikirja, 1983, s. 1–6). Förordningens femte, sjätte och nionde paragrafer anger de villkor som måste uppfyllas för att mottagande och transport av kärnmaterial skall få äga rum.

Den sextonde paragrafen stadgar bl.a. att den ansvarige ledaren för tillverkningen av en kärnreaktor eller av kärnbränsle måste ha slutexamen från högskola och vara förtrogen med atomenergiområdet. Det var min plikt att informera min chef, överingenjör Hans Branders om dessa bestämmelser. Efter kontakt med direktör Leif Glörsen utnämnde han omgående författaren till denna ansvariga ledare. Jag var tydligen den enda till hands som besatt de nödiga kvalifikationerna.

Följaktligen fanns jag på plats i Helsingfors hamn den sista februari 1958 med en lastbil med tillhörande chaufför och kunde ta emot uranförsändelsen som anlant från Storbritannien. Erik Rotkirch från Ekono hade förberett allt, varför förtullningen gick snabbt och färden till Varkaus kunde starta. Natten blev minnesvärd därför att jag tolkade förordningens bestämmelser om övervakning av transport av kärnmaterial bokstavligen och höll mig vaken hela natten, om än med ett visst besvär. Vi ankom till Varkaus kl. 6 på morgonen den första mars, varefter tillverkningen kunde starta.

7.1.3 Tillverkningen av YXP

Arbetet hade förberetts i detalj även med tanke på säkerhetsaspekterna. Tillverkningen skedde i ett från den övriga verkstaden avskilt utrymme, där uranet även lagrades. All personal som hade att göra med uranet genomgick först en grundlig läkarundersökning, som upprepades när arbetet avslutats.

Inom det isolerade området var alla iklädda skyddsdräkt och radioaktiviteten mättes kontinuerligt av diplomingenjör *Lauri Mykkänen*. Avsikten var att tillåtna strålningsdoser skulle underskridas, ett mål som vi klarade med glans. Det speciella med genomförandet av detta projekt, förutom betydelsen av att säkerhetsbestämmelserna iakttogs, var svetsningen av aluminium, varvid kapslingen av uranet var det kritiska momentet. Warkaus Verkstad hade tillgång till specialister på detta arbete. Överingenjör Branders hade i hela sitt yrkesliv varit intresserad av svetsteknik och hade i ingenjör *Erik Weckström* en svetsspecialist som var som klippt och skuren att övervaka detta arbete. Den äldre svetsaren *Vendelin* hade den erfarenhet som krävdes och gjorde under mästare *Vestolas* ledning ett arbete som bara kan betecknas som förstklassigt.

Kapslingen inleddes den fjärde mars och gick snabbt framåt. Alla gjorde sitt bästa och redan den 19 mars var bränsleelementen färdiga att sändas till Otnäs. Kapslingen var en komplicerad operation av två orsaker. Den innebar



Figur 14. Uran laddas i ett kapslingsrör i Varkaus. (Författarens arkiv).



Figur 15. Svetsning av ett bränsleelement. (Författarens arkiv).

att fem stycken 10 tum långa och en tum tjocka uranstavar laddades i ett 130 centimeter långt, tunnväggigt (vägg tjocklek 1 mm) aluminiumrör av hög kvalitet med ytterdiametern 28 mm, som först hade tillslutits i ena ändan med en påsvetsad ändkapsel, likaså av aluminium. När laddningen hade skett tillslöts den andra rörändan med en dubbelväggig 18 mm lång rörstump, likaså med ytterdiametern 28 mm.

Den inre delen av denna kapsel var förskjuten 8 mm i förhållande till den yttre delen och tätsvetsad i vardera ändan. Dess ena ända var försedd med en



Figur 16. Professor Pekka Jauho vid den underkritiska milan YXP. (Författarens arkiv).

20 mm lång, påsvetsad rörstump med ytterdiametern 5 mm och innerdiametern 3 mm, som inte var tillsluten. Kapselns ytterrör var i den ända där 5-milimeterröret fanns, svetsfogat till den inre rördelen, men öppet i den andra ändan. Denna kapsel anslöts mekaniskt till det med uranstavar laddade 130 cm långa röret, varvid kapselns innerdel stack in 8 mm i detta rör. I detta skede ersattes luften i röret med uranstavarna av argon under tryck, varefter det tätsvetsades med kapseln. Sedan återstod endast att smälta ihop 5-milimeterrörändan, varefter bränsleelementet var färdigt för inspektion.

Totalt tillverkades 112 element för leverans, men testandet av den slutliga fabrikationsmetoden hade givetvis förbrukat något flera rördelar, dock utan uran.

Den beskrivna kapslingsoperationen, innebärande kvalitetssvetsning av tunnväggiga aluminiumrör, var till sin svårighetsgrad unik i vårt land på den tiden. Det är belysande att Aluminum Company of America, Alcoa, långt senare, efter det att delarna till de första "Aluminium Audi"-bilarna levererats från det nya gjuteriet i Soest till Volkswagen, stolt deklarerade att svetsningen av deras tunnväggiga delar innebar ett första i världen.

Det fanns emellertid även ett annat problem förknippat med kapslingen, förutom svårigheten att svetsa mycket tunnväggiga aluminiumdelar. Uran har

en benägenhet att oxideras vid kontakt med luft. Detta accentueras givetvis om luftens temperatur blir förhöjd, till exempel i samband med svetsning. Vakuum eller argonatmosfär rekommenderas (Freudenthal, 1957, s. 539).

Den här beskrivna produktionsmetoden utgjorde lösningen på problemet. Tillverkningen av bränsleelement för X-10, en luftkyld, grafitmodererad natururanmila i Oak Ridge 1943, skedde på ett liknande sätt (Aron & Rothleder, 1962, s. 557).

Milans 1,8 m höga, cylindriska tank, som var öppen upptill, tillverkades av 6 mm tjock aluminiumplåt. Ej heller detta svetsningsarbete var enkelt, men det genomfördes framgångsrikt och tanken kunde levereras till Otnäs den 11 april 1958. Figur 14 visar hur ett aluminiumrör laddas med uran i Varkaus, figur 15 åskådliggör svetsning av ett bränsleelement.

Vid Tekniska högskolan i Otnäs placerades tanken på en som moderator och reflektor fungerande grafitbädd. En från Sovjet av Tekniska högskolan inköpt polonium-berylliumneutronkälla kunde reglerbart införas i denna bädd. När tanken tillförts cirka tre ton destillerat vatten, som utgjorde såväl moderator som kylmedel, kunde den laddas med de 112 bränsleelementen. Dessa hängdes upp i ett separat stativ utformat av tvärbalkar, se figur 16.

Eftersom milan var laddad med natururan behövdes en neutronkälla för att en betydande fissionsreaktion skulle kunna upprätthållas. Men den utvecklade effekten var verkligen minimal. Följaktligen kunde exponentialmilan – neutronflödet avtog exponentiellt med ökat avstånd från härdens centrum – utan någon som helst risk placeras i den enkla träbyggnad som Enso-Gutzeit Oy hade donerat.

7.1.4. Invigningen av Ydin Exponential Pile

YXP invigdes torsdagen den 22 maj 1958 i närvaro av president *Urho Kekkonen*, handels- och industriminister *Lauri J. Kivekäs* och inbjudna representanter för de i projektet involverade organisationerna (Nya Pressen, 21.05.1958). Betecknande för pressreferaten var rubriken ”Suomalaista atomivoimaa” (Viikkosanommat 30.05.1958) och ”Askel atomiaikaan” (Iltasanomat, 21.05.1958) samt ”Atomiaika alkaa Suomessa” (Helsingin Sanomat, 22.05.1958). Savo (22.05.



Figur 17. Verkställande direktör Sven-Olof Hultin. (Åbo Akademis bildsamlingar).

1958) framhöll att milan inte krävde reglermaskineri, Savon Sanomat (22.05.1958) beskrev dess konstruktion, Hufvudstadsbladet (22.05.1958) poänterade dagens historiska betydelse, medan Uusi Suomi (22.05.1958) noterade att industrin, inte staten, finansierat milan. Warkauden Lehti (22.05.1958) förutspådde att den 18 januari 1958, när Warkaus Verkstad fick beställning på YXP, kommer att minnas som en märkesdag i verkstadens historia.

A. Ahlström Osakeyhtiö var givetvis väl representerat med bergsrådet *Bengt Rehbinder* i spetsen.

Bergsrådet *R. Erik Serlachius* överlät på donatorns, Voimayhdistys Ydins, vägnar officiellt milan till Tekniska högskolan. I sitt tal, som kanske speciellt uppskattades av de närvarande unga ingenjörerna och forskarna, kritiserade han starkt staten för dess bristande aktivitet inom området kärnteknik. Han framhöll att milan inte hade åstadkommit med statens utan enbart med industrins satsning, trots att vårt lands vattenkraft kommer att vara utbyggd inom mindre än tio år. Inom vårt lands näringsliv tror vi på atomenergins möjligheter i en nära framtid, deklarerade han kraftfullt.

Rektor *J. Rahola* tog på Tekniska högskolans vägnar emot milan och tackade i sitt svarstal industrin. Han konstaterade bl.a. att de organisationer som har att ansvara för tillfredsställandet av landets energibehov har insett betydelsen av atomenergins fredliga användning. Finland fick sin första professur i kärnfysik (den första innehavaren var teknologie doktor Pekka Jauho) först i början på senaste år och har nu fått en mila, som är nödvändig för att undervisning och forskning inom området skall kunna bedrivas effektivt. Men för den framtida utvecklingen kommer statens insats att behövas.

Efter att den officiella delen av invigningen avslutats förevisade professor *Pekka Jauho* milan och den tekniska utrustning som tillsammans skulle komma att utgöra basen för den kommande kärnfysikaliska forskningen, inklusive bucklingrelaterade mätningar.

Under diskussionerna i samband med invigningen framkom det dock även att exponentialmilan inte var tillräcklig i framtiden. Forskare representerande de biologiska och de medicinska vetenskaperna framhöll att en kritisk reaktor behövdes i en nära framtid. Ifall denna hade tillräcklig effekt skulle den göra det möjligt att i Finland framställa de isotoper industrin behövde.

Det faktum att statens högsta ledning var närvarande vid invigningen och sålunda fick en klar bild av de åsikter och förväntningar som var rådande inom ledningen för industri och forskning i vårt land, var ägnat att ge impulser till de satsningar som senare skulle göras till förmån för utvecklingen inom kärntekniken i vårt land. Men trots den eufori som onekligen karakteriserade den högtidliga invigningen av YXP i Otnäs skulle det räcka några år innan följande steg på vägen mot i Finland producerad kärnkraft kunde tas.

7.2 Preludium 3

Finlands Akademi under ledning av professor *Artturi I. Virtanen* begrundade i enlighet med sin uppgift vad som borde göras för att befrämja undervisningen bl.a. med tanke på kärntekniken. En framställning om tillsättandet av en atomenergikommitté gjordes våren 1955 till statsrådet, som i mars tillsatte kommittén. På dennas, den så kallade Energikommitténs, förslag tillsattes 1957 Atomenergikommissionen med professor *Erkki Laurila* som ordförande. Övriga medlemmar var överdirektör *Erkki Kinnunen*, statssekreterare *T. O. Vahervuori* samt professorerna *Artturi I. Virtanen* och *Harald Frilund*. Som skreterare fungerade diplomingenjör *Martti Mutru*. Professor *Erkki Laurila* fungerade som kommissionens ordförande ända fram till 1976 (*Laurila 1982*, s. 183). Han efterträddes av överdirektör *Erkki Vaara* som i sin tur efterträddes av professor *Pekka Jauho*, ordförande 1982–87.

7.2.1 Atomenergikommissionen

Atomenergikommissionen (Atomenergikommissionen, 1979) har i enlighet med förordning 76/58 bl.a. följande uppgifter:

- Att följa med utvecklingen inom atomenergiområdet och framlägga förslag till nödiga åtgärder som borde vidtagas inom detta område, med beaktande samtidigt jämväl av det allmänna bränsle- och kraftförsörjningsläget i landet;
- Att göra nödiga framställningar och taga initiativ på området för atomenergilagstiftningen samt dess tillämpning;
- Att till Handels- och industriministeriet göra nödvändiga förslag om utbildning, praktik och forskning på atomenergins område.

Under mandatperioden 18 mars 1976–17 mars 1979 var kommissionens sammansättning följande: överdirektör *Erkki Vaara*, ordförande, verkställande direktör *Sven-Olof Hultin*, viceordförande samt övriga medlemmar generaldirektör *Pekka Jauho*, understatssekreterare *Keijo Korhonen* och direktör *Seppo Lindblom*. Permanenta sakkunniga var landshövding *Paavo Autio* och industrirådet *Ilkka Mäkipentti*.

Som Atomenergikommissionens generalsekreterare verkade professor *Jorma Routti* och såsom sekreterare teknologie doktor *Lasse Mattila* och diplomingenjörerna *Jussi Manninen* och *Björn Palmén*. Kommissionen hade fyra sektioner för att bereda ärenden som berör dess verksamhet samt för att verkställa särskilda uppgifter: säkerhetskommittén för atomärenden, uransektionen, kärnbränslesektionen och allmänna sektionen.

Säkerhetskommittén för atomärenden tillsattes gemensamt av Atomenergi-

kommissionen och av den år 1957 instiftade Strålskyddskommissionen. Kommitténs sammansättning var följande: teknologie doktor *Lasse Mattila*, ordförande, professor *Jarl Forstén*, viceordförande och övriga medlemmar teknologie licentiat *Erkki Ahola*, professor *Aulis Isola* och professor *Martti Mikkola*. Kommittén hade tre permanenta sakkunniga: teknologie licentiaterna *Bjarne Regnell* och *Ami Rastas* samt *Olli Tiainen*. Som sekreterare fungerade avdelningschef *Tapio Eurola* och inspektör *Kirsti Tossavainen*.

Allmänna sektionen, vars uppgifter var att bistå Atomenergikommissionen i ärenden som ansluter sig till användningen av kärnenergi, att följa med utvecklingen inom kärntekniken och ta initiativ och göra framställningar och rekommendationer om kärnteknisk forskningsverksamhet, hade följande sammansättning: professor *Jorma Routti*, ordförande, professor *Veikko Palva*, viceordförande och övriga medlemmar verkställande direktör *Magnus von Bonsdorff*, verkställande direktör *Daniel Jåfs*, byråchef *Ilkka Mäkipentti*, direktör *Kalevi Numminen* och professor *Antti Vuorinen*. Som dess sekreterare fungerade diplomingenjör *Björn Palmén* (sektionens sammansättning var oförändrad 1982–84).

Atomenergikommissionen och dess sektioner har under årens lopp utfört ett omfattande utredningsarbete och utarbetat ett flertal rekommendationer för Handels- och industriministeriet, vilka i flera fall lett till nya lagar eller nödigbefunna ändringar i befintliga lagar. En central uppgift har varit att avge utlåtande gällande beviljande av driftstillstånd för våra kärnkraftverk. Kommissionen har hållit kontakt med de internationella inom kärnteknik verksamma organisationerna och tagit initiativ som resulterat i deltagande i internationellt samarbete. Som exempel kan nämnas IAEA, OECD:s kärnenergiorgan NEA, Nordiska Kontaktorganet för Atomenergifrågor, grundat 1957, och OECD-Haldenprojektet. (Atomenergikommissionen, 1979, s. 2–17).

7.2.2 Den andra atomkonferensen i Genève

Den andra Genèvekonferensen föranstaltades i september 1958 i Nationernas Palats vid Genève sjöns strand. Den blev en verklig upplevelse för författaren till denna studie inte bara därför att jag för första gången deltog officiellt som rådgivande medlem av Finlands delegation, utan även för att den stora mängden tekniskt respektive ekonomiskt betonade föredrag som vi efter Förenta Nationernas generalsekreterare *Dag Hammarskjölds* öppningsanförande kunde åhöra, enligt min mening gav både ny och värdefull information.

Storbritanniens representanter presenterade med berättigad stolthet sitt lands föregående år officiellt godkända program för utbyggandet av kärnkraft. Programmet förutsatte att 5 000 till 6 000 MWe skulle stå till landets förfogande 1965–66. De första fyra stationerna var redan under byggnad. Tabell 4 belyser programmets tidtabell.

Tabell 4. Storbritanniens kärnkraftsprogram för perioden 1960–66.

Läge	Kapacitet, MWe	Uppskattat startår
Berkeley	275	1960–61
Bradwell	300	1960–61
Hunterston	320	1962
Hinkley Point	500	1962
Dungeness	400–500	1963–64
Trawsfynydd	400–500	1963–64
Ederne	Kapacitet och tidtabell skulle avgöras senare	
N.-Irland	150	Tidplanen skulle bestämmas senare

Tabell 5. Jämförelse mellan parametrar för koldioxidkylda, grafitmodererade reaktorer.

Detalj	Calder Hall	Industriell kraftreaktor
Totalvikt uran per reaktor	140 ton	250 ton
Max bränsletemperatur	530 grader	c. 580 grader C
Max kapslingsyttemperatur	408 grader C	425 grader C
Trycktankdimensioner	37 ft. x 70 ft.	70 ft. diam.
Vägg tjocklek	50,8 mm	76,2 mm
Eleffekt, netto	35 MW	140 MW

N.-Irland avsågs att bli försedd med en enda reaktor de övriga skulle bli dubbelreaktorstationer. Dessa reaktorer representerar ett klart framsteg i såväl tekniskt som ekonomiskt hänseende. Tabell 5 klargör detta.

Eleffekten per reaktor steg till 250 MW från och med Hinkley Point, vilket givetvis avsevärt förbättrade ekonomin (Rosner & Associates, 1958, s. 1, 6).

Också från ryskt håll kom en hel del nyheter som visade att Sovjetunionen på allvar var med i tävlingen mellan stormakterna. Två tryckvattenreaktorer på 196 MWe per reaktor planerade att tas i drift 1960 och planerna på en kokarreaktor med placering i Uralregionen och försedd med nukleär ångöverhettning och med eleffekten 94 MW, väckte berättigat uppseende.

Ett kärnkraftverk med byggnadsort nära Leningrad fanns redan då med i långsiktplanerna. På utställningsområdet fanns dessutom världens största aggregat för fusionsforskning, Ogra, till påseende för de intresserade.

Förenta Staterna var även väl representerat i Genève. General Electric hade erfarenheter från Vallecitos BWR liksom Westinghouse från sin tryckvattenreaktor i Shippingport. Ett betydande antal större och mindre kärnkraftverk var under konstruktion eller på planeringsstadiet. För delegaterna från Finland var

dock den forskningsreaktor som General Atomic förevisade på utställningsområdet ännu mera intressant. Trots att Ydin Exponential Pile innebar ett stort steg framåt för forskningen på området i vårt land, var behovet av en kritisk reaktor för forskning, utbildning och isotopframställning välkänt. General Atomic framhöll att dess reaktor, TRIGA kallad (Training, Research, Isotope Production, General Atomic), hade goda stabilitetsegenskaper och att den kunde producera kraftiga neutronpulser motsvarande en effekt på 250 MWt. Dess normala effekt var 100 kWt. Denna reaktortyp blev senare Finlands val.

Frankrike hade före världskriget varit en av föregångarna inom atomfysiken med berömda forskare som Marie Sklodowska Curie, Pierre Curie, Irene Curie och Frederic Joliot i spetsen.

På 1950-talet hade landet återhämtat sig från den kris den tyska ockupationen innebar och kommit igång på allvar inte bara inom den militära sektorn utan även när det gällde utbyggandet av den civila kärnkraften. Fransmännen kunde följaktligen rapportera om de under byggnad varande gaskylda enheterna i Marcoule och Chinon, G₂ och G₃ respektive A₁ och A₂. Den kraftiga utvecklingen inom det kärntekniska området var dock inte begränsad till de stora makterna. Även många mindre länder kunde ge uppgifter om redan färdiga eller under byggnad varande forskningscentra, utrustade med mer eller mindre avancerade reaktorer. En ingenjör kunde inte undgå att bli imponerad av de snabba framsteg som rapporterades i Genève.

En lunch som Combustion Engineering bjöd på stannade även i minnet. Detta dels för att det serverades rikligt med mat och dryck som avnjöts under nästan fyra timmar och dels för att en av Fermis nära medarbetare, doktor *Walter Zinn* (se 2.1 ovan), förutom att han var en av värdarna, även tidvis sov vid matbordet. Men det må vara honom förlåtet; han var nämligen klart och tydligt ålderspresident i sällskapet.

7.2.3 Finland Reactor I, FiR I

Den andra Genèvekonferensen gav förnyade impulser till de diskussioner som i vårt land hade förts rörande behovet av en fullstor forskningsreaktor ända sedan Energikommittén hösten 1956 hade avlåtit sitt memorandum till Handels- och industriministeriet. Detta memorandum behandlade ingående atomteknikens krafttekniska tillämpningar och föreslog grundandet av en atomenergikommission, som sedan tillsattes med professor Erkki Laurila som ordförande.

Kommittén behandlade även utförligt forskningens och utbildningens behov, speciellt med fokus på atomtekniska synpunkter. Den nygrundade Atomenergikommissionen fortsatte i enlighet med sitt mandat detta arbete. Ydin Exponential Pile hade varit ett steg i rätt riktning, men ytterligare åtgärder efterlystes. Redan i ett tidigt skede hade Tekniska högskolan och Statens tekniska

forskningscentral prioriterats när det gällde placeringen av en forskningsreaktor och YXP hade gett en viss rutin.

Arbetet med planering och anskaffning av den nya reaktorn handhades huvudsakligen av professorerna Erkki Laurila och Pekka Jauho. Atomenergi-kommissionens medlemmar var till att börja med av olika åsikt om den lämpliga storleken på reaktorn och om reaktortypen. Som ett alternativ undersöktes en natururanreaktor modererad med tungt vatten och med effekten 300 kW. Effektvärden ända upp till 1 000 kW var även aktuella. Det slutliga beslutet blev att en reaktor på 100 kW, av samma TRIGA-typ som General Atomic hade demonstrerat i samband med Genèvekonferensen 1958, skulle beställas och placeras i Otnäs.

Handels- och industriminister *Pauli Lehtosalo* för Finlands del och presidenten för General Atomic, *Frederic de Hoffman*, underskrev leveransavtalet för reaktorn den 30 maj 1960.

Ingenjör *Beverly W. Spillman* från amerikanska Holmes & Narver fungerade för General Atomics räkning som övervakare av de till reaktorn omedelbart anslutna byggnadsarbetena (Warkauden Lehti, 09.11.1961). Statens tekniska forskningscentral var ansvarig för svetskontrollen.

Som finländsk underleverantör fungerade A. Ahlström Osakeyhtiös Verkstadsindustri i Varkaus. Varkaus Bruk blev sålunda på nytt i tillfälle att ge sitt bidrag till den kärntekniska forskningen och utbildningen i Finland. Figur 18 visar chefen för Varkaus Verkstad, överingenjör Hans Branders, i samtal med Mr. Beverly W. Spillman i Varkaus.

Reaktorn med dess tilläggsutrustning placerades i en för ändamålet av Byggnadsstyrelsen uppförd nybyggnad som hade direkt anslutning till Tekniska högskolans institut för teknisk fysik. Reaktorbyggnaden på 5 900 kubikmeter hade i samråd med *Erkki Laurila* och *Pekka Jauho* planerats av överarkitekt *Matti Hirvonen* och färdigställdes i juli 1961.



Figur 18. Överingenjör Hans Branders (till vänster) och Mr. Beverly W. Spillman. (Författarens arkiv).

7.2.4 Verkstadsindustrin i Varkaus som underleverantör till Holmes & Narver

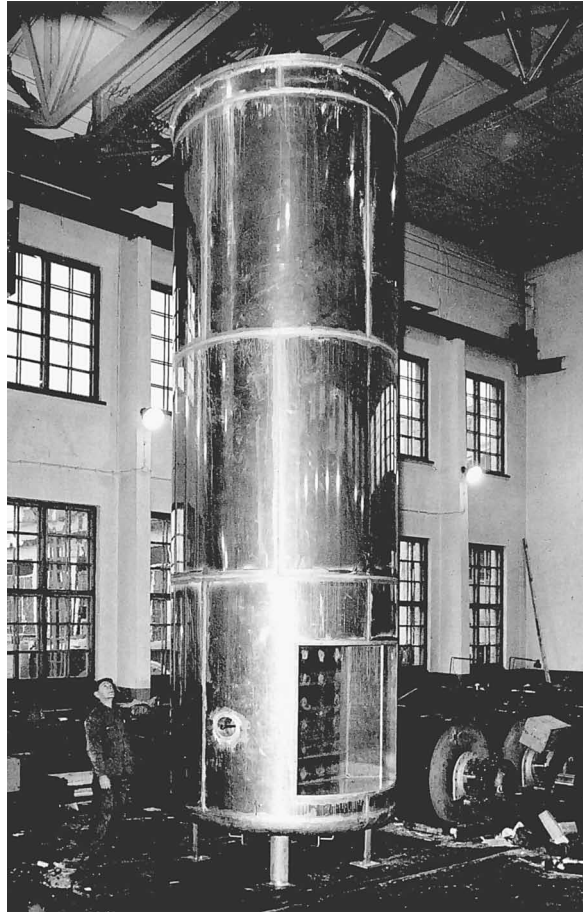
Det var med tillfredsställelse vi i Varkaus noterade det förtroende som visats oss i och med att vi fått ordern från Holmes & Narver på tillverkning av krävande komponenter för reaktorn. Beställningen omfattade tillverkning av själva reaktortanken av aluminium, 4 st. strålrör genom vilka neutronstrålar kan tas ut ur reaktorkärnan, inklusive rörens avstängningsluckor, den termiska kanalen som medger uttag av termiska neutroner, och en av Ekono konstruerad värmeväxlare samt reaktorns strålskydd, shielding, av betong som reaktorkonstruktionen förutsatte. Betongarbetet sköttes av Byggnadsavdelningen vid Warkaus Bruk medan Verkstadsindustrin tillverkade reaktortank och värmeväxlare.

7.2.5 Tillverkningen av FiR I i Varkaus

Trots den erfarenhet av krävande aluminiumsvetsning vi fått och det utvecklingsarbete vi utfört 1958, var tillverkningen av reaktortanken ingalunda problemfri. Det faktum att den cylindriska tanken som aluminiumkonstruktion var rätt stor med en diameter på cirka 2 meter och en höjd på cirka 6,5 me-



Figur 19. Kontroll av en reaktortankstuds i Varkaus. (Författarens arkiv).



Figur 20. Reaktortanken i verkstaden i Varkaus. (Författarens arkiv).

ter, försvårade givetvis arbetet. En ytterligare komplikation innebar den öppning i tankens sida som krävdes för den termiska kanal som konstruktionen förutsatte.

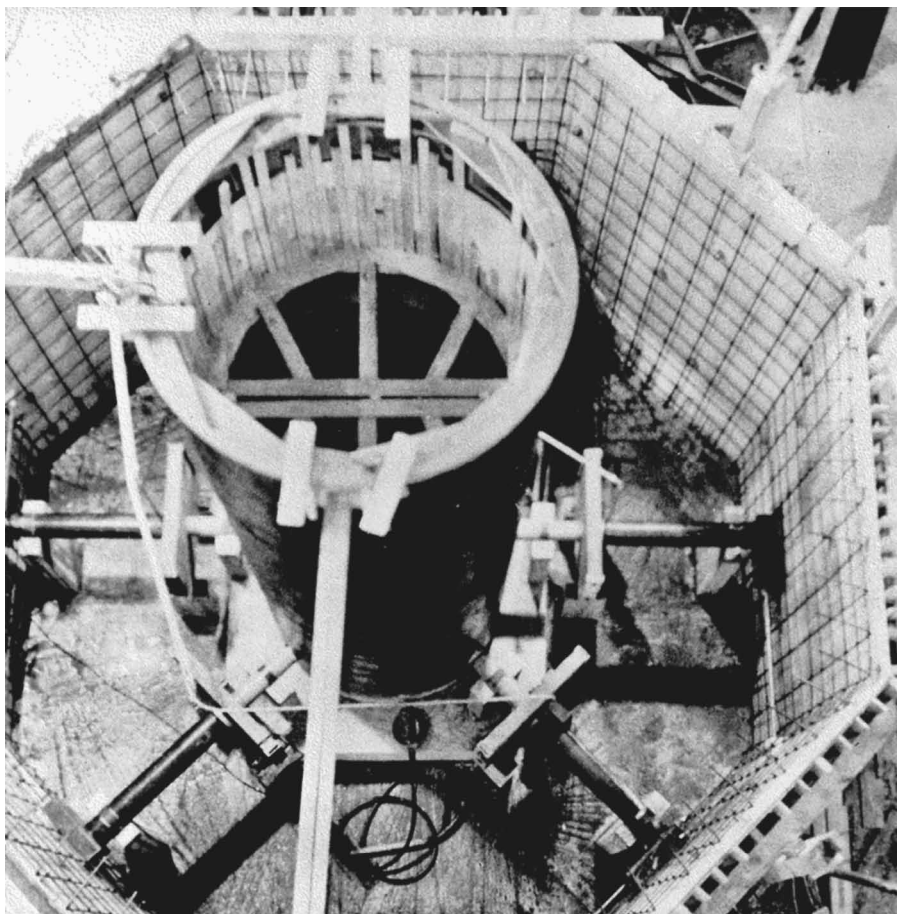
Våra svetsexperter med ingenjör *Erik Weckström* i spetsen hade verkligen ingen lätt uppgift.

Såväl amerikanska riktlinjer som finländska svetsnormer måste uppfyllas till punkt och pricka, något som vår ingenjör *Lauri Mykkänen* och VTT:s kontrollörer dokumenterade. Ett flertal försök genomfördes för att få fram de rätta metoderna. De förfaringssätt som valdes gav sedan det önskade resultatet. Våra svetsare *Eero Kauhanen* och *Matti Kovanen* utförde ett arbete av högsta internationell klass och den 12 november kunde reaktortanken sändas till Otnäs.

Figurerna 19 och 20 ger en uppfattning om arbetets art.

7.2.6 Montaget i Otnäs

Onsdagen den 21 november 1961 hade projektet kommit så långt att Atomenergikommissionen och Tekniska högskolan kunde fira taklagsöl, en term som kommissionens ordförande, professor Laurila, använde i sitt anförande vid den tillhörande pressinformationen. Reaktortanken var på plats liksom den reaktorhärden omslutande reflektorn av grafit och de fyra strålrören. Ställningarna för tankmontaget var ännu på plats, men förberedelserna för den kommande gjutningen av reaktorns strålskydd, dess shielding, var långt hunna. Författaren var i tillfälle att berätta om det arbete som vi framgångsrikt hade genomfört vid Verkstadsindustrin i Varkaus. Jag framhöll att eftersom det material själva tanken, de inre delarna av strålrören och den termiska kanalen består av, är en legering hållande krom, magnesium och kisel, var tillverkningen ytterst krävande. Den tekniska specifikationenes kvalitetskrav liksom kraven på synnerligen snäva toleranser kunde vi dock uppfylla till fullo.



Figur 21. FiR I i montageskedet i Otnäs. (Författarens arkiv).



Figur 22. Tekn.lc. Sakari Valve berättar för intresserade åhörare om framställning av kalla neutroner med hjälp av FiR I. (Uusi Suomi, november 1961).

Figur 21 visar FiR I i montageskedet i Otnäs, medan figurerna 22, 23 och 24 återger några pressfoton.

Professor Laurila gav erkännande för ett väl utfört arbete och konstaterade att vår inhemska industri uppfyllt alla krav på kvalitet och precision. Han berättade även att reaktorn liksom kärnbränslet förmedlats av IAEA. Förutsättningen för detta var ett avtal som slöts i Wien den 30 december 1960. Bränslet innehåller 13 kg uran varav U-235 något över 2 kg.

Reaktorns hjärta, reaktorhärden kom från General Atomic, en division inom General Dynamics, i San Diego, USA. Laurila påpekade också att Finland med IAEA:s tillstånd även köpt uran från Sovjetunionen. Avtalet om denna leverans, cirka 3 kg U-235, slöts den 19 november 1961 i Moskva.

Teknologie licentiat *Bjarne Regnell*, driftschef för reaktorn, gav ytterligare information om reaktorprojektet. Kärnbränslet består av till 20 procent U-235 anrikat uran i form av en legering med zirkoniumhydrid. När strålskyddet av betong har gjutits kan reaktorhärden och övrig utrustning monteras. Han berättade att reaktorns effekt är 100 kW, men att neutronimpulser under några tiotusendedels sekunder kan ge en effekt motsvarande en kapacitet på 250 MW. Reaktorns reglerade neutronstrålning kommer även att göra det möjligt att tillverka kortlivade isotoper, ett betydande framsteg.

Den med grafit fyllda, till reaktorn anslutna termiska kanalen fungerar som moderator, varför experiment med termiska neutroner blir möjliga. Neutroner

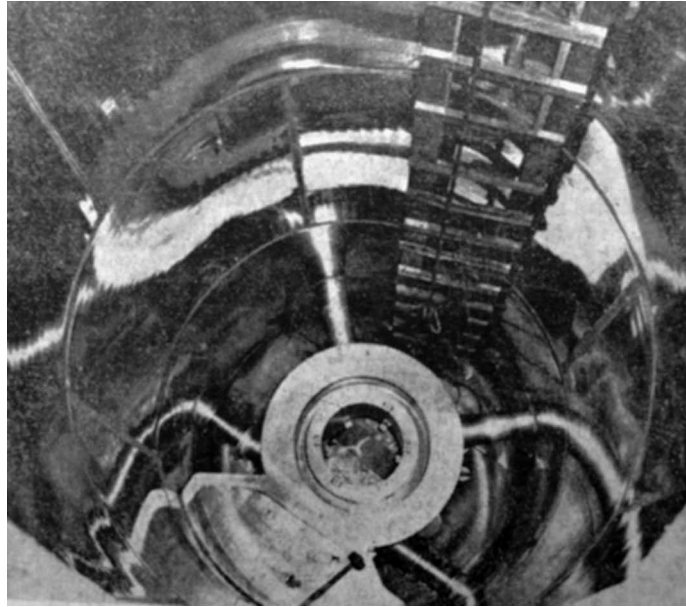


Figur 23. Reaktorhallen inspekteras. Professor Erkki Laurila nere till höger. (Uusi Suomi, november 1961).

kan även tas ut via stråltuber och bromsas av väteatomer i ett bad av flytande helium. Man för ”kalla” neutroner. Licentiat Regnell konstaterade med berättigad stolthet att motsvarande utrustningar bara fanns vid två andra installationer i Europa. Reaktorns effekt höjdes år 1967 till 250 MW (Bärs, 2008, s. 28).

I detta sammanhang är det opportunt att nämna ett föredrag vid en av Warkaus Bruk den 12 december 1961 anordnade ceremoni för utdelning av hedersmedaljer för förtjänstfullt arbete. Jag påpekade att vi vid Verkstadsindustrin i Varkaus använt såväl Iridium-192 som Cesium-137 för att kontrollera svetskvaliteten. Jag berättade vidare att man i USA byggt reaktorer med möjlighet att placera cancerpatienter så att den från reaktorn kommande starka neutronstrålen kan riktas direkt på det sjuka stället, t.ex. mot patientens huvud. Därtill nämnde jag de experiment som utförts för att via bestrålning av djur och växter försöka få fram genmuterade, mera livskraftiga individer.

Genast efter taklagsölet i Otnäs fortsatte vi med montage av de till reaktorn anslutna utrustningarna varefter gjutningen av strålskyddet inklusive skötselplattformarna för personalen kunde starta. Detta arbete utfördes av byggnadsavdelningen vid Warkaus Bruk. För att undvika sprickor i betongen måste vi



Figur 24. En blick in i reaktortanken. (Hufvudstadsbladet, 1961).

noggrant följa de i förväg uppgjorda planerna som bl.a. krävde sträng kontroll av fukthalten även nattetid. (Vid tillverkningen av smältugnar för aluminium i egen regi i Vörå långt senare hade jag en viss nytta av dessa erfarenheter, trots att temperaturerna där var helt andra.) Pressen uppmärksammade taklagsölet och arbetet med reaktorn med stora rubriker och med i det stora hela även tekniskt korrekt rapportering. Att någon tidning berättade om halvering av neutroner får väl skrivas på tidsbristens konto, typiskt för en reporter.

Hufvudstadsbladet (23.11.1961) noterade att reaktorns officiella namn är FiR I, men att den även kallas TRIGA. Insinööriutiset (02.12.1961) liksom Helsingin Sanomat (23.11.1961) framhöll att betydande komponenter tillverkats av A. Ahlström Osakeyhtiö i Varkaus. Suomen Sosialidemokraatti (23.11.1961) och Uusi Suomi (23.11.1961) gav teknisk information medan Warkauden Lehti (23.11 samt 13.12.1961) beskrev tillverkningen i Varkaus och poängterade att atomkraften är konkurrenskraftig i USA.

7.2.7 Invigningen av Finland Reactor I

Arbetet gick framåt i reaktorhallen i Otnäs. Den 2 mars 1962 kunde licentiat Bjarne Regnell konstatera att uranbränslet hade anlämt till landet och att reaktorn kommer att laddas redan i mars under ledning av amerikanska experter, varefter provstart kan ske i april (Uusi Suomi 02.03 samt 23.05.1962). De facto kördes reaktorn kritisk den 27 mars kl. 16.11.

Avslutande arbeten och förberedande försök utfördes under våren och sommaren. Den 31 september 1962 invigdes Finland Reactor 1 i närvaro av republikens president *Urho Kekkonen*, utrikesminister *Ahti Karjalainen*, handels- och industriminister *T. A. Wiherheimo* och ett stort antal inbjudna gäster, bland vilka kan nämnas rektor Edwin Linkomies, försvarsmaktens kommandör, general Simelius, IAEA:s ordförande Sigvard Eklund, Förenta Staternas ambassadör Bernard A. Gufler, Sveriges ambassadör Gösta Engzell, Danmarks ambassadör Bech och generaldirektören för General Atomic, doktor Frederic de Hoffman. Tekniska högskolan, Statens tekniska forskningscentral och A. Ahlström Osakeyhtiö var givetvis även väl representerade.

Atomenergikommissionens ordförande, professor Erkki Laurila hälsade gästerna välkomna. Han återkallade i minnet det faktum att Alvar Aalto redan 1949 i sin plan för Otnäs hade märkt ut just denna plats som placeringsort för en atomreaktor.

Sedan redogjorde professor Pekka Jauho för reaktorns konstruktion och dess användningsmöjligheter. Han konstaterade att reaktorn är en termisk reaktor av bassängtyp med en härd bestående av 57 zirkoniumhydrid-uranstavar som är försedda med aluminium-cladding. Reaktorhärden är omgiven av en grafitreflektor och placerad på botten av den cirka 6,5 m djupa reaktortanken av aluminium. Reaktorn är försedd med fyra stråltuber som medger att strålar av dels termiska och dels snabba neutroner liksom även en blandning av termiska och snabba neutroner kan tas ut från härden till i nedre våningen placerad försöksapparat. På den nivån finns ett valv för oanvända bränsleelement samt en i golvet nedsänkt tre meter djup vattenfylld bassäng för de radioaktiva, använda elementen. Vattenreningssystemet, avfallsvattentankar och värmeväxlare är placerade i ett separat rum. Det pneumatiska rörpostsystemet, som gör det möjligt att snabbt föra bestrålade prov från reaktorn till testapparaturen, utmynnar i ett på mellannivån beläget rum.

Reaktorbasängen, täckt endast av plexiglas och gallerdurkar, öppnar sig mot den övre våningen. På denna nivå finns reaktorns styrpulpeter och apparatur för övervakning av radioaktiviteten. Dit förmedlas signaler som anger reaktorns aktuella effektnivå samt dess förändringshastighet. På basen av dessa värden kan reaktorn regleras automatiskt eller manuellt. Professor Pekka Jauho konstaterade att reaktorlaboratoriets totalkostnader stigit till 226 miljoner mark, varav 10,6 miljoner mark dock hade donerats av Förenta Staternas regering i form av uran.

Pekka Jauho framhöll att reaktorn som nu tas i drift kommer att utnyttjas för utbildning, forskning och bestrålning. Inom forskningen kommer den s.k. kallneutronfysiken att få prioritet. Men många användningsområden är i sikte såsom reaktorteknik, kärnfysik, radiokemi och biokemi för att nämna några. Den anläggning som nu invigs innebär enligt internationell måttstock en an-

språklös ekonomisk satsning, men den utgör dock ett första steg på vägen mot det mål som atomkraftens användning i energiproduktionen i vårt land representerar. Som avslutning på sitt tal bad professor Jauho reaktorns driftschef, teknologie licentiat Bjarne Regnell bringa reaktorn i pulsberedskap.

Sedan steg president *Kekkonen* fram till styropulpeten och tryckte på en knapp, varvid en lätt smäll hördes, indikerande att reaktorn startats för första gången officiellt. Under en bråkdel av en sekund uppnådde reaktorn en effekt som översteg effekten hos vattenkraftverket i Imatra.

Handels- och industriminister *T. A. Wiherheimo* talade på statsmaktens vägnar och överlät reaktorn från ministeriet till Tekniska högskolan. Han framhöll att den betydelsefullaste användningen av atomenergi uppenbarligen kommer att äga rum inom området elkraft.

Men för att kunna ta atomenergin i bruk behöver vi teknisk sakkunskap i mycket högre grad än vad som tidigare normalt krävts. Men liksom tekniken inom vissa krävande specialområden – såsom flygindustrin och sprängämnesindustrin – tidigare bemästrats, kommer vi även att bl.a. med hjälp av denna reaktor lära oss att bemästra kärnteknikens problem.

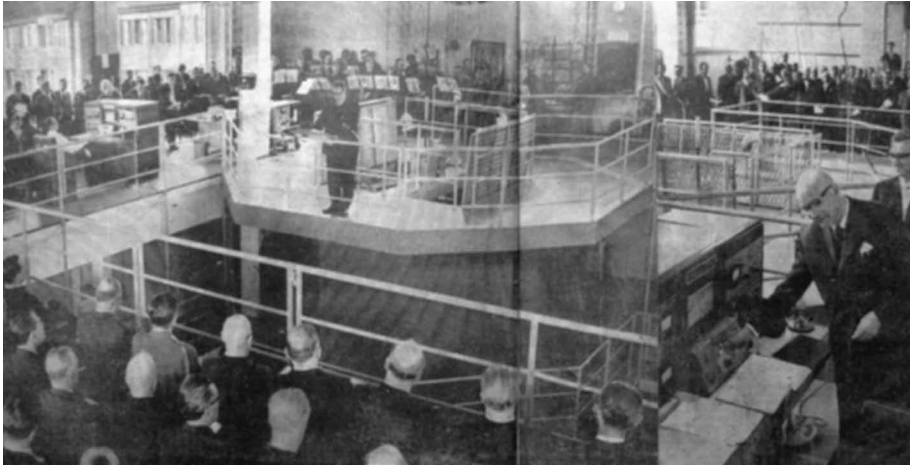
Tekniska högskolans rektor *Jaakko Rahola* tog på högskolans vägnar emot reaktorn och konstaterade att denna dag är en märkesdag för högskolan. Den innebär ett steg framåt när vår inrättning försöker följa med i den accelererande tekniska utvecklingen.

Reaktorns användning blir mycket mångsidig och den kommer att vara behjälplig i våra strävanden att utbilda de experter som kommer att behövas, när det första atomkraftverket i vårt land tas i drift.

Ordföranden för Voimayhdistys Ydin, bergsrådet *R. Erik Serlachius*, framförde därefter industrins hälsning och överlämnade på föreningens vägnar en donation på en miljon mark till Tekniska högskolan att användas av Pekka Jauho för utbildning av unga ingenjörer och för forskningsarbete speciellt vårt lands näringsliv till fromma.

Till slut förevisades laboratoriet för gästerna. Förrän de lämnade laboratoriet avlästes de strålningsmätare som bl.a. president *Kekkonen* hela tiden burit på. För hans del visade mätaren värden 0–0,2 milliröntgen. Forskarna konstaterade att presidenten som en följd av den erhållna strålningen på intet sätt utgör en fara för omgivningen, ett besked som presidenten noterade med ett leende.

Hela landets press visade ett mycket stort intresse för invigningen av Finland Reactor I. Evenemanget bidrog på så sätt även till att påverka opinionen positivt med tanke på den kommande utvecklingen inom det kärntekniska området. Hufvudstadsbladet (31.08 och 01.09) och Helsingin Sanomat (likaså 31.08 och 01.09) redogjorde utförligt för reaktorns användningsmöjligheter liksom för själva invigningen. Uusi Suomi (25.08 och 01.09.1962) beskrev reaktorns



Figur 25. Invigningen av F1R I i Otnäs. Handels- och industriminister T. A. Wiherheimo överläter reaktorn till Tekniska högskolan. President Urho Kekkonen (till höger) "startar" reaktorn. (Uusi Suomi, maj 1962).

konstruktion och konstaterade att F1R I är unik i Norden. Savo (01.09.1962) och Savon Sanomat (likaså 01.09.1962) konstaterade att president Kekkonen startade upp reaktorn, medan Warkauden Lehti (03.09) poängterade att Warkaus Verkstad tillverkat "den egentliga reaktordelen".

Den högtidliga invigningen till trots utgjorde TRIGA-reaktorn dock endast ett tuffjäät på vägen till införandet av kärnkraft i vårt land (intervju med Pekka Jauho, 2006).

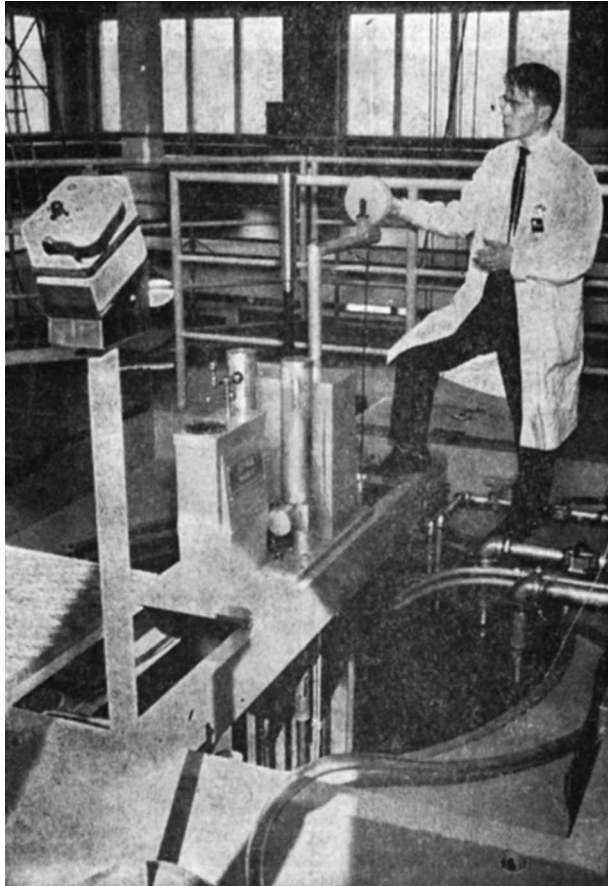
Figurerna 25 och 26 återger några pressfoton.

7.2.8 Några tekniska data för F1R I

Reaktorns härd och reflektor är belägna i en aluminiumtank, vars diameter är cirka 2 meter och djup cirka 6,5 meter. Vanligt destillerat vatten fungerar som moderator, värmeväxlarmedium samt strålskydd i riktning uppåt. Ett 2,25 meter tjockt betonglager fungerar som strålskydd i radialriktning. En termisk kanal med måtten 1,2 m x 1,2 m x 1,65 m försluts av en elmotordriven tungbetongdörr i vars mitt en med en propp förslutbar öppning finns.

Reaktorns bränsle är 20 procent anrikat uran som är legerat med zirkonium. Uran-zirkoniumhydriden är 35 cm hög och begränsas av samariumskivor.

Reaktorn kännetecknas av sin negativa temperaturkoefficient som gör det möjligt att utlösa snabba effektpulser utan att driftsäkerheten komprometteras. Den negativa temperaturkoefficienten är en följd av att neutronernas hastighet ökar när temperaturen i zirkoniumhydriden stiger. Neutronspektret hårdnar och läckaget ökar, vilket i sin tur leder till att reaktiviteten sjunker.



Figur 26. Tekn.lic. Antti Vuorinen vid reaktorn. (Uusi Suomi, september 1962).

FiR I kördes kritisk med 57 bränsleelement. För att uppnå 100 kW effekt behövdes ytterligare 6 element, varför den totala laddningen var 2.278,8 gram U-235. Reaktorn regleras med hjälp av servomotor drivna reglerstavar och en pulsstav med sitt pneumatiska system. Regleringen kan ske antingen manuellt eller automatiskt. Neutronflödet mäts med hjälp av en fissionsräknare och tre joniseringskammare, varav två är kompenserade. Dessa kammare fungerar i effektområdet 1 mW–100 kW respektive 10 mW–100 kW. Den ena ger en effektsignal som registreras medan den andra används för att bilda en periodsignal och en logaritmisk visning av effektnivån. Gränsperioden är 7 sekunder.

Den tredje, icke kompenserade joniseringskammaren används i effektområdet 5 kW–100 kW och visar den aktuella effekten i procent av den nominella effekten. Den är kopplad till en ställbar toppgränsbrytare som snabbstänger reaktorn om gränsen överskrids. När en puls skjuts mäter den icke

kompenserade kammaren neutronflödet samt den frigjorda totalenergin och snabbstänger reaktorn om den tillåtna gränsen överskrids. Vid pulsering mäts och registreras centrumtemperaturen hos två bränsleelement. Ett otillåtet högt värde resulterar i snabbstängning.

Reaktorns maximala neutronflöde i centralkanalerna är $4 \times 10^{12}/\text{cm}^2 \text{ s}$ vid 100 kW och medelvärdet i härden $1,6 \times 10^{12}/\text{cm}^2 \text{ s}$. Den kan producera ett stort antal isotoper med halveringstider mellan 5 minuter och 100 dagar: Ca, Fe, Mg, Si, Ti, Ni, Mo, Xe, Cs, Ta, S, Zr, Bi, Rb, Sn, Cl, Zn, Se, Kr, Sr, Ru, Cd, Ba, Nd, Pt, K, Ce, Sb, Ge, Te, Cu, Nb, Br, Ga, J, A, Er, Na, Gd, W, Os, La, Y, P, Cr, Hf, As, Hg, Pd, Yb, Sm, Co, Mn, Re, Pr, Ho, Au, Tb, Sc, Lu, In, Dy, Eu, Ir. När reaktorn är avstängd kan den fungera som en kraftig neutronkälla med en doseffekt nära härden på upp till 100 000 r/h. Efter det att ett bad med flytande helium hållande väteatomer som moderator installerats, kan även forskning i kallneutronfysik bedrivas.

Reaktorn kyls med destillerat vatten som via rör av aluminium pumpas in i reaktortankens övre del och strömmar i riktning mot den nära botten belägna härden och vidare till en primär värmeväxlare. Flödes hastigheten är 15 kubikmeter i timmen i primärkretsen och 10 eller 30 kubikmeter i timmen i sekundärkretsen. Sekundärkretsen matas med vatten från vattenledningsnätet och det uppvärmda vattnet ledes via regnvattenavloppssystemet till havet.

Vatten som möjligen är kontaminerat samlas upp i två behållare som kan användas turvis. Vattnets aktivitet mäts förrän det leds till avloppet. Vid behov sker utspädning eller koncentrerings och lagring (Jauho, 1962, s. 60–73).

7.3 Preludium 4

Invigningen av TRIGA-reaktorn innebar kulmen på en utveckling som starkt engagerat såväl statsmakten som de av kärntekniken intresserade kretsarna inom vetenskap och industri. Det var kanske förståeligt att den närmaste tiden efter denna händelse kännetecknades av ett slags stiltje, utan att några dramatiska initiativ togs. Ett motsvarande fenomen är bekant från sporten; när ett ishockeylag väl har vunnit en stor turnering brukar det vila upp en tid innan träningen startar på allvar på nytt.

Statsmakten kunde anse sig ha gjort sitt och inom industrin hade de ivrigaste entusiasterna trots allt sitt normala, konventionella arbete att sköta. Vid reaktorlaboratoriet vidtog emellertid en livlig och resultatrik verksamhet. Specialkurser i kärnteknik anordnades – författaren var en av deltagarna – symposier och olika diskussionstillfällen förekom. Men av större vikt var den målmedvetna forskningsverksamhet som under professor *Pekka Jauhos* inspirerande ledning kom igång vid reaktorlaboratoriet (Jauho, 1962).

Ett flertal eminenta forskningsrapporter publicerades i välrenommerade inhemska och utländska tidskrifter och forskningsserier, såsom *Sotilasai-*

kausilehti (Jauho, 1966), Acta Polytech. Scand. (Jauho & Aaltonen, 1966), Nucl. Sci. Eng. (Jauho & Manninen, 1967), Phys. Revue (Jauho & Pirilä, 1970), Nuclear Applications & Technology (Jauho & Tarjanne, 1971). De anförda exemplen utgör endast en bråkdel av de forskningsrapporter och avhandlingar som detta arbete resulterade i.

Samtidigt som verksamheten vid FiR I kom i gång på allvar bearbetade Imatran Voimas forskningsavdelning under diplomingenjör *Lasse Nevanlinnas* ledning i samarbete med A. Ahlström Osakeyhtiö (representerat av författaren) målmedvetet olika alternativa kärnkraftsmodeller. Uppmuntrad av framgången med YXP och TRIGA förfäktade jag att Ahlström hade såväl know-how som kapacitet att tillverka ännu mera krävande komponenter och att den inhemska verstadsindustrin hade kapacitet att framställa 80 procent av den utrustning ett fullstort atomkraftverk krävde.

Utredningsarbetet siktade främst på en natururanreaktor med tanke på den kunskap Imatran Voima och Atomenergia Oy hade skaffat sig när det gällde utvinnandet av uran ur vår berggrund. Lasse Nevanlinna föreslog att en provreaktor skulle byggas som ett första steg mot en kommersiell anläggning. Imatran Voimas högsta ledning var dock inte beredd att göra de betydande investeringar och ta de risker som projektet förutsatte (Michelsen & Särkikoski, 2005, s. 70). Diplomingenjör *Magnus von Bonsdorff*, som sedan 1961 deltagit i det svenska på natururan baserade Marvikenprojektet, hade ju så tidigt som år 1963 varnat för de problem detta projekt stött på.

I avsikt att få fart på utvecklingen tillsatte Atomenergikommissionen i oktober 1963 en speciell sektion för att överväga olika handlingslinjer. Sektionens medlemmar blev professor *Pekka Jauho*, ordförande, och tekn. licentiat *Uolevi Luoto* samt diplomingenjörerna *Aulis Hellstén*, *Daniel Jåfs*, *Lauri Mattila*, *Lasse Nevanlinna* och *Norman Westerberg*. Som sektionens sekreterare fungerade kommissionens sekreterare *Osmo Ranta* (Hufvudstadsbladet, 08.02.1966). Sektionen fick i uppdrag att undersöka tre alternativa atomenergiprogram för de närmast kommande åren. De tre alternativen var:

1. Verksamheten fortsätter i form av ren utbildning och forskning inom de existerande organisationerna.
2. Ett litet "Power Demonstration"-kärnkraftverk planeras och byggs med statlig finansiering.
3. Ett fullstort kärnkraftverk byggs, varvid tidtabellen förutses bli rätt långt utdragen.

Under professor Pekka Jauhos ordförandeskap utförde sektionen ett omfattande utredningsarbete, som bl.a. innebar en kartläggning av vår metallindustris möjligheter och intresse att delta i byggandet av ett kärnkraftverk. På basen av

detta arbete rekommenderade sektionen enhälligt i april 1963 i sitt utlåtande att ett fullstort kärnkraftverk skulle byggas. Atomenergikommissionen gick på samma linje som sektionen.

Men saken var ingalunda så enkel. Elproduktionen i vårt land var i händerna på flera olika organisationer. Det statliga kraftbolaget Imatran Voimas andel av produktionen översteg en tredjedel. Bolaget var dessutom ägare till den största delen av landets elöverföringsnät. Den privata industrin, närmast träförädlingsindustrin, stod för över hälften av produktionen. Inom denna icke-statsägda grupp var speciellt Pohjolan Voima med sina vattenkraftverk en viktig faktor. De kommunalt ägda elbolagen utgjorde en tredje betydande aktör i sammanhanget. Det faktum att industrin och speciellt de kommunala elbolagen representerade flera olika beslutsinstanser var ingalunda ägnat att göra saken mindre komplicerad. Rent principiellt fanns en klar konfliktorsak inbyggd i den något brokiga organisationsbilden. Det fanns – och finns ännu i den dag som i dag är – en intressemotsättning mellan statligt och privat ägande.

En faktor som inte heller den bör förglömmas är att ett kärnkraftverk har en betydande sysselsättningseffekt såväl lokalt som landsomfattande. Siffran 20 000 manår har nämnts. Följaktligen måste statsmakten ta hänsyn till ett flertal olika synpunkter när det gäller att utforma sin kärnkraftspolitik. Kärnkraftens speciella teknik innebar därtill att såväl handels- som utrikespolitiska följder måste invägas i beslutsfattandet. Redan ett val mellan ett kraftverk med anrikat uran i stället för natururan som bränsle kunde medföra speciella problem. Framställning av anrikat uran krävde ju stora gasdiffusionsanläggningar, vilket starkt begränsade urvalet av bränsleleverantörer, samtidigt som stormakternas intressen kom med i bilden.

7.3.1 Bergsrådskommittén

Beaktande situationens komplexitet beslöt kommissionen i augusti att för Handels- och industriministeriet rekommendera tillsättandet av en kommitté bestående av representanter för Finlands bank, energiekonomin och industrin för att få fram en för alla parter acceptabel lösning. Kommitténs medlemmar blev: doktor *Ahti Karjalainen* från Finlands bank, ordförande, och bergsråden *Pentti Halle*, *Paavo Honkajuuri*, *Heikki Lehtonen*, *Uolevi Raade*, *R. Erik Serlachius* och generaldirektör *Bengt Rehbinder*, sedermera också han bergsråd. Som kommitténs sekreterare fungerade Atomenergikommissionens generalsekreterare, diplomingenjör *Ilkka Mäkipentti*.

Kommittén, populärt kallad Bergsrådskommittén, fick i uppdrag att utreda de industripolitiska och ekonomiska synpunkter som måste beaktas när ett kärnkraftverk skulle byggas och anslutas till vårt elenergisystem. Vidare skulle utvecklingsperspektiven för atomenergitekniken i vårt land och den behövliga forskningsverksamheten undersökas.

När Ahti Karjalainen begärde avsked från kommittén i slutet på 1965 utnämndes akademiker Erkki Laurila till dess ordförande.

Bergsrådskommittén sammankom till flera möten under åren 1963–66 och diskuterade ett flertal olika möjligheter. Imatran Voima Oy:s verkställande direktör Heikki Lehtonen föreslog i ett skede att atomkraften skulle utbyggas i olika steg sålunda att Imatran Voima skulle bygga den första enheten och industrin den följande. Denna tankegång godkändes åtminstone inte formellt, men den noterades och gav uppenbarligen positiva impulser för den framtida utvecklingen. Ett annat förslag som övervägdes under kommitténs möten innebar grundandet av ett blandbolag med uppgift att bygga de kommande kärnkraftverken. Industrin skulle enligt detta förslag äga minst 50 procent av aktierna i bolaget. Detta förslag godkändes inte.

Den nionde juli 1966 publicerade Hufvudstadsbladet (09.07.1966) de huvudsakliga slutsatserna Erkki Laurila dragit av det arbete kommittén – av tidningen kallad *Laurilakommittén* – utfört. Byggnadsarbetet på det första atomkraftverket borde inledas så snart som möjligt. Under förutsättning att ökningen i förbrukningen av energi, dvs. 7–9 procent per år, fortsatte, skulle ett optimalt program för utbyggnad av atomkraften innebära att fyra atomkraftverk skulle byggas under 1970-talet med en sammanlagd kapacitet stigande till 1 500–1 600 MWe. Det första atomkraftverket borde byggas av Imatran Voima Oy, som hade de tekniska förutsättningarna att genomföra detta projekt. Fastän något klart konkret resultat av Bergsrådskommitténs arbete inte omedelbart kunde påvisas fick det dock åtminstone indirekta följder. Medlemmarna kom underfund med varandras tankegångar och kom därtill att studera reaktorteknikens problem på ett sätt som ledare på den nivån annars kanske inte hade gett sig tid till.

Sveriges handelsminister Lange bidrog till detta studium när han i början på 1965 inbjöd kommittén till ett besök i Sverige. Vid ett av AB Atomenergi arrangerat möte presenterades de tre reaktorsystem som i detta skede var aktuella i landet, nämligen den s.k. svenska linjens natururanreaktor under byggnad i Marviken, den av Johnsonbolaget lanserade tryckvattenreaktorn och kokarreaktorn som ASEA hade utvecklat. ASEA gjorde för övrigt ännu i detta skede reklam för Marviken som ju sedan visade sig vara ett fiasko och aldrig togs i drift. Besöket i Sverige ledde inte till det konkreta samarbete mellan Finlands och Sveriges industrier som den svenska parten eftersträvade, men det gav säkerligen impulser till fortsatta kontakter.

Medan Bergsrådskommittén förde sina interna diskussioner hade andra saker av intresse för de medverkande inträffat. Våren 1963 arrangerade Voimayhdistys Ydin en studieresa till Storbritannien, där resedeltagarna kunde bekanta sig med de gaskylda reaktorerna i Bradwell och Sizewell liksom med det brittiska kärnkraftverksprogrammet överhuvudtaget. Bl.a. Valmets biträ-

dande generaldirektör Nils Björklund, professorerna Erkki Laurila och Pekka Jauho, diplomingenjör Sven-Olof Hultin från Ekono och järnvägsstyrelsens generaldirektör Erkki Aalto deltog i resan.

I maj samma år gav professor Laurila i ett föredrag vid den av metallindustrin arrangerade s.k. metallunchen sina synpunkter på kärntekniken. I december 1963 anordnade Metallindustriföreningen i Finland och Voimayhdistys Ydin den tredje december en konferensdag som behandlade den nya tekniken. (Se Björklund 1983, s. 153–159 och Ydin-serie 25 och 27).

Efter att ha sammanställt information från olika källor och med kännedom om hans intresse för kärnteknik sökte författaren till denna avhandling upp direktör Björklund strax före årsskiftet 1963–64 och bad honom arrangera ett samarbete mellan metallindustriföretagen i Finland, något som jag ansåg nödvändigt för att trygga den inhemska industrins intressen när det gällde det kommande utbyggandet av kärnkraft i Finland. Det samarbete jag eftersträvade var av den typ som *Dietrich* refererar till *Van de Ven* definierade: ”linking together different parts of the organization to accomplish a collective set of tasks” (*Dietrich*, 2007, s. 21).

Men det skulle ännu dröja ett tag innan några konkreta åtgärder kunde vidtas.

7.3.2 Canadian General Electric

Sommaren 1963 besökte försäljningschef *Roy Olsen* från Canadian General Electric vårt land och kontaktade olika instanser, speciellt Imatran Voima och Ekono. Han kunde ge så pass intressanta uppgifter om sitt bolags erfarenheter som leverantör av de kanadensiska på natururan och tungt vatten baserade kärnkraftverken, att ett avtal följande år kunde slutas mellan Imatran Voima och Canadian General Electric. Avtalet stipulerade att förutsättningarna för byggandet av ett kärnkraftverk med eleffekten 275 MW, placerat på Landskatan i Ahlais liksom dess koppling till kraftproduktionen i Finland, skulle studeras i detalj.

Kraftverket skulle använda natururan som bränsle och tungt vatten som moderator (*Michelsen & Särkikoski*, 2005, s. 71–72). Ekonos expertis utnyttjades även i denna synnerligen omfattande ”Feasibility Study”, vilket gav arbetet en större trovärdighet inom den privata industrin. Från Imatran Voima deltog bl.a. direktör *Pentti Alajoki* och chefen för bolagets forskningsavdelning, *Lasse Nevanlinna*, samt diplomingenjörerna *Jaakko Ihamuotila* och *Kalevi Numminen* och från Ekono tekn.lic. *Olavi Vapaavuori*. A. Ahlström Osakeyhtiö (*D. Jäfs*), Tampella (*K. Koivisto*) och Valmet (*U. Konttinen*) deltog även.

Ihamuotila och Vapaavuori var senare aktiva inom Canadian General Electrics projekt Venture (se 2.2 ovan) medan Kalevi Numminen deltog i planerandet av anläggningen, även han i Kanada. Projektet engagerade en stor del av

vårt lands experter helt eller delvis; cirka 5 000 mantimmar, varav huvuddelen ingenjörstimmar, satsades totalt. Projektet resulterade i en synnerligen omfattande och informationsrik slutrapport, som utvisade att ett kärnkraftverk var konkurrenskraftigt i jämförelse med ett kolkraftverk. Det var intressant och lärorikt för deltagarna, men något konkret beslut resulterade det inte i.

7.3.3 Finlands Atomindustrigrupp och Oy Finnatom Ab

Professor Laurila höll ett intresseväckande föredrag om kärnkraftens möjligheter vid den så kallade metallunchen den 8 maj 1963. Den 21 juli 1965 föreslog ASEA:s kommersiella direktör *Curt Mileikowsky* vid ett besök hos direktör *Björklund* att företagen inom Finlands verkstadsindustri skulle bilda ett konsortium tillsammans med ASEA. Inom ramen för detta konsortium kunde sedan en lämplig arbetsfördelning överenskommas. Han lovade att detta konsortium skulle få betydande beställningar till atomkraftverksprojekten både i Finland och i Sverige. I september 1965 diskuterades dessa förslag vid ett möte hos Finlands Metallindustriförening.

Den 24 januari 1966 grundade åtta företag ett konsortium med namnet Suomen Atomiteollisuusryhmä – Finlands Atomindustrigrupp, FAIG. Men ASEA lyckades inte komma med i konsortiet. FAIG fungerade som ett nätverk. Två arbetsgrupper grundades, en administrativ och en teknisk grupp. Till medlemmar i den förstnämnda utnämndes direktör *Erik Holmström* (Oy Wärtsilä Ab), direktör *Martti Hyvärinen* (Oy Strömberg Ab) och vicehärads- hövding *Lauri Pöyhönen* (Rauma-Repola Oy).

Till medlemmar i den tekniska gruppen utsågs diplomingenjörerna *Daniel Jåfs* (A. Ahlström Osakeyhtiö), *Kaarlo Koivisto* (Oy Tampella Ab) och *Uolevi Konttinen* (Valmet Oy).

Torsdagen den 17 februari 1966 godkändes konsortialavtalet varefter på förslag av Ekonos verkställande direktör *Sven-Olof Hultin*, teknologie licentiat *Uolevi A. Luoto* utsågs till chef för konsortiet.

Finlands Atomindustrigrupp, FAIG, var synnerligen aktiv under de närmast kommande tre åren (Björklund, 1983, s. 153–159 och Hufvudstadsbladet, 01.04.1966). Men hösten 1969 var gruppens medlemmar mogna att ta följande steg i utvecklingen. Flera representanter för de utländska bolag som deltog i förhandlingarna om Lovisa 1 hade försökt klarlägga Finlands Atomindustrigrupps roll i sammanhanget. Man frågade sig hur en sammanslutning som saknade juridisk status skulle kunna ta ansvar för de stora order som den eftersträvade. Noterande dessa synpunkter liksom Imatran Voimas åsikt beslöt gruppens medlemmar hösten 1969 att omvandla Atomindustrigruppen till ett aktiebolag.

Den 16 december 1969 hölls Oy Finnatom Ab:s konstituerande möte på Oy Tampella Ab:s kontor, Södra esplanaden 10, i Helsingfors. I mötesprotokollets fjärde paragraf konstaterades att Handels- och industriministeriet den 23 sep-

tember 1969 stadfäst bolagets bolagsordning, varför beslöts att bolaget anmäls till handelsregistret och att verksamheten startas.

Enligt sjätte paragrafen valdes följande medlemmar och personliga suppleanter i bolagets styrelse fram till följande ordinarie bolagsstämma (Finnatom, 16.12.1969):

Direktör *Bjarne Th. Nyman*, suppleant professor *Olli Ant-Wuorinen* (A. Ahlström Osakeyhtiö),
Diplomingenjör *Matti Nuutila*, suppleant diplomingenjör *Raimo Tuuli* (Oy Nokia Ab),
Diplomingenjör *Väinö Lassila*, suppleant diplomingenjör *Paavo Holmström* (Rauma-Repola Oy),
Filosofie magister *Matti Suila*, suppleant diplomingenjör *Harry Lindeberg* (Oy W. Rosenlew Ab),
Diplomingenjör *Lars-Erik Hukkinen*, suppleant diplomingenjör *Alpo Kännö* (Oy Strömberg Ab),
Vice verkställande direktör *Nils Björklund*, suppleant diplomingenjör *Kaarlo Koivisto* (Oy Tampella Ab),
Direktör *Tor Mikael Kaipainen*, suppleant diplomingenjör *Jaakko Ihamuotila* (Valmet Oy),
Direktör *Per Olof Roos*, suppleant direktör *Johannes Brotherus* (Oy Wärtsilä Ab).

Vid Oy Finnatom Ab:s styrelsemöte den 15 januari 1970 på A. Ahlström Osakeyhtiös kontor, Södra esplanaden 14 i Helsingfors, valdes herrar Nyman (ordf.), Björklund och Roos till medlemmar i styrelsens arbetsutskott.

Ytterligare beslöts, att till den kommission som på bolagets vägnar skulle sköta de kommande förhandlingarna med V/O Technopromexport, utse herrar Jåfs, Koivisto och Luoto. Som anmälningsärende konstaterades att bolaget registrerats den 9 januari 1970 (Finnatom, 15.01.1970).

Vid bolagets styrelsemöte den 13 april 1970 i hotell Marskis Eliaskabinett i Helsingfors valdes herr Nyman till styrelseordförande och herr Nuutila till viceordförande för bolaget fram till följande ordinarie bolagsstämma (Finnatom, 13.04.1970).

Vid bolagets styrelsemöte den 20 april 1970 på Oy Wärtsilä Ab:s kontor, Sörnäs strandväg 11 i Helsingfors, utnämndes följande personer till medlemmar i bolagets teknisk-kommersiella kommitté:

DI *Daniel Jåfs*, suppleant DI *Folke Pettersson* (A. Ahlström Osakeyhtiö),
DI *Raimo Tuuli*, suppleant DI *Mikko Hurme* (Oy Nokia Ab),
DI *Paavo Holmström*, suppleant DI *Esko Määttänen* (Rauma-Repola Oy),

DI *Leif Bengtsson*, suppleant DI *Harry Lindeberg* (Oy W. Rosenlew Ab),
 DI *Alpo Kännö*, suppleant DI *Antti Potila* (Oy Strömberg Ab),
 DI *Kaarlo Koivisto*, suppleant utnämndes senare (Oy Tampella Ab),
 DI *Jaakko Ihamuotila*, suppleant utnämndes senare (Valmet Oy),
 DI *Magnus Hanses*, suppleant DI *Heikki Kuvaja* (Oy Wärtsilä Ab)
 (Finnatom, 20.04.1970).

Den inhemska verkstadsindustrins mest betydande företag hade härmed genomfört de organisationsmässiga åtgärder som, utan att ensamma vara avgörande, dock utgjorde en förutsättning för att man skulle kunna få de kommande stora beställningarna på atomkraftverksutrustning.

7.3.4 Kotkan Höyryvoima Oy

I början på 1965 uppgjorde Ekono på uppdrag av industrin specifikationer för ett kärnkraftverk på 300 MWe med Mussalo nära Kotka som tänkt placeringsort. Tolv företag hade reserverat cirka 200 MWe av kraftverkets effekt och ytterligare ett antal bolag och kommuner hade anmält sitt intresse. Som reaktortyper hade Ekono valt två alternativ, tryckvattenreaktor (PWR) eller kokare (BWR). Avsikten var att Kotkan Höyryvoima Oy skulle be erfarna reaktorleverantörer ge offert.

Hösten 1965 förde industrins representanter förhandlingar med Imatran Voima Oy, varvid olika möjligheter för samarbete vid byggandet av kärnkraftverk diskuterades. Ett alternativ innebar att industrin skulle ha köpt en betydande post aktier i Imatran Voima.

Efter att närmare ha undersökt de finansiella implikationerna av ett sådant förfarande avstod industrin dock från denna möjlighet. Ekono undersökte även möjligheterna att överföra elenergi från Sverige till Finland via Åland. Detta projekt realiserades dock inte.

Även allmänheten hölls informerad om det undersökningsarbete gällande det kommande atomkraftverket som bedrevs. En artikel i Hufvudstadsbladet den 29 januari 1966 med rubriken "Första atomverket 1971. Vattenkraften hotar sina" var belysande för detta. Ett foto visar en del av "atomhjärntrusten" vid Ekono, dvs. teknologie licentiat *Olavi Vapaavuori* och diplomingenjörerna *Norman Westerberg* och *Runar Näsman*.

Näsman framhöll att atomkraftens konkurrenskraft och det ökade kraftbehovet förutsatte att vårt första atomkraftverk borde vara i drift senast 1971. Därefter borde man bygga nya kraftverk på 300 MWe vart annat eller vart tredje år för att i början på 1980-talet övergå till större enheter. Olavi Vapaavuori konstaterade att allmänheten har många vanföreställningar om atomkraftverken och deras strålning. Ett atomkraftverk är ett kraftverk, det är ingen bomb. Norman Westerberg framhöll att ett kolkraftverk på 300 MWe förbrukar om-



Figur 27. En del av Ekonos "atomhjärntrust". Från vänster tekn.lic. Olavi Vapaavuori, dipl.ing. Norman Westerberg och dipl.ing. Runar Näsman. (Hufvudstadsbladet, 1966).

kring 300 000 ton kol, medan ett atomkraftverk av samma storlek som bränsle bara behöver cirka 30 ton natururan i året (Hufvudstadsbladet, 29.01.1966).

7.3.5 Industrins El-Konsortium

Industrins representanter var hela tiden aktiva inom kraftsektorn. Voimayhdistys Ydin tillsatte 1965 en kommitté med uppgift att överväga industrins möjligheter att delta i de kommande atomkraftsprojekten samt att förbereda en organisation lämpad för detta ändamål. Generaldirektör *Bengt Rehbinder* (A. Ahlström Osakeyhtiö) blev ordförande för kommittén, vars övriga medlemmar var *Lauri Forsblom* (Oy Tampella Ab), *Pentti Hintikka* (Pohjolan Voima Oy), *Sven-Olof Hultin* (Ekono) och *Göran Stjernschantz* (Föreningsbanken).

Som ett resultat av kommitténs arbete hölls det konstituerande mötet för Industrins El-Konsortium den 14 juni 1966.

Generaldirektör *Bengt Rehbinder* blev ordförande för styrelsen och verkställande direktör *Pentti Hintikka* vice ordförande. Följande femton industri-företag blev medlemmar i konsortiet: A. Ahlström Osakeyhtiö, Etelä-Suomen Voima Oy, Kajaani Oy, Oy Kaukas Ab, Kotkan Höyryvoima Oy, Kymmene

Aktiebolag, Oy Nokia Ab, Pargas Kalk Ab, Pohjolan Voima Oy, Rauma-Repola Oy, Oy W. Rosenlew & Co Ab, Oy Wilh. Schauman Ab, G. A. Serlachius Oy, Oy Tampella Ab och Yhtyneet Paperitehtaat Oy.

Den första november 1966 utnämndes diplomingenjör *Birger Smeds* till verkställande direktör för konsortiet. En undersökning bland konsortiets medlemmar visade att grundandet av ett bolag med avsikt att bygga ett atomkraftverk med en kapacitet på 300 MWe var realistiskt i detta skede. Industrins El-Konsortium gjorde den 17 oktober 1967 en framställning härom till statsminister Rafael Paasio utan att få något svar.

Åtminstone en del av de utländska företag som diskuterade kärnkraftsleveranser med Imatran Voima var även beredd att ge offert till konsortiet. Ekono utredde på uppdrag av konsortiet olika möjligheter att placera ett kommande atomkraftverk. Padva i Bromarv, Kopparnäs i Ingå och Olkiluoto i Eurajoki var aktuella, men även Rekisalo vid Päijänne intresserade. Detta projekt liksom Kotkan Höyryvoima Oy:s planer förföll dock eftersom det blev allt mera klart att staten hade gett Imatran Voima Oy förtur (*Björklund, Westerholm & von Bonsdorff*, 1994, s. 34–35).

7.3.6 Industrins Kraft Ab

Industrin förblev emellertid inte överksam. På *Tampellas* initiativ sammankallades styrelsen för Industrins El-Konsortium till ett konstituerande möte för ett nytt aktiebolag Teollisuuden Voima Oy – Industrins Kraft Ab den 23 januari 1969. Sexton medlemmar i konsortiet, som nu hade gjort sitt, anslöt sig som grundande aktieägare till det nya bolaget. Styrelseordförande blev Oy Nokia Ab:s verkställande direktör, bergsrådet *Björn Westerlund* och vice ordförande A. Ahlström Osakeyhtiös generaldirektör, bergsrådet *Bengt Reh binder*.

Bolaget fick till uppgift att bygga kraftverk och eltransmissionslinjer samt leverera elkraft till självkostnadspris åt aktieägarna. Bolagets styrelse tillsatte ett arbetsutskott för att förbereda den kommande verksamheten som syftade till byggande av kärnkraftverk.

Ordförande för utskottet blev *Björn Westerlund* och medlemmar *Nils Björklund* (Tampella), *Pentti Hintikka* (Pohjolan Voima), *Paavo Honkajuuri* (Rauma-Repola) och *Kurt Svanjung* (Kymmene Aktiebolag). Diplomingenjör *Magnus von Bonsdorff* utnämndes den 15 maj 1970 till vice verkställande och följande år till verkställande direktör för bolaget.

Magnus von Bonsdorff hade en omfattande erfarenhet inom atomenergiområdet. Han hade arbetat inom Marvikenprojektet i Sverige i början på 1960-talet och efter tre år i *Winfrith* i Storbritannien utnämnts till forskningschef vid Finlands Atomindustrigrupp och fortsatt i denna position även vid det nybildade Oy Finnatom Ab.

I november 1970 kom diplomingenjör *Erkki Vaara* och 1971 bl.a. teknologie licentiat *Olavi Vapaavuori* och diplomingenjör *Ilkka Mikkola* i bolagets tjänst. Teknologie licentiat *Ami Rastas* anställdes följande år (Björklund, Westerholm & von Bonsdorff, 1994, s. 36–39).

8. DEN INHEMSKA VERKSTADSINDUSTRINS ROLL

Den inhemska verkstadsindustrin hade starka intressen att bevaka när det gällde utbyggnaden av kärnkraften. Det var viktigt att bevara och helst förstärka den roll vår industri intagit som leverantör av utrustning och tjänster vid den rätt långt genomförda utbyggnaden av vatten- och mottryckskraften i vårt land. Industrins representanter försökte få gehör för dessa åsikter på flera olika sätt och på olika nivåer.

Speciellt i fallet Lovisa blev den inhemska industrins insats en av de mest betydande faktorerna vid de avgöranden som de beslutande instanserna fattade. Det är motiverat att framhålla att industrins åsikter även noterades såväl av Imatran Voima som av politikerna. Och den bristande kompetensen hos den sovjetiska leverantören kompensterades av de inhemska leverantörernas egna eller utifrån förvärvade kunskaper, något som beslutsfattarna förväntade sig. Därtill kan man med skäl påstå att de inhemska leveranserna var en delförklaring till de utomordentligt goda driftsresultaten i Lovisa (se avsnitt 4.3 ovan).

Hur utövade industrin sin påverkan på beslutsfattarna? Vilka kanaler utnyttjades och vad blev resultatet av dessa påverkningar? De diskussioner som författaren förde i samband med de med olika personer genomförda intervjuerna ledde till uppställandet av följande hypoteser beträffande den inhemska verkstadsindustrins roll:

1. Industrins representanter och organisationer utförde ett effektivt lobbyingsarbete, som med stöd bl.a. av Atomenergikommissionen och dess medlemmar (*Laurila, Jauho, Hultin*) påverkade de politiska beslutsfattarna och Imatran Voima, vilket ledde till att
2. Beslutsfattarna insåg att industrin kunde stå till tjänst med den kompetens som behövdes bl.a. för att ersätta den kompetensbrist som den sovjetiska leverantören i ett antal fall uppvisade; därtill kan noteras att:
3. Industrins leveranser inverkade positivt på de utomordentligt goda driftsresultaten, speciellt i Lovisa.

En fjärde hypotes, som skulle utsäga att de goda driftsresultaten såväl i Lovisa som i Olkiluoto gjorde det möjligt att fortsätta utbyggnaden, behandlas inte här närmare eftersom den ligger utanför ramen för denna undersökning.

Påvisbara resultat är till hjälp när man vill få stöd för sin argumentering. Vår industri kunde med skäl hänvisa till framgångsrika insatser vid fullgö-

randet av krigsskadeståndslieferanserna. Vatten- och mottryckskraftverk hade byggts i egen regi och exponentialmilan liksom FiR I samt leveranserna av komponenter till de första kärnkraftverken i Sverige hade visat att industrin kunde svara även på de mest krävande utmaningar.

Alla till buds stående kanaler användes för att få fram budskapet till beslutsfattarna. Industrins representanter samarbetade med – och påverkade – Imatran Voimas ledning och experter i ett flertal utredningsprojekt (se avsnitt 7.3, 7.3.1 och 7.3.2 ovan). Och författaren kan av egen erfarenhet intyga att jordmånen för denna verksamhet inte var ofruktbar, tvärtom. Mottagarna av budskapet var snarast entusiastiska. Olika organisationer kontaktade politiker och framhöll de positiva sysselsättningseffekterna liksom de strategiska fördelarna av en betydande inhemsk andel av planering, tillverkning och montage.

Promemorior med faktauppgifter överstyrdes till de kompetenta tjänstemännen och regelbundna uppvaktningar hos handels- och industriministern stod på programmet. Reaktionerna var även i dessa fall synnerligen positiva. Orsakerna var uppenbara för de involverade personerna inklusive de olika beslutsfattarna.

Besök i Moskva och Novo-Voronesh och diskussioner med de sovjetryska förhandlingarna hade visat på klara brister på kompetens inom vissa områden.

Föredrag av inhemska och utländska experter framhävde de västliga konkurrenternas beredskap att koppla in den inhemska industrin, något som pressen och därmed även den stora allmänheten givetvis noterade. Den sovjetryska parten hölls underrättad om dessa strömningar av våra förhandlare och av våra politiker

Pressens inflytande bör härvid med skäl poängteras. Redan vid de inledande förhandlingarna i Moskva i februari 1966 refererade professor Laurila till våra tidningar som, väl informerade om säkerhetsfilosofin i väst, även de bl.a. krävde att atomkraftverket måste utrustas med kontainment. Strålsäkerhetscentralen, med dr. Antti Vuorinen i spetsen, höll konsekvent fast vid den västerländska säkerhetsfilosofin, vilket i kombination med president Kekkonens prioritetskrav (först Lovisa, sedan Olkiluoto) innebar att vår industris medverkan blev en kritisk faktor (se avsnitt 4.3 ovan och 8 nedan).

Men är de här framförda åsikterna enbart hypoteser utan bevisvärde? Vilka resultat kunde den inhemska verkstadsindustrin uppvisa? Författaren vill här endast nämna några exempel. Huvudcirkulationspumparna, laddmaskinerna, kontainmenten, iskondensatorerna, datasystemen, simulatören och de övriga beställningarna tillsammans med totalbilden är bevis nog. Leveranserna till Lovisa blev klart mera omfattande än leveranserna till Olkiluoto, som ju hade en helt annan bakgrund.

Men en reservation bör dock göras. Den inhemska verkstadsindustrins ansträngningar (konkretiserade i och med grundandet år 1966 av Finlands Atomindustrigrupp, FAIG, och 1969–70 av Oy Finnatom Ab, FA) att övertyga de andra aktörerna i kombination med behovet att kompensera bristerna på sovjettryckt håll var inte hela förklaringen till det lyckade slutresultatet. Den samsyn som rådde i vårt land, den fosterländska anda som genomsyrade alla involverade instanser, under hela den tid som projektet pågick, var även den en del av förklaringen. De facto begränsades den inhemska andelen i Lovisa-projektet närmast av statens förmåga att garantera finansieringen.

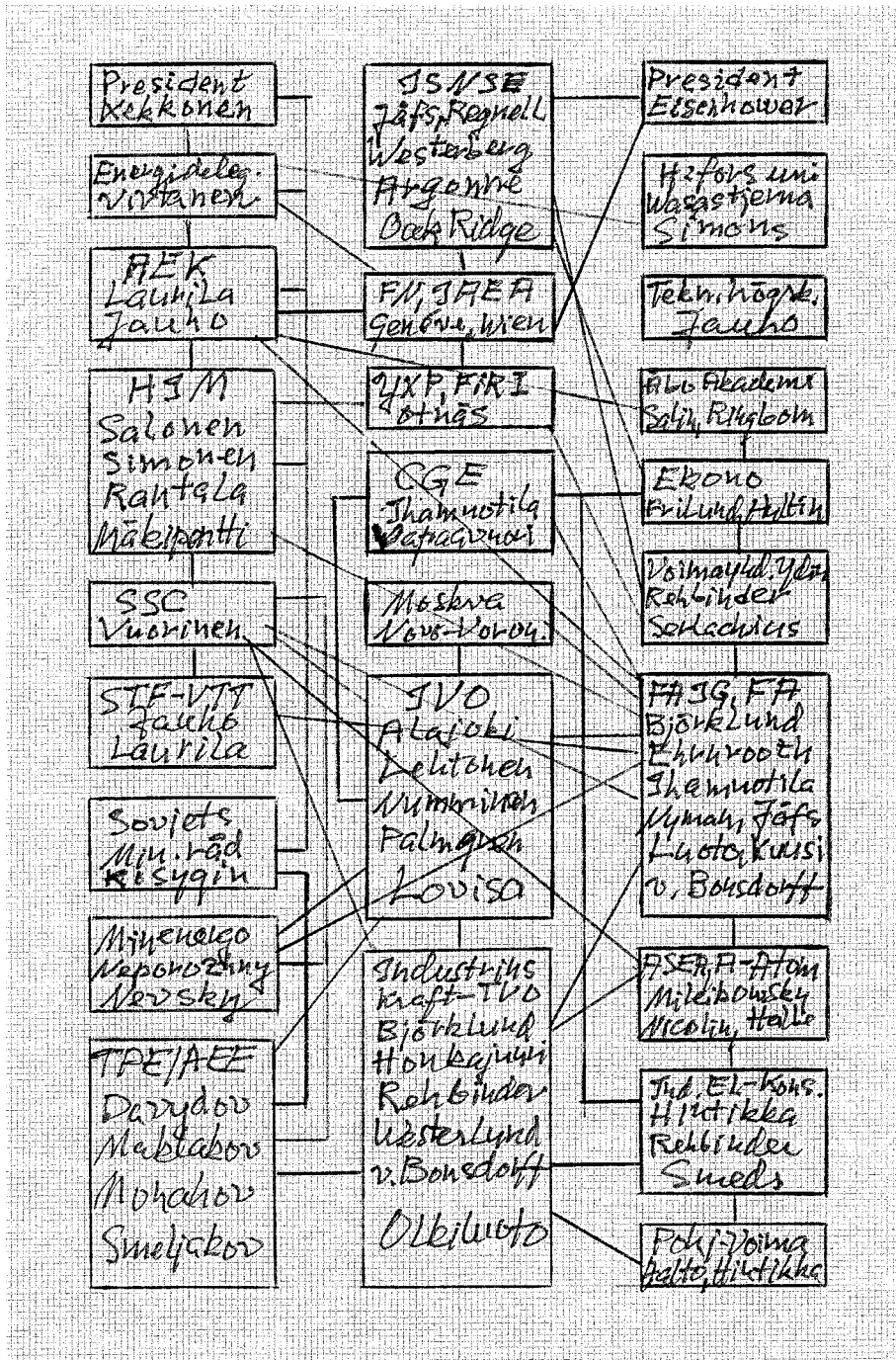
Och hur motivera påståendet att de inhemska leveranserna var en delförklaring till de goda driftsresultaten i Lovisa? Statistiken ger ju ett svar: bäst i världen! Sålunda var energiutnyttjningsfaktorn för Lovisa 1 år 2006 93,3 procent och för Lovisa 2 samma år 88,6 procent och medelvärdet klart över 90 procent (Strålsäkerhetscentralen, 2007, s. 16, 17, 29). Den här anförda faktorn anger den producerade elenergin i förhållande till den energi, som hade kunnat produceras, ifall anläggningen skulle ha verkat med nominell effekt under hela den betraktade tiden (se även bilaga 5, figur 73).

Författaren önskar, förutom till de av *Anders Palmgren* använda driftsprinciperna, även referera till samma Palmgrens spontana förklaring: ”Herr *Timperi* fanns till hands i Karhula”. Detta torde kunna generaliseras så, att inhemska experter fanns till hands och kunde vid behov med kort varsel kallas till Lovisa (respektive Olkiluoto). Att de uppställda hypoteserna är väl underbyggda framgick av författarens direkta erfarenheter och bekräftades av intervjuresultaten.

Den inhemska verkstadsindustrin, representerad av Finlands Atomindustrigrupp resp. Finnatom kunde via sitt kontaktnät påverka de andra aktörerna och därmed utvecklingen. FAIG (resp. FA) fungerade i sin tur som ett eget nätverk inom detta stora nätverk (se avsnitt 4.4 ovan).

Figur 28 illustrerar det stora nätverk som bildades av olika organisationer (och personer) involverade i introduktionen av kärnkraften i Finland.

Redan en snabb blick på figuren visar att ett flertal organisationer och personer med olika bakgrund var involverade i introduktionen. Samspelet dem emellan försvårades av att en del av dem representerade olika kulturer och av att det geografiska avståndet i vissa fall var betydande. Likartade problem har behandlats bl.a. av Ruuska & al., varvid sådana begrepp som kulturella, socio-kulturella och geografiska avstånd samt den negativa inverkan de tenderar att förorsaka har analyserats (Ruuska & al., 2009). Avstånd av antydd art mellan de olika aktörerna blev dock inte ett avgörande hinder för introduktionen. De förenades i sina ansträngningar av en utomordentligt stark vilja att lyckas och av en tro på kärnkraftens möjligheter.



Figur 28. Huvudsakliga organisationer (och personer) involverade i introduktionen av kärnkraften i Finland. (Daniel Jäfs).

9. DEN EGENTLIGA INTRODUKTIONEN

9.1 Lovisa 1: Första skedet

Imatran Voima var vårt lands största kraftbolag med vattenkraft och kolkraft som bas. Bolaget ägde även ett omfattande eltransmissionsnät. Bakom Imatran Voima stod ju dessutom finska staten, som kunde bistå med garantier och hjälpa till i de ofta komplicerade förhandlingarna med berörda stater.

Bolaget svarade på Kotkan Höyryvoimas utmaning den 15 juli 1965 med ett meddelande att man bett om offert på ett kärnkraftverk med effekten 300 MWe och med alternativt natururan eller svagt anrikt uran som bränsle.

Offertförfrågningarna som postades den 22 juli var riktade till elva företag. Några av dessa lät bli att offerera, några andra sände ofullständiga offerter, bland dem Sovjetunionen som endast överlämnade ett till Finlands regering riktat memorandum från den politiska ledningen. Enligt detta memorandum, som senare kompletterades, var Sovjetunionen beredd att delta i ett samarbete som hade som mål att bygga ett kärnkraftverk med en effekt på 400 MWe.

Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft (AEG), ASEA, Canadian General Electric och Westinghouse/Siemens sände i detalj utarbetade offerter, de två första hade lättvattenkokare som basenheter med svagt anrikt uran som bränsle, medan de andra två föreslog natururanreaktorer.

En specialistgrupp under ledning av Imatran Voimas forskningschef *Lasse Nevanlinna* utvärderade offerterna. Medlemmar i gruppen var bl.a. teknologie doktorerna *Erkki Aalto* och *Erkki Vaara* samt diplomingenjörerna *Göran Fagerholm*, *Antero Jahkola*, *Jaakko Ihamuotila* och *Kalevi Numminen*.

Sovjetunionen visade stor aktivitet på det politiska planet hösten 1965. *Statsrådet* reagerade positivt och på dess rekommendation utsågs en delegation bestående av representanter för Imatran Voima, verkstadsindustrin och Handels- och industriministeriet. Medlemmar i atomdelegationen, som avreste till Moskva tisdagen den 22 februari 1966, var professor *Erkki Laurila*, ordförande, teknologie doktor, sedermera professor, *Pentti Malaska* (Atomenergikommissionen), vice verkställande direktör *Pentti Alajoki*, diplomingenjörerna *Antero Jahkola* och *Kalevi Numminen* samt tolken *Konstantin Lembidakis* (Imatran Voima Oy), teknologie licentiaterna *Bjarne Regnell* och *Olavi Vapaavuori* (Tekniska högskolans reaktorkonstitut respektive Ekono), diplomingenjörerna *Ilkka Mäkipentti* (Handels- och industriministeriet), *Daniel Jåfs* (A. Ahlström Osakeyhtiö), *Kaarlo Koivisto* (Oy Tampella Ab) och *Uolevi Konttinen* (Valmet Oy), de tre sistnämnda även som representanter för Finlands Atomindustrigrupp.



Figur 29. Atomdelegationen i Moskva 1966. (Författarens arkiv).

I Moskva anslöt sig ambassadsekreterare *Yrjö Väänänen* till sällskapet.

Pressen (Helsingin Sanomat, 23.02.1966), liksom Hufvudstadsbladet (27.01 samt 23.02.1966), rapporterade givetvis om resan. Figur 29 visar delegationen med värdar i Moskva.

Delegationen besökte förutom Kurchatovinstitutet i Moskva även två andra betydande kärnforskningscentra, Obninsk och Melekes. Det sistnämnda, som var speciellt känt för sin utveckling av snabba reaktorer, var beläget cirka 800 km öster om Moskva. Men den mest givande resan inom landet företogs till Novo-Voronesh, en stad belägen cirka 600 km från Moskva, men i riktning syd.

Novo-Voronesh skulle, med sina fyra tryckvattenreaktorer av typ VVER, bli bekant för många finländska ingenjörer. Det var frapperande att se den med helt vanliga glasfönster försedda och i klassisk rysk stil utformade reaktorbyggnaden. Vi var ju vana vid att se kraftreaktorer som i enlighet med västerländsk säkerhetsfilosofi hade ett "containment", en inneslutning av stål eller armerad betong för att klara av alla rimliga olyckor. Ingångsdörren till reaktorhallen vaktades dock av en uniformerad och beväpnad vakt. Se figur 30.

Olavi Vapaavuori hade med sig utrustning för mätning av radioaktiviteten och kunde konstatera att aktiviteten var alarmerande hög, speciellt nära huvudcirkulationspumparna. Dessa enheter var helkapslade pump-motorenheter som även till sin storlek var respektingivande. Trots sin storlek utgjorde deras otillräckligt stora tröga massa även ett problem (något som Anders Palmgren



Figur 30. Atomkraftverket i Novo-Voronezh 1966. (Författarens arkiv).

klargjorde för författaren vid en intervju). Professor Erkki Laurila liksom författaren noterade den speciella konstruktionen hos dessa pumpar. Det var ingen tillfällighet att A. Ahlström Osakeyhtiö i samarbete med Finlands Atomindustrigrupp och med finansiering delvis från Atomenergikommissionen några år senare vid Ahlströmlaboratoriet i Karhula byggde en provstation där de av oss utvecklade huvudcirkulationspumparna genomgick årslånga prov vid fullt driftstryck och driftstemperatur i skalan ett till ett. Jag hade för övrigt förmånen att vara ansvarig för detta utvecklingsprojekt åren 1970–74. Till saken hör att våra pumpar till sin konstruktion helt skiljde sig från de ryska enheterna.

De långa tågresorna Moskva–Melekess–Moskva och Moskva–Novo-Voronezh–Moskva var givetvis rätt tråkiga – detta trots att gruppens goda sångare och några flaskor champagne något höjde stämningen. Tågresorna gav emellertid även ett annat positivt resultat. Delegationen fattade ett enhälligt beslut som innebar att Atomtekniska Sällskapet i Finland grundades. Beslutet bekräftades vid ett möte i Tekniska Föreningens Finlandiakabinett den 24 maj samma år, varvid professor *Pekka Jauho* blev sällskapets första ordförande.

I Moskva kunde vi vila ut på vårt hotell som låg nära Röda torget. Professor Laurila hade tilldelats en svit med tillhörande flygel som han trakterade med bravur. Åhörarna stampade takten och några av de mera vigulanta ynglingarna dansade ripaska. Följande dag kunde våra värdar berätta att finnarna hade haft hästar på hotellrummet i andra våningen.

Resan till Moskva, Obninsk, Melekess och Novo-Voronezh gav delegationen



Figur 31. Stadsdirektör K.-G. Wahlström i Lovisa nöjd med avtalet med Imatran Voima. (Författarens arkiv).

en första uppfattning om forskningens och teknikens nivå i Sovjetunionen.

Medlemmarna i gruppen tvingades medge att de ryska värdarna behärskade sin kärnfysik och troligen även den tillhörande tekniken. Men speciellt montaget av den konventionella delen av kärnkraftverksenheter i Novo-Voronesh, med sina snett monterade ventiler, gav ett negativt intryck. Men det största frågetecknet måste vi sätta för den ryska säkerhetsfilosofin. I diskussionerna med de ryska experterna framhöll akademiker Laurila att de finska myndigheterna kommer att kräva att varje kraftverksreaktor som installeras i Finland måste förses med *skyddsinnestutning* som i väster var brukligt.

Våra strålsäkerhetsexperter med *Antti Vuorinen* i spetsen höll senare konsekvent och med framgång fast vid denna ståndpunkt. Detta faktum förklarar kanske varför minister *Mauno Koivisto* konstaterade att det sovjetrys-

ka atomkraftverket inte innebar någon säkerhetsrisk (Suomi, 2001, s. 66).

Imatran Voimas utvärderingsgrupp fortsatte sitt arbete våren 1966 och kom till det preliminära resultatet att tyska *AEG:s* offert tog första platsen i tävlingen med ett beräknat elpris på 1,801 penni per kWh. Silver fick *ASEA* med 1,815 p/kWh, medan den engelska offerten med 1,834 p/kWh intog bronsplatsen. Sovjets *Technopromexport* blev fjärde med 2,038 p/kWh. Imatran Voima meddelade efter ytterligare utredningar officiellt att *AEG*, *Canadian General Electric* och *Westinghouse* skulle gå till finalen och att bolaget avsåg att fatta beslut i saken i slutet på 1966 eller i början på 1967. Orten där det kommande kärnkraftverket skulle byggas hade även blivit klar. Efter årslånga förberedande undersökningar och tidvis hårda förhandlingar – bolaget hade även försökt köpa *Sunds gård* i *Porkala by* (*Hufvudstadsbladet*, 28.01.1966) – hade Imatran Voima stannat för *Hästholmen* utanför *Lovisa* (*Hufvudstadsbladet*, 08.06.1966). Stadsstyrelsen godkände den 29 juni 1966 bolagets offert som innebar 1,1 miljon mark kontant betalning. Såväl Imatran Voima som Lovisa stad hade orsak att vara nöjda med affären. Bolaget hade lyckats pruta

ned priset betydligt och staden kunde förvänta sig en allt livligare verksamhet inom affärlivet och framför allt större skatteinkomster.

Figur 31 visar en nöjd stadsdirektör i Lovisa.

Stadens sommargäster var däremot allt annat än nöjda. Ett 50-tal stugägare berördes av det underskrivna köpebrevet, som dock innehöll stipulationer om de ersättningar som skulle utbetalas till stugägare som blivit lidande på affären. Imatran Voima köpte de facto efter förhandlingar med ägarna ett flertal stugor som låg nära det blivande kraftverket. Finlands Atomindustrigrupp och senare Finnatom hyrde i flera års tid av bolaget en sommarstuga som låg vid stranden alldeles nära atomkraftverket.

Finlands Atomindustrigrupp och dess medlemsföretag hade kontakt med de olika reaktorleverantörerna via förhandlingar i eget land och under de resor som företagens representanter företog.

Författaren deltog i Förenta Nationernas atomkonferenser i Genève 1958, 1964 och 1971 liksom i ett flertal studieresor i Voimayhdistys Ydins regi. Finlands Atomindustrigrupp och senare Oy Finnatom Ab ordnade utställningar exempelvis inom ramen för "nuclear scandinavia" i Basel 1969 och 1972, varvid företagens produkter visades med hjälp av modeller och planscher.

Se figurerna 32, 33, 34. Figur 35 visar bl.a. de finländska deltagarna i Foratomkongressen i Florens 1973.



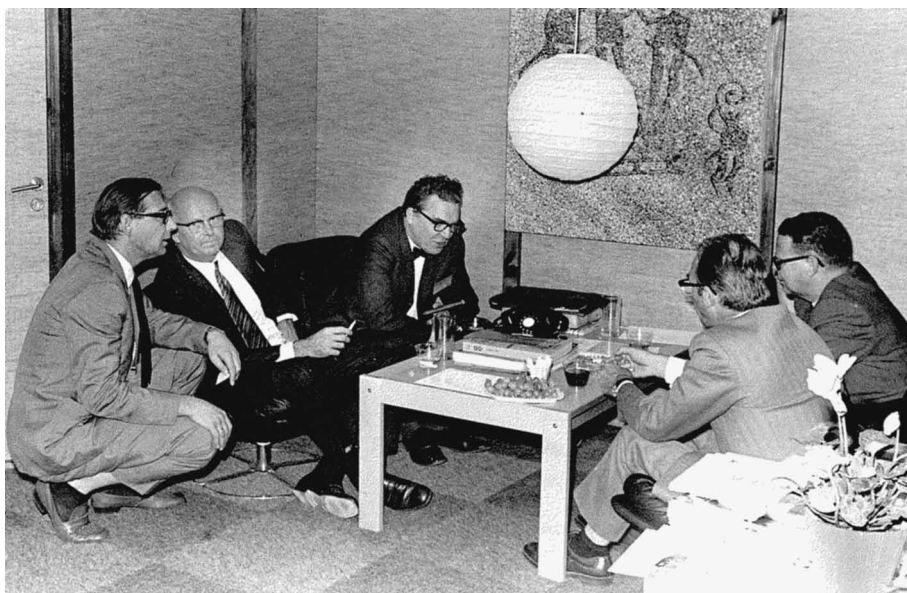
Figur 32. Finnatom och nuclear scandinavia i Basel 1969. (Författarens arkiv).



Figur 33. Finnatom och nuclear scandinavia i Basel 1969. (Författarens arkiv).

I detta skede när såväl Imatran Voima som Industrins El-Konsortium var aktiva var det inga svårigheter att få kontakt med de utländska bolag som försökte få order från Finland.

ASEA utarbetade nya ekonomiska kalkyler och tog fram nya tekniska lösningar. Detta var helt i enlighet med Finlands Atomindustrigrupps intressen. Men också Technopromexport förbättrade sina värden. Den 31 oktober 1966 överlämnade AEG, Canadian General Electric och Westinghouse sina offerter såsom överenskommet var. Men dessutom tog Imatran Voima emot anbud



Figur 34. Den fjärde atomkonferensen i Genève 1971. Från vänster dipl.ing. Martti Mutru, verkställande direktör Uolevi Luoto, professor Erkki Laurila, tekn.lic. Bjarne Regnell och direktör Bjarne Th. Nyman. (Författarens arkiv).



Figur 35. Foratomkongressen i Florens 1973. Från vänster i andra raden tekn.lic. U. Luoto, dipl.ing. K. Numminen, dipl.ing. R. Hyvärinen och fru Hyvärinen. I tredje raden till vänster författaren. (Författarens arkiv).

från såväl ASEA som Technopromexport. Det sistnämnda företaget gav inom kort tilläggsuppgifter som innebar att dess anbud föreföll konkurrenskraftigt.

Imatran Voima hade även med hjälp av konsulter satt sig in i bränsleproblematiken. Resultatet blev att tyska AEG, trots att dess reaktorkonstruktion både i tekniskt och ekonomiskt hänseende var förstklassig, inte mera var den självskrivna vinnaren. Kommande transporter av reaktorbränsle till Finland var en politiskt mycket känslig fråga.

Canadian General Electric drog sig ur tävlingen, som enligt bolagets åsikt inte varit fair. I stället inkom United Kingdom Atomic Energy Authority med en komplett offert den 23 mars 1967. UKAEA:s konstruktion var mycket intressant ur den finska verkstadsindustrins synvinkel. Liksom den kanadensiska konstruktionen lovade dess teknik en stor inhemska andel. Dessutom var den i ekonomiskt hänseende i detta skede den mest förmånliga.

Våra handelsförbindelser med Storbritannien var ju även traditionellt mycket livliga. Det blev även klart att UKAEA var berett att återköpa det använda reaktorbränslet (UKAEA, 1958, s. 16). Men problemet var att prototypen för den offererade reaktorn, the Steam Generating Heavy Water Reactor, SGHWR, först nu stod färdig att tas i drift i Storbritannien. Finlands Atomindustrigrupp och dess medlemsföretag hade under 1965–69 livliga kontakter

med alla de potentiella reaktorleverantörer som deltog i offerttävlingen (och som även gav information åt Kotkan Höyryvoima, Industrins El-Konsortium och Ekono).

Ett godkännande av UKAEA:s anbud, eller av ASEA:s för den delen, hade definitivt varit i gruppens intresse. *Marcus Wallenberg* hade meddelat finansminister *Koivisto* att svenska staten gav ASEA sitt stöd och kunde reducera den finska krigsskulden till Sverige, något som även skedde i juni 1967 (Koivisto, 2008, s. 151–152).

Sovjetunionen var också synnerligen aktiv. Technopromexport förbättrade sin offert och lovade sköta bränsleförsörjningen. Utrikeshandelsminister *Patoljjev* lät förstå att Finland kunde få bygga två pappersfabriker i Sovjetunionen. I mars 1967 framförde ambassadör *Kovalev* för president *Kekkonen* sin regerings bestämda åsikt, enligt vilken det inte var önskvärt att företag från Förenta Staterna, Väst-Tyskland eller någon annan stat i väster skulle leverera ett atomkraftverk till Finland (Suomi, 2001, s. 62).

Imatran Voima Oy kom våren 1967 underfund med att ett atomkraftverksprojekt i Finland inte kunde avgöras på tekniska och kommersiella grunder. Vid en extraordinarie bolagsstämma den fjärde april 1967 beslöts att atomkraftverket inte skulle beställas på basen av de offerter man fått. Statsmakten hade ingripit på ett avgörande sätt och lagt ärendet att vila på obestämd tid (Suomi, 1994, s. 484–485). Aamulehtis rubrik den trettionde mars 1967 var belysande för den allmänna reaktionen: ”Ydinvoimalakiista Skandaalin Par-taalla. Sähkösaanti vaarassa” (Aamulehti, 30.03.1967). Om man vill vara kritisk kan man förstås påstå att upphandlingsprocessen sköttes alltför rutinmäs-sigt och utan tillräckliga förberedelser. Men bolaget agerade dock bona fide (Bergelin & Consortes, 1956, s. 454).

9.1.1 Finlands industri som atomkraftverksleverantör

Efter Imatran Voimas beslut den fjärde april 1967 var läget minst sagt prekärt. Statsmakten var i detta skede beredd att låta industrin klarlägga sina möjlighe-ter att inta en mera central roll i utvecklingen. Den femte september samma år placerade Handels- och industriministeriet hos Finlands Atomindustrigrupp en beställning som förutsatte att gruppen skulle utreda Finlands industris möjligheter att som huvudleverantör leverera ett atomkraftverk inklusive dess reaktor sålunda, att forsknings-, konstruktions- och byggnadsarbetet i största möjliga utsträckning utfördes med inhemska krafter, dock så att man i ound-gångliga fall tryggar sig till utländsk experthjälp och till utländska leveranser. Finlands Atomindustrigrupp mobiliserade sina egna och sina medlemmars experter för det mottagna uppdraget. Ekono anlätades vid utarbetandet av forskningsrapporten, som därtill baserade sig på expertutlåtanden och andra informationer bl.a. från följande källor:

- ASEA
- Automaatiotoimisto A. Hakala
- Professor Pekka Jauho
- Lokomo Oy
- Insinööritoimisto J. Pöyry & Co. Ky
- Oy Rastor Ab
- Stal-Laval Turbin AB
- Oy Teollisuus-Huber Ab
- United Kingdom Atomic Energy Authority
- Wallac Oy
- Westinghouse International Atomic Power Co Ltd.

Forskningsrapporten som var på 170 sidor överlämnades till minister *Salonen* den 8 februari 1968 i statsrådets festsal med pressen närvarande (Helsingin Sanomat, 09.02.1968, se även Hufvudstadsbladet, 09.02.1968). Rapporten framhöll att vårt lands byggnads- och metallindustri traditionellt har stått för utbyggandet av vår kraftproduktion.

När vatten- och kondenskraften i framtiden kommer att ersättas med atomkraft skulle ett köpande av denna nya teknik i sin helhet från utlandet innebära betydande valutautgifter, minskning av arbetstillfällena och ett uteslutande av vår industri från ett tekniskt krävande och sålunda för utvecklingen fruktbart område. Det var sålunda uppenbart att det med hänsyn till utvecklingen av vår nationalekonomi vore motiverat att sträva till en lösning som i så stor utsträckning som möjligt involverade vårt lands industri i utbyggandet av atomkraften.

9.1.2 Modell för verksamheten

För genomförandet av atomkraftverksprojektet föreslog rapporten följande verksamhetsmodell:

1. Imatran Voima fungerar som huvudkoordinator och beställer byggnadsarbetena av en kontraktör.
2. Imatran Voima beställer reaktoranläggningen av ett av medlemmarna i Finlands Atomindustrigrupp grundat aktiebolag, Atombolaget.
 - Atombolaget gör ett samarbetsavtal med det företag som Imatran Voima valt att planera reaktoranläggningen, varvid bolaget levererar delleveranser från utländska och inhemska leverantörer med största möjliga inhemska andel.
 - Atombolaget sluter ett avtal med den utländska partnern om ledning, koordinering och övervakning av reaktoranläggningsarbetsplatsen.

3. Imatran Voima beställer den konventionella anläggningen (turbogeneratorerna, transformatorstationen och andra icke reaktortekniska aggregat) från utländska och inhemska leverantörer på basen av offerter.
 - Atombolaget kommer i samarbete med Imatran Voima att underhandla med de utländska leverantörskandidaterna om leverans av anläggningens normala delar i avsikt att uppnå största möjliga inhemska andel.

9.1.3 Reaktorläggningen

Rapporten konstaterade att följande tre reaktortyper kan bli aktuella:

1. Kokarreaktorn, BWR,
2. Tryckvattenreaktorn, PWR,
3. Trycktubreaktorn, PTR.

Som bas för jämförelsen mellan de olika reaktortyperna användes huvudsakligen information från ASEA (BWR), United Kingdom Atomic Energy Authority (PTR) och Westinghouse (PWR). Från sovjetiskt håll hade inte information om dess VVER fått i sådan utsträckning, som skulle ha gjort en utredning om den inhemska andelen möjlig. Vad som i denna studie sagts om tryckvattenreaktorn var sålunda endast delvis tillämpligt på VVER.

Den inhemska andelen av totalpriset på reaktorläggningen var mindre än vad andelen av själva aggregaten skulle förutsätta, beroende på att planering och ansvarstagande ökade den utländska insatsen.

Av konstruktiva orsaker kunde en större del (upp till 75 procent) av utrustningen för PTR tillverkas i Finland än vad som var fallet med de andra reaktortyperna (50–60 procent).

Penningmässigt blev den inhemska andelen av trycktubreaktorn 55–65 procent, medan motsvarande siffror för de två andra typerna var 40–55 procent.

Den egentliga reaktordelen visade sig vara billigare i fallet PTR än i fallen BWR och PWR. Kostnaderna för tungt vatten, som PTR krävde, tenderade dock att minska skillnaden.

Vår metallindustri visade sig vara konkurrenskraftig som leverantör av den utrustning som var aktuell.

9.1.4 Övrig utrustning

Den utanför reaktordelen stående utrustningen som Imatran Voima skulle beställa direkt, inkluderade även den utrustning som inte tillverkats i vårt land såsom:

- Turbogeneratorer,
- Matarvattenpumpar,
- Regler- och snabbstopputrustning,
- Grova rörledningar.

Ifall nödig finansiering kunde uppbringas kunde dock kondensor, förvärmningsanläggning, turbinskal och ett antal hjälppaggregat levereras av den inhemska industrin. Det framkom klart att statsmaktens roll när det gällde finansiering av den inhemska andelen var avgörande. Beroende på att turbogeneratorernas kostnader representerade en så stor del av totalkostnaderna för den utanför reaktordelen stående utrustningen, uppskattades den inhemska andelen härav till 50–60 procent, ett relativt lågt värde således.

Byggnadens andel av kostnaderna beräknades bli 10–15 procent. I de utförda kalkylerna beaktades inte kostnaderna för atombränsle, tungt vatten, omsättningskatt respektive finansieringskostnader.

9.1.5 Den inhemska andelen

Med ovan nämnda inskränkning blev de inhemska leveranserna beräknade till minst 50 procent och högst 70 procent av totalkostnaderna för det första atomkraftverket. Den inhemska metallindustrins beställningar skulle bli av storleksordningen 100–130 miljoner mark vid anläggningseffekten 500 MWe eller 200–260 mk/kW. Motsvarande siffror för vattenkraften hade varit 250–350 mk/kW och för kondenskraften cirka 200 mk/kW.

De byggnadstekniska arbetena uppskattades kosta cirka 500 mk/kW i fallet vattenkraft och cirka 80 mk/kW såväl i fallet kondenskraft som i fallet atomkraft. Inte ens den ovan skisserade stora inhemska andelen av leveranserna till det första atomkraftverket var tillräcklig för att motsvara den finska industrins roll vid tidigare kraftverksbyggen.

9.1.6 Konstruktions- och tillverkningsmässiga synpunkter

Maskinleveranserna till kärnkraftverket uppdelades i olika positioner, nämligen:

- a. Atomreaktoranläggningen,
- b. Lager- och transportutrustningen för bränslet,
- c. Behandlingsutrustningen för det radioaktiva avfallet,
- d. Ångturbinanläggningen,
- e. Vattenreningsanläggningen,
- f. Rörledningarna och värmeisoleringen,
- g. VVS-utrustningen,

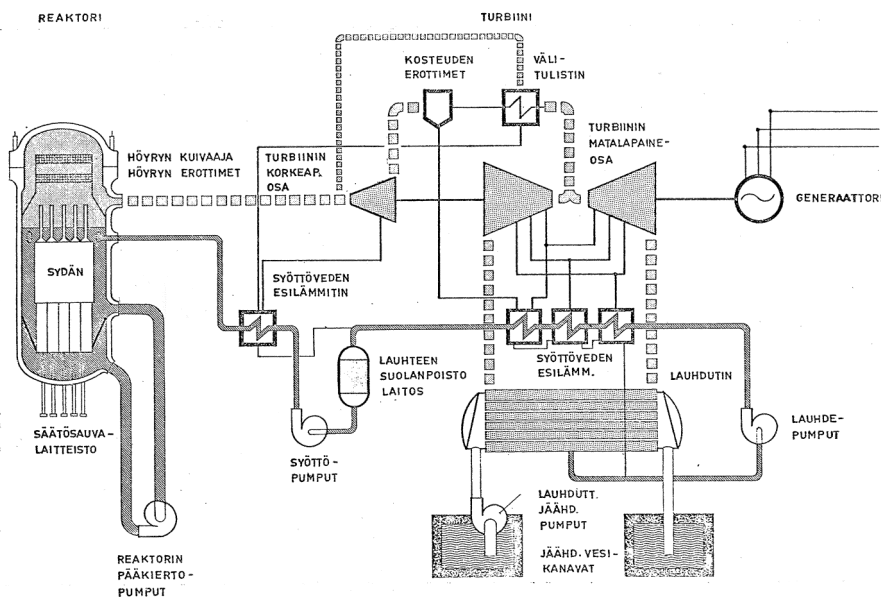
Tabell 6. Tekniska data för BWR, PWR och PTR.

	BWR	PWR	PTR
Tryck, atö	70	160	56
Temperatur, grad. C	285	245	269
Bränslemängd, ton U-235	85	65	80
Anrikningsgrad, %	2,7	3,5	2
Tryckkärl diameter, m	5	3,7	7
Vägg tjocklek, mm	370	350	30
Material	stål	stål	Al

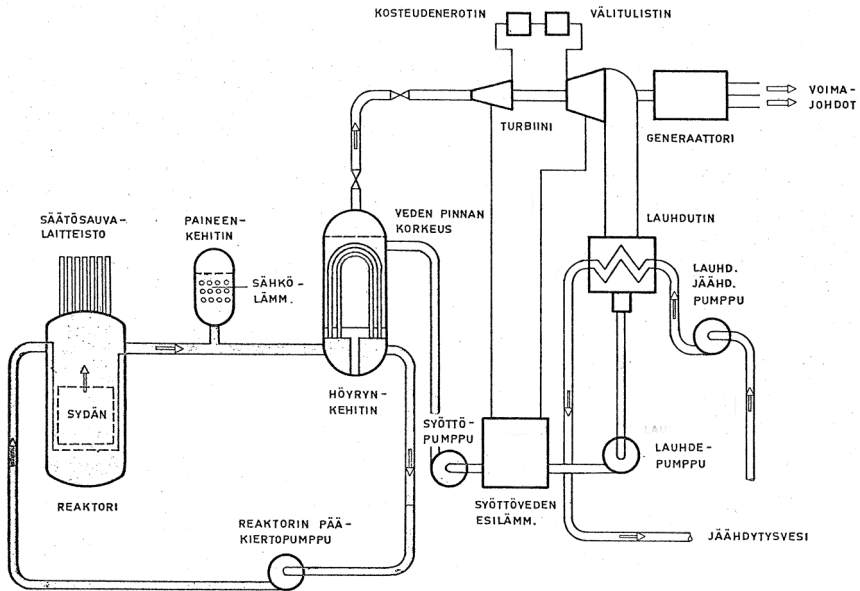
- h. Kranarna,
- i. Mät- och reglerutrustningen.

Tekniska värden för de olika reaktortyperna studerades. Tabell 6 återger typiska värden vid effekten 500 MWe.

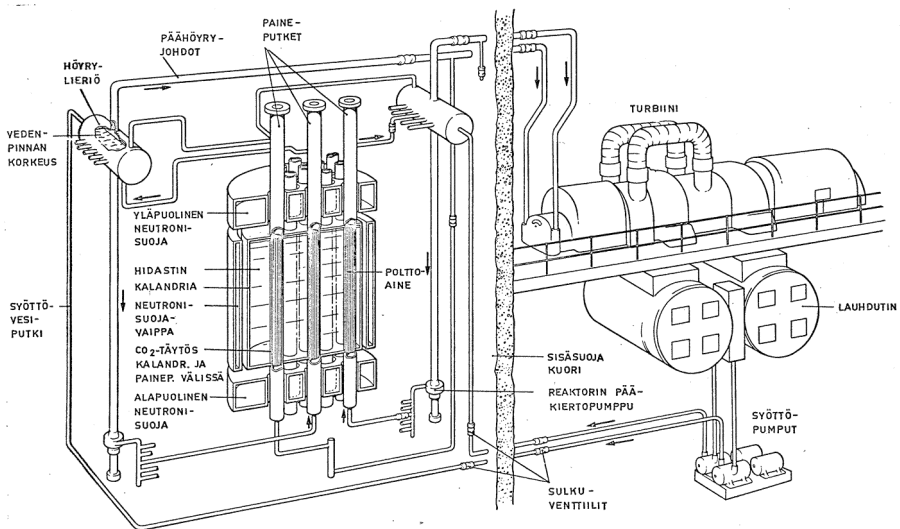
Det bör observeras att tryckvärdena för BWR, 70 atö, och för PWR, 160 atö, gäller inne i reaktortanken, medan trycket 56 atö för PTR råder i trycktuberna. I detta fall gäller diametern 7 m för PTR dess moderatorkärl, den s.k. kalandrian, som står under lågt tryck.



Figur 36. Principschema för kokarreaktor. (Finnatoms arkiv).



Figur 37. Principschema för tryckvattenreaktor. (Finnatoms arkiv).



Figur 38. Principschema för trycktubreaktor. (Finnatoms arkiv).

Figureerna 36, 37 och 38 visar schematiskt uppbyggnaden av de olika typerna av atomkraftverk.

Beträffande planerings- och tillverkningsmöjligheterna konstaterade rapporten bl.a. följande:

- Atomkraftverkets systemplanering måste fås från ett utländskt företag. Detsamma gäller vissa kritiska komponenter såsom reaktorn och turbo-generatorn. Däremot kunde den inhemska industrin konstruera ett flertal komponenter av mera traditionell karaktär.
- Tillverkning av reaktortryckkärl i Finland skulle kräva oproportionerligt stora investeringar och skulle därför bli olönsam. Trycktuberna vore även svåra att tillverka men inte omöjliga. Med referens till de i vårt land tillverkade forskningsreaktorkärnen ansågs en tillverkning av kalandria i Finland realistisk.
- Ånggeneratorerna för tryckvattenreaktorn kunde tillverkas i vårt land om deras storlek begränsas, dvs. om deras antal per reaktor blir tillräckligt stort. Trycktubreaktorns ångdomar kunde tillverkas av vår industri.
- Tillverkning av huvudcirkulationspumparna i Finland skulle förutsätta ett licensavtal med en utländsk leverantör. En stor del av de övriga pumparna i anläggningen – förutom eventuellt matarvattenpumparna – torde kunna tillverkas i vårt land.
- Den inhemska industrin ansågs kunna tillverka reaktorns reglermekanismer.
- Reaktorns interna delar; med referens till den order på interna delar för Oskarshamnreaktorn som ASEA placerat i vårt land hänfördes denna leverans till vår andel i fallet kokarreaktorn. Detsamma gällde däremot inte tryckvattenreaktorns interna delar.
- Trycktubreaktorns kalandria omges av stora och tunga neutronskyddstankar som tillverkas i delar och svetsas ihop på montageplatsen. Dessa behållare kunde med fördel tillverkas i Finland.
- Reaktor-anläggningens hjälpsystem inkluderar ett flertal värmeväxlare, mindre behållare och filter, vilka ansågs kunna tillverkas i vårt land. Motsvarande värmeväxlare och pumpar hade levererats till Marviken och Oskarshamn.
- Utrustningen för lagring och hantering av atombränsle ansågs kunna tillverkas i vårt land.
- Utrustningen för hantering av radioaktivt avfall skulle kunna tillverkas i Finland, men detta skulle förutsätta en viss planerings- och utvecklingsverksamhet.
- Turbinanläggningen utgör en betydande del av ett kraftverk. Den egentliga turbogeneratorn förutsågs bli levererad av någon av de cirka tio leverantörer världen över som konstruerar och tillverkar dessa. Tillhörande kondensor

- kunde den inhemska industrin ta hand om liksom kondensvatten- och kylvattenpumpar. Matarvattenpumparna utgjorde i detta skede ett frågetecken.
- Vår inhemska industri hade levererat vattenreningsanläggningar för konventionella behov och kunde med fördel sköta motsvarande typ av utrustning även för ett atomkraftverk.
 - Rörledningar och ventiler kunde även – förutom de allra största – tas om hand av den inhemska industrin, varvid en hel del råmaterial dock måste importeras.
 - VVS-aggregaten kunde även de till största delen tillverkas i Finland.
 - Tillverkning i vårt land av de behövliga kranarna skulle inte bereda några svårigheter.
 - Av mät- och reglerutrustningen kunde en viss del tillverkas av den inhemska industrin, men en betydande del måste dock importeras. Samarbete med någon utländsk specialist inom området kunde förbättra situationen avsevärt.

9.1.7 Slutomdöme

Finlands industri bedömdes kunna fungera som huvudleverantör för ett atomkraftverk och delta med en betydande del i leveranserna. Den grundläggande planeringen av kraftverket och speciellt konstruktionen av själva reaktorläggningen måste dock bli baserad på samarbete med en internationellt känd och erfaren utländsk organisation.

Den inhemska industrins andel av leveranserna av maskiner och utrustningar bedömdes klart överstiga 50 procent oberoende av vilket reaktoralternativ som valdes. Denna bedömning överensstämde med de åsikter som utländska experter framfört vid sina besök i vårt land och måste därför anses ha varit motiverad ehuru i många stycken optimistisk.

9.1.8 Atombränslet

Utredningen strävade även till att undersöka i vilken utsträckning en inhemsk tillverkning av reaktorbränsle kunde förverkligas. Genast i början konstaterades att uran i brytbara mängder finns i vår bergsgrund. Imatran Voima hade ju haft en viss utvinning av uran i Askola och Atomiernergia Oy i något större skala i Eno.

Natururan består till cirka 0,715 procent av U-235 medan resten är U-238. Bränsleframställningen uppdelades i fyra huvudskeden, nämligen:

1. Framställning av U_3O_8 ,
2. Framställning av uranhexafluorid, UF_6 för vidare anrikning, respektive av urandioxid, UO_2 , för natururanreaktorer,

3. Anrikning av UF_6 .
4. Framställning av bränsleelement varvid i fallet anrikat uran en omvandling till UO_2 krävdes. Se bilaga 3.

9.1.8.1 Brytning av uranmalm

Uranhalten i vår berggrund är i medeltal 5–10 g/ton. Minimigränsen för en ekonomiskt lönsam brytning uppskattades till 0,2–0,3 procent uranhalt. Redan i detta skede, 1967, noterade vi att en kraftig utbyggnad av atomkraften världen över kunde leda till högre priser på uran, något som i sin tur kunde göra brytning av uran lönsam i Finland. Detta skulle innebära att malmen måste anrikas och på kemisk väg överföras till ”yellow cake” vid gruvan, eftersom en längre transport av malmen inte skulle vara lönsam.

9.1.8.2 Framställning av uranhexafluorid och isotopanrikning

UF_6 är under vissa betingelser gasformig och lämpar sig för anrikning av isotopen $U-235$, t.ex. i en gasdiffusionsanläggning. Framställning av uranhexafluorid kräver beroende på processens natur verksamhet 24 timmar i dygnet.

Bl.a. denna omständighet gjorde att gränsen för ekonomisk framställning sattes till cirka 1 500 ton per år. Kostnaderna för transport av uranhexafluorid till en anrikningsanläggning bedömdes vara synnerligen höga, varför en alternativ framställning av UF_4 resulterande i lägre transportkostnader övervägdes.

Anrikning via uranhexafluorid utfördes 1967 endast i USA, Storbritannien, Frankrike och Sovjetunionen. Framställningen innebär att uranhexafluorid i gasform i en flerstegsprocess diffunderar genom ett stort antal membran av rätt kvalitet. För kraftverksreaktorer räcker en anrikningsgrad på 2–3 procent medan bombtillverkningen – som diffusionsanläggningarna ju ursprungligen byggdes för – kräver procenttal långt över 90. Eftersom anrikning av $U-235$ för fredliga ändamål uppskattades kräva en totalt installerad eleffekt på 20 000 MW konstaterade utredningen att en sådan verksamhet inte hade reella förutsättningar i vårt land.

9.1.8.3 Tillverkning av bränsleelement i Finland

Oberoende av om man tillverkar natururanelement eller element hållande anrikat uran måste man via kemiska processer ha kommit fram till urandioxid (med en mjölkaktig och kristallin konsistens). En fabrik med en kapacitet på 200–250 ton per år vore troligen av rimlig storlek. I vår rapport förutsåg vi att en sådan anläggning kunde bli aktuell i Finland reda på 1970-talet. Detta hade dock förutsatt att utbyggnaden av atomkraft hade startat i enlighet med Imatran Voimas ursprungliga planer och att alla reaktorer i vårt land hade varit av samma typ. Med facit i hand vet vi att dessa förutsättningar inte realiserades.

Det kristallina urandioxidpulvret pressas till tabletter, sintras, slipas med rätt tolerans, tvättas och torkas. En fabrik för tablettframställning kunde lämpligen starta med en kapacitet på 50 ton per år vid körning i ett skifte. Kapaciteten kunde senare höjas till den tredubbla via övergång till treskiftesdrift.

Ekonomisk tillverkning förutsågs när det första kraftverket körts igång. Konkurrensen från Asea-Atoms fabrik i Sverige negligerades tydligen.

De färdiga tabletterna laddas i skyddsrör, t.ex. av zircaloy, varefter rören förses med ändstycken som tätsvetsas till rören med argon eller helium som skyddsgas. Processen påminner om de metoder Warkaus Verkstad använde vid "canningen" av bränsleelementen för YXP redan år 1958. Rörmaterialen var då visserligen aluminium, men zircaloy borde inte göra arbetet svårare i avgörande grad. Bränslestavarna monteras sedan ihop till färdiga bränsleelement, som kan väga cirka 300 kg per element. I vår rapport förutsåg vi att en ekonomisk tillverkning av färdiga bränsleelement kunde startas i medlet av 1970-talet.

Upparbetning av använda bränsleelement för att utvinna plutonium behandlades även i rapporten. En dylik verksamhet kunde emellertid inte motiveras för Finlands del. Olika kostnadspositioner vid tillverkning av bränsle-

Tabell 7. Kostnader för tillverkning av bränsleelement i Finland. A: Ursprunglig laddning med 1,2 % anrikning. B: Senare laddning med 2,0 % anrikning. (Suomen Atomiteollisuusryhmä, 1968).

	Mk/kg uran		Inhemsk del mk/kg uran			
	A	B	A		B	
			1975-79	1980	1975-79	1980
U₃O₈						
A = 2,4 kg U ₃ O ₈ , à \$ 7/lb	156		156	156		
B = 4,5 kg U ₃ O ₈ , à \$ 7/lb		292			292	292
UF₆-tillverkning						
A = 2,4 kg U ₃ O ₈ = 3,0 kg UF ₆	24			24		
B = 4,5 U ₃ O ₈ = 5,7 kg UF ₆		46				46
Anrikning						
A = \$ 30/kg x 0,68 kg	86					
B = \$ 30/kg x 1,92 kg		242				
Element-tillverkning						
Tabletter	37	37	37	37	37	37
Kapsling + hopsättning	53	53	53	53	53	53
Rör	100	100				
Övrigt	30	30	30	30	30	30
Inhemsk andel totalt, mk/kg uran			306	330	442	488
% av totala			59	64	53	59

element i Finland för en trycktubreaktor kyld med tungt vatten (SGHWR) sammanställdes i en tabell, vars centrala värden återges ovan i tabell 7.

9.2 Lovisa 1: Andra skedet

Den privata industrin hade givetvis med stort intresse följt med vad som hände. Den 14 april kunde dess representanter vid ett internt möte i Helsingfors konstatera att ett betydande intresse att bygga ett atomkraftverk i privat regi förefanns. Generaldirektör *Bengt Rehbinder*, A. Ahlström Osakeyhtiö, och verkställande direktör *Johan Nykopp*, Oy Tampella Ab, fick i uppdrag att sondera den politiska terrängen hos president *Kekkonen*. Presidenten lät härvid förstå att Imatran Voima hade förtur och att den privata industrin kunde bli aktiv vid en senare tidpunkt. Trots att industrin i detta skede nöjde sig med beskedet, fortsatte den dock sina undersökningar för att kunna skrida till nödiga åtgärder när tiden blev mogen.

Finlands Atomindustrigrupp var även aktiv. Sommaren 1967 förstärktes dess stab i och med att diplomingenjör *Magnus von Bonsdorff* blev chef för forskningsavdelningen. Han hade tidigare arbetat i Sverige med Marvikenprojektet och senare med planeringen av en högttemperaturreaktor i Winfrith i Storbritannien (Björklund, Westerholm & von Bonsdorff, 1994, s. 38, 39, 169).



Figur 39. Finländska ingenjörer på besök i Springfield, Storbritannien, 1968. (Författarens arkiv).

Senare delen av 1967 och början på 1968 var såväl UKAEA som Asea-Atom synnerligen aktiva. Engelsmännen matade beredvilligt Atomindustrigruppen med den information den behövde för sina undersökningar och dess tekniska experter blev förevisade forskningsanläggningarna i Springfield och Risley i Storbritannien. Se figur 39.

ASEA hade redan tidigare beställt en del komponenter för Marviken från den finländska verkstadsindustrin och visade fortsatt vilja till samarbete genom att ge oss förfrågningar på utrustning för Oskarshamnverket. Direktör *Mileikowsky* hade lovat stora beställningar på reaktorns interna delar. Sommaren 1968 besåg president *Kekkonen* i samband med sitt statsbesök i Sverige ASEA:s atomkraftverk i Oskarshamn. *Mileikowsky* framlade under detta besök en plan enligt vilken *Imatran Voima*, ASEA och Finlands Atomindustrigrupp skulle tillsammans planera och bygga ett atomkraftverk i Finland så att den finländska andelen skulle maximeras (*Michelsen & Särkikoski*, 2005, s. 124).

Sovjetunionen visade stor aktivitet även på det politiska planet och *Imatran Voima* förklarade sig berett att motta nya offerter inom december 1968 (tiden förlängdes till januari 1969). Handels- och industriministeriet var införstått med att Finlands Atomindustrigrupp skulle införskaffa offerter från lämpliga leverantörer och som en följd av dessa signaler reste *Daniel Jåfs*, *Kaarlo Koivisto* och *Uolevi A. Luoto* som representanter för Finlands Atomindustrigrupp lördagen den 27 januari 1968 till Moskva för att klargöra läget och få fram en offert från V/O Technopromexport. Tidningarna noterade även nu resan (se *Helsingin Sanomat*, 28.01.1968 och *Hufvudstadsbladet*, 31.01.1968).

Återkommen från resan konstaterade *Jåfs* att den tryckvattenreaktor som Technopromexport inom kort skulle komma att ge offert på starkt påminde om den av Westinghouse offererade reaktorn. Den kunde fungera lika bra som den amerikanska trots att ryssarna valt andra tekniska lösningar (*Vasabladet*, 06.02.1968). Förhandlingarna hade huvudsakligen gällt den finländska industrins andel i kraftverksprojektet samt ansvars- och garantifrågor (*Uusi Suomi*, 04.02.1968).

Verkställande direktör *Heikki Lehtonen* från *Imatran Voima* å sin sida noterade att den sovjetiska offerten beroende på något misstag inte hann bli klar inom januari och att offerttiden förlängts med någon dag (*Helsingin Sanomat*, 31.01.1968). Till saken hörde att såväl ASEA som UKAEA hade varit färdiga att ge sina offerter i tid. Tisdagen den sjätte februari samma år undertecknades ett avtal mellan V/O Technopromexport och *Imatran Voima Oy*, som enligt pressen innebar leverans av Finlands första kärnkraftverk. Enligt avtalet skulle den finländska andelen bli cirka 55 procent. Sovjetunionen lovade ge kredit för sin andel med 20 års amorteringstid och 2,5 procents ränta (*Helsingin Sanomat*, 04.02.1968).

Ett slutgiltigt avtal förutsågs bli underskrivet i slutet av följande år i sam-

band med att Technopromexport och Finnatom (ännu ej grundat) skulle ingå ett separat avtal om leverans av den inhemska andelen (Hufvudstadsbladet, 06.02.1968).

Men att avtalet med Technopromexport inte var slutgiltigt framkom när Hufvudstadsbladet kunde meddela att ordföranden för Imatran Voima Oy:s förvaltningsråd, justitieminister *Aarre Simonen*, bolagets verkställande direktör, bergsrådet *Heikki Lehtonen* samt direktör *Pentti Alajoki* på inbjudan av svenska regeringen skulle komma att besöka Sverige för att studera det svenska atomenergiprogrammet samt atomkraftverk i Sverige (Hufvudstadsbladet, 08.02. 1968). Det är skäl att notera att *Marcus Wallenberg* redan i mars 1967 hade tillställt president *Kekkonen* ett memorandum som argumenterade för den svenska industrin som atomkraftsleverantör, ett förslag som *Kekkonen* sympatiserade med (Suomi, 1994, s. 485–487).

Slutligt beslut om vilken utländsk offert som kommer att ligga till grund vid byggandet av Finlands första kärnkraftverk har ännu inte fattats, skrev Hufvudstadsbladet den åttonde februari och rapporterade att ledningen för Imatran Voima skulle besöka Sverige i medlet på februari (Hufvudstadsbladet, 08.02.1968).

Hufvudstadsbladet noterade även att en sovjetrysk delegation bestående av Technopromexports direktör *Igor Driving*, överingenjör *Gregorij Jermakov* från Sovjets Krafthushållnings- och elkraftverksministerium samt experten på atomforskningsfrågor, *Andrej Suchov*, kommit med tåg till Helsingfors för att förhandla om den sovjetiska atomkraftverksofferten och den finländska andelen (Hufvudstadsbladet, 13.02.1968).

De i projektet involverade parterna förde detaljerade förhandlingar under våren och sommaren 1968. Pressen informerade hela tiden allmänheten om vad som hände, ibland med färgstarka men väl valda uttryck.

I juli inleddes ett nytt varv i atomkraftsverkskarusellen när en expertdelegation under ledning av den sovjetiska utrikeshandelsministern *Vladimir Alchimov* kom till Helsingfors för att diskutera atomkraftverket och beställningarna på el-loken.

Värd på finländsk sida var Handels- och industriministeriets delegation med tf. riksbankschefen *Reino Rossi* i spetsen och bl.a. chefen för Utrikesministeriets politiska avdelning *Risto Hyvärinen* samt bergsrådet *Heikki Lehtonen* och direktör *Pentti Alajoki* från Imatran Voima som medlemmar. Detta besök har kommenterats av olika författare speciellt därför, att man antagit att de sovjetiska experterna erhållit konfidentiell information från finländskt håll. President *Kekkonen* och minister *Leskinen* har härvid utpekats som huvudskyldiga (Suomi, 1996, s. 95–101).

Men samtidigt med den ryska delegationen anlände även Mr. *Keith Norman* och Mr. *Patrick McTighe* från UKAEA för att presentera den engelska

offerten, vars giltighetstid förlängts.

Mr. Norman besökte industriminister *Väinö Leskinen* och framhöll att UKAEA var berett att tillsammans med den finländska industrin bygga en atombränslefabrik i Finland. Svenska ASEA var även fortsättningsvis med och konkurrerade (Hufvudstadsbladet, 03.07 samt 04.07.1968).

Den 25 juli 1968 kom sedan det dramatiska beskedet. Finlands regering beslöt att avslå alla inlämnade anbud och gav i stället *Imatran Voima Oy* i uppdrag att handha kraftförsörjningen fram till år 1975 med konventionella medel (Hufvudstadsbladet, 26.07.1968). En jämförelse av de olika offerterna blev enligt statsrådet omöjlig bl.a. som en följd av att från hela projektet avvikande finans- och handelspolitiska anbud getts och att anbudsgivarna haft olika uppfattning om vad som hörde och icke hörde till offerten. Även i frågor som berörde reaktorns säkerhet rådde olika uppfattning (Suomi, 1996, s. 95–101).

I Lovisa var besvikelsen givetvis stor. Staden hade länge gått och väntat på att byggnadsarbetena skulle inledas och stadsplaneringen för de östliga områdena hade byggts upp med tanke på atomkraftverket. Statsminister *Mauno Koivisto* ansåg att ett atomkraftverk var en alldeles för stor och dyrbar sak för Finland. ”Om vi försöker låta stormakterna tävla sinsemellan, om vi försöker störa den existerande ordningen så går det lätt så att den existerande ordningen stör vår ordning” (Koivisto 2008, s. 154).

Akademiker *Erkki Laurila* fann beslutet förstäligt eftersom den andra omgången av atomkraftverksprojektet inleddes med lika få förberedelser som den första år 1965. Technopromexport sade sig inte vilja kommentera ett ärende som berörde endast Finlands regering.

UKAEA:s direktör Keith Norman sade att beslutet inte alls stämde överens med den information man tidigare fått av framstående politiker i Finland. ASEA ansåg å sin sida att beslutet inte utgjorde någon fara för ASEA eller för det blivande halvstatliga Asea-Atom. Det fanns gott om andra projekt att konkurrera om (Hufvudstadsbladet, 26.07 samt 30.07.1968).

Verkställande direktör *Heikki Lehtonen* hade i slutet av juli sänt ett memorandum åt president *Kekkonen*, statsminister *Koivisto*, industriminister *Leskinen*, utrikesminister *Karjalainen* och justitieminister *Simonen* där han framhöll att offerttävlingens normala principer borde följas. Ifall så inte av politiska skäl kunde anses möjligt och man startar förhandlingar i avsikt att anskaffa ett atomkraftverk från Sovjetunionen, borde man åtminstone se till att man har rätt till ett fritt val när det gäller kommande atomkraftverk.

Det är inte alltför svårt att motivera och framföra kritiska synpunkter på *Imatran Voimas* sätt att handha Lovisaprojektet fram till det negativa beslutet i juli 1968. Men då bör man komma ihåg att även ett flertal politiker bortsett från de politiska realiteter som då var rådande.

9.3 Lovisa 1: Tredje skedet

Medan de företag i väster som deltagit i anbudsgivningen slickade sina sår och våra egna experter försökte återhämta sig från den chock som statsrådsbeslutet den 25 juli 1968 onekligen gett dem, blev Sovjetunionen ingalunda överksam. Såväl via inofficiella som officiella kanaler bearbetades våra beslutsfattare och den allmänna opinionen. Det var betecknande för läget att kommunikationsminister *Paavo Aitio* vid ett besök i Lovisa i april 1969 framhöll att atomkraftverket enligt hans åsikt borde beställas hos den östra grannen.

Den fjärde juni samma år beslöt regeringen inleda förhandlingar om att skaffa kraftverket från Sovjet. En förhandlingsdelegation under ledning av handels- och industriminister *Väinö Leskinen* med akademiker *Erkki Laurila* som viceordförande och diplomingenjör *Ilkka Mäkipentti* som sekreterare utsågs att sköta förhandlingarna. Övriga delegationsmedlemmar var sektionschef *Paavo Rantala* (Utrikesministeriet), verkställande direktör *Heikki Lehtonen*, vice verkställande direktör *Pentti Alajoki* och diplomingenjör Kalevi Numminen (Imatran Voima), doktor *Antti Vuorinen* (Strålsäkerhetscentralen) och diplomingenjör *Magnus von Bonsdorff* (Finlands Atomindustrigrupp). Som tolk fungerade *Viktor Koppe*.

På den ryska sidan om konferensbordet satt bl.a. ordföranden för Sovjetunionens statskommitté för utländska ekonomiska relationer, *S. A. Skatshkov*, ordföranden för Sovjetunionens statskommitté för atomenergi, *Anastas Petrosjants* och generaldirektören för V/O Technopromexport, *A. S. Maklakov*.

Imatran Voimas ingenjörer framställde sina på internationella normer baserade krav gällande de tekniska lösningarna, medan de sovjetiska experterna poängterade att deras erfarenheter och normer var helt tillräckliga. Kravet att reaktorn skulle utrustas med en trycksäker och gastät skyddsinnelutning var en speciell stötesten i förhandlingarna.

Anastas Petrosjants framhöll att de kärnfysikaliska beräkningarna och erfarenheterna från kraftverket i Novo-Voronesh klart bevisat att en katastrofal olycka i en VVER-reaktor inte kunde inträffa. En elak kommentator sade senare att Politbyrån hade förbjudit en dylik olycka. *Erkki Laurila*, *Antti Vuorinen* och Kalevi Numminen krävde dock att den säkerhetsfilosofi som rådde i väster och som bl.a. baserade sig på begreppet "Maximal Credible Accident", maximalt trovärdig olycka, skulle vara riktgivande för reaktoranläggningens konstruktion.

Efter en veckas intensiva förhandlingar och en kort diskussion med ordförande *Skatshkov* meddelade minister *Leskinen* den 23 juli 1969 sin delegation att beställningen gjorts. Detta var ett kritiskt moment för introduktionen av kärnkraften i Finland.

Avtalet i Moskva innebar att Technopromexport förband sig att leverera ett atomkraftverk av typ Novo-Voronesh med effekten 440 MWe försett med

två stycken 220 MW turbiner samt den första bränsleladdningen för reaktorn. Den anläggning som man på detta sätt slöt avtal om, hade i stora drag blivit bekant för de finländska ingenjörerna vid besöken i Novo-Voronesh, men detaljerna var ännu okända. Förutom reaktorskyddshöljet utgjorde också reaktortryckkärlet ett problem i sig. För att kunna transportera reaktortankarna till kraftverken per järnväg måste de tillverkas med en något mindre diameter än vad som var fallet i väster.

Detta ledde till att reaktorkärnen utsattes för en starkare neutronstrålning. På sikt kunde följden bli – och blev – att materialet snabbare blev sprött.

Principerna för beställarens kvalitetskontroll var även helt oklara när avtalet slöts. Den finländska andelen av projektet, inklusive byggnadsarbetena, uppskattades till cirka 180 miljoner mark och totalkostnaderna till cirka 450 miljoner mark.

Den sjätte augusti 1969 godkändes avtalet i regeringens aftonskola i den form Leskinen hade lovat i Moskva. Efter det att principavtalet i juli blivit klart fortsatte förhandlingarna både i Moskva och i Helsingfors, dels mellan Technopromexport och Imatran Voima och dels mellan Imatran Voima och Finlands Atomindustrigrupp och dess medlemsföretag. Gruppens juridiska status klagjordes i och med att den omvandlades till aktiebolaget Oy Finnatom Ab vid årsskiftet 1969–70.

Måndagen den 8 september 1969 anlände en delegation under ledning av ordföranden i Sovjetunionens statskommitté för utländska ekonomiska relationer, *S. A. Skatshkov*, till Helsingfors för att underteckna avtalet om leverans av ett atomkraftverk till Finland och för att diskutera de finländska leveranserna. Medlemmar i delegationen var dessutom ordföranden i Sovjetunionens statskommitté för atomenergi, *A. M. Petrosjants*, Sovjetunionens viceminister för krafthushållning och elektrifiering, *N. D. Maltjev*, protokollchefen för Sovjetunionens kommitté för utländska ekonomiska relationer, *L. N. Masko*, biträdande avdelningschefen för avtalsavdelningen vid samma kommitté, *M. M. Nesterov* samt delegationens sekreterare *Nina Tjirikova*.

Redan tidigare hade Technopromexports generaldirektör, *A. S. Maklakov* och atomexperten, direktör *I. J. Driving*, kommit till Helsingfors (Hufvudstadsbladet, 08.09.1969).

Följande dag undertecknades ett protokoll mellan Finland och Sovjetunionen om samarbete beträffande byggandet av ett atomkraftverk i Finland. Samma dag undertecknades även ett preliminärt avtal mellan Imatran Voima Oy och V/O Technopromexport om leverans av ett kärnkraftverk med effekten 440 MW (Auer & Teerimäki, 1982, s. 297–298).

Pressen kommenterade den process som ledde till detta avtal både sakligt och i en del fall också kritiskt. Såväl Imatran Voima som landets regering fick kritik för att det hela skötts på ett oskickligt och delvis naivt sätt. Statsminister

Tabell 8. Tekniska data för Lovisa 1.

Bruttoeffekt	440 MW
Nettoeffekt	420 MW
Generatorspänning	15,75 kV
Reaktortryck	125 atö
Bränsleförbrukning	29 MWd/kgU
Anrikningsgrad i medeltal	3 %
Termisk produktion	9800 GWh/år
Generatorspänning	15,75 kV

Mauno Koivisto hade ju i juli 1968 medgett att man hade tagit sig vatten över huvudet.

I Lovisa sade stadsdirektör Karl-Gunnar Wahlström att denna dag var en dag som man väntat på som på solens uppgång. Nu kunde planeringen för Atomstaden börja (Nya Pressen, 09.09.1969). Atomkraftverket på 440 MW beräknades kosta 430–470 miljoner mark varav den finländska andelen uppskattades bli 55–60 procent.

Kreditvillkoren för den sovjetiska andelen blev mycket förmånliga med en betalningstid på 20 år och återbetalning i varor samt med en ränta på 2,5 procent. Tidpunkten för kommersiell drift bestämdes till den 30 juni 1976 (Hufvudstadsbladet, 10.09.1969).

Kraftverkets viktigaste tekniska data framgår av tabell 8.

Arbetsfördelningen mellan huvudleverantör och beställare överenskomms principiellt på följande sätt: Technopromexport skulle planera, leverera och installera den kärntekniska ånggenereringsanläggningen med hjälputrustning och den kompletta turbogeneratoranläggningen samt leverera kärnbränsle för 20 år.

Imatran Voima skulle svara för planeringen som helhet och planera och bygga det trycksäkra skyddshöljet samt utföra övriga byggnadstekniska arbeten. Dessutom skulle Imatran Voima planera, anskaffa och installera alla eltek-niska anläggningar och instrument (Hufvudstadsbladet, 10.09.1969). Imatran Voima måste även få statsgaranti för det av Technopromexport beviljade lånet. Efter omständiga förhandlingar lyckades detta. Staten garanterade det långfristiga lånet på 54 miljoner rubel den 19 december 1969 sedan riksdagen gett sitt godkännande.

Imatran Voima genomförde i början på januari 1970 en genomgripande organisationsförändring. Diplomingenjör *Tauno Rask* blev chef för värme-kraftprojektet och diplomingenjör *Kalevi Numminen* för atomkraftprojektet. Atomprojektgruppens medelålder var under 30 år och Numminen själv var endast 39 år gammal. Det var inte ägnat att förvåna att president *Urho Kekkonen* (enligt fru Numminen) vid ett möte utbrast: ”Du är ju ung.”

Tabell 9. Av Finnatom 17.09.1970 till Technopromexport sålda utrustningar och system.

Havsvattenvärmeväxlarna	Appendix n:o 1.01
Kran, belastning 250/30 t	Appendix n:o 1.02
Strålningskontrollsystemet	Appendix n:o 1.03
Vattenreningssystemet	Appendix n:o 1.04
Havsvattenpumparna	Appendix n:o 1.05
Huvudcirkulationspumparna	Appendix n:o 1.06
Luftkonditioneringsystemet	Appendix n:o 1.07

Underställda Kalevi Numminen arbetade som enhetschefer teknologie doktor *Erkki Aalto*, allmän planering, diplomingenjör *Kalervo Nurmimäki*, montageplanering, diplomingenjör *Paul Laine*, tidtabeller och kostnadskontroll, diplomingenjör *Perttu Simola*, systemplanering, teknologie licentiat *Heikki Väyrynen*, kärnteknik, teknologie licentiat *Bjarne Regnell*, reaktorsäkerhet, diplomingenjör *Sakari Hyyryläinen*, kemi och materialteknik. Ansvariga för arbetena i Lovisa blev *Unto Kautovaara* och *Ingmar Carling*.

Atomprojektgruppen, som kom att omfatta närmare 200 ingenjörer, var underställd vice verkställande direktören för Imatran Voima, diplomingenjör *Pentti Alajoki*.

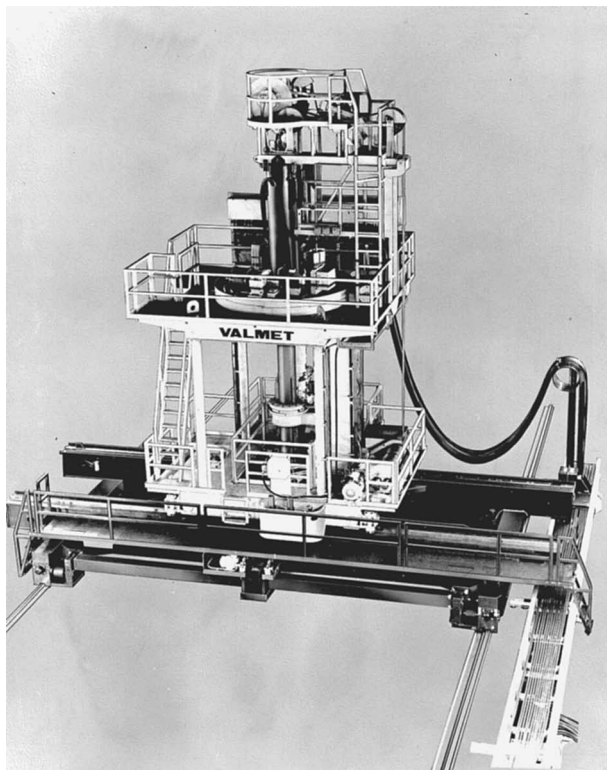
Finnatom förde även intensiva förhandlingar med Technopromexport å ena sidan och med Imatran Voima å den andra. Leveransomfånget begränsades närmast av finska statens vilja att finansiera den inhemska andelen.

9.3.1 Finnatoms avtal med Technopromexport

Den 17 september 1970 underskrevs ett avtal mellan Oy Finnatom Ab och V/O Technopromexport enligt vilket Finnatom sålde och Technopromexport köpte de i tabell 9 nämnda utrustningarna och systemen.

Avtalstexten specificerade att ovannämnda utrustning och system helt och fullt skulle uppfylla de tekniska specifikationer och krav som fanns givna i Appendix 1.01–1.07 till kontraktet eller andra dokument, som hade överenskommit mellan Technopromexport och Finnatom.

Dessutom skulle Finnatom också uppfylla de tekniska krav såväl som krav på kvalitet, ledning, procedurer för kontroll och testning, utformande av dokument och tidtabeller liksom rapportering av framsteg som kontrakt n:o 9 300 mellan Technopromexport och Imatran Voima av den nionde juni 1970 stipulerade, i enlighet med de sektioner och dokument som Finnatom hade accepterat och listat i Appendix n:o 2.0 till avtalet. Garantitiden skulle börja den 30 juni 1976 och pågå 15 000 driftstimmar dock ej mera än två år.



Figur 40. En av Valmet Oy konstruerad och tillverkad laddmaskin levererad till Lovisa. (Finnatoms arkiv).

Totalpriset för den utrustning avtalet specificerade var 4,4 miljoner rubel och var bundet till den dåvarande rubelkursen (1 rubel = 0,987412 gram fint guld).

Avtalet bestämde dessutom att Imatran Voima skulle vara betalare i enlighet med ett protokoll av den 17 september 1970 mellan Imatran Voima, Technopromexport och Finnatom (Contract between V/O "Technopromexport" and Oy Finnatom Ab, 17.09.1970, s. 1-37).

I separata avtal med Imatran Voima överenskom Finnatom senare om leverans till Lovisa 1 bl.a. av utrustning för behandling av radioaktivt avfall, laddmaskin (se figur 40 ovan), skyddsskal med genomföringar, iskondensator, kranar, slussar och instrumentsystem.

Iskondensatorn var ett problem för sig.

För att få ned reaktorskyddshöljets väggjocklek till ett rimligt värde installerades en iskondensator innanför reaktorinneslutningen. Amerikanska Westinghouse gav efter långa och komplicerade förhandlingar licensrättigheten för detta koncept åt Imatran Voima, som i sin tur kom överens med Finnatom och dess medlemsföretag, Oy Wärtsilä Ab, om tillverkning och montage av kondensatorn. När licensavtalet väl rots i hamn stod för teknologie licentiat *B. Regnell*

från Imatran Voima och diplomingenjör *P. Soininen* från Wärtsilä ett beräkningsarbete i turen, som räckte ett och ett halvt år hos Westinghouse i USA.

Ett annat nästan lika svårlöst problem utgjorde atomkraftverkets instrumentering. Imatran Voima underskrev den 30 juni 1970 ett avtal med *Siemens* som gjorde det möjligt att få beprövad tysk teknik för Lovisaverket. Processdatorns planering och programmering utfördes som ett samarbete mellan Statens tekniska forskningscentral, Oy Nokia Ab och Imatran Voima, medan Nokia köpte själva datamaskinen från Storbritannien.

Bland de leveranser som anförtroddes Oy Finnatom Ab och dess medlemsföretag var några speciellt krävande. A. Ahlströms Osakeyhtiö utvecklade, testade och installerade reaktorsystemets huvuscirkulationspumpar för vilka Oy Strömberg Ab levererade elmotorerna. Dessa pumpar, som kunde betecknas som systemets hjärta, pumpade kylvatten till reaktorhärden och kylde denna och vidare till ånggeneratorerna, där det i sin tur avkyldes, och tillbaka till härden. Ifall pumparna skulle stanna och cirkulationen stoppa kunde en katastrof, en härdsmälta, under i övrigt ogynnsamma betingelser vara möjlig.

Författaren, som var huvudansvarig för det mångåriga arbete som krävdes för att utveckla huvudcirkulationspumparna för Lovisa, måste erkänna att han i drömmen någon enstaka natt såg för sig det som senare hände vid Three Mile Island nära Harrisburg i USA, där härden i en av Westinghouse levererad tryckvattenreaktor delvis smalt, lyckligtvis utan att egentliga personskador uppkom.

Men allt gick väl i Lovisa och historien visar att projektet lyckades.

Oy Wärtsilä Ab fick ta hand om leveranserna av iskondensatorn, polar Kranen på 250 ton samt det gastäta stålskal som omslöt reaktorläggningen. Medan problemet med iskondensatorn närmast bestod i det faktum att all know-how fanns hos licensgivaren Westinghouse i USA och arbetet med polar Kranen även innebar ett omfattande och på många sätt besvärligt uppdrag, var svårigheterna med skyddshöljet av annan art.

Arbetet var till sitt omfång enastående i Finland och kanske i hela världen som en följd av VVER-reaktors speciella konstruktion med sex kylvattenkratsar och följaktligen sex huvudcirkulationspumpar och sex ånggeneratorer, vilka till råga på allt var monterade horisontellt.

Westinghouse däremot föredrog vertikala ånggeneratorer och nöjde sig med tre eller fyra cirkulationskretsar i sina projekt.

Det skyddshölje som Wärtsilä monterade i Lovisa innebar ett svetsarbete av för Finland historiska proportioner. Volymen var cirka 75 000 kubikmeter och förbrukningen av stål närmare 1 800 ton.

Sulzer Brothers från Schweiz stod som konsult för planeringen medan Wärtsiläs fabrik i Järvenpää skötte det tekniskt och kvalitetsmässigt oerhört krävande arbetet att svetsa ihop skyddshöljet av stålplåt, som Rautaruukkis fabriker i Brahestad levererade. Ändringar i konstruktionen och strejker hos

materialleverantörer ledde till förseningar och själva svetsarbetet kunde starta först i slutet på år 1971. I februari följande år genomfördes ett lyckat täthetsprov med tryckluft och arbetet godkändes.

Uppdraget att leverera maskinen för laddning av atombränsle innebar en teknisk utmaning för Valmet Oy:s experter med diplomingenjör *Jaakko Ihamuotila* i spetsen. Han hade från 1965 arbetat inom Imatran Voima och bl.a. deltagit i Canadian General Electrics Ventureprojekt (avsnitt 2.2 ovan). När vårt lands regering 1968 avbläste anbudstävlingen om Lovisa 1 övergick *Jaakko Ihamuotila* i Valmets tjänst.

När han sedan år 1973 utnämndes till verkställande direktör för bolaget var han 34 år gammal. Planeringen och tillverkningen av bränslemaskinen blev framgångsrik. Chefskonstruktör *Uolevi Konttinen* hade redan 1963 konstaterat att man för konstruktionsarbete av denna typ behövde kunniga diplomingenjörer (Ydin-serie 27). Denna förutsättning hade Valmet uppfyllt i början på 1970-talet. *Jaakko Ihamuotila*, som senare blev VD och styrelseordförande för Neste Oy och bergsråd, anställde i egenskap av styrelseordförande för Oy Finnatom Ab vid årsskiftet 1974-75 författaren som verkställande direktör för bolaget.

Den inhemska byggnadsindustrin erhöll även betydande uppdrag för Lovisaprojektet. Yleinen Insinööritoimisto hade skapat sig ett namn som erfaren kraftverksbyggarföretag och fick ta emot en order från Imatran Voima som innebar uppförandet av skyddsbyggnaden av armerad betong för Lovisa 1. Storleken på byggnaden som uppfördes som glidgjute var imponerande. Dess ytterdiameter blev 48 meter och vägg tjockleken 60 centimeter. Projektet krävde cirka 11 000 kvadratmeter gjutformar, 1 500 ton stål och 12 000 kubikmeter betong. Arbetet startade hösten 1971 och blev färdigt den 22 oktober.

9.3.2 Kvalitetskontrollproblem och leveransförseningar

Kontrakt n:o 9300 mellan Technopromexport och Imatran Voima specificerade noggrant kraven på kvalitetskontroll och dokumentering. Våra myndigheter tvingades dock i ett tidigt skede konstatera att den ryska parten skötte dessa frågor på ett allt annat än tillfredsställande sätt. Redan sommaren 1968 hade tekn.lic. *Olavi Vapaavuori* i ett till våra för reaktorsäkerheten ansvariga instanser överstyrtd memorandum klart deklarerat sin ståndpunkt:

- Ifall för en detaljerad säkerhetsanalys behövt material och en i detalj gående säkerhetsrapport inte ställs till Imatran Voimas och våra myndigheters förfogande samt
- Ifall vi inte får rätt att tillsammans med utomstående experter följa med och övervaka kvalitetskontrollen även på fabrikerna anser undertecknad som myndighet det inte vara möjligt att bevilja byggnadstillstånd för den sovjetryska anläggningen.

Detta memorandum, som författaren fick av *Olavi Vapaavuori* (intervju med Vapaavuori, 2007) på det villkor att det inte delges tredje part förutom som en del av min avhandling, återges i sin helhet i bilaga 4. Speciellt övervakningen av kvalitetskontrollen på fabrikerna var ett svårlöst problem, som dock i sinom tid kunde lösas via ett avtal med den oberoende sovjetryska instansen Torgprompalata (ryska handelskammaren).

Imatran Voima Oy och *Kalevi Numminen* tvingades redan 1973 konstatera att Lovisaprojektet råkat ut både för stora förseningar och oförutsatta kostnadsökningar. Orsakerna stod att söka i leveransförseningar främst på den sovjetiska sidan, men den inhemska industrin var ej heller felfri. Konstruktionsförändringar, strejker och en stark inflation i Finland ledde till att budgeten överskreds kraftigt. Beträffande investeringskalkyleringens bristande ändamålsenlighet vid stora investeringar refereras t.ex. till Olle Erikssons förtjänstfulla och synnerligen utförliga doktorsavhandling (Eriksson, 2002).

Imatran Voima som statsägt bolag begärde och fick hjälp av ”högsta chefen”. President *Kekkonen* hade redan föregående år framhållit för *Kosygin* att Industrins Krafts beställning av ett kärnkraftverk västerifrån måste påskyndas för att Finlands energiekonomi blivit lidande, eftersom leveranserna för Lovisa var försenade (Suomi, 1996, s. 683). Vid ett besök i Lovisa tillsammans med ministern vid Sovjetunionens Ministerium för energiekonomi och elektrifiering, *Vladimir Neporozhny*, framförde presidenten Kalevi Numminens bekymmer. Minister Neporozhny reagerade positivt och sände omgående sin ”högra hand”, *Vladimir Nevsky*, till Lovisa.

Den i Sovjet för sin effektivitet kända Nevsky, som hade ansvarat för det framgångsrika genomförandet av Belojarskprojektet, satte hårdare fart på de sovjetiska installatörerna i Lovisa (Michelsen & Särkikoski, 2005, s. 217).

År 1974 kännetecknades av ytterligare förseningar och strejker. Oy Huber Ab, som hade ett stort rörledningsarbete på gång, råkade ut för en arbetskonflikt i mars 1974 och i oktober samma år gick en grupp funktionärer som skötte viktiga övervakningsuppgifter i strejk.

Den 22 december ankom reaktortryckkärlet för Lovisa 1 till hamnen i Valkom, ett halvt år försenat. Siemens hade svårigheter med instrumenteringen och Nokia med leveransen av processdatorn. I juni 1975 tvingades Imatra Voima och Atomenergoexport, som övertagit Technopromexports roll i Lovisaprojektet, erkänna realiteterna och skjuta fram datum för färdigställandet av Lovisa 1 med ett halvår till den 15 december 1976. Detta datum framsköttes dock senare med ytterligare nästan ett år.

I detta sammanhang är det opportunt att nämna om ett projekt som inte är omnämnt i litteraturen. Akademiker *Erkki Laurila* utförde på uppdrag av industrin år 1975 en utredning om CANDU-reaktorernas lämplighet för Finlands energiförsörjning.

Professor Laurila gjorde ett omsorgsfullt arbete som den 15 september resulterade i en rapport på närmare 100 sidor. Han konstaterade i sin rapport bl.a. att:

- Fastän reaktorns positiva void-koefficient och problemen med tritium och nödkylsystemets låga tryck kanske inte skulle medföra oövervinneliga problem i Finland, så skulle våra säkerhetsmyndigheter fordra stora förändringar bl.a. i planeringen av kraftverkets byggnader.
- Ifall kraftbolaget vore berett att utföra nödiga förändringar och på allvar gå in för CANDU-typen borde man genast i början i planeringen utgå från Ontario Hydros system och bygga två reaktorer på 600 MWe per station. I anslutning härtill borde en viss kapacitet för tillverkning av tungt vatten planeras. Lagring av använt bränsle i Finland och vore även att rekommendera (Laurila, 1975).

Efter ytterligare studier konstaterade representanterna för Finnatom, Industrins Kraft och Imatran Voima, *Daniel Jäfs, Olavi Vapaavuori och Kalervo Nurmimäki*, att de var av samma uppfattning som *Laurila*, vilket innebar att ett kraftverk av CANDU-typ inte var att rekommendera som bas för utbyggandet av kärnkraften i Finland (Nurmimäki, 12.05.1976).

Byggandet av atomkraftverket i Lovisa visade sig vara ett verkligt storprojekt. Manskapsstyrkan på Hästholmen steg år 1975 till 3 000 personer, medan staden Lovisas befolkning var 9 000 personer. I samförstånd med staden lät Imatran Voima uppföra en barackstad på Hästholmen med bostadsutrymmen för cirka ett tusen personer. Atomenergoexport höll sträng kontroll på sina montörer och gav dem inte rätt att röra sig utanför Lovisa utan specialtillstånd. I barackstaden var de hänvisade till sina egna baracker. Trots att gemensamt kök, bastu, sporthall och television fanns att tillgå var den fleråriga vistelsen på Hästholmen definitivt ingen sinekur för dem.

Installationen av de olika komponenterna gick så småningom framåt och den s.k. hydrotesten av primärkretsen kunde startas i maj 1976. De sex huvudcirkulationspumparna cirkulerade för första gången vatten som värmts till 120 grader genom primärkretsen. Trycket höjdes till det överenskomna provtrycket 191 bar, varefter tätheten kontrollerades vid 137 bar. Provresultaten godkändes den femte juni 1976. Sedan följde en serie prov med hela anläggningen och ett halvt år senare var reaktorn färdig att laddas med kärnbränsle. Statrådet godkände Imatran Voima Oy:s ansökan om driftstillstånd den 18 november 1976 och laddningen kunde börja.

Den första december samma år var laddningen av de 350 bränsleelementen avslutad och reaktorn kunde efter ytterligare en serie prov köras kritisk den 21 januari 1977 kl. 11.20. Effekten höjdes gradvis och den åttonde februari

samma år matades atomelektricitet för första gången till riksnätet (Michelsen & Särkikoski, 2005, s. 221–243). Detta innebar ytterligare *ett kritiskt moment* i introduktionen av kärnkraften i Finland.

9.4 Invigningen av Lovisa 1

Imatran Voima Oy inbjöd till den högtidliga invigningen av Lovisa 1, som skulle ske den 23 mars 1977, ett stort antal gäster representerande Sovjetunionens och Finlands högsta ledning och därtill representanter för de företag och institutioner som deltagit i projektet.

För författaren innebar detta tredje gången gillt; det var tredje gången jag var på plats när president *Urho Kekkonen* som huvudgäst hedrade invigningen av en reaktor med sin närvaro.

Denna gång var dessutom en annan huvudgäst på plats, nämligen ordföranden för Sovjetunionens ministerråd, *Alexej N. Kosygin*.

Direktör *Kalevi Numminen* gav en presentation av kraftverket. Statsminister *Martti Miettunen* höll på den finländska sidans vägnar ett invigningstal där han prisade den anda av förtroende mellan Finland och Sovjetunionen som hade skapats och som det framgångsrika genomförandet av detta projekt hade bevisat.

I reaktorns kontrollrum tryckte de båda hedersgästerna samtidigt på en knapp varvid reaktorns effekt steg från 300 till 340 MW, något som även de utanför reaktorbyggnaden stående hedersgästerna kunde se på stora mätartavlor som monterats på kontorsbyggnadens tak.

Statsminister *Alexej Kosygin* framhöll att kraftverket innebar ett stort steg framåt i det ekonomiska samarbetet länderna emellan och att det samtidigt utgjorde ett ypperligt exempel på internationellt samarbete. Vid festlunchen gav Imatran Voima Oy:s verkställande direktör, *Pentti Alajoki* för de mer än 300 gästerna en översikt av Lovisaverkets historia och utbringade en välkomstskål. Hälsningar framfördes även av representanter för V/O Atomenergoexport, Elektrowatt Engineering Services Ltd., Oy Finnatom Ab, Oy Huber Ab, Arkitektbyrå Erik Kråkström, Siemens Aktiengesellschaft, Strålsäkerhetscentralen, Oy Yleinen Insinööritoimisto och Westinghouse Electric Corporation.

Finnatoms styrelseordförande, Valmets verkställande direktör, *Jaakko Ihamuotila*, noterade att Oy Finnatom Ab levererat komponenter till alla kärnkraftverk i Skandinavien till ett totalvärde av över 500 miljoner mark. Över hälften av detta har levererats till Lovisa. Mätt i förädlingsvärde är andelen till Lovisas fördel dock större, eftersom de andra leveranserna i allmänhet utförts enligt utländska ritningar. I Lovisa har vi däremot haft möjlighet att delta i produktutveckling och konstruktion av de av oss levererade utrustningarna. Jaakko Ihamuotila avslutade sitt anförande med att på de inhemska leverantörernas vägnar framföra en önskan att dessa nu, när kärnkraftverket snart

producerat sin första terawattimme, skulle kunna övergå till nya krävande arbetsuppgifter.

Finland hade nu slutgiltigt stigit in i atomåldern eller med ett annat mera modernt uttryck, i kärnkraftsåldern. Huvudpunkterna i Pentti Alajokis och Kalevi Numminens anföranden fanns samlade i ett prospekt som åtföljde inbjudan till Lovisa.

Högtidligheterna fortsatte ett par dagar senare. Den 25 mars inbjöd Ambassadör och Fru V. S. *Stepanov* till en mottagning på Sovjetunionens ambasad, Fabriksgatan 1 b, i Helsingfors, med anledning av ”Ordföranden för Sovjetunionens Ministerråds, A. N. *Kosygin*s, vänskapsbesök i Finland”. Gästerna var, tyckte jag, nästan lika talrika som i Lovisa och trakteringen riklig.

9.5 Lovisa 2

Arbetena på den andra kraftverksenheten till Lovisa hade kommit igång redan i september 1972 då *Perusyhtymä Oy*, som hade fått ordern på skyddsbyggnaden för denna enhet, startade betonggjutet. Denna gång gick arbetet framåt utan större svårigheter. Perusyhtymä göt betongväggen till en viss höjd och Wärtsiläs svetsare kom sedan och gjorde sin del av jobbet. Sedan fortsatte Perusyhtymä att gjuta, varefter svetsarna kom på nytt osv.

Som ett resultat av detta friktionsfria samarbete kunde tryckproven starta i början på december 1974.

Dåvarande direktören för Wärtsiläs fabriker i Järvenpää, bergsrådet *Georg Ehrnrooth*, återgav vid en intervju 2006 hemma hos mig i Grankulla, livfullt den dramatiska stämningen bland experterna, som i en provisorisk skyddsbunker väntade på att trycket skulle stiga och stabiliseras – eller stålskalet sprängas. Men allt gick väl och provet godkändes.

Lovisa 2 råkade dock ut för liknande problem som den första enheten.

Handels- och industriminister *Jan-Magnus Jansson* hade hänvisande till de rekordsnabbt stigande oljepriserna redan i januari 1974 försökt skynda på arbetena med Lovisaprojektet (Helsingin Sanomat, 24.01.1974). Imatran Voima hade framfört sin syn på de av de sovjetiska förseningarna förorsakade problemen såväl vid ministerns för Sovjets tunga maskinbyggnadsindustri, *P. I. Krotovs*, besök i Lovisa den 18 maj 1976 som vid förhandlingar med ministern för Sovjetunionens Ministerium för kraftekonomi och elektrifiering, *P. S. Neporozhny*, under dennes besök i Finland den 13–19 september 1976. Trots dessa och andra framställningar var stora komponenter ännu olevererade sommaren 1978, när hela kraftverket borde ha varit färdigställt.

Diplomingenjör *Kalevi Nurmimäki*, som hade utsetts till chef för Lovisa 2-projektet, kunde andas ut när Atomenergoexport lovade leverera reaktorkärlet hösten 1978. Men nu tillstötte nya svårigheter. Kvalitetskontrollen hade funnit felaktigheter i denna kritiska komponent, varför reparationer måste

utföras. Resultatet blev ytterligare förseningar och provtryckning och övriga obligatoriska tester kunde slutföras först i april 1980.

Efter att myndigheterna utfört noggranna tilläggsundersökningar beviljade statsrådet den 15 maj 1980 Imatran Voima tillstånd att köra reaktorn, men bara fram till slutet på år 1983. Men problemen tog inte slut med detta. Av Statens tekniska forskningscentral utförda prov gav vid handen att ettans tryckkärl uppvisade felaktigheter i ett antal svetsfogar samt att sprödhet förorsakad av den höga strålningsnivån nära reaktorhärden kunde förkorta reaktorns livslängd från den beräknade 40 år. Efter utförda reparationer och sedan en omändrad härd installerats kunde dock Imatran Voima i slutet på år 1983 med tillfredsställelse konstatera att kärnkraftverkets båda enheter arbetade effektivt och att alla behövliga tillstånd var beviljade av myndigheterna.

9.6 Driften av kraftverket

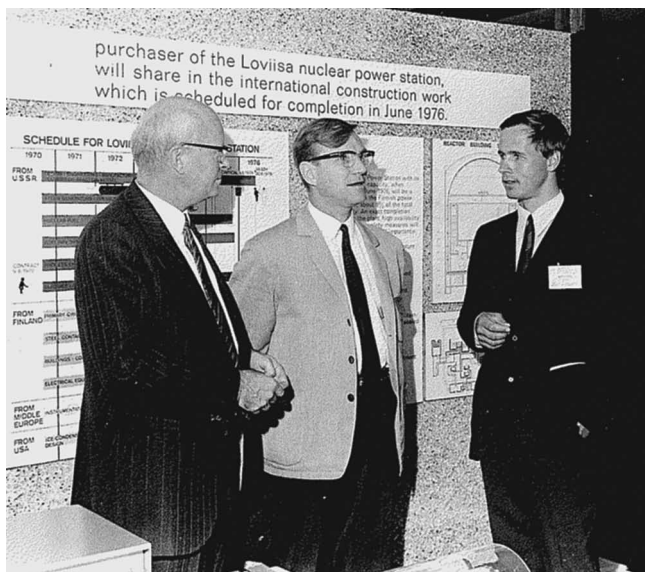
Imatran Voima hade redan i oktober 1971 utnämnt teknologie doktor *Anders Palmgren* till driftschef för kraftverket i Lovisa. Han var till utbildningen kärnfysiker och hade verkat som forskare vid Tekniska högskolans reaktorlaboratorium samt som docent i neutronfysik. Sina kunskaper i reaktorteknik hade han ytterligare fördjupat genom att delta i reaktorkurser i USA och Sovjet.

Doktor *Anders Palmgren* rekryterade sina närmaste medarbetare i ett tidigt skede för att de skulle få tid att genomgå en grundlig utbildning. Diplomingenjör *Jussi Helske* anställdes år 1972 som chef för driftsgruppen. Som expert på kärnbränsle kom *Esko Markkanen*, som studerat i Moskva, i bolagets tjänst följande år. Samma år anställdes teknologie licentiat *Antero Tamminen* och diplomingenjör *Antti Autio*.

Men kärnkraftverket skulle komma att behöva en personalstyrka på ett par hundra man och såväl rekryteringen som utbildningen hade hög prioritet. Imatran Voima köpte ett skolningspaket från Sverige som AB Kärnkraftutbildning hade utvecklat med tanke på de svenska atomkraftverken. Detta omarbetades för finländska förhållanden i samarbete med Statens tekniska forskningscentral och blev grunden för utbildningen i Finland.

När ett tillräckligt antal blivande driftstekniker anställdes startade skolningen först i Lovisa och senare i Novo-Voronesh. Olika grupper av driftspersonal besökte kärnkraftverk i Sverige och i Sovjetunionen. I Novo-Voronesh genomgick grupperna upprepade skolningsfaser som kulminerade i ett direkt deltagande i driften av en av de fyra enheterna där. Doktor *Anders Palmgren* ställde sig speciellt i början kritiskt till Atomenergoexports skolningssystem, något som ibland ledde till hetsiga diskussioner med den sovjetiska motparten. Till slut fick han dock gehör för sina synpunkter och arbetet kunde genomföras effektivt och med önskat slutresultat.

Doktor *Palmgren* kunde sålunda i ett föredrag i Genève vid ENC '86-kon-



Figur 41. Teknologie doktor Anders Palmgren (längst till höger), professor Pekka Jauho och verkställande direktör Uolevi Luoto i Basel 1972. (Författarens arkiv).

ferensen i juni 1986 rapportera att lastfaktorn för kärnkraftverken speciellt i Europa under år 1985 varit helt tillfredsställande: i Belgien 83 procent, i Tyskland 84 procent, i Sverige 75 procent, i Schweiz 85 procent och i Finland 90 procent (Knox, 2005, s. 38). Se även bilaga 5, figur 73.

I sitt föredrag listade han några av de principer han tillämpat under sin långa bana som driftsansvarig för Lovisa:

1. Höga ambitioner fastslagna av driftsledningen, t.ex. bränslebyte på mindre än 20 dagar.
2. Minimering av driftsstörningar bl.a. via
 - goda ledningssystem i allmänhet,
 - motiverande overtidsersättning,
 - God kännedom om alla egenskaper hos kraftverket detaljerade planerings- och kontrollsystem.
3. Utnyttjande av avancerad teknik, t.ex.
 - endoscopisk turbininspektion,
 - diagnostik (vibrationsanalys av turbiner och huvudcirkulationspumpar).
4. Långsamma effektförändringar.
5. God renhållning (omgivningspsykologi).
6. Driftsledningens höga status och goda lön.
7. Tillräcklig personal och rimligt rotation av denna.
8. Hög standard på ledningen.
9. Omgående reaktion på signaler indikerande försämrade prestationer hos kraftverket. (Palmgren, 1986, s. 1–2). Se figur 41.

10. FINNATOMS AKTIVITETER I ÖSTLIG RIKTNING

Såväl till en början Finlands Atomindustrigrupps som senare Oy Finntom Oy:s verksamhet kom av olika skäl att i hög grad rikta sig österut, dvs. mot Sovjetunionen. Detta innebar ingalunda att relationerna västerut skulle ha försummats. Men de kunde skötas på ett mera konventionellt sätt – tillåt mig säga – med normala businessmetoder. Det fanns ett flertal orsaker till att Sovjetunionen var något av ett specialfall. Kontakterna med de sovjetiska organisationerna handhades i enlighet med det system som rådde under den tidsperiod som denna undersökning fokuserar sig på.

Jag anser det motiverat att med några exempel belysa den situation som då existerade. Speciellt vill jag behandla tiden från och med 1975, då jag som verkställande direktör för Finntom kom att i flera fall fungera som talesman för en stor del av vårt lands verkstadsindustri, när det gällde strävandena att utveckla och marknadsföra kärntekniska produkter. Skeendet är i allmänna drag känt, men tack vare den tillgång till ett större antal dokument jag har, kan jag kanske i någon mån belysa en del detaljer som annars aldrig skulle blivit klarlagda.

Finntom liksom dess föregångare, Finlands Atomindustrigrupp, höll tillsammans med medlemsföretagen – framför allt representerade av medlemmarna i den teknisk-kommersiella kommittén – god kontakt med kunder och samarbetspartners. Via utställningar, symposier, konferenser och besök hos potentiella kunder skapades så småningom ett vidsträckt kontaktnät såväl i öster som i väster. Kontakterna speciellt i östlig riktning fick i många fall en mycket officiell karaktär fastän de även någon gång kunde bli mera personliga.

Som exempel på mera personliga relationer nämner jag gärna en privat middag för herr och fru *Jurij Smeljakov* hemma hos författaren, Tegelbacken 31, i Munksnäs. Med mina rudimentära kunskaper i ryska som grund hade jag inövat ett kort tal som jag höll vid bordet på ryska. Möjligen som ett resultat av detta försök att uppnå rätt stämning sjöng fru Smeljakova efter måltiden med sin klockrena röst vackra ryska folksånger. På småtimmarna stämde den kommersiella attachén med sin kraftfulla basröst understödd av värdinnan och värden in i sångerna. Följande dag frågade Eläke-Varmas VD Juhani Kolehmainen, som bodde i samma hus, försynt, om vi blivit kommunister! Föregående år, 1973, hade *Jurij Smeljakov* med fru och herrar *Davydov* och *Safronov* även varit våra gäster på vår sommarstuga på Öjskatan i Oravais skärgård.

Se figurerna 42 och 43.



Figur 42. Jurij Smeljakov förlorar pilkastningstävling mot författarens yngsta son Lars, på Öjskatan i Oravais skärgård i augusti 1973. (Författarens arkiv).

Flera år senare var det *A. S. Maklakovs* tur att besöka Öjskatan. Han hade då efterträtt *Smeljakov* som kommersiell attaché vid ambassaden i Helsingfors, medan *Smeljakov* åter hade efterträtt *Maklakov* som president för Technopromexport i Moskva. *Maklakov* visade sig vara en ivrig fiskare, som i ivern att få fisk inte tvekade att vada ut i havet så att vattnet nära nog steg till axelhöjd. Till saken hör att han då redan var till åren kommen.

Jurij *Smeljakov* gick ett tragiskt öde till mötes. Efter ett par år på sin nya post i Moskva tvingades han enligt uppgift att resa till Schweiz beledsagad av ett par vakter från KGB för att lyfta pengar han deponerat på ett bankkonto där. Pengarna tog KGB hand om, medan Jurij *Smeljakov* blev arkebuserad i Moskva.

Det var ett nöje för mig att höra *Oleg Davydov* vid intervjun i februari 2006 i Grankulla berätta att *Smeljakov* blivit rehabiliterad posthumt och att hans porträtt numera pryder Technopromexports vägg tillsammans med fotona av de andra presidenterna i bolaget. Jurij *Smeljakov* var i mitt tycke en positiv människa, som gjorde en stor insats den finska industrin till fromma.

Det var såväl intressant som nyttigt att närmare lära känna de ryska chefsförhandlingarna. Intressant därför att det visade sig att de var kultiverade personligheter med ett starkt intresse för den finländska naturen. Dessutom var



Figur 43. En varm augustidag 1973 på Öjskatan. Från vänster herr Oleg Davydov, fru Smeljakova, fru Jåfs och herr Safronov. (Författarens arkiv).

det nyttigt att få en uppfattning om våra motspelares sätt att tänka och reagera. Diskussionerna blev ibland både livliga och spirituella. De rörde sig i helt andra sfärer än vad som var betecknande för det system med ”hemryssar” som Kekkoneneran blev känd för bland politikerna.

Men oftast var sammanträffandena av mera formell art.

Den 17 juni 1976 kl. 20.00 stod Finnatom som värd för Atomenergoexports representanter i samband med generaldirektör *Monahovs* och herr *Gavrikovs* besök i Helsingfors. Närvarande vid mötet var: generaldirektör *Monahov*, herr *Gavrikov* (chef för Atomenergoexports Finlandsavdelning i Moskva), herr *Soldatsky* (Atomenergoexport, Helsingfors), DI *Daniel Jåfs*, VD (Finnatom), DI *Paavo Holmström*, direktör (Rauma-Repola), TkD *Juhani Kuusi*, forskningschef (Finnatom), DI *Reino Hyvärinen*, marknadsföringschef (Finnatom), samt tolken *Margarita Salo*.

En sammanfattning av vad som diskuterades vid mötet ges nedan:

Monahov: när det gäller instrumentering borde Ni vara lika modiga som i fallet huvudcirkulationspumpar. Det är onödigt att ge alltför bra arbeten åt tyskarna.

Jåfs: vi är i gång på allvar, men vi kommer att söka en utländsk samarbets-

partner. Vi siktar på att sköta hela kraftverkets instrumentering inklusive planering och genomförande. Vi planerar hålla kommandot i våra händer och själva leverera 80 procent av utrustningen.

Holmström: Rauma-Repola håller på att i detalj förbereda tillverkningen av hela primärkretsen inklusive själva reaktortryckkärlet. Vi räknar med hjälp av andra aktieägare i Finnatom såsom Tampella och Ahlström. Till att börja med torde vi tvingas ta hjälp av någon utländsk expert på området, men så småningom kommer vi att flytta en allt större del av tillverkningen till Mäntyluoto.

Monahov: ursprungligen var vår avsikt att ge finländarna erfarenhet i samband med Lovisaprojektet. Jag poängterar att vår officiella linje är, något som vi även meddelat Imatran Voima, att Finnatom skall vara med i Finlands atomkraftsprogram. Före slutet på innevarande år kommer typen för de nya stationerna i Finland att väljas. Men vi måste använda sovjetiska normer som ju inte avviker alltför mycket från ASME-normerna.

Jåfs: vi godkänner i princip Era normer liksom ASME-normerna, således deras nivå.

Monahov: vi tycker att det är bra att ni fört förhandlingar med rumänerna och förevisat Lovisa för dem.

Jåfs: Som Ni vet, herr generaldirektör, gav vi Er herr *Postavalov* i slutet på senaste månad vår offert på delarna till primärkretsen samt andra betydande system för fem stationer av Lovisatyp. Offerten baserade sig på diskussioner med herr *Kulev* och var uttryckningen avsedd för Iran, Irak och övriga tredje länder. Vi underströk våra möjligheter beträffande reaktortryckkärlen, totalinstrumenteringen och avfallsbehandlingen. Vår aktieägare Rosenlew har nämligen gjort ett betydande avtal med Kraftwerkunion härom.

Monahov: Iran har visat intresse för ett kärnkraftverk, men iranierna är inte ännu färdiga. Libyen har även varit på tapeten. Landet har två stora kraftcentra, men de är inte ens förenade sinsemellan. Reaktorn av typ Leningrad var enbart avsedd för Sovjetunionen.

Enheter på 1500 MW kommer att byggas bl.a. i Baltikum (Ignalinsk). Finnatoms intresse kunde med fördel diskuteras i Moskva med vår *Jurij Nikolajevits Artjomov*. (Kuusi & Hyvärinen, 1976).

Bland de talrika tillfällen som erbjöds att försöka påverka de ekonomiska relationerna med Sovjet i positiv riktning stannade händelseförloppet vid ministrarnas vid Sovjetunionens Ministerium för Energiekonomi och Elektrifiering, *P. S. Neporozhny*s, besök i Finland den 13–19 september 1976 speciellt i författarens minne.

Jag fick möjlighet att delta i hela programmet som inleddes med ett diskussionstillfälle på hotell Marski den 13 september kl. 17.00 med följande perso-

ner närvarande: minister *Neporozhny*, avdelningschef *Nevsky*, generaldirektör *Monahov*, kommerserådet *Maklakov* samt minister *Eero Rantala*, överdirektör *Erkki Vaara*, överdirektör *Kalervo Hentilä*, industrirådet *Urho Hakkarainen*, byråchef *Ilkka Mäkipentti*, chefskontrollör *Risto Paaermaa*, politiska sekreteraren *Christer Granskog*, professor *Antti Vuorinen*, verkställande direktör *Pentti Alajoki*, verkställande direktör *Daniel Jåfs*, direktör *Kalevi Numminen*, avdelningschef *Lasse Nevanlinna*, diplomingenjör *Viktor Novitsky*, vicehärads- hövding *Juhani Santaholma*, tolken *Konstantin Lembidakis*, biträdande avdelningschef *Pauli Opas* och verkställande direktör *Lauri Reunala*.

Handels- och industriminister *Eero Rantala* hälsade gästerna välkomna, presenterade den finländska delegationen och överäckte en lista med frågor som borde behandlas under besöket, varefter besöksprogrammet slogs fast.

I sitt anförande refererade han till det år 1948 underskrivna avtalet om vänskap, samarbete och bistånd och till en räkka av samarbetsprojekt såsom kärnkraftverket i Lovisa, Rautaruukkis stålverk, Svetogorsk, Pääjärviprojektet, Norilskprojektet liksom leveranserna av olja, gas och elektricitet.

Vi tror, sade han, att Lovisa 1 fås i drift under innevarande år. Detta måste dock ske så att den finländska organisationen och säkerhetsmyndigheterna till alla delar kan genomföra de kontroller som programmet förutsätter.

Beträffande Lovisa 2 framhöll han att han ville tro att projektet trots betydande förseningar skulle bli färdigt ännu under år 1978, något som dock förutsatte att huvudkomponenterna levereras utan ytterligare förseningar.

Beträffande de kommande gemensamma kärnkraftverkens typval meddelade han, att Finland preliminärt gått in för VVER-enheter på 1 000 MW.

Minister Rantala konstaterade vidare att *Finlands industri* redan visat sin leveransförmåga och kvalitet i samband med projekten i Lovisa. Den har även med god framgång levererat kärnenergikomponenter till kärnkraftverken i Sverige och till Industrins Krafts stationer.

Finlands industri är mycket intresserad av de kommande samarbetsprojekten och skulle även vilja tillsammans med Sovjetunionens industri delta i motsvarande projekt i Sovjetunionen och i tredje länder. Bland intressant utrustning nämnde *Eero Rantala* huvudcirkulationskretsens aggregat, laddmaskinerna, kranarna, instrumenteringen, hjälpbyggnadens aggregat, samt behandlingsanläggningarna för vatten och avfall.

Minister *P. S. Neporozhny* tackade varmt för inbjudan att komma till Finland och ansåg att man redan nu preliminärt kunde diskutera dessa frågor och föreslog sedan att man som ett avslut på besöket skulle utforma en gemensam kommuniké, i vilken de behandlade centrala frågeställningarna skulle registreras. *Neporozhny* ansåg att den viktigaste frågan var den, att Lovisa 1 skulle fås igång under innevarande år. Han föreslog att den sovjetiska sidan skulle sända

egen erfaren driftspersonal för att förstärka den finländska driftspersonalen.

Minister Eero Rantala tackade för Neporozhny:s anförande och överlät ordet till direktör *Kalevi Numminen* från Imatran Voima.

Numminen framhöll att all utrustning som garanterar säkerheten måste vara klar förrän reaktorn laddas med bränsle. Utrustningen hade visats besitta ganska många fel. Enligt Finlands lag måste Imatran Voima svara för idrifttagningen av anläggningen med sin egen personal. Kalevi Numminen konstaterade att det låg i båda parter intresse att få igång anläggningen i enligt tidtabellen, men att säkerheten enligt den finska partens åsikt gick före allt annat.

Därefter gav minister Rantala ordet åt Strålsäkerhetscentralens direktör *Antti Vuorinen* som konstaterade att säkerhetsanalysen ännu var på hälft, huvudsakligen beroende på att behövliga uppgifter kommit synnerligen sent från Sovjetunionen. Vid provdriften hade fel i ett antal aggregat förekommit. Vuorinen framhöll även att han var bekymrad för driftspersonalens skolningssituation.

Nevsky framhöll att parterna måste konkretisera de uppkomna problemen och komma överens om hur de skall lösas och av vem. Han bad även att Finnatoms verkställande direktör *Jåfs* skulle framföra till Ahlströmbolaget önskan att det inte skulle lämna sitt förnämliga arbete med pumparna på hälft. Det fick inte bli osäkert om de fungerade väl eller inte. Detta skulle vara den bästa reklamen med tanke på pumparnas fortsatta marknadsföring.

Minister Rantala konstaterade bl.a. att en grupp frågor behandlas i Lovisa på tisdagen, en andra grupp i Björneborg på onsdagen och övriga frågor omgående (Paaermaa, 14.09.1976). Se även koncept till Rantalas anförande (Rantala, 1976).

I enlighet med det överenskomna programmet genomfördes ett besök på västkusten varvid bl.a. Rauma-Repola Oy:s tunga verkstad i Mäntyluoto och Industrins Krafts kärnkraftverk i Olkiluoto besågs.

Den 15 september bjöd Finnatom på middag på hotell Rantasipi varvid, förutom de sovjetiska gästerna, minister *P. S. Neporozhny*, avdelningschef *V. P. Nevsky*, generaldirektör *V. K. Monahov*, kommerserådet *A. S. Maklakov* med två medarbetare, den finländska sidan var representerad av: direktör *Georg Ehrnrooth* (Oy Wärtsilä Ab), industrirådet *Urho Hakkarainen* (Handels- och industriministeriet), avdelningschef *Paavo Holmström* (Rauma-Repola Oy), verkställande direktör *Jaakko Ihamuotila* (Valmet Oy), direktör *Matti Ilmari* (Oy Strömberg Ab), verkställande direktör *Daniel Jåfs* (Oy Finnatom Ab), direktör *Jaakko Koskinen* (Oy W. Rosenlew Ab), diplomingenjör *Viktor Novitsky* (Imatran Voima Oy), direktör *Risto Piispanen* (Oy Tampella Ab), tekn. *Raimo Saavalainen* (Oy Nokia Ab), kontrollör *Antero Taimiaho* (Handels- och industriministeriet), direktör *Ilari Tuovinen* (A. Ahlström Osakeyhtiö) samt tolken *Margarita Salo*.

Författaren framförde den finska industrins åsikter som följer:

Herr Minister,

Den finska industrin inledde tillverkningen av kärnkomponenter för ca 10 år sedan. De första leveranserna gick till kärnkraftverken i Sverige. Vi kan konstatera att de komponenter som vi tillverkar, som till exempel reaktorns interna delar, värmeväxlare, pumpar och kranar redan är i användning vid Oskarshamn 1 och 2, Ringhals 1 samt vid Barsebäck 1.

År 1969 koncentrerades utvecklingen och försäljningen av kärnkomponenter då vårt lands åtta ledande industriföretag (A. Ahlström Osakeyhtiö, Oy Nokia Ab, Rauma-Repola Oy, Oy W. Rosenlew Ab, Oy Strömberg Ab, Oy Tampella Ab, Valmet Oy, Oy Wärtsilä Ab) bildade ett gemensamt dotterbolag Oy Finnatom Ab.

Det kan nämnas att omsättningen för Finnatoms moderbolag i detta skede är totalt ca 2 000 miljoner rubel och att de har ca 100 000 anställda.

Finnatom har under sin korta historia fortsatt det marknadsföringsarbete som påbörjades på 60-talet. Som ett resultat av detta arbete kan konstateras att våra komponenter finns eller kommer att finnas i drift i så gott som alla de 10 svenska kärnkraftverk som man redan beslutit om och därtill i de 2 av svenskarna planerade kraftverken som nu byggs i Finland. Vi tror även på möjligheterna att få beställningar till de svenska kraftverken nr. 11–13.

Vår industri har även slutit avtal både med både Imatran Voima Osakeyhtiö och med V/O Atomenergoexport gällande anläggningsdelar till Lovisa 1 och 2. Avtalet omfattar viktiga komponenter såsom skyddsskal inklusive iskondensatorer samt genomföringar och slussar, huvudtransformatorer, anläggningens datorer och annan instrumentering samt huvudcirkulationspumpar och -motorer, reaktorhallens kranar, laddmaskin, luftkonditioneringssystem, rör- och isoleringsarbete, värmeväxlare, och pumpar samt vattenreningssystem till Lovisa.

Med hänvisning till ovan nämnda erfarenhet och notering att våra industrianläggningar för närvarande har såväl lämplig kapacitet för kärnkomponenter som mentala resurser som borde utnyttjas, föreslår jag, Herr Minister, att vi 1) skulle undersöka Finlands möjligheter att nu även leverera delar såväl till Sovjetunionens egna som till de övriga SEV-ländernas kärnkraftverk samt 2) att man skulle överväga om det vore möjligt för Sovjetunionens industri att till tredje länder leverera hela kärnkraftverk sålunda att den finska industrins andel av leveranserna skulle vara betydande.

Det är skäl att i detta sammanhang nämna om vår offert till V/O Atomenergoexport på komponenter för 5 block. Notering den finska industrins målsättningar att fungera som en betydande leverantör när Lovisa 3 och 4 byggs,

föreslår jag ytterligare att vi på ett lämpligt sätt kunde delta i detta projekt redan i planeringsskedet, jag avser här den tekniska planeringen.

I annat fall blir det i viss mån problematiskt att ge offerter. Jag har förstått att Finlands industris deltagande i den tekniska planeringen har den finska partens understöd.

Återkommen till Helsingfors skrev jag den 17 september en sammanställning av diskussionerna under besöket i Björneborg och noterade bl.a.:

1. Huvudcirkulationspumparna (och motorerna), Lo 1
Minister Neporozhny: är konstruktionen i skick?
Jåfs: Ja.
Minister Neporozhny: Fås de i skick till 10.10.76?
Jåfs: 4 stycken inom fyra veckor och 2 stycken två veckor senare. Enligt Finnatoms åsikt står orsaken till störningarna obestridligt att söka i de sovjetiska tekniska systemen. Tidtabellen för pumpar och Finnatoms övriga utrustningar var delvis beroende av Atomenergoexports betalningar som var försenade. Vi föreslog att representanter för de berörda parterna skulle komma överens om dessa ärenden (t.ex. Nevsky, Monahov, Jåfs + medarbetare).
2. Huvudcirkulationspumpar för de stora 1 000 MW stationerna
Minister Neporozhny: Kan Finnatom åta sig att tillverka dessa?
Jåfs: Vi tar inte ensamms konstruktionsansvaret, men i samarbete t.ex. med de sovjetiska organisationerna möjligen. Vi överväger och återkommer till saken.
3. En offert på ångseparatorer och rörledningar för fyra stycken reaktorer av kanaltyp överlämnades, totalpriset cirka 250 miljoner mark. Neporozhny meddelade att varorna behövs och att teknik och leveranstid torde vara i ordning samt att man återkommer till prisfrågorna (bilaga 6).
4. Direktör *Jaakko Ihamuotila* svarade på minister Neporozhny:s fråga att Imatran Voima, Atomenergoexport och Finnatom enligt hans åsikt borde delta i planeringen av Lovisa 3 och Lovisa 4.
5. Minister Neporozhny föreslog att en hela kraftverksområdet omfattande samlingsgrupp skulle bildas, kanske speciellt med atomfrågorna i fokus, men så att även gas, elektricitet mm. hörde till. Han bad att Jåfs skulle framföra hälsningarna till minister Rantala (för att minister Eero Rantala skulle föreslå grundandet av en sådan grupp med avsikt att behandla konkreta frågor; läs beställningar!).
Minister Neporozhny torde ha syftat på den ovan nämnda offerten och möjligen på den av Finnatom tidigare givna s.k. Iranofferten, beträffande

vilken statsminister *Kosygin* (enligt ambassadör *Stepanov*) meddelat president *Kekkonen* att den inte var aktuell, men i och för sig intressant. Minister *Neporozhny* lovade framföra förslaget om den kraftekonomiska samarbetsgruppen för statsminister *Kosygin*.

6. Minister *Neporozhny* sade att han förväntar sig att minister *Rantala* på nytt tar upp frågan om Finnatoms symposium i Moskva (och antingen godkänner det direkt eller överför frågan att behandlas av den ovan nämnda samarbetsgruppen).
7. Allmänt: Finnatom förklarade sig mycket intresserad av ett samsarbete beträffande 1 000 MW-reaktorn.

Minister *Neporozhny* var synnerligen intresserad av Finnatoms kapacitet, men förmodade att bolaget inte skulle kunna köpa lika mycket som det kunde sälja (kompensationsproblematiken i tankarna), varför det vore en fråga på riksnivå. Båda parter var av samma åsikt: en arbetsgrupp borde grundas för att undersöka dessa och andra energiekonomiska och speciellt atomenergirelaterade frågor.

Orsaken till att jag så klart kommer ihåg besöket var ingalunda enbart att det fördes en rad intressanta diskussioner, utan kanske speciellt färden från Helsingfors centrum till Björneborg och sedan tillbaka till Helsingfors. Trots att jag en gång suttit med i en bilkortege i Moskva som kört med hög fart genom en mängd gatukorsningar utan att stanna för rött ljus (milisen hade rensat gatorna från sekundär trafik) så var det en upplevelse att se samma system fungera på Mannerheimvägen. Och ännu mera imponerande var det att se att ett liknande system hade genomförts längs hela vägen till Björneborg. Det måste medges att det ibland kändes något obehagligt när hastighetsmätaren visade värden över 170 km/h.

Och mycket riktigt! Ett par dagar senare visste djungeltrummorna berätta att en bil i bilkaravanen hade kört i diket, dock utan att det resulterat i allvarliga personskador.

Sammanfattning av diskussionerna vid ett möte på hotell *Marski* den 17 september 1976.

Det av den finländska parten framlagda förslaget till protokoll över besöket diskuterades.

Rantala: Besöksveckan har varit arbetsdryg. På basen av det nu uppnådda samförståndet kan vi komma till ännu mera värdefulla resultat.

Minister *Neporozhny*: Givande diskussioner har förts bl.a. med Finnatoms chefer samt beträffande *Tahkoluoto* kraftverk.

Sedan behandlades den finska sidans protokollförslag punkt för punkt.

1. Verkställande direktör *Alajoki*: Finlands lagenliga säkerhetskrav måste till alla delar följas vid idrifttagningen av anläggningen.

Rantala meddelade att regeringen är av samma åsikt som Imatran Voima.

Minister Neporozhny: Följande formulering bättre: alla projektet förut-satta säkerhetskrav.

2. Neporozhny: I förslaget hade sakerna behandlats alltför omfattande. Be-träffande tidtabellen föreslog han att man skulle konstatera att vardera parten gör sitt bästa för att aggregatleveranserna skall ske i tid.

Beträffande kvalitetskontrollen i Sovjetunionen konstaterade han bl.a. att det finns vissa fabriker som man av militärpolitiska skäl inte kan låta utlänningar besöka. Detta gällde speciellt fabrikerna för framställning av atombränsle.

3. Alajoki: Imatran Voima har för avsikt att avstå från planerna på ytterligare anläggningar av typ VVER-440. I första hand har 1 000 MW-anläggningar varit på tal, men verk på 500 MW är ännu med i bilden. Färdigställandet av dessa anläggningar torde bli aktuellt i medlet på 1980-talet.

Minister Neporozhny: Protokollet borde konstatera att Finland avstår från 440 MW-storleken och kommer att välja t.ex. enheter på 1 000 MW. Valet borde ske nu eftersom de förberedande diskussionerna bl.a. med Finnatom torde ta lång tid.

Minister Rantala: Regeringen torde fatta principbeslut inom förloppet av detta år.

Minister Neporozhny föreslog att den finländska parten i protokollet ber att förberedelser för en beställning av en 1000 MW-anläggning görs.

Minister Rantala: Den finländska parten är underrättad om *Kekkonens* och *Kosygins* diskussioner. Eftersom regeringen dock inte formellt har be-handlat ärendet, föredrar den finländska parten formuleringen: "Vi avser att...".

Minister Neporozhny: Ett finländskt deltagande i planeringen av den kommande anläggningen och det s.k. tekniska projektet kunde kommas överens mellan ländernas företag och kompetenta organisationer.

4. Minister Neporozhny: En gemensam arbetsgrupp för säkerhetsfrågor kunde mycket väl bildas, men inom ramen för existerande organisationer.
5. Minister Neporozhny: Frågan om den finländska industrins deltagande i byggnadstekniska arbeten i Sovjetunionen och tredje länder måste ytterli-gare klarläggas med Finnatom. Beträffande den följande anläggningen till Finland kommer den sovjetiska parten att vara färdig till ett synnerligen vittgående samarbete. Ett symposium i Moskva skulle inte heller stöta på svårigheter. (Paaermaa, 28.09.1976).

Ministrarna Eero Rantala och P. S. Neporozhny underskrev den 19 september 1976 ett memorandum i fem punkter i enlighet med de i mötet den 17 september framlagda synpunkterna. Dess ingress återges här.

Memorandum beträffande de vid ministrernas för Sovjetunionens Kraftekonomi och Elektrifiering, P. S. *Neporozhny:s* officiella besök i Finland den 13–19 september 1976 med handels- och industriminister *Eero Rantala* förda diskussionerna. Under besöket träffade minister *Neporozhny* Republikens President *Urho Kekkonen* och bekantade sig bl.a. med kärnkraftverken i Lovisa och Olkiluoto och med kraftverket i Tahkoluoto samt med finländska industrianläggningar.

Besöket ägde rum på inbjudan av Finlands handels- och industriminister *Eero Rantala*.

Under besöket deltog i diskussionerna: minister *Eero Rantala* (Handels- och industriministeriet), *Erkki Vaara* (Handels- och industriministeriet), *Pentti Alajoki* (Imatran Voima Osakeyhtiö), *Daniel Jäfs* (Oy Finnatom Ab), *Lauri Reunala* (Suomen rakennusurakoitsijaliitto), *Pauli Opas* (Utrikesministeriet) samt *Antti Vuorinen* (Strålsäkerhetscentralen). Från den sovjetiska sidan: minister P. S. *Neporozhny* (Ministeriet för Energiekonomi och Elektrifiering), A. S. *Maklakov* (Råd för ekonomiska ärenden vid Sovjetunionens ambassad), V. P. *Nevsky* (Huvudstyrelsen för kärnkraftverk som byggs utrikes) samt V. K. *Monahov* (generaldirektör, V/O Atomenergoexport).

Belysande för den typ av långsiktig marknadsföring Finnatom använde sig av i sina ansträngningar att få beställningar österifrån var bolagets aktiviteter med bl.a. ett symposium i Moskva som mål. Finnatom hade redan våren och sommaren 1974 vid diskussioner med den kommersiella attachén vid Sovjetunionens ambassad i Helsingfors, *Jurij Smeljakov*, och med Atomenergoexports ledning i Moskva framhållit sitt intresse att leverera utrustning också för kärnkraftverk i Ryssland och de övriga SEV-länderna. Våra egna myndigheter hölls givetvis informerade om dessa bemödanden bl.a. via uppvaktningar hos vederbörande minister. Som ett resultat av denna verksamhet stipulerades i artikel fyra av det mellan regeringarna i Republiken Finland och De Socialistiska Rådsrepublikernas Förbund den 16 oktober 1974 av ministrarna *J. Laine* och *S. A. Skatshkov* underskrivna avtalet att såväl vid planerandet som vid byggandet av kärn- och värmekraftverk i möjligast stor utsträckning Finlands möjligheter att delta tas i beaktande.

Finlands företag och organisationer och Sovjetunionens organisationer utreder tillsammans Finlands industris möjligheter att utföra leveranser av utrustning och aggregat för Sovjetunionens kraftverksindustri (*Laine & Skatshkov*, 1974, s. 2).

Aktiviteterna fortsatte följande år. Finnatoms styrelse beslöt den första de-

cember 1975, efter att ha åhört en redogörelse av herrar *Ihamuotila*, *Ehrnrooth*, *Holmström* och *Jåfs* för de diskussioner som förts med sovjetiska myndigheter och kommersiella organisationer, att i form av ett brev på hög nivå i Sovjet framföra Finnatoms synpunkter på östhandeln inom sitt område. Brevet avfattade på basen av ett av Jåfs utarbetat koncept med följand anmärkningar:

- a. Refereras till det 1974.10.16 daterade avtalet mellan Finlands och Sovjets regeringar.
- b. De komponenter som är föremål för intresse nämns endast i bilagorna.
- c. Föremålen för intresset nämns i form av fyra delområden:
 1. A-kraftverk som byggs i Sovjetunionen.
 2. A-kraftverksleveranser som de sovjetiska organisationerna köper för tredje länder.
 3. Komponenter som SEV-länderna direkt köper av Finnatom; rekommendationer från SRRF behövliga.
 4. De i konceptets punkt 3 nämnda 500 MW- och 1 000 MW-stationerna. (FPK 751201).

Den slutliga versionen blev ett memorandum daterat 22.01.1976 som överstyrdes bl.a. till Sovjetunionens Ministerium för Energiekonomi och Elektrifiering, Minenergo (bilaga 7).

1976 uppuktade Finnatoms styrelseordförande Jaakko Ihamuotila och författaren på nytt minister Eero Rantala och informerade honom om bolagets aktuella verksamhet. Rantala intog en mycket positiv inställning, något som bl.a. framkom vid minister Neporozhny:s besök i vårt land den 13–19 september 1976.

Efter ytterligare kontakter i Helsingfors och Moskva gick symposiet äntligen av stapeln den 12–13 oktober 1977 i Finsk-Sovjetiska handelskammarens konferensutrymmen i Moskva, Pokrovsky Bulevard 4/17, varvid Finland bl.a. representerades av Finnatom och dess ägarbolag, byggnadsindustrin i vårt land samt av Imatran Voima. Från Sovjetunionen deltog såväl representanter för vederbörande myndigheter som för de kompetenta kommersiella organisationerna.

Symposiet gav de båda ländernas representanter goda möjligheter att lära känna varandra och att bekanta sig med läget inom kärntecknologiområdet i respektive land. Det aktuella äget inom området kärnkraft belystes i föredrag av tekniska och ekonomiska experter från båda länderna. Den finländska parten fick dock inte något konkret besked beträffande möjligheterna att leverera utrustning av typ Lovisa till Sovjet. Lovisa 3 och Lovisa 4 intresserade mera

den sovjetiska sidan och för dessa kommande anläggningar föreföll våra möjligheter att få stora leveranser mycket goda.

Finnatom förde både före och efter symposiet upprepade förhandlingar med Imatran Voima både rörande projektets planerings- och organisationsfrågor och den inhemska industrins andel. Finnatom satte som mål att höja andelen inhemska leveranser från en fjärdedel till en tredjedel.

I oktober 1977 konstaterade Imatran Voima Oy:s verkställande direktör *Pentti Alajoki* i television att bolaget först gör ett avtal om planeringen av Lovisa, varefter kraftverket beställs 1979.

I juni 1978 kom Imatran Voima preliminärt överens med Atomenergoexport om arbetsfördelningen för Lovisa 3 enligt vilken:

- Atomenergoexport planerar reaktorbyggnadens processer, turbinens huvudmaskineri samt en del hjälpsystem som hade direkt inverkan på säkerheten (nöd kylningen), och
- Imatran Voima planerar nära nog allt annat, såsom matarvattenförvärmningsanläggningen, hjälpbyggnadens processer, luftkonditioneringsaggregaten, kranarna, hissarna, elsystemen, alla byggnader förutom reaktorbyggnaden osv.

Finnatoms styrelse beslöt att Jåfs för preliminära förhandlingar med Imatran Voima beträffande planeringen av Lovisa 3. Samtidigt konstaterades att Atomenergoexports president *Monahov* vid sitt besök i Finland den 12 juni 1978 informerats av Finnatom om sina förhandlingar rörande Lovisa 3. Han hade ansett projektet vara synnerligen realistiskt. Han hade dessutom bett bolaget framföra sina förslag beträffande skötseln av Libyenprojektet noterade jordbävningsskrapen (Richter 8) och med tanke på den existerande tekniken, dvs. KWU:s eller Framatomes teknik (FPK 780626).

Direktör *Kalevi Numminen* hade enligt Finnatoms styrelseordförande *Georg Ehrnrooth* framfört två modeller för genomförandet av Libyenprojektet:

1. Imatran Voima, Finnatom och byggnadsföretagen är medlemmar i ett konsortium.
2. Imatran Voima, något av Finnatoms ägarföretag och ett byggnadsföretag är medlemmar i ett konsortium. Finnatom fungerar i detta fall som komponentleverantör (exempelvis som leverantör av laddmaskinerna, in-core instrumenteringen, tunga tryckkärl, huvudcirkulationsenheterna, reaktorns interna delar osv.) (FPK 781124).

Libyenprojektet gav sysselsättning åt Finnatom och dess ägarföretag även under år 1979. Den 14 november detta år informerade Jåfs sin styrelse att de för Libyenprojektet gjorda offerternas summa var 300 miljoner mark (FPK 1979/6).

Imatran Voima hade hösten 1978 och våren 1979 fortsatt förhandlingarna med Atomenergoexport med avsikt att få ett avtal till stånd gällande Lovisa 3. Enhetseffekten skulle bli 1 000 MW och Finnatoms andel var avsedd att bli verkligt betydande.

Men den 28 mars 1979 inträffade i USA något som inte skulle få hända. Tillförseln av kylvatten för kylning av härden i reaktor nummer två vid Three Mile Island i Pennsylvania stoppade under cirka två timmar beroende på ventilproblem. Vattnet i reaktorkärlet började koka, vilket var katastrofalt för en tryckvattenreaktor. Slutresultatet blev en *partiell härdsvälta* vartill kom att en betydande mängd radioaktivt vatten strömmade ut i reaktorbyggnaden. Men reaktorinneslutningen förhindrade effektivt utsläpp till omgivningen.

Trots detta och trots att inga personskador uppkom ledde olyckan till att kärnkraftverkens säkerhet ifrågasattes världen över mer än tidigare. Imatran Voima utförde en grundlig genomgång av säkerhetssystemet i Lovisa och Lovisa 3 sattes på sparlåga men avskrevs inte.

Folkomröstningen i Sverige innebar en delseger för kärnkraftsmotståndarna i och med att inga nya projekt påbörjades och en gradvis nedkörning av de redan byggda verken förutsågs. Våra strålsäkerhetsmyndigheter gick på nytt ytterst omsorgsfullt igenom de säkerhetssystem som var installerade i Lovisa respektive i Olkiluoto och kunde konstatera att de var adekvata. Arbetet vid båda verken kunde fortsätta.

11. OLKILUOTO 1

och med att Imatran Voima våren 1970 underskrivit avtalet om Lovisa 1 och läget sålunda klarnat, kunde även Industrins Kraft Ab gå vidare med sina kärnkraftverksplaner. Medan det var klart att Imatran Voima av politiska orsaker inte kunde beställa ett atomkraftverk från väster, gällde denna begränsning inte den privata industrin, som inte, åtminstone direkt, var underställd statens beslutsmaskineri, något som *Milka Markus Sunell* helt korrekt konstaterade i sin pro gradu-avhandling (Sunell, 2001, s. 141). Ekono hade tillsammans med Bechtel International för Industrins Krafts räkning utfört förundersökningar och utarbetat ekonomiska kalkyler för en tryckvattenreaktor med kapaciteten 600 MW. Resultatet var att kärnkraftsalternativet uppvisade klart bättre ekonomi än den kombination av tre stycken kolkraftsenheter som var det andra alternativet. Ekono och Bechtel förespråkade en modell för genomförandet av projektet som byggde på ett antal delleranser med Ekono/Bechtel som huvudkonsult.

Diplomingenjör *Magnus von Bonsdorff* hade i början av 1960-talet arbetat med atomteknik i Sverige och England och sedan sommaren 1967 verkat som forskningschef för Finlands Atomindustrigrupp och Oy Finnatom Ab. Den 25 maj 1970 utnämndes han först till tf. verkställande direktör och den 19 mars följande år till verkställande direktör för Industrins Kraft Ab. Han spelade enligt egen utsago en avgörande roll i de förhandlingar som ledde till att bolaget beslöt att gå in för ”nycklarna i handen”-principen vid beställningen. Hans motivering var att riskerna blev mindre och processen mera överskådlig med en enda ansvarig leverantör.

I december år 1970 beslöt styrelsen för Industrins Kraft att bygga ett kärnkraftverk med en effekt på 600 MW. I detta skede var det ännu oklart var verket skulle placeras. Kopparnäs var på tapeten och t.o.m. Rekisalo vid Päijänne var enligt Ekono en möjlighet. Storholmen i Bromarv förekom även i diskussionerna, men Olkiluoto i Eurajoki nära Raumo var dock den starkaste kandidaten. Området var i statens ägo och dess förvärvande visade sig vara allt annat än enkelt. Lösningen på problemet blev ett ägobyte, vilket innebar att bolaget överlät mark åt staten till ett värde av cirka två miljoner finska mark, medan staten i sin tur överlät 141 hektar i Olkiluoto åt bolaget. Efter flera besvärliga förhandlingsomgångar godkände riksdagen den 31 maj 1973 en lag som gjorde ägobytet möjligt.

Med de negativa erfarenheterna av Imatran Voimas offertrundor i minnet

avstod Industrins Kraft från en för inköpanDET av konventionell kraftverksutrustning normal praxis, och förde bara inofficiella förhandlingar med ett antal utvalda presumptiva leverantörer. I de interna diskussionerna inom bolaget förekom till en början Westinghouse, Combustion Engineering, General Electric, Kraftwerkunion och Asea-Atom, men egentliga förhandlingar fördes bara med Westinghouse, General Electric och Asea-Atom. Med Technopromexport diskuterades närmast möjligheterna att få köpa anrikningstjänster. *Björn Westerlund* höll president *Kekkonen* informerad om Industrins Krafts planer. Presidenten vände sig upprepade gånger till de sovjetiska ledarna för att få deras godkännande för anrikning av bränsle för Olkiluoto.

Med tanke på slutresultatet var det märkligt att ASEA/Asea-Atom till en början placerades på sista plats i jämförelsen mellan leverantörskandidaterna, medan Westinghouse intog en stark position.

Efter en ingående kartläggning av de konkurrerande företagens tekniska och ekonomiska villkor fällde ledningen för Industrins Kraft bort General Electric från sin "short list", varför de slutgiltiga förhandlingarna fördes med Westinghouse och Asea-Atom. Asea-Atom hade i Ahlströms generaldirektör *Bengt Rehbinder* en klar förespråkare.

Och det var tydligt att president *Urho Kekkonen* med sina goda kontakter till *Marcus Wallenberg* gärna såg att svenska Asea-Atom även var med i bilden. *Kekkonen* tog de facto vid sina kontakter med *Kosygin* upprepade gånger upp frågan om anrikning av uran för Olkiluoto, ett problem som även till slut fick en positiv lösning (Suomi, 1998, s. 315–323).

Sveriges statsminister *Olof Palme* hade givetvis goda relationer till Finlands statsminister, socialdemokraten *Kalevi Sorsa*.

Asea-Atoms verkställande direktör *Lars Halle* och försäljningsdirektören *Åke Eriksson* hade ett starkt stöd i ASEA:s verkställande direktör *Curt Nicolin*, som ordnade ett löfte av det statliga svenska kraftbolaget Vattenfall att ställa 300 MW reservkraft till Industrins Krafts förfogande för det fall att stora förseningar eller driftstörningar skulle uppstå i Olkiluoto.

Asea-Atoms ledning inklusive civilingenjörerna *Åke Molin* och *Sture Gavlefors* upprätthöll även goda kontakter med Finlands Atomindustrigrupp och dess medlemsföretag. För oss alla, som offererade utrustning för Asea-Atoms projekt i Sverige och Finland, gjorde sig bolagets inköpschef *Arne Sundberg* känd som en slipad förhandlare. I många fall kom vi dock överens och kunde åka hem med betydande beställningar i portföljerna.

Industrins Kraft kom i sin prisjämförelse till resultatet att offerterna från Asea-Atom och Westinghouse i ekonomiskt hänseende var nästan jämbördiga. Politiken kom trots allt att spela en betydande roll även i fallet Olkiluoto, liksom den hade gjort det när det gällde Lovisa. Arbetsutskottet inom styrelsen

Tabell 10. Tekniska data för Olkiluoto 1 (Björklund, Westerholm & von Bonsdorff, 1994, s. 216).

Reaktortyp	BWR 75
Termisk effekt	2 000 MWt
Eleffekt, netto	660 MWe
Driftstryck	70 bar
Total bränslevikt	90 ton U
Antal bränsleelement	63 st.
Kapslingsmaterial	Zircaloy-2
Antal reglerstavar	121 st.
Reaktortryckkär, innerdiameter	5 540 mm
Reaktortryckkär, innerhöjd	20 800 mm
Ångtryck i turbinen	67 bar
Ångtemperatur i turbinen	283 grad. C
Varvtal	3 000 rpm
Generatoreffekt, nominell	825 MVA
Spänning	20 kV

för Industrins Kraft beslöt den 27 oktober 1972 efter förhandlingar främst med Westinghouse och Asea-Atom att inleda förhandlingar med det sistnämnda bolaget om leverans av ett kärnkraftverk med kapaciteten 660 MW. Arbetsutskottets motivering – förutom att det ansåg Asea-Atoms offert vara ekonomiskt fördelaktigare – var att företaget till hälften var ägt av svenska staten samt att Finlands regering föredrog Asea-Atom.

Processen gick nu snabbt vidare. Bolagets förvaltningsråd godkände styrelseutskottets beslut i november 1972 och Handels- och industriministeriets godkännande erhöles i december samma år. Ministeriet satte som villkor att 40 procent av aktierna i Industrins Kraft skulle innehas av staten, kommunerna eller av sådana aktiebolag där staten hade aktiemajoritet. Asea-Atom överlämnade en officiell offert i februari 1973 och på sommaren samma år undertecknades ett föravtal mellan parterna.

I tabell 10 återges tekniska huvuddata för Olkiluoto 1.

De slutliga avtalen rörande leverans- och betalningsbetingelserna blev klara i juli 1973 och ett separat avtal om generatorleveransen i augusti samma år efter ingående diskussioner. Industrins Kraft hade i ett tidigt skede ifrågasatt ASEAs generatorkonstruktion och reserverade nu sig rätten att köpa en reservgenerator ifall stora problem skulle uppstå.

Farhågorna besannade sig redan 1975 då ASEA måste ändra på konstruktionen av den generator som skulle levereras till Olkiluoto.

Man hade nämligen observerat vattenläckage vid testning av generatorerna till Ringhals och Barsebäck. Ett byte av generatortyp diskuterades på allvar. Men detta skulle ha lett till leveransförseningar på ett och ett halvt år varför tanken avskrevs. ASEAs nykonstruerade generator monterades i Olkiluoto och provkördes. I maj 1977 konstaterades dock läckage i rotorns kylsystem beroende på brott i rörsvetsarna. Som en följd av dessa svårigheter kunde den avtalade tiden för färdigställandet av hela anläggningen, den 31 december 1978, inte hållas.

I mars 1979 gav Industrins Kraft en order till Brown-Bovery på konstruktionen av en vätekyld generator. Ordern inkluderade en option på leveransen av två stycken vätekylda generatorer till Olkiluoto i ett senare skede. Efter utförda reparationer fortsatte dock Asea-Atom provkörningarna med den omkonstruerade generatorn.



Figur 44. Grundstenen för Olkiluoto 1 muras. Från vänster bergsrådet Björn Westerlund, president Urho Kekkonen och verkställande direktör Magnus von Bonsdorff. (Ydinsätköä. Teollisuuden Voima Oy 1969–1994. Industrins Kraft, 1994).

Provkörningen lyckades denna gång och parterna kunde konstatera att anläggningen klarat mottagningsproven. Olkiluoto 1 övertogs av Industrins Kraft den 12 oktober 1979. Men alla problem var inte lösta härmed, tvärtom. Sprickor upptäcktes i rotorernas axlar, vilket ledde till att Industrins Kraft 1980 beställde två generatorer av Brown-Bovery i Schweiz. Leveransen skulle ske 1982.

ASEA hade under tiden tillverkat två nya rotorerna som installerades i Olkiluoto. Hösten 1981 och våren 1982 fungerade hela anläggningen utan problem. I mars 1982 underskrev parterna, Asea-Atom, ASEA och Industrins Kraft de slutgiltiga avtal som gjorde slut på tvisterna (som närmast gällt kommersiella krav). Såväl Olkiluoto 1 som Olkiluoto 2 var härmed godkända (Björklund, Westerholm & von Bonsdorff, 1994, s. 111). (Nils Björklund och Magnus von Bonsdorff har även belyst skeendet vid direkta kontakter).

Beställningen av reservgeneratorer från Brown-Bovery innebar givetvis stora tilläggskostnader för Industrins Kraft. Men den garanterade hela anläggningens driftssäkerhet på lång sikt och förbättrade samtidigt Industrins Krafts förhandlingsposition gentemot Asea-Atom och ASEA. Olkiluotoprojektet var av den storleksklassen att en dylik säkerhetsåtgärd var motiverad.

Ett i teorin möjligt driftsavbrott på två år i väntan på nya rotorleveranser kunde helt enkelt inte accepteras.

Generatorproblemen sköttes onekligen både av Asea-Atom och Industrins Kraft på ett sätt som måste betecknas som undermåligt. Asea-Atom höll styvnackat fast vid en konstruktion som i Sverige visat svaghetstecken utan att i tid satsa på reservrotorer. Industrins Kraft lät sig något blåögt till en början övertygas av Asea-Atom (respektive ASEA) och beställde först i ett senare skede vätekylda rotorerna av Brown-Bovery, vars teknik redan tidigare hade visat sig lyckad. Figur 44 visar murningens grundstenen för Olkiluoto 1.

12. OLKILUOTO 2

Avtalet gällande Olkiluoto 1 inkluderade en option för Industrins Kraft att beställa ytterligare en anläggning med effekten 660 MW. Denna option var i kraft till den sista september 1974. I medlet på år 1973 startade Industrins Kraft diskussioner med Asea-Atom med avsikt att beställa Olkiluoto 2. I enlighet med det svenska bolagets önskan skiljde sig utgångsläget jämfört med Olkiluoto 1 därigenom, att byggnadsarbetena denna gång inte inkluderades i Asea-Atoms ansvarstaganden. Förutom svårlösta finansieringsfrågor och hårda förhandlingar om indexvillkor medförde även statsrådets inställning till en början bekymmer. Dess energipolitiska utskott gav till slut bolaget grönt ljus och den 30 september kunde föravtalet för Olkiluoto 2 underskrivas, just förrän optionen skulle ha gått ut (Björklund, Westerholm & von Bonsdorff, 1994, s. 64).

Ljuset var egentligen gröngult, eftersom godkännandet förutom de från Olkiluoto 1 kända principerna nu bl.a. förutsatte att arbetsfördelningen gällande det kommande kärnkraftsutbyggnad skulle överenskommas mellan Imatran Voima och Industrins Kraft före årsskiftet 1974–75. Dessutom krävdes att bränsleanrikningsservicen skulle ordnas på ett sätt som Handels- och industriministeriet kunde godkänna.

Denna formulering kan förstås mot bakgrunden av den information som industrirådet *Ilkka Mäkipentti* gav författaren i februari 2006. Han berättade att han som representant för Handels- och industriministeriet i ett tidigt skede stipulerat för Imatran Voima att ”kontaminering” av kärnbränsle via utrustning för kärnkraftverk inte fick förekomma. Med kontaminering förstods då, att den kontroll som bilateralavtalen mellan Finland och ett antal andra stater förutsatte, inte exempelvis fick leda till att kontrollörer från USA kunde undersöka av Sovjet tillverkade bränsleelement, eller att sovjetiska experter kunde studera utrustning levererad av amerikanska bolag. Bilateralavtalen var avsedda att förhindra spridning av för vapentillverkning lämpad kärnteknologi. Problemet fick en smidigare lösning när the International Atomic Energy Agency gavs rätten att utföra dessa granskningar i stället för respektive lands kontrollanter.

Beträffande den kommande arbetsfördelningen mellan Industrins Kraft och Imatran Voima ledde de mellan de båda bolagen förda förhandlingarna till ett avtalsförslag i början på januari 1975. Förslaget innebar bl.a. att kärnkraftverken i framtiden skulle byggas så att Imatran Voimas andel av deras effekt på lång sikt skulle utgöra 50 procent.

För att kunna starta de egentliga byggnadsarbetena behövde Industrins

Kraft dock ännu ett separat tillstånd av ministeriet. Politiska krafter pressade bolaget att godkänna detaljformuleringar som de facto ökade den offentliga sektorns andel av dess aktier på den privata sektorns bekostnad. Byggnadstillståndet beviljades i augusti 1975. Förhandlingarna mellan Industrins Kraft och Imatran Voima beträffande aktiefördelning och olika eltransmissionsfrågor fortsatte emellertid, men problemen visade sig vara synnerligen svårlösta. Bolagen undertecknade först den 26 januari 1976 ett avtal som reglerade dessa förhållanden. Imatran Voima Oy blev i och med detta avtal den näst största aktieägaren i Industrins Kraft Ab.

Beställningen på byggnadsarbetena för Olkiluoto 2 gick till ett konsortium kallat "Arbetsgruppen Jukola". Asea-Atom var denna gång inte beredd att ta ansvaret för dessa. Bolaget hade fått nog av de problem dess underleverantör i fallet Olkiluoto 1 med Skånska Cementgjuteriet i spetsen hade råkat ut för. Upprepade strejker, kvalitetsproblem och t.o.m. en eldsvåda förorsakade förseningar som var svåra att ta igen.

I Jukola ingick bl.a. svenska Armerad Betong-Vägförbättringar AB, Starakennus Oy, Polar-Rakennus Oy och Teräsbetoni Oy.

Även denna gång stördes arbetet av strejker, men för övrigt gick det framåt enligt planerna så att montagearbetena kunde inledas enligt den ursprungliga tidtabellen i maj 1977. Montagearbetena framskred även utan större bekymmer.

I september följande år installerades reaktorns interna delar som Tampella enligt ett avtal mellan Asea-Atom och Finnatom hade tillverkat. Industrins Kraft fick driftstillstånd av statsrådet i september 1979 varefter reaktorn laddades med bränsle. Reaktorn kördes kritisk i december samma år. Provdriften pågick under 1980, men stördes av rotorproblem. De av ASEA tillverkade generatorernas rotorerna inklusive en reservrotor uppvisade felaktigheter av vilka de mest kritiska var sprickor i rotoraxlarna. ASEA såg sig tvunget att tillverka två nya reservrotorer som blev färdiga 1981.

Industrins Kraft förlorade i detta skede helt tron på ASEAs generatorer och beställde två generatorer från Brown-Bovery i Schweiz för leverans i slutet på 1982. De av ASEA tillverkade nya reservrotorerna installerades emellertid och fungerade hösten 1981 och våren 1982 utan problem. Detta gjorde det möjligt för de inblandade parterna, ASEA, Asea-Atom och Industrins Kraft att underteckna ett avtal den 18 mars 1982 som undanröjde de kommersiella tvistefrågor som generatorproblemen hade förorsakat (Björklund, Westerholm & von Bonsdorff, 1994, s. 111).

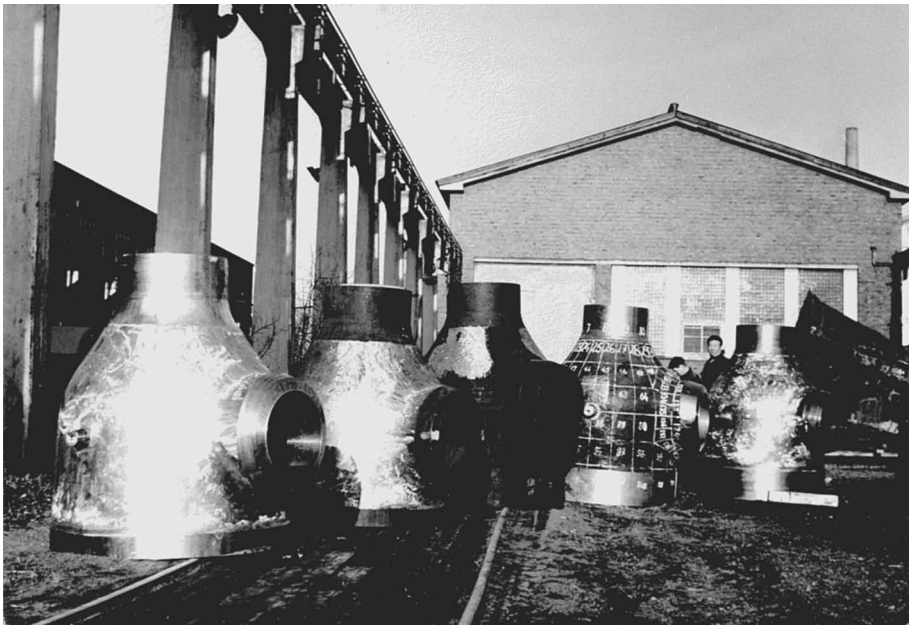
Finnatom levererade som ovan nämnts reaktorns interna delar till Olkiluoto. De inkluderade moderator tank, ångseparatorer och styrrör. I bolagets leveransavtal ingick därtill ett betydande antal komponenter av annan typ, bl.a. pumpar och värmeväxlare.

13. DEN INHEMSKA INDUSTRIENS LEVERANSER AV UTRUSTNING FÖR KÄRNKRAFTVERK

I det föregående har exempel på vår industris leveranser av utrustning till Lovisa och Olkiluoto getts. De centrala utrustningarna ingick i de leveransavtal som åstadkoms i Finlands Atomindustrigrupps respektive Oy Finnatom Ab:s regi. Men speciellt när det gällde byggnads- och montagearbeten gjorde även andra inhemska företag en betydande insats.

I tabell 11 ges en sammanställning av leveranser och arbeten som vår industri utförde för kärnkraftverk i Finland, Sverige och några andra länder.

Se figurerna 45, 46, 47, 48.

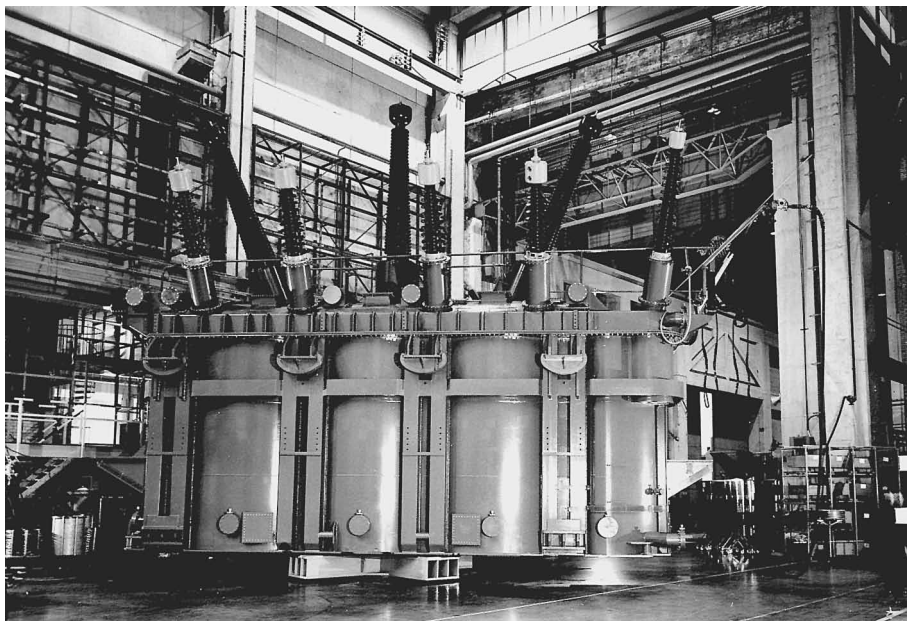


Figur 45. Fem av totalt 13 huvudcirkulationspumphus tillverkade för Lovisa i Karhula. (Författarens arkiv).

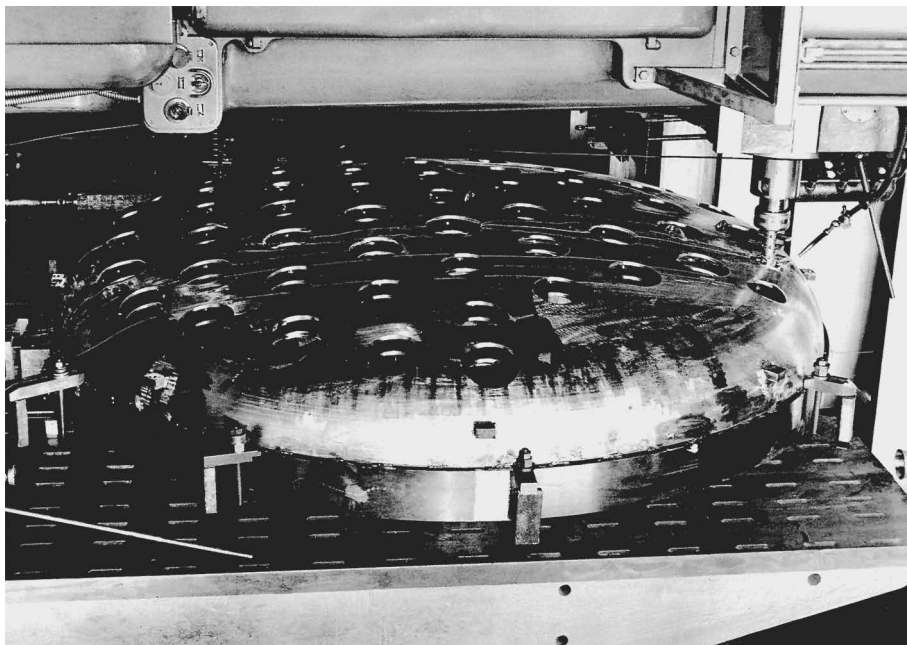
13. Den inhemska industrins leveranser av utrustning för kärnkraftverk

Tabell 11. Finlands industris leveranser till kärnkraftverk (Björklund, 1991, s. 3–38).

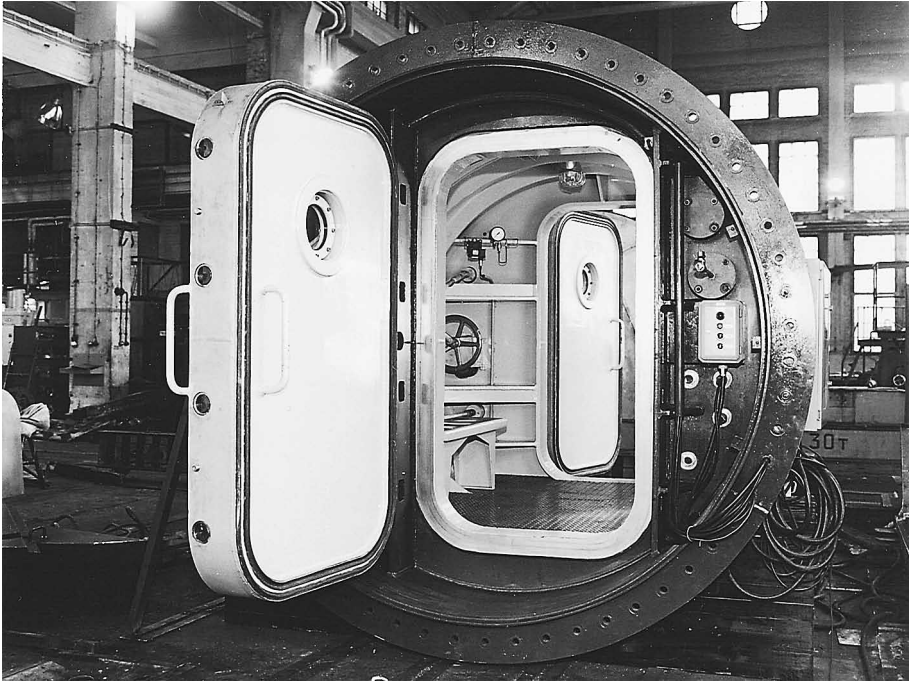
1. Huvudcirkulationspumpar och -motorer
2. Reaktorns interna delar inklusive moderatortankar och styrrör
3. Laddmaskiner
4. Lagerstativ för använt bränsle
5. Slussar med antiterrorisplanering
6. In-core-instrumentering
7. Processdatorer och -simulatorer
8. Luftkonditionering för aktiva och ej-aktiva utrymmen
9. Skyddskal med genomföringar
10. Iskondensatorer
11. Kranar för reaktor- och turbinhallar
12. Havsvattenpumpar
13. Havsvattenvärmeväxlare
14. Övriga pumpar och värmeväxlare
15. Övriga motorer
16. Kondensorer
17. Matarvattenreningsaggregat
18. Tryckkärl och behållare
19. Rörledningar
20. Reglerventiler
21. Instrumentering för luftkonditioneringsanläggningarna
22. Strålskyddssystem
23. Huvud- och hjälptransformatorer
24. Kopplingsaggregat
25. Turbinhus
26. Reaktorbyggnader
27. Turbinbyggnader
28. Övriga byggnader
29. Montage av: a. instrumentering, b. luftkonditioneringsystem, c. rörledningar, d. skyddskal
30. Övriga arbeten såsom säkerhetsövervakning och vägarbeten



Figur 46. Transformator på 800 MVA, 415/20 kV (då störst i Finland) levererad av Oy Strömberg Ab till Olkiluoto. (Författarens arkiv).



Figur 47. Moderator tanklock levererat av Oy Tampella Ab till Oskarshamn i Sverige. Material rostfritt stål AISI 347. (Författarens arkiv).



Figur 48. Personsluss tillverkad av Oy Wärtsilä Ab. Liknande slussar levererades till flera kärnkraftverk i Finland, Sverige, Tyskland och USA. (Författarens arkiv).

14. FINNATOMS SAMARBETE MED ASEA-ATOM

Finnatoms relationer till Asea-Atom inskränkte sig ingalunda till de normala kontakterna mellan försäljare och inköpare. Den svenska sidan hade redan i medlet på 1960-talet väckt tanken på ett långtående samarbete med den finska industrin. Dessa kontakter kan anses vara en av de orsaker som ledde till grundandet av Finlands Atomindustrigrupp och i förlängningen av Finnatom.

Tanken realiserades i viss utsträckning på 1970-talet såväl när det gällde marknadsföring som forskning och utveckling. De båda organisationerna deltog sålunda 1969, 1972 och 1975 i nuclear scandinavia i Basel i Schweiz, en utställning som ordnades gemensamt av de skandinaviska länderna.

Figur 49 och figur 50 illustrerar denna verksamhet.

Ett längre gående samarbete på marknadsföringssidan aktualiserades av det turkiska Akkuyuprojektet. Turkiet hade långt framskridna planer på byggande av ett kärnkraftverk vid landets sydkust i slutet på 1970-talet. Asea-Atom var med i offerttävlingen från början och gjorde sitt allt för att få beställningen.



Figur 49. Finnatom och nuclear scandinavia i Basel 1975. Från vänster direktör Georg Ehrnrooth, dipl.ing. Magnus Hanses och författaren. (Författarens arkiv).

Finnatomgruppen, som hade fått beställningar på utrustning för Olkiluoto 1 och 2 och därtill för alla svenska kärnkraftverk, var en logisk partner även för Akkuyu. Finlands industri var intresserad av projektet också därför att största delen av leveranserna till Lovisa och Olkiluoto hade slutförts, varför såväl tillräcklig erfarenhet som nödig kapacitet fanns till hands.

I detta skede hade Finnatom också etablerat samarbete med metallindustrins exportorganisation Metex. Metex hade representanter och agenter i många olika länder. Sålunda verkade i Tjeckoslovakien Finlands konsul, fru Matejowska, som representant för Metex. Finnatom gjorde i sin tur även ett motsvarande avtal med denna representativa fru, vars man för övrigt var ortoped. Det var naturligt att koppla in Metex och dess representant i Turkiet, *Tamminen*, på Akkuyuprojektet. De facto överenskomms att Metex skulle medverka i skötseln av finansierings- och garantifrågorna för fallet Akkuyu. (FPK 1979/3).

Finnatoms styrelseordförande, *Georg Ehrnrooth*, och dess VD, *Daniel Jåfs*, hade redan den 28 juni 1978 besökt minister *Rantala* och informerat honom om de för bolaget aktuella frågorna (Turkiet, Irak, värmereaktorn) och bett honom ordna statsrådets finansiering för Akkuyuprojektet. Projektet gick framåt, fastän långsamt, något som inte var alltför ovanligt när det gällde kärnkraftverk.

Vid Finnatom's styrelsemöte den 24 november 1978 konstaterade ordförande Georg Ehrnrooth att Finnatom skall koordinera de finländska leveranserna för Akkuyu och sköta kontakterna till myndigheterna i Finland medan Metex skall befrämja såväl Asea-Atoms som Finnatom's intressen i Turkiet (FPK 781124). Verkställande direktören för Metex, kommerserådet *Kauko Uusitalo*, kallades till mötet och kunde berätta att svenska staten beviljat en kreditgaranti för det fall att Asea-Atom och Stal-Laval skulle få ordern på Akkuyu från det turkiska kraftbolaget TEK, samt att Asea-Atom var nummer ett på TEK:s lista.

Hösten 1978 och hela 1979 kännetecknades inom Finnatomgruppen av en febril verksamhet med sikte på reella framsteg beträffande Lovisa 3, Libyen



Figur 50. Finnatom i Basel 1975. Direktör Åke Molin, Asea-Atom, och fru Gunnel Jåfs. (Författarens arkiv).

och Akkuyu. De två förstnämnda projekten innebar ett långtgående planeringsarbete i samråd med Imatran Voima medan det turkiska verket krävde omfattande kostnadsberäkningar för Asea-Atom. Den 14 december 1978 fördes förhandlingar mellan Finnatom och Asea-Atom på Arlanda flygstation varvid de finländska förhandlarna överlämnade budgetpriser för Akkuyuprojektet stigande till 350 miljoner mark. Vid Finnatoms styrelsemöte den 10 april 1979 konstaterades att statsrådet hade beslutat ge Finnatom en statsgaranti på 150 miljoner mark för Akkuyuprojektet. Förhandlingarna fortsatte hösten 1979 och våren 1980 (FPK 1979/3).

Three Mile Island-haveriet i Harrisburg i USA 1979 ledde till att kärnkraftverksmotståndarna vann folkomröstningen i Sverige 1980. Detta gav dödsstöten åt Asea-Atoms Akkuyuplaner, liksom det stoppade planerna på en femte reaktor i Finland för en tid framåt. Libyenprojektet, som Atomenergoexport, Imatran Voima och Finnatom hade arbetat på parallellt med Asea-Atoms och Metex/Finnatoms Turkietplaner – och lika intensivt – lades också på is.

Three Mile Island fick sålunda vittgående följder trots att ingen människa skadades.

Det har sitt intresse att notera skillnaden mellan reaktionerna på en olycka vid ett kärnkraftverk respektive vid en kolgruva. I det senare fallet dör som regel något tiotal personer, utan att det resulterar i några dramatiska följder. Pressen uppmärksammar fallet med en liten notis på sid. 4 och allmänheten glömmet hela saken på ett par dagar. Är förklaringen till denna nonchalans att allvarliga olyckor vid kolgruvor inträffar många gånger varje år, eller hur kan denna skillnad förklaras? En motsvarande situation kan vi iaktta inom trafiken, där tiotals tusen dödsfall rapporteras varje år enbart i Europa, utan att detta faktum leder till några dramatiska åtgärder. Ett intressant studieområde för en psykolog?

15. DEN INHEMSKA INDUSTRIENS FORSKNINGSOCH UTVECKLINGSVERKSAMHET

Vårt lands industri har traditionellt varit långt framme när det gäller att följa med den tekniska utvecklingen i "stora världen". Bara några år efter *Thomas Alva Edisons* framsteg i USA lyste ellamporna också i Tammerfors. Ett halvår efter den första atomkonferensen i Genève grundade industrin våren 1956 *Voi-mayhdistys Ydin* och två år senare kunde den av industrin finansierade *Ydin Exponential Pile* invigas i Otnäs. Den framgångsrika tillverkningen av milan vid *A. Ahlström Osakeyhtiös Verkstadsindustri* i Varkaus innebar ingalunda enbart eller ens huvudsakligen ett tillämpande i praktiken av de kunskaper författaren hade inhämtat under ett års studier i USA. Inte heller räckte de i och för sig grundliga erfarenheter överingenjör *Hans Branders*, ingenjör *Erik Weckström* och diplomingenjör *Lauri Mykkänen* hade skaffat sig under en fler-årig verksamhet vid verkstaden till för att förklara det positiva resultatet.

Framgången baserade sig i stor utsträckning på ett målmedvetet utvecklingsarbete, ett klart organiserat "team-work", som dessa personer kompletterade med verkstadens yrkeskunniga svetsare utförde. Detta utvecklingsarbete fortsatte vid förberedandet av tillverkningen av Finland Reactor I några år senare vid samma verkstad. Ett motsvarande utvecklingsarbete utfördes vid Tampellas verkstad i Tammerfors liksom vid Valmets fabriker i Jyväskylä för att bara nämna några exempel. De övriga företagen inom Finlands Atomindustrigrupp genomförde alla separata eller gemensamma utvecklingsprojekt, vilka gav positiva resultat i form av beställningar mer eller mindre omgående, eller också gav de utdelning i ett långt senare skede. Jag kommer senare att återkomma till Nokias arbete inom instrumenteringen. Rauma-Repolas investeringsprogram i Mäntyluoto bör även noteras.

I slutet av 1950-talet och under förra delen av 1960-talet var *Imatran Voima Oy* i Askola och *Atomienergia Oy/Outokumpu Oy* i Eno långt hunna som producenter av uran. Ett fallande världsmarknadspris i kombination med ett samtidigt sjunkande pris på anrikningstjänster gjorde emellertid verksamheten oräntabel då. Läget är numera förändrat.

15.1 Huvudcirkulationspumpprojektet

Under den studieresa till Melekes och Novo-Voronesh som en teknisk delegation från Finland företog i februari 1966 noterade delegationsmedlemmarna,

förutom att solen en klar dag lyste in genom fönstren i reaktorhallen, även andra saker av intresse. I Novo-Voronesh kunde *Erkki Laurila* och författaren inte låta bli att med respekt men även med en viss misstänksamhet betrakta reaktorns synnerligen volyminösa huvudcirkulationspumpar. Radioaktivitetsvärdena i den omedelbara närheten av dessa mastodonter var även de respektingivande.

Vår misstänksamhet, liksom de ryska pumparnas bristande tröga massa, bidrog till att *Erkki Laurila* som ordförande för Atomenergikommissionen arrangerade ett rätt betydande statsbidrag, som via Finntom kanalisades till A. Ahlström Osakeyhtiös fabriker i Karhula.

Det av handels- och industriminister *Väinö Leskinen* den 30 april 1970 underskrivna beställningsavtalet specificerade ett forskningsarbete, vars avsikt var att utveckla huvudcirkulationspumpar för primärkretsen i ett med en tryckvattenreaktor försett kärnkraftverk. Pumparna skulle vara av så kallad reglerat-läckagetyyp (controlled leakage) användbara i tryckvattenreaktoranläggningar.

Arbetet avsåg att planera, tillverka och långtidstesta en fullstor pumpprototyp, inklusive dess motor, samt att behandla och utvärdera testresultaten. För försöken med den fullstora enheten skulle en testanläggning byggas, som kunde arbeta under verkliga driftsbetingelser.

Avtalets andra paragraf stadgade att Finntom skulle utse en tillräckligt kompetent ansvarig ledare för forskningsarbetet, vilken bl.a. skulle hålla kontinuerlig kontakt med Atomenergikommissionen och ge behövliga utlåtanden till ministeriet. Enligt avtalet var projektets statsstöd 3,3 miljoner mark. Ahlströms egna medel utgjorde dock huvudparten av finansieringen för huvudcirkulationspumpprojektet. Bolaget tog även ansvar och ledning för ett projekt som innebar ett betydande risktagande (jfr. Clark & Wheelwright, 1993).

Fastän stationerad vid bolagets huvudkontor, Södra esplanaden 14 i Helsingfors, tillbringade författaren i egenskap av chef för projektet ett par dagar varje vecka under åren 1970–74 i Karhula. Övriga medlemmar i projektgruppen var diplomingenjörerna *Henrik Immonen*, *Jaakko Kujala*, *Lars Pawli* och ingenjör *Jukka Timperi* samt teknikerna *Antti Elo*, *Lasse Heiliö* och *Juha Kauria*. Pumpfabrikens chef *Ilari Tuovinen* och dess driftschef *Esa Lassila* deltog naturligt nog i projektledningen. Försäljningschefen för pumpfabriken, ingenjör *Åke Bergman*, var en av de kolleger som vi ofta konsulterade. Att säga att projektet var intressant, speciellt för författaren, är ett understatement. Det tog verkligen all min uppmärksamhet och koncentration i anspråk. Mina eminenta medarbetare såg ett nöje i att påminna mig om att jag en gång åkte hem till Helsingfors med buss trots att jag kommit med egen bil till Karhula ett par dagar tidigare och trots att bilen var i perfekt skick. Men det är skäl att gå till saken.

15.2 Provanläggningen i Karhula och tekniska data

Den huvudcirkulationspump som fanns specificerad i Finnatoms avtal av den 17 september 1970 med Technopromexport representerade en pumptyp som Karhula Pumpfabrik inte tidigare hade tillverkat. Från första början var projektgruppen medveten om flera olika problem som måste lösas. Pumphuset av rostfritt stål, med en ovanligt stor vägg tjocklek, innebar redan det en värdig utmaning för stålgiuteriet. Porstorlek och antal porer per volymenhet var strikt maximerade i enlighet med såväl ASME- som Gostnormer. Det av Finnatomgruppen med gemensamma ansträngningar utarbetade kvalitetskontrollsystemet kom nu väl till pass.

Kvalitetskontrollen krävde en del specialåtgärder. Ett gammalt skyddsrum inreddes för genomlysning av pumphusen med den accelerator som Statens tekniska forskningscentral ställde till förfogande. Flera meter tjocka bergväggar bromsade den strålning som ute i det fria hade utgjort en fara för omgivningen på en kilometers avstånd. Pumpens hydrauliska konstruktion var inte heller någonting som kunde skötas rutinmässigt. Pumpagren måste även ges nödig uppmärksamhet för att alltför kraftiga vibrationer skulle kunna undvikas. Huvudcirkulationsenheterna i Novo-Voronesh hade gett oss speciell orsak att notera dessa svårigheter. Men det stora problemet var axeltätningssystemet. Pumpgruppen arbetade med olika lösningar enligt modeller från väster. Sovjet hade ingenting att bjuda på i detta fall. Vi utgick hela tiden principiellt från ett system med kontrollerat läckage, vilket innebar att axeltätningarna tilläts läcka en viss begränsad mängd per tidsenhet. Läckageflödet samlades upp och returnerades till systemet. Författaren var tvungen att skaffa fram informa-



Figur 51. Besök hos Combustion Engineering i Chattanooga, Tennessee, USA 1971. (Författarens arkiv).

Tabell 12. Tekniska data för testloopen för huvudcirkulationspumparna i Lovisa.

Konstruktionstemperatur	350 grader C
Konstruktionstryck	200 at
Huvudrördiameter	700/600 mm
Huvudrörlängd	45 meter
Flöde	25 000 kubikm/h
Elkraftskapacitet	16 MW

Tabell 13. Tekniska data för huvudcirkulationspumparna i Lovisa (Pawli, 1975, s. 21–24).

Driftstemperatur	275 grader C
Driftstryck	125 at
Flöde	7 100 mm
Nominell lyfthöjd	50 m H ₂ O
Motoreffekt	1,1 MW

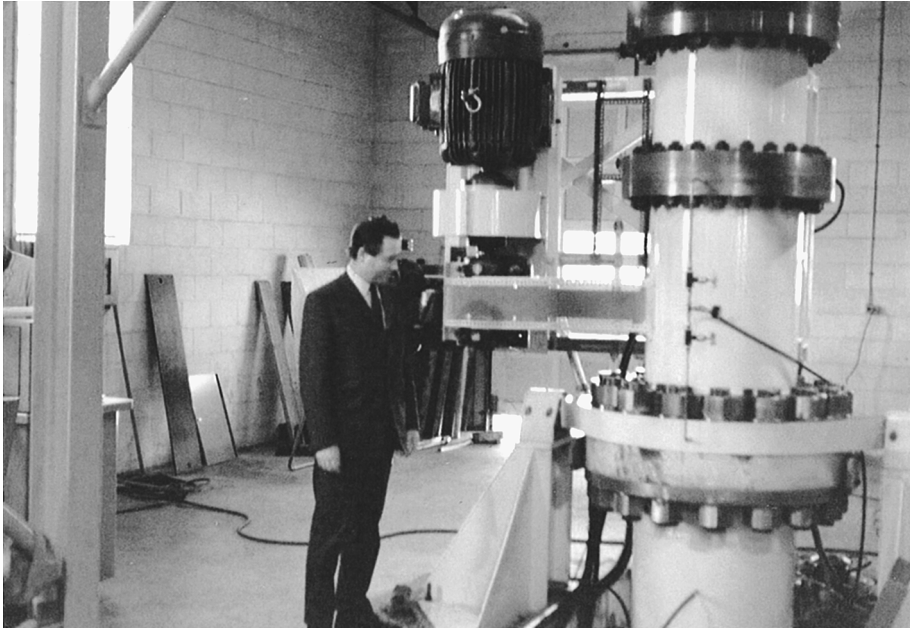
tion från många olika håll. Resor till Storbritannien, Tyskland och USA gav goda möjligheter att bese inte bara tätningsspecialisternas fabriker utan även de stora reaktorföretagens anläggningar. Se figurerna 51 och 52.

Våra preliminära undersökningar ledde till att vi valde att gå in för två hydrostatiska Champlaintätningar kompletterade med en tredje hydrostatisk Burgmantätning. Avtalet med Technopromexport förutsatte att vi skulle testa en prototyp för huvudcirkulationsenheterna i full skala och vid för Lovisa normala driftsbetingelser under en längre tid. Efter att denna prototyp godkänkts skulle de sex pumparna för Lovisa 1 även de testas vid normala driftsbetingelser. Samma krav kom senare att gälla även för de sex enheterna för Lovisa 2, med den skillnaden att prototypen i detta skede redan fanns till hands. Vi stod följaktligen inför problemet att en testanläggning måste planeras och byggas samtidigt som pumpprototypen konstruerades och tillverkades.

Ahlströmlaboratoriet i Karhula gav efter diverse omändringar plats för vår provstation. Testloopen tekniska data framgår av tabell 12, medan tabell 13 ger motsvarande data för Lovisapumparna.

Som av en jämförelse mellan de båda tabellerna framgår, planerade vi provanläggningen för de större enheter som vi ämnade testa i framtiden. Vi hade redan då huvudcirkulationspumpar för reaktoranläggningar med enhetskapaciteten 1 000 MW i åtanke.

Testloopen var ett rätt komplicerat system med matarvattenrening, matarvattenpump och motor, tryckgenerator, värmeväxlare, filter, ventiler, rörled-



Figur 52. Besök hos Champlain i Toronto, Kanada 1971. (Författarens arkiv).

ningar, instrumentering, datalogger och som centralenhet huvudcirkulationspumpen med sin motor installerad i huvudrörledningen.

Figur 53 ger en uppfattning om anläggningen som var installerad i tre våningar i Ahlströmlaboratoriet i Karhula.

Provanläggningens komponenter levererades huvudsakligen av medlemmarna i Finnatom, men även utomstående företag anlitas. Sålunda levererade Sulzer Brothers huvudröret, Siemens flödesmätaren och Neles huvudventilen. Pumpflöde, läckageflöde, distribution av tryck och temperatur i axeltätningarna, lyfthöjd, vattentryck och -temperaturer mättes kontinuerligt i enlighet med testprogrammet.

Huvudcirkulationspumpen var av centrifugaltyp i ett steg försedd med ett halvaxialt löphjul och ett inlopp. Den av Strömberg levererade induktionsmotorn hade sluten luftcirkulation och kylning och var försedd med svänghjul. Pumpens löphjul konstruerades om några gånger och motorns lager likaså. Några av provkörningarna genomfördes under synnerligen speciella förhållanden. En serie frekvenstester avvikande från de normala 50 Hz och 6 000 V återges i tabell 14.

Ett par starter vid 3 900 V utfördes dessutom. Dessa tester kunde genomföras tack vare den unika möjlighet vi hade i Karhula att koppla en vattenkraftgenerator direkt till pumpmotorn och variera generatorns varvtal. Provan-

Tabell 14. Speciella testbetingelser för huvudcirkulationspumparna i Lovisa.

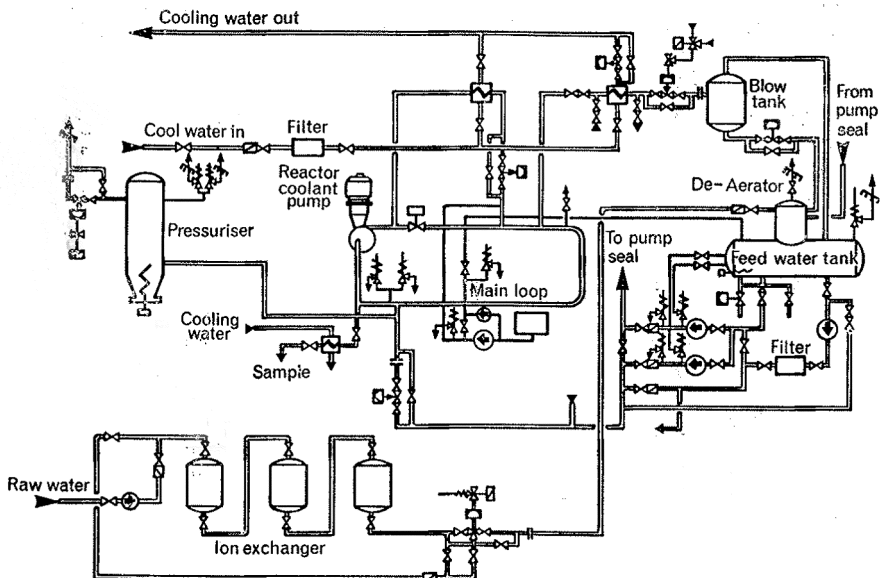
Frekvens, Hz	47,0	51,4	46,5
Spänning, V	6 390	6 560	5 400

läggningen planerades och byggdes 1970–71 och trimmades in under år 1972, samtidigt som själva pumpen tillverkades på pumpfabriken och motorn hos Strömberg i Sockenbacka. Personalen utbildades och fick sin praktiska skolning hösten 1971 och våren 1972.

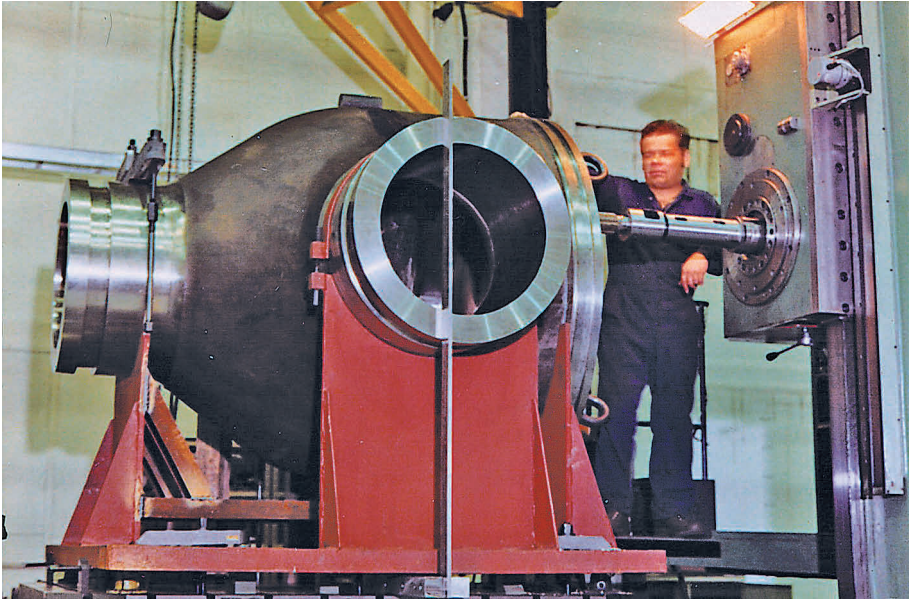
Ett typiskt 50 timmars prov krävde en personal på åtta till tio personer. När prototyptesterna blivit godkända av de ryska experterna med doktor *Turetsky* i spetsen kunde typtestningen med den första Lovisaenheten påbörjas. Testningen var mycket tidskrävande med sin uppvärmning och nedkylning av loopvattenet i 25 cykler från 100 grader C till 270 grader och på nytt ned till 100 grader.

En mängd starter och stopp, körning vid över- och underspänning, bestämning av typiska pumpkurvor, testning vid elstopp och avbruten kylvattentillförsel fanns på programmet, som kom att kräva omkring 1 300 timmars körning.

Figur 54 visar ett huvudcirkulationspumphus i slutbearbetningskedet i Karhula, figur 55 åskådliggör provmontage av pump och motor vid Karhula Pumpfabrik, medan figur 56 visar mikrotronundersökning av ett pumphus.



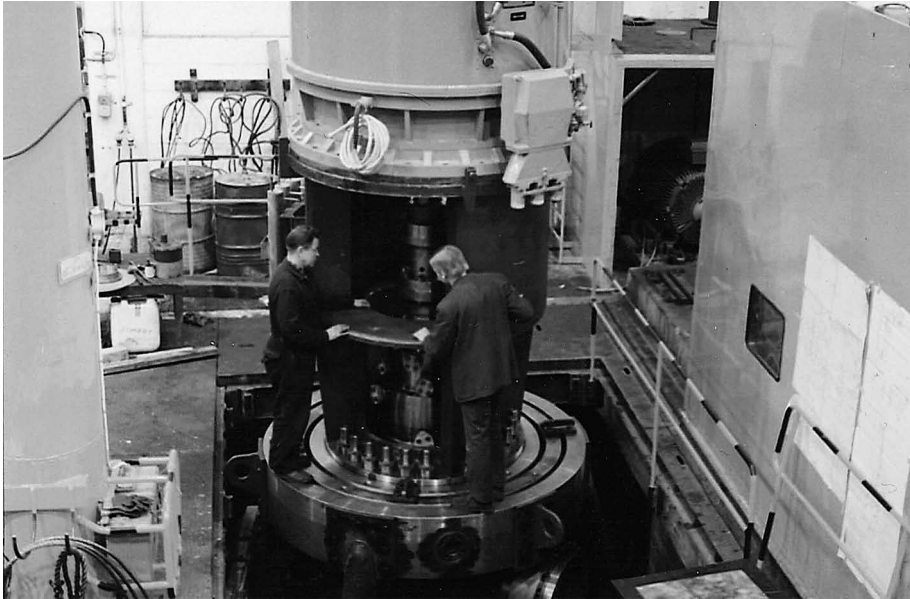
Figur 53. Testanläggningen i Karhula för huvudcirkulationspumparna till Lovisa. (Författarens arkiv).



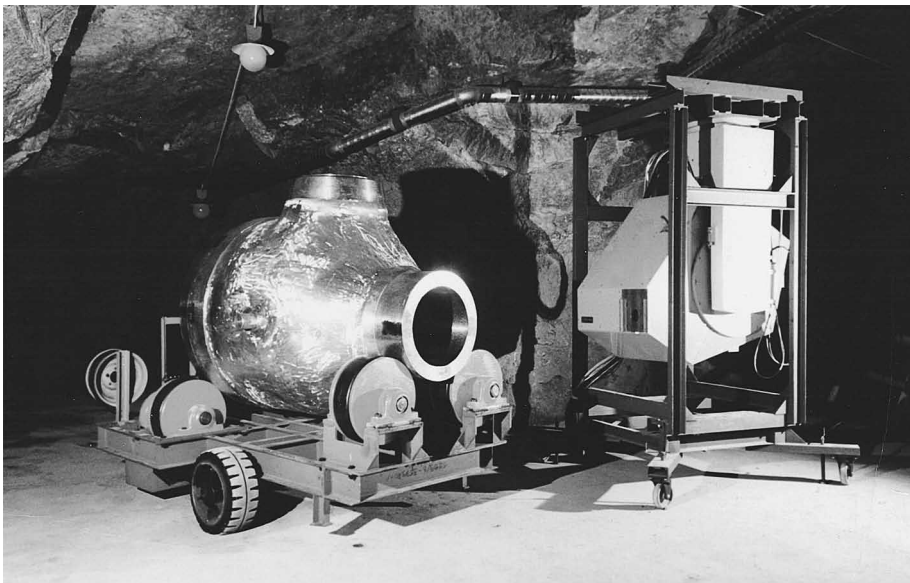
Figur 54. Slutbearbetning av ett huvudcirkulationspumphus i Karhula. (Författarens arkiv).

Totalkostnaderna för provanläggning, utveckling och testning av prototypen steg till cirka 2 miljoner dollar. Trots att en betydande del av utvecklingskostnaderna täcktes med statsbidrag (avtalet med ministeriet förutsåg 3,3 Mmk) genererade beställningarna på de tolv huvudcirkulationspumparna till Lovisa ingen direkt vinst för Ahlströmbolaget, tvärtom. Men reservdelsleveranser och service torde ha något förbättrat resultatet och med facit i hand, när dessa enheter varit i drift över 30 år, vågar jag påstå att projektet kan ges betyget med beröm godkänt.

Det är sedan en annan sak att huvudcirkulationspumpprojektet band resurserna vid Karhula Pumpfabrik under flera års tid i en sådan utsträckning att utvecklingen av processpumpar enligt utsago av fabrikschefen *Ilari Tuovinen* nära nog helt stannade av (intervju med Krister Ahlström, 2006). Huvudcirkulationspumpprojektet var visserligen ett av de största utvecklingsprojekten som Finnatomgruppen genomförde, men det är skäl att notera att ett flertal andra projekt med andra medlemsföretag som huvudaktörer var aktuella på 1970-talet och förra delen av 1980-talet. Finnatoms forskningschef 1975–80, teknologie doktor *Juhani Kuusi*, konstaterade den tredje februari 1977 i sin redogörelse för styrelsen beträffande bolagets forsknings- och utvecklingsverksamhet att det från Handels- och industriministeriets atommoment under åren 1972–76 erhållna stödet stigit till de i tabell 15 angivna beloppen.



Figur 55. Provmontage av en huvudcirkulationspump vid Karhula Pumpfabrik. (Författarens arkiv).



Figur 56. Mikrotronundersökning av ett huvudcirkulationspumphus i ett bergrum i Karhula. (Författarens arkiv).

Tabell 15. Utvecklingsstöd från atommomentet angivna i miljoner mark.

1972	1973	1974	1975	1976
1,39	1,36	1,40	1,47	1,87

Tabell 16. Finnatoms forsknings- och utvecklingsprojekt 1977.

1. Utveckling av strukturanalysmetoder för kärnkraftverkskomponenter.
2. Skapande av förutsättningar för tillverkning av tunga primärkrets-komponenter för de sovjetryska VVER-1000-, VVER-440- samt trycktubreaktorerna.
3. Utvecklande av tillverkningsmetoder för interna delar och reglerstavskomponenter.
4. Vidareutveckling av huvudcirkulationspumpar för kärnkraftverk (PWR).
5. Utveckling av skyddsskal för kärnkraftverk.
6. Utveckling av inhemsk kraftverskinstrumentering.
7. Forsknings- och utvecklingsarbete gällande induktionsprocesser vid kärnkraftverk.
8. Forsknings-, utrednings- och utvecklingsarbete beträffande reaktorsystem.

Han noterade även att stödet under 1977 torde bli cirka 1,95 miljoner mark. Med kännedom om att Finnatom eller dess medlemsföretag normalt stod för cirka 50 procent av projektkostnaderna kan man konstatera att vår inhemska industri under 1970-talet utförde till kärnkraft relaterat forsknings- och utvecklingsarbete för tre miljoner mark per år eller mera. *Juhani Kuusi* (se figur 57) framhöll vid samma tillfälle att igångsättande av långsiktiga samarbetsprojekt speciellt tillsammans med sovjetryska organisationer på vissa speciella delområden var nödvändigt, samt att det var motiverat att fortsätta bolagets spänningsanalysprojekt på dåvarande nivå (FPK 770203).

För att exemplifiera bolagets forsknings- och utvecklingsprojekt ges i tabell 16 en sammanfattning av de under 1977 med stöd från atommomentet genomförda projekten.

**Figur 57.** Teknologie doktor Juhani Kuusi, chef för Finnatoms F&U 1975–80. (Författarens arkiv).

Av de ovan listade projekten genomfördes det förstnämnda i Finnatoms egen regi och med hjälp av i bolagets tjänst varande personal. Projektet startades redan år 1972 och fortgick inom Finnatom till 1981 då de egentliga projektarbetarna, diplomingenjörerna *Hannu Palo*, *Mårten Perklén*, *Eero Torkkeli* och *Antti Voutilainen*, med Finnatoms goda minne bildade FEMdata Ky. I slutet på år 1982 utträdde Hannu Palo och Antti Voutilainen ur FEMdata och grundade Termeca Engineering Oy Ab med Hannu Palo som verkställande direktör och med bl.a. direktör *Bertel Hakulin* och författaren som aktieägare. Bägge bolagen är aktiva inom samma verksamhetsområde fastän med andra aktieägare.

De övriga sju projekten utfördes huvudsakligen med medlemsföretagens arbetskraft och resulterade i ny kunskap som kunde utnyttjas i olika sammanhang. Det är dock motiverat att konstatera att några av de ovan nämnda projekten visade sig utgöra felsatsningar, eftersom de inte genererade nya order. Författaren återkommer till Finnatoms forsknings- och utvecklingsprojekt i ett senare avsnitt av denna avhandling. I detta skede behandlas endast bolagets värmereaktorprojekt något närmare.

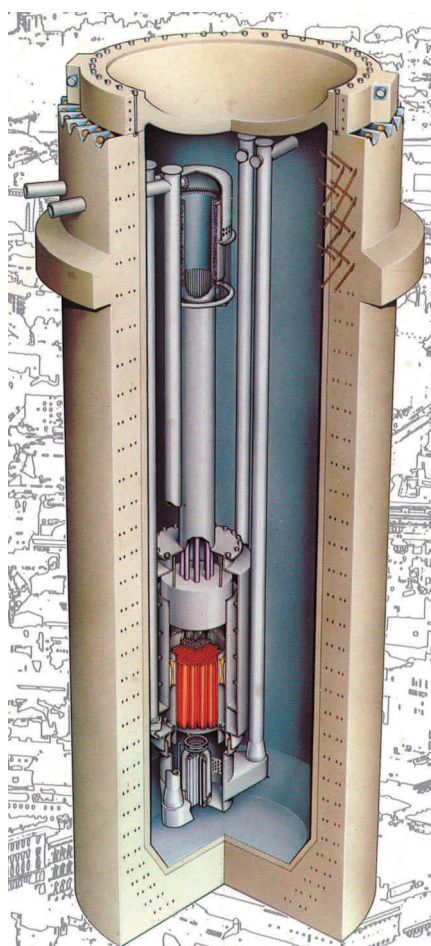
16. KÄRNVÄRMEVERKET SECURE

Grundkonstruktionen för kärnvärmeverket SECURE togs fram som ett svenskt-finskt samarbetsprojekt åren 1976–77 med finansiering av den svenska och finska staten. 1977 färdigställdes konstruktionen för ett verk med kapaciteten 400 MW (se figur 58). Asea-Atom utarbetade en preliminär säkerhetsrapport med Västerås som tänkt placeringsort och med för lättvattenreaktorer allmänt tillämpade planeringskriterier som bas. Den finländska arbetsgruppen med representanter för Finnatom, Helsingfors stads energiverk, Imatran Voima och Statens tekniska forskningscentral utarbetade kompletterande utredningar speciellt med tanke på den tänkta placeringsorten i Helsingfors.

Utredningarna beaktade bl.a. förefintliga planer på utbyggnad av fjärrvärme i huvudstadsregionen, den aktuella bosättningen, ägoförhållanden och trafik. Verkningarna av ett flertal olika faktorer invägdes i kalkylerna och resultatet blev att ett område mellan Malm, Vik och Kvarnbäcken föreslogs som placeringsort för ett kärnvärmeverk på 2 x 400 MW.

För transport av radioaktiva material – i detta fall färskt kärnbränsle, använda bränsleelement, och värmeverksavfall – förutsågs att bestämmelser gällande för ”normala” kärnkraftverk skulle komma att tillämpas. Utredarna ansåg säkerhetsnormerna i Finland och Sverige för planering av kärnkraftverk vara så pass likartade att det svenska förarbetet var tillämbart även för det finländska projektet.

Svårigheten bestod snarast däri, att



Figur 58. Kärnvärmereaktorn SECURE.
(Finnatoms arkiv).

detaljerade bestämmelser för ett kärnvärmeverk, med andra tekniska data än vad som var typiskt för ett kärnkraftverk, saknades mer eller mindre helt.

Som en följd av det faktum att den tänkta förläggningssorten för kärnvärmeverket låg nära Helsingfors-Vanda flygstation ägnades följdverkningarna av en flygplansstörtning stor uppmärksamhet. Ett avbrott i elmatningen till anläggningen bedömdes som osannolik, eftersom matningen skulle ske via jordkablar från olika håll. I det fall att fjärrvärmerörledningarna skulle skadas kunde reaktorn kylas med hjälp av ett kyltorn. Ifall såväl fjärrvärmerörledningarna som kyltornet skulle slås ut skulle bassängens stora vattenvolym ge tid tillräckligt för att arrangera andra åtgärder för kylning av reaktorhärden.

Själva reaktorn och övriga aktiva områden konstruerades att tåla en flygplansstörtning. Beträffande brandskydd, kvalitetskontroll, internt strålskydd samt verkningar på omgivningen förutsåg utredarna (Finnatom & Consortes, 1979) att samma eller liknande normer (en för finska förhållanden kompletterad säkerhetsrapport, PSAR 1–2) som utarbetats för kärnkraftverk även skulle kunna tillämpas i detta fall.

Kärnvärmeverksprojektet SECURE ägnades vederbörlig uppmärksamhet i Finnatoms styrelse. Den 25 april 1977 gav herr Jåfs en redogörelse för projektet och konstaterade att det hade framskridit enligt tidtabell och budget, men att de svenska partnererna inte kunde garantera finansiering för skede 2.

Med anledning härav beslöts att Finnatom skulle inleda förhandlingar med Handels- och industriministeriet för att få utvecklingslånet konverterat till bidrag (FPK 770425). Den andra mars 1978 beslöt styrelsen att begränsade studier i avsikt att utreda de kommersiella förutsättningarna för projektet skulle utföras inom ramen för det allmänna reaktorsystemprojektet (FPK 780302).

Vid styrelsemötet den 26 juni 1978 konstaterades att man inom ramen för det finsk-svenska förforskningsprojektet (01.01.1976–30.09.1977) utvecklat konceptkonstruktionen för en värmereaktor, som kunde producera 100–600 MW fjärrvärme. Den finländska andelen av arbete och kostnader (30 %) täcktes för VTT:s del med statsstöd (1,2 miljoner mark) och för Finnatoms del med ett produktutvecklingslån, som senare omvandlades till ett produktutvecklingsbidrag (1,3 miljoner mark). Den svenska andelen täcktes i sin helhet med svenskt statsstöd.

Efter ett kortare avbrott i det tekniska utvecklingsarbetet i Sverige fortsatte Asea-Atom att satsa resurser i projektet, vartill kom att ett antal kommuner även visade intresse i form av detaljerade kostnadsanalyser (Västerås, Örebro, Eskilstuna). Utförda tilläggsundersökningar föreföll ge vid handen, att en något moderniserad version av värmereaktorn i effektområdet 400–600 MW kunde hos oss bli en betydande, andra inhemska energikällor kompletterande energikälla, som beaktande komponentexportmöjligheterna kunde klassificeras som

inhemsk. Följaktligen rekommenderades att Handels- och industriministeriet skulle utreda värmereaktorns roll inom landets energi-, handels- och industripolitik och möjligheterna att stöda det avslutande arbetet med projektet i form av ett produktutvecklingslån.

Ytterligare konstaterades att diplomingenjör *Timo Haapalainen* deltar i en tilläggsutredning beträffande SECURE samt att ordföranden *Georg Ehrnrooth* och herr *Jåfs* kommer att informera minister *Eero Rantala* om Finnatoms aktuella projekt inklusive SECURE den 28 juni (FPK 780626).

Finnatom gjorde sitt för att marknadsföra kärnvärmeverket. Den 22 oktober 1979 arrangerade bolaget tillsammans med Asea-Atom i Helsingfors ett symposium för HSL:s (Helsingin Seudun Lämpö Oy) ledning, där Finnatoms och Asea-Atoms gemensamma offert på Malmi 1 och Malmi 2 på 2 x 400 MW genomgicks och motiverades.

Den andra november samma år förde Finnatoms styrelseordförande och verkställande direktör förhandlingar i Västerås med Asea-Atoms ledning. Från svensk sida var verkställande direktör *Lars Halle*, direktörerna *Åke Molin* och *Lars Leine*, överingenjör *Eriksson* och ingenjörerna *Nilsson* och *Skygge* närvarande. Som ett resultat av de förda diskussionerna överenskomms att Asea-Atom inom en månad översänder konsortialavtalen för Malmi 1 och 2 samt för det aktuella Tjeckoslovakienprojektet (Skoda) till Finnatom (FPK 1979/6). Finnatom utarbetade även ett detaljerat förslag till arbetsfördelning mellan parterna.

Utredningarna beträffande SECURE fortsatte men med lägre prioritet ända tills folkomröstningen i Sverige satte totalstopp för projektet 1980. En klart bidragande orsak till att denna folkomröstning överhuvudtaget ägde rum var olyckan i Harrisburg i Pennsylvania 1979, då reaktor nummer två vid Three Mile Island-verket som en följd driftspersonalens misstag råkade ut för en partiell härdsmläta.

Processen började med att kylvattenflödet till tryckvattenreaktorn i misstag avbröts, något som ledde till att trycket i reaktorkärlet snabbt steg, reaktorn snabbstoppades och en säkerhetsventil automatiskt öppnades. Trots att trycket minskade stängdes inte säkerhetsventilen, varför vatten strömmade ut. Härdens nödkylsystem startade automatiskt, men kopplades bort av operatörerna, som inte förstod det reella läget förrän två timmar senare. Vattnet i reaktorkärlet började koka och vattennivån sjönk varvid övre delen av härden blottades. Bränsleelementen skadades allvarligt; en partiell härdsmläta var resultatet. Några få curie radiaktiva gaser passerade kontainmentets filter och kom ut i fria luften. Säkerhetsfilosofin som byggde på "Defence-in-Depth", försvar på djupet, visade sig fungera, men de psykologiska verkningarna blev allvarliga världen över (American Nuclear Society, 1992, s. 161).

Med facit i hand kan man kanske konstatera att filosofin bakom värmereaktorn var mer än lovligt naiv. Avsikten var ju att producera fjärrvärme för stora tätorter, något som krävde att enheterna måste placeras i omedelbar närhet av respektive stad. Oberoende av den teoretiskt uppnåbara säkerheten borde man ha insett att den stora allmänheten knappast skulle acceptera att en reaktor på flera hundra MWt placerades på bara några kilometers avstånd från stadscentrum.

17. I VÄNTAN PÅ LOVISA 3

Finnatom var aktiv på många fronter under senare delen av 1970-talet och förra delen av 1980-talet. Detta innebar deltagande i våra handelsdelegationers resor t.ex. till sådana länder som Kuwait och Irak, varvid utrikeshandelsministern fungerade som reseledare. Iraks industriminister gav information om forskningens framsteg i landet och speciellt om planerna på ett kommande kärnkraftverk. Två enheter var preliminärt planerade, men en fortsatt utbyggnad kunde komma i fråga i ett senare skede. Dessa uppgifter var intressanta och potentiellt värdefulla merd tanke på våra egna planer bl.a. beträffande Irak.

Se figur 59 (Arab Times, 1980).

Förhandlingar fördes med Atomenergoexport och Imatran Voima beträffande kommande projekt i Sovjetunionen och dess ”satellitländer” samt i Libyen, Irak och Iran. Motsvarande förhandlingar ägde rum med Asea-Atom och berörde bl.a. projekt i Sverige (Clab, Centrallager för använt bränsle), Finland, Turkiet och Tjeckoslovakien.

Detta innebar även utarbetandet av ett stort antal offerter, vilka i många fall ledde till beställningar. Några exportorder till Centraleuropa erhöles (beställning på kranar från Paks i Ungern och på slussar från Sulzer för Leibstadt), men leveranserna till Lovisa, Olkiluoto och de svenska kärnkraftverken var avgörande för bolagets verksamhet.



Figur 59. Handelsdelegationens presskonferens den 17 januari 1980 på hotell Hilton i Kuwait. Utrikeshandelsminister Esko Rekola andra från vänster, författaren stående. (Författarens arkiv).

Den 26 juni 1977 redogjorde författaren i sitt till Finnatoms styrelse framförda memorandum för Akkuyuprojektets status. Asea-Atoms offert på utrustning för det turkiska kärnkraftverket var av storleksordningen två miljarder svenska kronor och fanns med på TEK:s short-list liksom offerterna från Westinghouse och Ansaldo. Den turkiska regeringen hade undertecknat NPT (the Non-Proliferation Treaty, ursprungligen slutet 1970) och landets betalningsförmåga hade förbättrats efter det att den internationella valutafonden (IMF) gjort ett avtal med Turkiets finansministerium. Beaktande dessa fakta samt att Asea-Atom hade ställt i utsikt finska underleveranser stigande till 400–500 miljoner svenska kronor borde möjligheterna att få statsgaranti för den finska andelen utrönas. Projektet förutsågs kunna skapa arbetsplatser i Finland motsvarande cirka 2 000 manår.

Finnatom undersökte noga möjligheterna att delta i Akkuyuprojektet och tog fram underlag för detsamma såsom av bilaga 8 till denna avhandling framgår.

Samma memorandum konstaterade att ett preliminärt avtal mellan Sovjetunionens och Libyens regeringar beträffande leverans av ett kärnkraftverk av samma storlek som Lovisa hade ingåtts. Sovjetiska Atomenergoexport hade erbjudit Imatran Voima och Finnatom deltagande i ett konsortium, som skulle bygga Libyenverket. Preliminära diskussioner om arbetsfördelningen hade ägt rum utan att något avtal ännu gjorts.

Ett tredje projekt som behandlades i nämnda memorandum gällde planerna på ett kärnkraftverk i Irak. Asea-Atom hade gett offert på byggandet av ett kärnkraftverk med effekten 400–600 MW (inklusive tillhörande samhälle). Totalpriset var av storleksordningen fyra miljarder svenska kronor. Finnatom hade meddelat irakierna att Finlands industri var intresserat att delta i projektet med en betydande andel, antingen som underleverantör till Asea-Atom eller till Atomenergoexport. Atomenergoexport hade föreslagit, att ett finskt-svenskt-sovjetiskt konsortium skulle grundas för att sköta projektet, något som Asea-Atom ännu inte hade accepterat. Affären förutsågs gå till avgörande 1979 och verket tas i drift år 1987.

Den 22 januari 1979 diskuterades Libyenprojektet vid ett möte mellan Imatran Voimas representanter *K. Numminen* och *P. Laine* och herrarna *P. Holmström* och *D. Jåfs* från Finnatom, varvid projektets tidplan presenterades. Enligt denna skulle ett planeringsavtal underskrivas våren 1979 och planeringen bli klar ett år senare. Det begentliga leveransavtalet skulle undertecknas sommaren 1980, den första kraftverksenheten tas i drift 1986 och den andra ett par år senare. Efter diskussioner med Atomenergoexport och Finnatom hade Imatran Voima i detta skede kommit fram till ett förslag till organisation enligt vilket ett finskt konsortium under Imatran Voimas ledning skulle fungera som Atomenergoexports underleverantör och närmast ha hand om byggnadsarbe-

tena, instrumenteringen och möjligen rörledningsarbetena.

Ventilationen skulle skötas antingen av konsortiet eller direkt som underleveranser av Finnatom liksom även ställverket. Finnatom skulle fungera som underleverantör till Atomenergoexport och sköta alla leveranser som låg utanför konsortiets område såsom laddmaskinerna, kranarna, de tunga tryckkärlen, huvudcirkulationspumparna, ventilerna, värmeväxlarna, havsvattenpumparna och möjligen ventilationen och rörledningarna.

Den 27 februari 1979 fick Finnatoms styrelse sig förelagt ett förslag till huvudprinciper för samarbete beträffande leverans till Libyen av ett kärnkraftverk av typ Lovisa (VVER-440). Samarbetsparterna hade kommit rätt långt i sina diskussioner och förslaget var detaljerat.

Det förekom även kontakter mellan Asea-Atom och de sovjetiska organisationerna syftande till samarbete gällande kärnkraftverksleveranser till Sovjet och till tredje länder.

Som Asea-Atoms kontakt fungerade härvid friherre *Erik Aminoffs* bolag Kontram med kontor i Munksnäs i Helsingfors. I ett brevkoncept som Finnatoms teknisk-kommersiella kommitté fick ta del av den andra juni 1978 framlades några preliminära förslag till samarbete. Brevet skulle riktas till *I. A. Kulev*, biträdande minister vid Sovjetunionens Statskommitté för utländska ekonomiska relationer.

Hänvisande till diskussioner mellan Asea-Atoms konsult, Erik Aminoff, Atomenergoexports representanter, samt handelsattachén i Finland, *A. S. Maklakov*, på Kontrams byrå i Helsingfors, liksom även med den finska industrin, framlades förslag till ett joint venture eller någon annan form av konsortialavtal.

Finnatoms planeringsverksamhet var emellertid till en mycket stor del inriktad på Lovisa 3. Den 22 mars 1977 framlades den teknisk-kommersiella kommitténs utredning gällande detta projekt för bolagets styrelse. Det var fråga om ett nationellt planeringsprojekt för maximering av den inhemska planerings- och leveransandelen, när det gällde vårt följande stora kärnkraftverksprojekt samt de projektet tangerande exportleveranserna.

Utredningen återges i bilaga 9.

Av bilaga 2 till samma kommittés mötesprotokoll av den 23 augusti 1977 framgår resultatet av en undersökning bland Finnatoms delägare i form av en prioritetslista som indikerade intresse av leveranser till Finland (Lovisa 3) respektive på export inklusive riktpriser. Undersökningen uppföljdes i augusti följande år och resultatet delgavs Imatran Voima.

1982 utfördes en ny undersökning av den inhemska industrins leveransmöjligheter, resurser och intresse med tanke på Lovisa 3, denna gång med effekten 1 000 MW som basvärde. Resultatet återges i bilaga 10.

Den 15 september 1982 slöts ett avtal mellan V/O Atomenergoexport och Oy Finnatom Ab med avsikt att studera frågor relaterade till byggandet av ett nytt kärnkraftverk i Finland samt möjligheterna för finländska företag att delta i detta projekt.

Avtalet förutsåg att Finnatom skulle:

- Ge Atomenergoexport konsult hjälp i frågor som berörde kommande lagstiftning rörande utnyttjande av kärnenergi i Finland.
- Assistera Atomenergoexport vid fullföljandet av AEE:s åtaganden inklusive införskaffande av offerter från den finska industrin.
- Mottaga Atomenergoexports specialister i Finland om AEE så ber.
- Utföra andra tjänster som avtalsparterna kommer överens om.

Finnatom överlämnade till Atomenergoexport avtalets slutrapport den fjärde oktober 1983.

Rapporten konstaterade att Finnatom sammanställt preliminära offerter på utrustning som AEE bett om och i enlighet med AEE:s specifikationer. Finnatom hade även införskaffat offerter från kvalificerade utländska företag. Speciellt hade utrustning för ett kärnkraftverk på 1 000 MW undersökts. Dessutom hade ett antal andra frågor behandlats, t.ex. kärnvärmeverket SECURE.

Bilaga 9/DJ/28.1.1983 till rapporten konstaterade bl.a. att:

- Finlands regering i mars 1979 beslutat att olika alternativ för elproduktionen i början på 1990-talet skulle studeras. Alternativen innebar torv och kol som bränsle och effekterna ett par hundra MW respektive ända upp till 2 x 700 MW. Därtill skulle kärnkraftverk med effekter på 2 x 500 MW eller 1 000 MW studeras.
- 1984 hade indikerats som tidpunkt för ett definitivt avgörande.
- Det politiska läget föreföll medge att kärnkraftverksalternativet kunde komma ifråga.
- De totala kostnaderna för ett 1 000 MW kärnkraftverk skulle bli cirka 6,5 miljarder mark, för ett 2 x 500 MW kolkraftverk cirka 3,3–3,5 miljarder mark och för ett 250 MW torvkraftverk cirka 1,3–1,4 miljarder mark.
- De resulterande elkostnaderna skulle bli 13–14 finska penni/kWh för kärnkraft, 18–19 penni/kWh för kolkraft och 23–24 penni/kWh för torvkraft.
- De finländska politikerna var mycket känsliga för den allmänna opinionens växlingar och ansåg att kolkraften skulle väljas om den vore konkurrenskraftig; 2 x 500 MW kärnkraftseffekt vore att föredra framför en enhet på 1 000 MW ifall totalkostnaderna skulle understiga 8 miljarder mark.

Bilaga 2 till slutrapporten inkluderade en inlägg av *Lars Nilsson*, Asea-Atom betitlad ”SECURE nuclear district heating plant is attractive for small urban centers” (Nilsson, 1983, s. 1).

Såväl Imatran Voima som Industrins Kraft hade i början på år 1982 fått sina kärnkraftverk i skick. 40 procent av den alstrade elkraften i vårt land var kärnkraft. Tillgängligheten, dvs. förhållandet mellan producerad kraft och den teoretiskt möjliga produktionen, steg så småningom för att stabilisera sig omkring 90 procent, bäst i världen! (Jfr. bilaga 5).

Våren 1982 grundade Imatran Voima och Industrins Kraft ITY med A. Ahlström Osakeyhtiös och Imatran Voima Oy:s verkställande direktörer *Krister Ahlström* respektive *Kalevi Numminen* som styrelseordföranden turvis. Följande år ombildades bolaget till *Perusvoima Osakeyhtiö*.

Teknologie doktor *Anders Palmgren* utnämndes till verkställande direktör och juristen *Juhani Santaholma* till vice verkställande. Diplomingenjör *Heikki Raumolin* utsågs till teknisk ledare. De båda grundande bolagen ägde vardera 50 procent av aktierna. Uppgiften var att planera och bygga det kommande storkraftverket och att sköta driften samt leverera ström till dess aktieägare.

Atomenergoexport visade från början stort intresse för det kommande projektet. Som referens kunde bolaget uppvisa VVER-1000 i Novo-Voronesh. President Kekkonen hade ju redan tio år tidigare informerat Sovjets ledning om det finländska intresset för ett kärnkraftverk med effekten 1 000 MW (Suomi, 1998, s. 315–323). Men den franska 900 MW enheten liksom Kraftwerkunions konstruktion på 1 000 MW intresserade nu och givetvis Asea-Atoms versioner på 1 050 respektive 710 MW. Kompetent personal rekryterades bland moderbolagens experter och ett grundligt utrednings- och planeringsarbete genomfördes.

Perusvoima inlämnade den 18 mars 1986 en anhållan till statsrådet om ett principiellt beslut som skulle ha inneburit en förutsättning för bolaget att gå vidare i sina planer. Men innan något avgörande beslut hann fattas small det i *Tjernobyl* nära Kiev.

I slutet på april 1986 genomförde driftspersonalen vid kärnkraftverket i Tjernobyl ett experiment med reaktorenhet nummer fyra, som var avsett att ge svar på frågan hur länge turbinernas mekaniska energi skulle räcka till för elproduktion innan nöddieselgeneratorerna startade. Reaktorerna var av typ RBMK-1000, vilket innebär att det var fråga om lättvattenkylda, grafitmodererade trycktubkokare på 1 000 MW. För att kunna genomföra experimentet kördes reaktorn med låg effekt, cirka 20 procent av den normala och dessutom med vissa automatiska regelsystem bortkopplade.

I ett skede på morgonnatten den 26 april var kylvattenflödet otillräckligt att kyla härden, temperatur och tryck steg och som en följd av reaktorns positiva voidkoefficient skedde allt detta accelererat. Kontrollstavarna som var utdrag-

Tabell 17. Aktiviteter uppmätta av Kerntechnische Forschungsanstalt Karlsruhe 01.05.1986.

Total tilläggsprocent			
Sr-89	0,66	Te-132	15,6
Sr-90	0,07	I-132	15,6
Mo-99	1,6	Cs-134	3,5
Tc-99	1,6	Cs-136	1,2
Ru-103	5,0	Cs-137	6,7
Te-129	4,6	Ba-140	4,0
I-131	36,6	La-140	3,3

na ur härden för att kunna utföra provet kunde inte mera rädda situationen. En ångexplosion omedelbart åtföljd av en vätgasexplosion sprängde bort inte bara reaktorns lock utan även reaktorbyggnadens tak. Eftersom reaktorn saknade skyddsskal kunde heta gaser och med dem radioaktivt härdmaterial fritt strömma ut i atmosfären. Grafitmoderatorn fattade eld och brann i flera dagar innan den kunde släckas med hjälp av stora mängder bly, sand och lera, som fälldes ned från helikoptrar.

Trettioen personer dog genast efter olyckan och ett stort antal blev utsatta för livshotande strålning. Bilaga 11 ger en sammanfattning av händelserna.

Radioaktiva partiklar spreds med luftströmmarna över stora områden i Ukraina och senare även över mellersta och norra Europa. Författaren kommer väl ihåg att min Geigermätare visade klart ökad aktivitet, speciellt i dikena. Jag råkade vara på besök i Vörå, där ett svagt regn just då renade atmosfären men förorenade marken. I Baijern uppmättes efter ett kraftigt regn ända upp till 80 000 Bq/m² I-131-koncentration på marken.

Kernforschungszentrum Karlsruhe utförde omfattande aktivitetsmätningar efter olyckan i Tjernobyl. Analyser av de första aerosol- och jodfiltermätningarna antydde att I-131 skulle bli den huvudsakliga källan för bestrålning under de första veckorna, medan cesium-137 intagen med mat måste beaktas på lång sikt. Tabell 17 visar aktiviteter uppmätta av KFK 01.05.1986 (Hennies, 1986, s. 22).

I Finland gjordes den första observationen av fallout efter Tjernobyl i Kajana på kvällen söndagen den 27 april 1986 efter ett lätt regn. Följande dag inkom rapport om förhöjda strålningsvärden från Forsmark kärnkraftverk i Sverige.

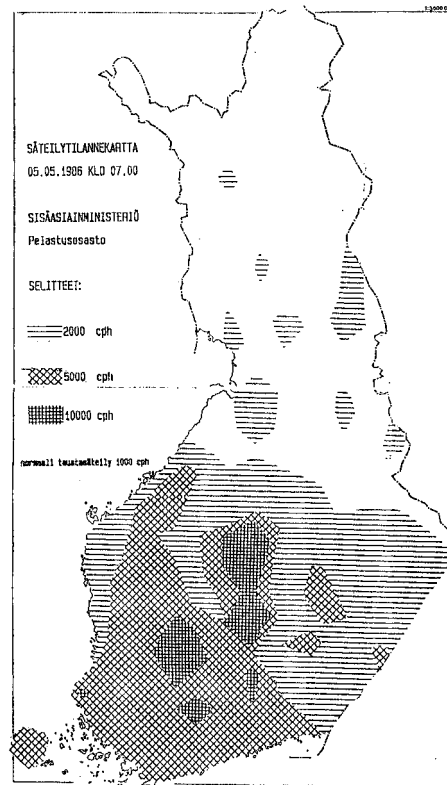
Samma dag beslöts att de kontrollstationer som hade pulsmätare skulle mäta aktiviteten en gång i timmen. Tisdagen den 29 april kunde en betydande stegring i de externa strålningsnivåerna noteras med början i de västra

delarna av Finland. Senare samma dag gjordes liknande observationer i de södra och mellersta delarna av landet i samband med regnväder. Onsdagen den 30 april uppmättes externa doshastigheter stigande till 0,4 mR/h i Nystad. Därefter sjönk aktiviteten enligt mätningar vid de olika mätpunkterna med en halveringstid på cirka sex dygn.

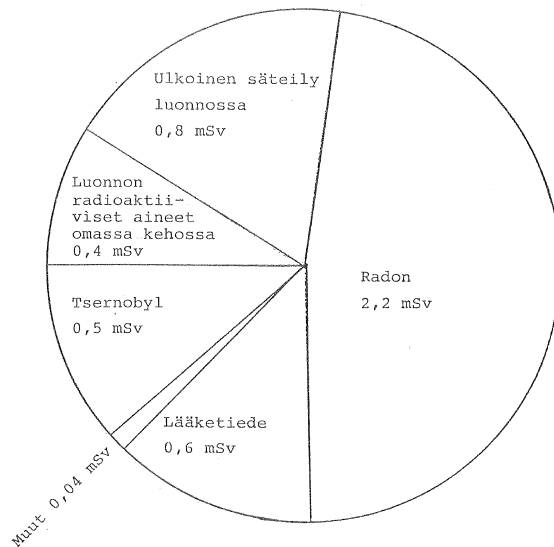
Figur 60 ger mätvärden (impulser/timme) från olika delar av landet den femte maj 1986 kl. 07.00. (Strålsäkerhetscentralen, maj 1986, s. 16–19). Det är av intresse att jämföra de strålningsdoser Tjernobyl förorsakade befolkningen i vårt land år 1986 med strålningsdoserna från andra källor. Figur 61 visar att radon utgjorde en klart större riskfaktor. Den externa strålningen ute i naturen, naturlig aktivitet i den egna kroppen liksom medicinsk strålbehandling innebar var och en för sig en risk av samma storleksordning som Tjernobyl (Strålsäkerhetscentralen, oktober 1986, s. 19). Detta bör dock inte tolkas så att de riskerna kan försummas. All radioaktiv bestrålning som människan utsätts för som ett tillägg till den naturliga strålningen måste anses förorsaka risker, som borde stå i relation till den eventuella nytta den medför.

Följderna av olyckan i Tjernobyl blev kännbara för kärnkraftverksindustrin inte bara i Europa utan över hela världen. Perusvoima drog för sin del konsekvenserna av olyckan och lade sin tillståndsansökan att vila. Författaren, som 1985 hade övertagit alla aktier i Oy Finnatom Ab mot ett löfte att hålla bolaget i beredskap minst fem år för kommande kärnkraftverksaktiviteter, konstaterade år 2001 att 15 års beredskap inte räckte till och sålde bolaget för en liten penning.

Katastrofen i Tjernobyl resulterade i en allmän försvagning av utvecklingen inom kärnkraftsindustrin, åtföljd av en motsvarande organisationsmässig



Figur 60. Impulsfrekvenser (impulser/timme) mätta med pulsräknare i olika delar av Finland den femte maj 1986 kl. 07.00. (Interim Report on Fallout Situation in Finland. Strålsäkerhetscentralen, maj 1986).



Figur 61. Strålkällor och stråldoser som påverkade Finlands befolkning år 1986. (Tsernobylin ydinturman vaikutukset suomalaisiin. Strålsäkerhetscentralen, 1986).

försvagning, analogt med vad *Pajunen* (2004) refererande till Whetten (1987) framför. Det visade sig att den stora allmänheten behövde närmare 20 års betänketid och totalt ändrade förhållanden med höga oljepriser och ökad förståelse för verkningarna av förändringar i den globala temperaturjämvikten för att den femte kraftreaktorn skulle kunna byggas i Finland. Det vore intressant att se kalkyler på vad vårt lands industri och speciellt elkraftproducenterna förlorade i form av minskade intäkter som en följd av den långvariga stagnationen i utbyggandet av kärnkraftskapaciteten, som Tjernobyli ledde till. Elkraftförsörjningen i Finland har ju tryggats med hjälp av en betydande import. En stor del av denna import har inneburit överförande av kraft från S:t Petersburg.

Det faktum att reaktorerna i Sosnovy Bor västerom S:t Petersburg är av samma typ, RBMK, som reaktorena i Tjernobyli borde stämma till eftertanke. I Litauen byggdes två enheter av samma typ, men EU betalar stora summor för att få dem stoppade så fort som möjligt. Finlands betalningar för elimporten från Ryssland bidrar däremot till att finansiera Sosnovy Bor. Sic!

18. FÖLJDER AV INTRODUKTIONEN

Introduktionen av kärnkraften i vårt land ledde till stora förändringar inom flera olika sektorer av landets näringsliv. Några av dessa förändringar inträdde mer eller mindre omgående, andra blev skönjbara först i ett senare skede. Verkningarna var i många fall närmast av kvalitativ art, men konkreta, kvantitativa följder med omedelbar verkan kunde även registreras. Detta var naturligt nog fallet speciellt gällande produktionen av elkraft.

18.1 Elpriserna

Kärnkraftsenheterna Lovisa 1 och Lovisa 2 samt Olkiluoto 1 och Olkiluoto 2 representerar konkret och påtagligt följder av introduktionen.

Trots att de budgeterade anläggningskostnaderna överskreds med besked – enligt *Kalevi Numminen* fördubblades de i fallet Lovisa (Numminen, 1991, s. 29–33) – producerade såväl enheterna i Lovisa som i Olkiluoto elektricitet till konkurrenskraftiga priser när de togs i drift. Detta kan förklaras med den



Figur 62. Kärnkraftverksenheter Lovisa 1 och Lovisa 2. (Finnatoms arkiv).



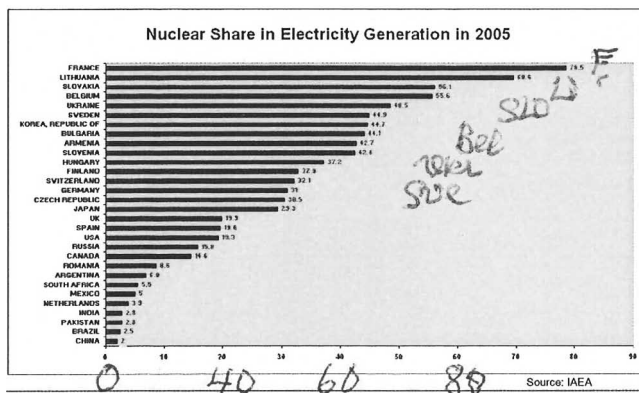
Figur 63. Kärnkraftverksenheterna Olkiluoto 1 och Olkiluoto 2. (Finnatoms arkiv).

kraftiga inflationen i vårt land under byggnadstiden med åtföljande stegring av alla produktionskostnader, men även med det faktum att kontraktsvillkoren speciellt i fallet Lovisa var synnerligen förmånliga för köparen.

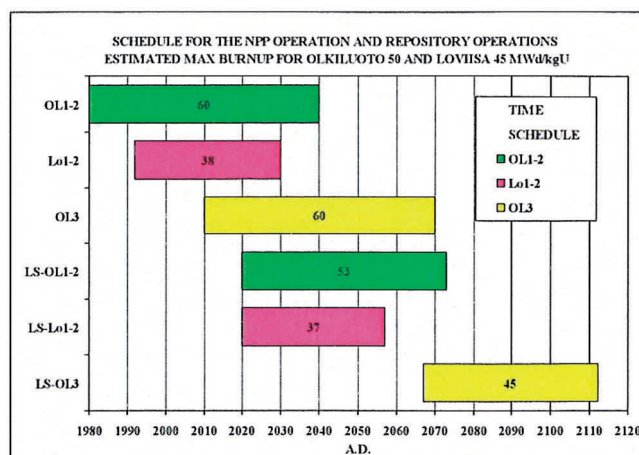
Läget är i detta nu om möjligt ännu mera förmånligt. Produktionskostnader på två till tre cent per kWh är givetvis med de tidvis exceptionellt höga olje- och kolpriserna mycket konkurrenskraftiga (Davydov, intervju, 2006). Även *Tarjanne* visade detta i sin kostnadsjämförelse (Tarjanne, 2006).

En av Atomenergikommissionen tillsatt arbetsgrupp under ledning av direktör *Anders Palmgren* beräknade de nationalekonomiska kostnaderna för kärnkraftsproduktionen under åren 1977–82 på basen av kraftbolagens bokföring. Alla kostnader omvandlades till penningvärdet för december 1982. De sammanlagda diskonterade kostnaderna för kärnenergin uppgick till 6 720 miljoner mark, varav kapitalkostnaderna stod för 57 procent, bränsle-, drifts- och forskningskostnaderna för 39 procent och kostnaderna för rivning av kraftverken och omhändertagandet av avfallet för 4 procent. En jämförande

Figur 64. Kärnkraftens andel av den totalt producerade elektriciteten i världen per 15.06.2005. (Föredrag av Ami Rastas, 2006).



Figur 65. Tidtabell för slutbevaring av använt kärnbränsle i Finland. (Föredrag av Tiina Jalonen, Posiva, 2006).



beräkning av kostnaderna för produktion av samma mängd elektricitet med kol som bränsle visade att kärnenergiproduktionen resulterade i en inbesparing stigande till cirka 1300 miljoner mark (Atomenergikommissionen, 1984, s. 3). Samtidigt minskade behovet att importera fossila bränslen i hög grad.

En faktor som även bör nämnas i detta sammanhang är den höga tillgänglighet som alla våra fyra kärnkraftsenheter har uppvisat. *Magnus von Bonsdorff* (1991, s. 34–35), *Anders Palmgren* (1986, s. 1–2) och Strålsäkerhetscentralen (Neljännen vuosiraportti 2006 och Vuosiraportti 2006, utgiven 2007, s. 16, 17, 29) har redovisat för siffror på över 90 procent, vilket innebär en topposition i hela världen (se figur 67 och figur 68 samt bilaga 5).

Det är även av intresse att notera att andelen kärnkraft av den totala elproduktionen i vårt land år 1982 var 40 procent (Numminen, 1991, s. 29–33). För år 1983 har siffran 41,5 procent angetts (Karttunen & Silvennoinen, 1985,

s. 495). Denna andel hade år 1990 sjunkit till 29 procent (Mäkipentti, 1991, s. 65–67). Denna negativa trend förutses ändra sig år 2012, när Olkiluoto 3 på 1 600 MWe enligt planerna tas i drift (Giese & Leverenz, 2005, s. 6–10).

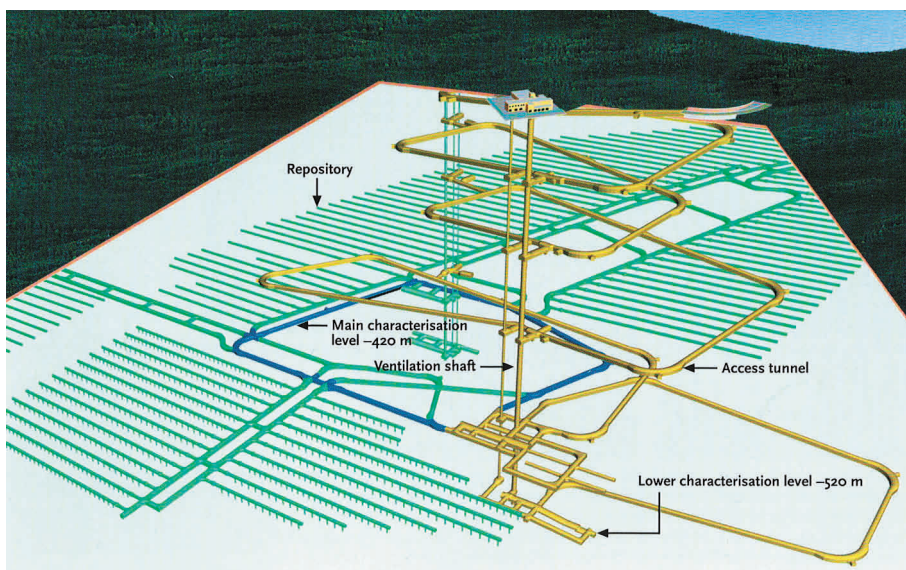
En jämförelse med siffrorna för hela världen ger även ett visst perspektiv på situationen. År 1992 var andelen kärnkraft i världen 17 procent medan totalantalet reaktorer överskred 400 (American Nuclear Society, 1992, s. 103). Andelen vattenkraft var 20 procent av den totala produktionen på 13 300 TWh år 1997 (Jörss & Consortes, 2003, s. 32).

Vid en expertträff i Eurajoki i augusti 2006 angav Ami Rastas totalvärdet för år 2004 till 17 000 TWh, varav kärnkraften stod för 16 procent.

Figur 64 visar kärnkraftens andel av den totalt producerade elektriciteten per 15.06.2005 (Rastas, 2006, s. 4).

Introduktionen av kärnkraften medförde även andra konkreta följder i vårt land. Strålsäkerhetscentralen grundades och blev säte för experter med kunskaper av internationell klass. Myndigheterna måste utarbeta system för övervakning och beviljande av tillstånd i enlighet med de lagar som stiftades och som även gällde hela bränslecykeln inklusive slutbevaringen av använt bränsle. Ett dylikt heltäckande system av lagar finns ännu inte i något annat land (Ihamuotila, 2008 samt Hoffman, 2008, s. 11, 33 och Vilkkamo & Vuori, 1991, s. 52–54).

Posiva grundades med uppgift att utveckla tekniken och för att genomföra denna slutbevaring. När det gäller slutbevaring av använt kärnbränsle är Fin-



Figur 66. Plan över "Onkalo", lager för använt kärnbränsle i Olkiluoto. (Onkaloprospekt, Posiva).

land ett av de ledande länderna i världen. Figur 65 visar tidtabellen för slutbevaring av kärnbränsle i vårt land (Jalonen, 2006, s. 1). Figur 66 återger en plan över det blivande lagret för använt bränsle, ”Onkalo”, i Olkiluoto (Onkalo, Posiva-prospect).

18.2 Den tekniska nivån

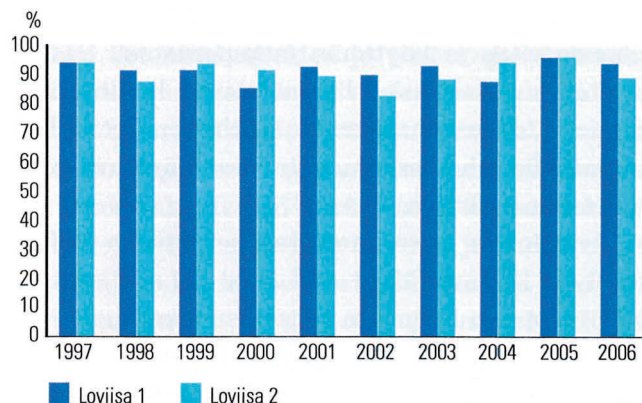
Professor *Juhani Kuusi*, med ett förflutet bl.a. som Finnatoms forskningschef, generaldirektör för Tekes och Senior Vice President för Nokia och chef för dess forskningscentral, har konstaterat att kärntekniken fungerade som ett teknologilokomotiv i stil med rymdtekniken (Kuusi, 1991, s. 20–21; se även Kuusi, 1986, s. 91).

Även i vårt land satsade såväl industrin som staten betydande resurser på forskning och utveckling av kärnteknik, fastän något centralt forskningscentrum inte byggdes upp – lyckligtvis kunde man tillägga – såsom man gjorde i många andra länder. Statens tekniska forskningscentral utförde dock i nära samarbete med industrin under ledning (1970–87) av professor, sedermera akademiker, *Pekka Jauho* ett betydande utvecklingsarbete även inom kärnteknikens komplexa område.

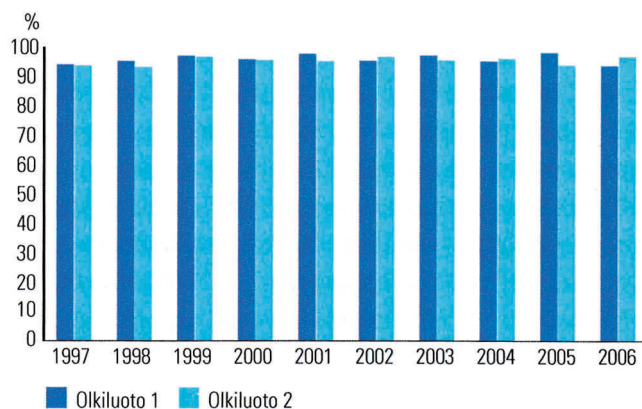
Introduktionen av kärnkraften i Finland var en långt utdragen process som krävde att alla då till buds stående resurser mobiliserades. Denna process ledde till ett omfattande samarbete mellan landets industri, högskolor och universitet, forskningsanstalter och konsultbyråer, statens institutioner inte att förglömma. Figur 28 ovan ger en antydning om detta, samtidigt som relationerna till de huvudsakliga utländska aktörerna är skisserade. Figur 67 och figur 68 visar energilastfaktorerna för Lovisa 1 och Lovisa 2 samt Olkiluoto 1 och Olkiluoto 2 för åren 1997–2006. Energilastfaktorn avser förhållandet mellan den producerade elenergin och den energimängd som skulle ha producerats om enheten hade arbetat med nominell effekt under hela den betraktade tiden.

Industrins utvecklingsarbete gällande kärnkraftverkskomponenter utfördes, med eller utan statligt stöd, huvudsakligen i omedelbar kontakt med den konventionella verksamheten. Huvudcirkulationspumparna och laddmaskinerna är typexempel på den avancerade teknik som planeringen och tillverkningen av dessa komponenter krävde. Generellt kan konstateras att de industriföretag som deltog i utbyggnaden av kärnkraften tvingades lära sig att utveckla och använda helt nya kvalitetssäkringssystem. I många fall överfördes den nya filosofin, de nya metoderna och den nya kunskapen till den konventionella tillverkningen. Avancerad svetsteknik, materialkontroll, gjutteknik, motorkontroll, instrumentering och hållfasthetsanalys (FEM-analys) är exempel på de tekniker som överfördes till den ”normala” industrisektorn.

Den säkerhetsfilosofi som tvingade fram de nya kvalitetssäkringssystemen



Figur 67. Energilastfaktorer för Loviisa 1 och Loviisa 2 för åren 1997–2006. (Ydinenergians användningens säkerhetsutvärdering, Strålsäkerhetscentralen, 2006).



Figur 68. Energilastfaktorer för Olkiluoto 1 och Olkiluoto 2 för åren 1997–2006. (Ydinenergians användningens säkerhetsutvärdering, Strålsäkerhetscentralen, 2006).

inom vår tillverkande industri gick allmänt under namnet ”Jauhos kriterier” även om dessa kriterier enligt Pekka Jauhos egen utsägo (Jauho, 1999, s. 196) grundade sig på översättningar av kända internationella normer som chefen för Strålsäkerhetscentralen, doktor *Antti Vuorinen*, utfört.

18.3 Företagsnivån

Det utvecklingsarbete som genomfördes i vårt land i anslutning till kärnkraftverksprojekten gav värdefulla impulser även för utvecklandet av de stora kontroll- och reglersystem som leverantörerna av konventionell utrustning såsom pappersmaskiner och metrotåg behövde (intervju med Jaakko Ihamuotila, 2006).

Ursprunget till Finska Kabelfabrikens på egen produktutveckling baserade affärsverksamhet inom elektroniken kan spåras till professor *Erkki Laurilas*

beställning av en pulsanalysator för mätning av ”flygtiden” för kalla neutroner vid TRIGA-reaktorn. Chefen för Nokias elektronikindustri, diplomingenjör *Kurt Wikstedt*, har senare sagt att en av de främsta orsakerna till Nokias framgång var leveransen av kontrollsystemen för Lovisa (Häikiö, 2001, s. 96–100).

Som en följd av den överenskomna arbetsfördelningen mellan Techno-promexport respektive Atomenergoexport och Imatran Voima i Lovisa tvingades Imatran Voima bygga upp en stor stab av specialister, som bolaget senare kunde utnyttja även i exportprojekt. De ryska planerarna hade som en fortsättning på Lovisa 3-projektet arbetat på en version kallad VVER-91. Med början 1990 utarbetade Imatran Voima fram till 1992 med hjälp av sin omfattande datakapacitet en egen version, VVER-92, som de ryska experterna fick ta del av (i Myrbacka) mot betalning i reaktorbränsle (jfr. Pinto & Dedovic-Budic, 2002). Kärnkraftverket i Lianyangang i Kina med sina två reaktorer på 1 000 MWe per enhet vittnar om nivån på den expertis Imatran Voima blev tvunget att skapa för Lovisa. Man kan dock förmoda att de ryska mottagarna av know-how inte numera i sin reklam alltför noggrant redogör för Imatran Voimas roll i Lianyangangprojektet.

En annan följd av samarbetet mellan de finska och sovjetryska företagen och institutionerna bör inte förglömmas. Det har sagts att den västerländska säkerhetsfilosofins inverkan på de ryska experternas tänkesätt medverkade till en händelse som *inte* ägde rum på Kolahalvön, där två reaktorer av VVER-typ är i drift: de exploderade inte!

Vid Finnatoms byrå utfördes under åren 1972–81 ett resultatrikt utvecklingsarbete med sikte på avancerad hållfasthetsberäkningsteknik. Diplomingenjörerna *Hannu Palo*, *Antti Voutilainen*, *Eero Torkkeli* och *Mårten Perklén* utarbetade ett flertal dataprogram bl.a. för analys av tjockväggiga tryckkärl enligt den s.k. ”Finite Element”-metoden.

Det är knappast någon överdrift att påstå att deras arbete var på internationell toppnivå. Dataprogrammen MECSAP, SOLAX och PAFEC visade sig utgöra kraftiga och effektiva redskap när det gällde att utföra de hållfasthetsberäkningar och spänningsanalyser som de enligt ASME modellerade finländska normerna krävde. Bolagets experter inte bara utvecklade nya program, de utförde även det analysarbete som leverantörerna av kärnkraftverkskomponenter behövde.

De av Verkstadsindustrin i Varkaus till Forsmark 3 och Oskarshamn 3 levererade värmeväxlarna samt Karhula Pumpfabriks pumpar, inkluderande huvudcirkulationspumparna för Lovisa, är typiska exempel på detta arbete. Analyserna av spänningarna i reaktortryckkärlsstudsarna i Olkiluoto, i samband med korrigeringen av ett antal svetsfel som konstaterats i dessa studsar, hörde till de mera intressanta uppdragen.

År 1981 bildade de fyra ovannämnda ingenjörerna ett fristående kommanditbolag, FEMdata Ky, som fortsatte verksamheten i egen regi. År 1982 utträdde Hannu Palo och Antti Voutilainen ur FEMdata och grundade aktiebolaget Termeca Engineering Oy Ab med Hannu Palo som verkställande direktör. Han hade åren 1974–81 varit chef för Finnatoms spänningsanalysprojekt. Båda bolagen är fortsättningsvis aktiva och utför beräkningsarbete för industrin. Det kan nämnas att teknologie licentiat *Timo Haapalainen* och diplomingenjörerna *Bertel Hakulin*, *Paavo Holmström* och *Daniel Jåfs* även var aktieägare i Termeca. Bolaget är verksamt som expert på spänningsanalyser men har även utvecklat nya dataprogram, t.ex. STANDIX-programmet. *Hannu Palo* rapporterade redan under Finnatomtiden arbete med SYMAX och CONFEM (Palo & Lehtelä, 1978) och är fortsättningsvis aktiv som föreläsare vid INSKO-seminarierna (Palo, 2005 och 2006).

18.4 Det personliga planet

All utveckling inom vårt samhälle är ett resultat av mänsklig verksamhet. Att vara människa är enligt R. Stevens (1998, s. 168) att man är en målinriktad och aktiv varelse. Målen kan variera, men vi upplever dem som en oupplöslig del av vårt liv. Det faktum att aktörerna i den process som skildrats i denna undersökning av omständigheterna var tvungna att som fullvuxna lära sig en mängd nya – och ibland revolutionerande – tekniska och organisationsmässiga lösningar gav, tror jag, starka impulser till verksamheten senare i livet. Den andragogiska modellen för lärande noterar att fullvuxna motiveras av inre faktorer och av sina tidigare erfarenheter. De känner ett klart behov att lära sig nya saker, även fastän de redan har avlagt en examen (Knowles & Associates, 1990, s. 9–12).

Redan en snabb blick på min lista (nedan) på intervjupersoner ger vid handen att diplomingenjörerna är i förkrossande majoritet med några tekniker, ingenjörer och doktorer som komplement på den tekniska sidan. Detta är inte ägnat att förvåna eftersom de flesta utvaldes med tanke på sin kunskap om introduktionen av kärnkraft i vårt land och eftersom kärnkraften är en typisk representant för industriell högteknologi. Några av de intervjuade faller utanför denna ram, men de uppvisar andra speciella kvalifikationer.

Ett frapperande och i viss mån oväntat faktum är, att en stor del av intervjupersonerna uppnådde ledande positioner inom vårt näringsliv och vår forskning.

Författaren anser sig ha belägg på riktigheten i påståendet att många av de verkliga påverkarna besatt speciella personliga egenskaper, vilka var en förutsättning för detta avancemang. Med en lätt travestering på R. Stevens frågar jag: vad är det att vara ledare? Motiverad av mitt personliga intresse och som

en liten bilinje i min undersökning ställde jag till intervjupersonerna också frågan: vad fordras av en god ledare? Några av svaren på min fråga förtjänar att refereras:

Business management

1. Ledaren måste
 - skapa ett klart system för beslutfattande och övervakning inkluderande snabb och noggrann rapportering som även innehåller förslag till åtgärder,
 - skapa och utveckla företagskulturen, något som kräver en egen, personlig kultur hos ledaren
 - ha visioner.
2. Ledaren måste
 - besitta (tekniskt) kunnande inom sitt område,
 - äga förmågan att samla omkring sig experter med olika utbildningsbakgrund,
 - undvika att alltför snävt definjera sina medarbetares uppgiftsområden, dvs. undvika begränsningar.
3. Ledaren måste
 - själv ha hög etisk standard,
 - kunna och vara villig att lyssna.
4. Ledaren måste
 - vara yrkeskunnig,
 - hålla vad han lovar,
 - kunna lyssna och ge kritik, positiv eller negativ.
5. Ledaren måste
 - ha en medfödd förmåga att kommunicera med folk, att kunna tala med bönder på bönders vis och med lärda män på latin,
 - vara intresserad av folk och kunna lyssna och sammanfatta,
 - ha naturlig personlig auktoritet och våga fatta även svåra beslut.
Det är skäl att minnas att: "You hire on competence but you fire on personality."

Utan att göra någon statistisk analys noterar jag att många av svaren i mitt tycke representerade den vedertagna bilden av en finsk ledare som konsekvent och rätlinjigt genomför sitt uppdrag utan alltför långrandiga diskussioner. Han ställer med sin verksamhet upp de oskrivna regler och värden som kännetecknar det företag eller den grupp han leder (H. Immonen, 2005, s. 203–204).

Frapperande och i viss mån förvånande var det, att många intervjupersoner framhöll nyttan av förmågan att lyssna och att ha visioner. Med visioner förstår

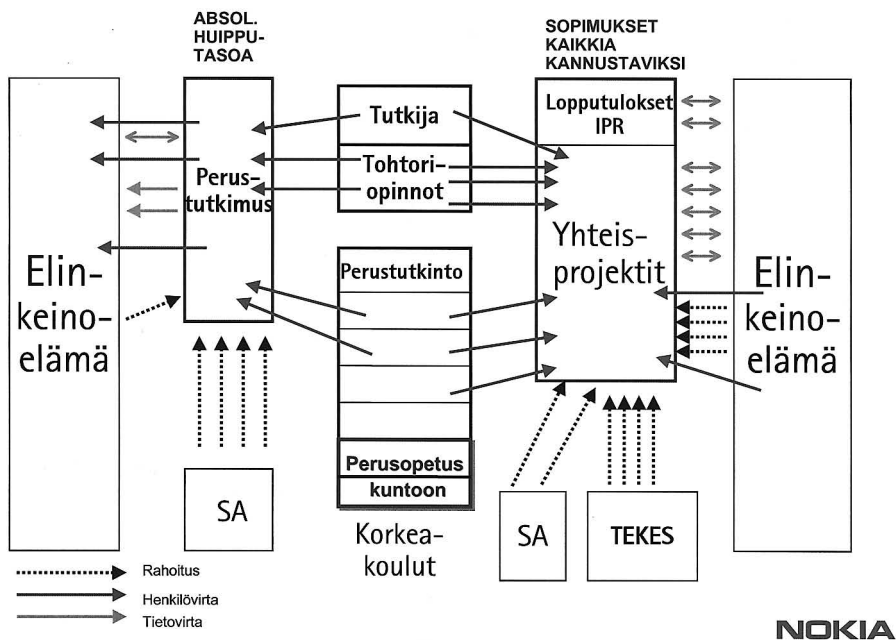
jag här både målmedvetenhet och förmåga att uppställa mål som inte alltid behöver vara lätt förutsägbara. Professor *Pekka Jauho* uttryckte detta på sitt speciella sätt med rubriken på sin bok: *Ensin kielsin konditionaalin* (Jauho, 1999).

Flera intervjupersoner utpekade professor *Erkki Laurila* som en man med visioner. I detta sammanhang kommer jag osökt att tänka på en annan stor visionärs ord: ”I have a dream...”

En svensk diktare skapade en sats som även alluderar till ledarskap och som jag personligen värdesätter högt: ”Det är skönare lyss till en sträng som brast än att aldrig ha spänt en båge.” Jag vill speciellt lyfta fram några egenskaper hos de personer som i avgörande grad påverkade introduktionen av kärnkraften: de hade visioner och förmåga att lyssna, de var målmedvetna och yrkeskunniga.

En professionell styrelsemedlem (B. Immonen, 2005, s. 15) formulerade saken på sitt personliga sätt när han framhöll att en god ledare är en person som är dum nog att tro att han alltid har rätt, men som är så klok att han inte inbillar sig det omöjliga.

Refererande till Robert Goffee och Gareth Jones framhåller *Patrik Furu* att ledaren bör tillämpa fordrande empati, empatisera med medarbetarna och ge dem vad de behöver, men inte nödvändigtvis vad de vill ha (Furu, 2006, s. 32). Toffler konstaterar att de som kan upp fylla människornas förhoppningar och behov kan utöva makt på ett framgångsrikt sätt (Toffler, 1990, s. 473).



Figur 69. Nokias system för forskning och utveckling. (Föredrag av Juhani Kuusi, 2001).

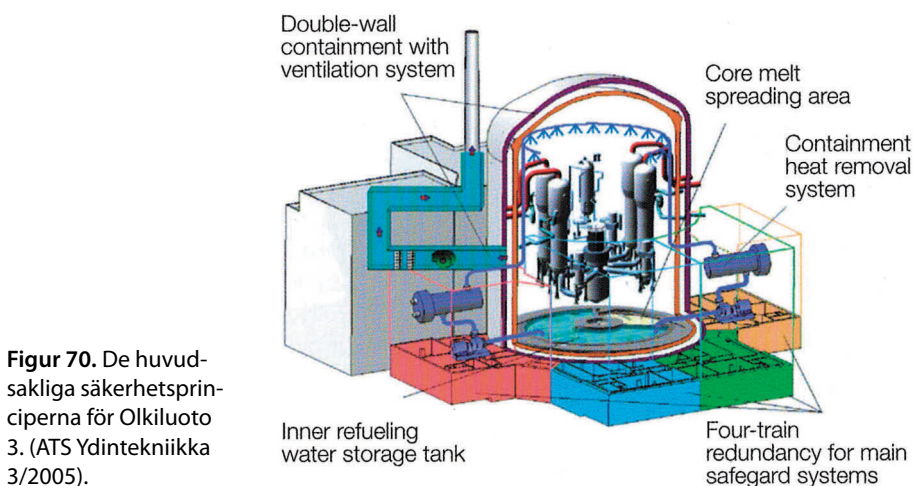
18.5 Övriga följder

Vår industri hade redan före medlet av 1900-talet haft en hel del kontakter till andra länder, både i västlig och östlig riktning. Men skeendena i samband med introduktionen av kärnkraft i Finland innebar dock en genomgripande förändring även i detta hänseende. Ett stort antal ingenjörer kompletterade sin utbildning utrikes.

Utväxlingen av vetenskaplig information länderna emellan ökade markant och ett flertal industriföretag, både stora och små, som inte tidigare haft nämnvärda internationella kontakter, tvingades anpassa sig till det nya läget. Speciellt gjorde denna trend sig gällande inom verkstadsindustrin.

Medan skogsindustrins andel av vår export år 1960 hade varit 75 procent hade denna andel år 1985 sjunkit till 38 procent. Samtidigt hade metall-, verkstads- och elindustrins andel däremot stigit till 37 procent (Kuusi, 1986, s. 91). Startskottet hade gått inte bara för ett starkt utökat samarbete inom Norden utan även mera generellt. Allt detta har inte här kvantifierats, men det var enligt min mening en behövlig om än inte tillräcklig förbredelse för den globalisering som vi nu upplever.

Det framgångsrika samarbete som bedrevs mellan staten, industrin, forskningsanstalterna, högskolorna och universiteten gav även lärospån för framtiden, något som bl.a. *Juhani Kuusi* har noterat i många sammanhang. Jag tillåter mig att här återge en bilaga till hans anförande vid statens vetenskaps- och teknologiråds möte 4/2001 i Statsrådets festsal (Kuusi, 2001, s. 1–4). Professor Kuusi beskriver i sitt anförande sin filosofi när det gäller forskning och utveckling, en filosofi som innebär ett mångfasetterat samarbete och som han tillämpat inom Nokia. Figur 69 åskådliggör ett dylikt samarbete.



Figur 70. De huvudsakliga säkerhetsprinciperna för Olkiluoto 3. (ATS Ydintekniikka 3/2005).



Figur 71. Kärnkraftverket i Olkiluoto med tre reaktorenheter. (Finnatoms arkiv).

Jag vågar påstå att Juhani Kuusi fick de första impulserna till sin filosofi under sin period som forsknings- och utvecklingschef för Finnatom 1975–80. Sejouren som generaldirektör för Tekes 1983–95 förstärkte givetvis dessa impulser. Professor Kuusi framförde liknande synpunkter på samarbetet mellan forskning och industri inför ett internationellt forum i Offenbach den femtonde juni 2005 (Kuusi, 2005, s. 1–3). Med risk för att bli beskylld för en alltför långt gående generalisering konstaterar jag att även många andra ledare inom vårt näringsliv i sitt senare värv tog med sig och tillämpade de lärdomar de direkt eller indirekt fått av kärnkraftsintroduktionen.

Även läkarvetenskapen kan uppvisa direkta vinningar som en följd av anskaffandet av Finland Reactor I. I maj 1999 kunde som ett resultat av ett mångårigt utvecklingsarbete borneytronstrålbehandling av cancerpatienter inledas vid forskningsreaktorn i Otnäs. Redan under de sex första verksamhetsåren behandlades över 50 patienter för svårartad cancer i hjärnan eller halsområdet (Auterinen, Kankaanranta & Savolainen, 2005, s. 10).

18.6 Olkiluoto 3

Författaren har valt att kort beröra även Olkiluoto 3, trots att detta projekt inte faller inom ramen för den egentliga avhandlingen, beaktande att den femte kärnkraftreaktorn i Finland numera borde kunna anses utgöra en normal del av vårt lands elkraftalstringssystem. Den representerar en naturlig vidareutveckling av den konventionella tryckvattentyp som utgör basen för Frankrikes

kärnkraftsprogram. Den uppvisar dock några konstruktiva förbättringar som det är värt att nämna.

Industrins Kraft beställde Olkiluoto 3 av ett franskt-tyskt konsortium Framatome ANP/Siemens den 18 december 2003. Byggnadsarbetena påbörjades våren 2005 och kommersiell drift beräknades starta 2009. Som en följd av kvalitetsproblem vid betonggjutningen försenades projektet dock och kommersiell drift förutses nu ske år 2012.

Reaktorn är en Generation III-enhet och har en beräknad eleffekt på cirka 1 600 MW netto. Den kommer att förses med ett kontainment med en vägg-tjocklek på 2 m.

Konstruktörerna har, förutom att de tagit hänsyn till en möjlig flygplanskrasch, även försett anläggningen med andra vitala säkerhetsanordningar, såsom ett kontrollsystem med fyrdubbla signalsystem och en speciell behållare för uppsamling och kylning av smält härdmaterial (corium) för det fall att en härdsälta skulle äga rum.

Figur 70 åskådliggör de huvudsakliga säkerhetsprinciperna för Olkiluoto 3, medan figur 71 visar hur kärnkraftverket kommer att se ut när trean är färdigställd (Giese & Leverenz, 2005, s. 6–10).

19. UNDERSÖKNINGENS TILLFÖRLITLIGHET

Tillförlitligheten hos en vetenskaplig undersökning är beroende av många faktorer. Speciellt när det gäller tillförlitligheten hos litteraturkällorna måste man vara på sin vakt. Den använda undersökningsmetoden och syftet med undersökningen ger upphov till olikartade problem. Forskarens egen uppfattning om skeendena och de involverade personerna liksom hans bakgrund, utbildning och erfarenheter kan påverka resultatet. Tillförlitligheten diskuteras vanligen med termerna reliabilitet och validitet som utgångspunkter.

19.1 Reliabilitet

Reliabilitet innebär att flera olika mätningar av samma slag på samma objekt ger samma värden (Wallén, 1966, s. 60). När det gäller en empirisk undersökning betyder detta även att gjorda val är konsekventa och att de uppnådda resultaten inte är slumpmässiga. Reliabilitet innebär sålunda att samma undersökning skulle kunna upprepas på samma sätt utan att resultatet skulle ändras. Den kvalitativa metoden som huvudsakligen tillämpats i föreliggande undersökning är med naturnödvändighet mera beroende av forskarens personlighet och förmåga än vad som är fallet om undersökningen är av kvantitativ art.

Mina forskningsfrågor innebar att jag måste försäkra mig om att resultaten var tillförlitliga och aktuella. Svaren på frågorna när och hur introduktionen skedde, kunde i stor utsträckning verifieras via det som publicerats i böcker, tidningar och tidskrifter, men även med hjälp av mötesprotokoll och personliga anteckningar samt daterade foton. Ett foto säger mer än tusen ord har någon påstått. Det är ofta även mera tillförlitligt skulle jag vilja vidhålla.

Orsakerna till introduktionen och resultaten av densamma måste däremot i stor utsträckning härledas mera indirekt via de intervjuer som genomfördes. Bedömningen av de egentliga påverkarnas personlighet föll givetvis på forskarens lott. Min egen utbildning och mina erfarenheter såväl inom den tekniska som inom den kommersiella sektorn gjorde det lättare för mig att sätta mig in i de intervjuade personernas tankesätt. Det faktum att många svar på mina frågor var överensstämmande eller åtminstone pekade i samma riktning antyder en betydande tillförlitlighet hos undersökningen. Det relativt stora antalet intervjupersoner – stigande till cirka en fjärdedel av de främsta påverkarna – medverkade även till en ökad tillförlitlighet. I detta sammanhang måste man dock notera att också en mera rutinartad arbetsuppgift, t.ex. tillverkning av

gjutbetong, kan medföra katastrofala följder om den utförs fel och felet inte upptäcks i tid.

Min undersökning var delvis även kvantitativ i så måtto att en hel del sifferuppgifter och exakta data återgavs. Det visade sig att en omsorgsfull källkritik är av stor vikt också när publicerade data redovisas. Ett flagrant exempel på avsaknad av en sådan källkritik belyser detta. En av mig utnyttjad litteraturkälla (Laurila, 1967, s. 185) uppger att invigningen av den underkritiska milan YXP i Otnäs ägde rum år 1957. Eftersom jag tillbringade år 1957 som postgraduate-studerande i USA och först följande år blev säkerhetsansvarig för tillverkningen av milan vid Verkstadsindustrin i Varkaus, vet jag att uppgiften var felaktig. Milan färdigställdes ju och invigdes 1958. Med min kännedom om författaren till litteraturkällan antar jag att det var fråga om ett tryckfel. Det speciella med detta fall är emellertid inte bristande manuskriptkontroll, utan att åtminstone en annan litteraturkälla senare ger samma felaktiga årtal (Björklund, 1983, s. 153).

Ett annat exempel på bristande källkritik må ännu anföras. Erkki Laurila konstaterar i sin bok *Muistinvaraisia tarinoita* (1982, s. 161) att uranet som behövdes för den underkritiska milan YXP, kom från Sovjetunionen. Detta påstående har upprepats bl.a. i *Suomalainen ydinvoimalaitos* (Michelsen & Särkikoski, 2005, s. 60) där det heter: ”En uranleverens innehållande 112 st. uranstänger med radie på en tum var anlände från Moskva till Otnäs. Stängerna skickades till Varkaus, där man tillverkade uranelement av dem.” Författaren till denna avhandling kan slå fast att uranet för den första laddningen av YXP kom från Storbritannien (se 7.1.2 ovan), något som Sven-Olof Hultin bekräftade i ett telefonsamtal den 29 juni 2007. Han hade redan 1957 goda relationer med ledningen för UKAEA i Storbritannien och hade egenhändigt skött om beställningen av uranet. Men det är riktigt att uran för YXP även införskaffades från Sovjetunionen.

19.2 Validitet

Validitet är ett mått på överensstämmelse mellan vad ett mätinstrument, en test eller ett frågeformulär avser att mäta och vad det faktiskt mäter. Validitet innebär att man mäter det man avsett att mäta och att inget ovidkommande påverkar resultatet (Wallén, 1996, s. 60). Det måste visa sig att andra populationer uppfattar frågorna på samma sätt (Brante & Fasth, 1982, s. 110). Undersökningen bör sträva efter att beskriva de grundläggande och centrala dragen hos de undersökta fenomenen. Intervjufrågorna bör utformas så att intervjupersonerna och intervjuaren förstår dem på samma sätt. I några enstaka fall ledde dessa krav till att jag ansåg mig behöva belysa frågorna med lämpliga exempel och förklaringar.

Intervjufrågorna borde konstrueras så att de täcker det intervjuaren syftar till, varken mer eller mindre (Winter, 1984, s. 59–60). Eftersom intervjuerna genomfördes av en enda person, författaren, kunde resultatet inte jämföras med resultat från andra intervjuer. Men en korrelation med det som litteraturkällorna angav var dock möjlig och gav enligt min mening ett positivt resultat. Man kan även verifiera sitt resultat genom att söka andra rimliga förklaringar eller försöka hitta något exempel som inte passar in i den framförda teorin (Patton, 1987, s. 159–160). Denna metod gav mig emellertid inte heller orsak att ändra mina slutsatser.

20. DISKUSSION OCH KONKLUSION

20.1 Diskussion

Författarens tillgång till protokoll, gamla tidningar, tidskrifter, daterade fotografier och andra relevanta dokument, som gav exakt information om händelser och personer av betydelse när det gällde kartläggningen av den långa och invecklade process som introduktionen av kärnkraft i Finland innebar, underlättade i någon mån arbetet med undersökningen. Atomtekniska Sällskapet i Finland (grundat 1966 med även författaren som grundande medlem) har under årens lopp producerat – och producerar fortsättningsvis – artiklar och andra notiser som gör det lättare för läsaren att hålla sig ajour med utvecklingen inom området kärnteknik, både i eget land och utrikes. Dessa omständigheter innebar ingalunda att jag bortsåg från vikten av att associera till den teoretiska referensramen eller att de empiriska synpunkterna försumrades.

De personliga intervjuer jag genomförde visade sig vara synnerligen givande, inte minst därför att många intervjupersoner kunde bidra med personliga hågkomster av händelser som annars blivit glömda för alltid. Ett exempel är måhända på sin plats. En gammal bekant och god vän sedan 1970-talet, före detta första vice statsministern i Sovjetunionen, doktor *Oleg Davydov*, berättade under intervjun i Grankulla om ett möte mellan Atomenergoexports chef-direktör *Monahov* och Imatran Voimas verkställande direktör *Heikki Lehtonen* i IVO:s bastu i Lovisa. *Oleg Davydov* fungerade som tolk och sekreterare åt *Monahov*. Atomenergoexports offert på Lovisa 3 och Lovisa 4 var på tapeten.

Skillnaden mellan *Monahovs* sista bud och det pris *Lehtonen* kunde godta var visserligen närmare 10 miljoner dollar, men beaktande de exceptionellt goda finansiella villkoren, 2,5 procents ränta och fasta priser, hade det enligt *Davydov* varit en verkligt god affär för Imatran Voima. Affären blev som känt aldrig av. De ”yngre krafterna” inom Imatran Voima (*Alajoki*, *Numminen*) ville ha enheter på 1 000 MW, varför man ville vänta och se tiden an. Till saken hör att Lovisa 1 och Lovisa 2 numera efter en del moderniseringar tillsammans har en effekt på närmare 1 000 MW.

Alla intervjupersoner ställde sig mycket positiva till min undersökning, för att inte säga verkligt entusiastiska. Det var frapperande hur ivrigt många av dem ville hjälpa till, inte bara med sina ofta mycket klart formulerade synpunkter, utan även med goda råd beträffande lämpliga litteraturkällor. Detta var till nytta också därigenom att jag kunde jämföra information från flera källor, något som visade sig vara behövligt.

Tabell 18. Synpunkter på orsakerna till introduktionen.

Aktörer	Ålder, år	Utbildning	Uppenbara orsaker	Speciella orsaker
N1–N2	25–45	TkD, merk.	Elbe	Vision Miljö
N3–N5	c. 50	TkD, DI, FM, tekn.	Elbe Ekon	Strat Miljö
N6–N15	c. 60	DI, FM	Elbe Ekon	Kunna
N16–N23	c. 65	TkD, DI, I	Elbe Ekon	Nytek
N24–N27	c. 70	TkD, PhD, DI	Elbe Ekon	Vision
N28–N32	c. 75	TkD, DI, FM	Elbe Ekon	Vision Nytek
N33–N36	80–85	TkD, DI	Elbe Strat	Vision Strat

Tabell 18 visar en matris som belyser detta.

Elbe avser här trygghet av elförsörjningen sedan all vattenkraft byggts ut, Ekon hänvisar till ekonomiska synpunkter, medan Kunna representerar åsikten att kunskap i tillräcklig utsträckning fanns till hands. Nytek innebär strävan att använda ny teknik, Miljö betyder miljörelaterade orsaker och Strat strategiska aspekter. Vision avser uppfattningen att det fanns personer som hade förmågan att se in i framtiden samtidigt som de var beredda att skapa denna framtid i enlighet med sin önskan.

Tabellen ger en antydning om intervjupersonernas uppfattning om orsakerna till introduktionen, men den är fragmentarisk och bör inte användas som bas för en kvantitativ analys. Men tillsammans med övrig information från intervjuerna kombinerad med synpunkter i litteraturen gav den ett tillräckligt underlag för intressanta konklusioner. Redan en snabb genomgång av nedanstående register ger även upphov till intressanta reflexioner. Antalet ”träffar” per person respektive per bolag utsäger något om deras aktivitet när det gäller introduktionen av kärnkraft. Utgångsläget för denna avhandling måste dock beaktas härvid. Lovisa och speciellt Lovisa 1 har varit i fokus mera än de andra projekten och författarens egen insats bör av naturliga skäl inte alls bedömas enligt denna metod.

Men jag vågar påstå att Imatran Voima, Industrins Kraft, Ekono, Techno-promoexport resp. Atomenergoexport, Finlands Atomindustrigrupp resp. Finnatom och Asea-Atom bland de inblandade företagen och Harald Frilund, Erkki Laurila, Pekka Jauho, Sven-Olof Hultin, Kalevi Numminen och Jaakko Ihamuotila bland personerna, för att nämna några exempel, intar en välförtjänt plats. Med reservation för min bristande neutralitet vill jag också foga Ahlströmbolaget och en del av dess anställda till samma kategori. På nytt nödgas jag emellertid påpeka att materialet inte möjliggör en strikt kvantitativ analys.

Det finns även starka skäl att understryka vikten av det arbete som den

teknisk-kommersiella kommittén, till en början inom Finlands Atomindustri-grupp och senare inom Finnatom, utförde. Dess medlemmar utgjorde givetvis en direkt förbindelselänk mellan bolaget och respektive ägarföretag, men de satsade därtill helhjärtat personligen all sin energi på de projekt som var aktuella. Dessutom kunde de i kraft av sin position i ägarföretagen mobilisera betydande resurser för utveckling, planering, konstruktion och direkt tillverkning och montage. De positiva resultat som ovan redovisats var till en icke obetydlig del den tekniska kommitténs och dess medlemmars förtjänst.

Författaren nödgas medge att min avhandling i viss mån styvmoderligt behandlat den teknisk-kommersiella kommitténs insatser till förmån för styrelsens arbete. Avsikten har emellertid varit att redovisa för de viktigaste besluten, som ju fattades i styrelsen, utan att hela beslutsstrukturen alla gånger berördes.

En vetenskaplig undersökning är tyvärr behäftad med fel. Vetenskapen kan fara vilse, ty den är mänsklig och det är mänskligt att fela. Därav följer dock inte att det är fel att söka sanningen. Tvärtom. Begreppet misstag förutsätter att vi har strävan efter sanning som mål, fastän vi kanske aldrig finner hela sanningen (Popper, 1974, s. 662). Den kvalitativa metoden gör det inte lättare att undvika fel. Men den kommer väl till pass om man vill ha insikter om det grundläggande och det särpräglade i en viss miljö eller om man vill veta hur något konkret har utvecklats under en viss tid. I ett sådant fall bör man använda sig av kvalitativa intervjuer (Repstad, 1993, s. 14).

Dessa åsikter passade väl in på min undersökning som sökte svar på frågorna när och hur och som berörde orsaker och följder. Människan är en komplex varelse som på sätt och vis består av olika skikt. Denna komplexitet kan utnyttjas på olika sätt och man kan försöka undersöka dessa skikt var för sig. Helhetsbilden måste dock alltid hållas i minnet för att det väsentliga inte skall gå förlorat (Varto, 1992, s. 43). Vi borde även kunna tänka och reagera holistiskt och komma ihåg att helheten är mera än sina delar (Brante & Fasth, 1982, s. 43). Forskaren bör sträva efter verklig kunskap om de undersökta fenomenen och till att utforma en teori som beskriver dessa fenomen så riktigt och klart som möjligt.

Men detta kräver en tolkning av de observationer han gjort. Denna tolkning är dock alltid subjektiv. Det har sagts att forskaren i sin tolkning är ett slags konstnär som målar olika slags tavlor eller porträtt av verkligheten utan att han kanske någonsin finner den slutliga sanningen (Bohm & Peath, 1992, s. 114).

Dylika idéer får emellertid inte leda till överksamhet eller passivitet. De fakta jag refererat till och de synpunkter på skeendena och de involverade personerna jag framfört, utgör säkerligen inte hela sanningen om introduktionen av kärnkraft i Finland, men de bör enligt mitt förmenande hjälpa till att belysa

denna intressanta och delvis kaotiska process. Och de kunde kanske utgöra en utgångspunkt för en kommande forskning. Det ligger nära till hands att ställa frågan: vad hände sedan?

Kyotoprotokollet har suggerat och påverkat såväl den allmänna opinionen som beslutsfattarnas åsikter (Bergelin & Consortes, 1959, s. 304). Kärnkraften har, också om den inte helt återvunnit sin popularitet, dock blivit rumsren igen. Betecknande för det förändrade läget är en ledande artikel i Vasabladet (04.04.2006, s. 8) som, i bjärt motsats till samma tidnings ställningstaganden i slutet 1990-talet, andas en klar förståelse för kärnkraften och konstaterar att dess andel av Finlands energiförsörjning, när det nya kärnkraftverket i Olkiluoto står färdigt, stiger till 36 procent, vilket underlättar vårt lands förutsättningar att klara kraven på minskade koldioxidutsläpp.

Ett annat och minst lika frapperande tecken på förändring är det faktum att de gröna förklarar att kärnkraftsfrågan inte mera utgör ett hinder för medverkan i regeringen. Det förefaller som om de krassa realiteterna åter börjar erkännas.

Elförbrukningens oväntat höga maxeffektvärde den 20 januari 2006, 14 776 MW, i kombination med begränsningar i elexporten från både Sverige och Ryssland innebar att vi stod på randen till elransonering. Detta resulterade i ett beslut att trygga vår elförsörjning genom att upprätthålla en kondenskapacitet på 1 000 MW (FNB, 24.03.2006).

Men kondenskapaciteten alstras via förbränning av kol som ju ger koldioxid i avgaserna. Till och med de gröna tvingas välja mellan det ”onda och det mindre onda”, kolkraft respektive kärnkraft.

Det är för tidigt att nu dra slutsatser om den långsiktiga utvecklingen inom energibranschen. Jaakko Ihamuotila konstaterade dock i sitt föredrag vid Åbo Akademi i september 2008 (Ihamuotila, 2008) att energiresurserna räcker till långt in i framtiden. Ett par årtionden framåt i tiden kunde någon forskare lämpligen utreda situationen på nytt! Redan i detta skede är det skäl att konstatera att det faktum att de ledande företagens (inklusive Finnatoms) försök att sälja kärnkraftverk till sådana länder som Irak, Iran och Libyen misslyckades, kanske i det långa loppet var till fördel för dem. Den nuvarande situationen i dessa länder tyder på detta.

Men det är förstås lätt att vara efterklok. Den egentliga avhandlingen kompletteras av bilagor som är avsedda att ge en mera detaljerad bild av vissa intressanta händelser eller undersökningsresultat för de läsare som är beredda att offra sin tid för studium av detaljer. Mitt motiv att inkludera en del av bilagorna var dessutom en önskan att i någon mån belysa arten av det omfattande utredningsarbete som Finnatom utförde och som åtminstone ibland ledde till positiva resultat (bilagorna belyser endast en liten bråkdel av detta arbete).

20.2 Konklusion

Voimayhdistys Ydins beslut att donera Ydin Exponential Pile till Tekniska högskolan 1957 med åtföljande igångkörning 1958, liksom Finland Reactor I med start 1962, signalerade *psykologiskt* början på introduktionen av kärnkraften i Finland. Den egentliga inledningen på processen kan dock hänföras till avtalet om Lovisa 1 i Moskva 1969. Godkännandet av Olkiluoto 1 och Olkiluoto 2 den första mars 1982 kan anses markera en slutpunkt på denna introduktion. Lovisaverket fick sin välsignelse (åtminstone) av de världsliga myndigheterna följande år, varför introduktionen kunde anses vara avslutad 1983 (se även bilaga 12).

Vårt geopolitiska läge mellan Sovjetunionen i öster och Sverige i väster bidrog till att genomförandet blev ännu mera komplicerat än vad som i och för sig var att vänta när det gällde utnyttjandet av en helt ny form av energialstring. De politiska, handelspolitiska och energipolitiska aspekterna får inte förglömmas när det gäller att analysera och försöka förstå utvecklingens gång och de krumbukter som den kännetecknades av. De tekniska, ekonomiska och politiska problem som uppträdde under processens gång fann dock så småningom sin lösning såsom ovan beskrivits.

Det fanns många skäl att införa kärnkraften i Finland och likaså flera orsaker till att resultatet i det stora hela blev lyckat. Den akademiska liksom den industriella eliten var medveten om utvecklingen inom kärnenergiområdet ute i stora världen och beslutsfattarna litade på vår industris förmåga att kompensera den kompetensbrist som kunde iaktas inom en del områden hos den sovjetryska leverantören.

Vårt folk var berett att godkänna den nya tekniken för att säkra sin framtid. Den tekniska nivån i vårt land stod på en tillräckligt hög nivå. Historien hade visat att en tillräcklig tillgång till elkraft är ett livsvillkor för industrin. Upprätthållandet av levnadsstandarden och sysselsättningen var argument som talade till kärnkraftens fördel. Ett minskat beroende av import, speciellt under kristider var och är fortsättningsvis en avgörande synpunkt.

De centrala aktörerna besatt såväl förmåga att tillägna sig den nya tekniken som tillräcklig målmedvetenhet och kraft att gå vidare trots tillfälliga svårigheter och bakslag. Och bland dessa aktörer fanns det några individer som dessutom hade klara visioner om framtiden och var beredda att ge sitt allt för att realisera dem. Förmågan att på detta sätt se in i framtiden och att även vara beredd att skapa och utforma denna framtid, utgjorde enligt mitt förmenande den tilläggskraft som behövdes för att nå ett positivt resultat. Warren Bennis, som klarlagt hemligheterna bakom närmare 900 av de mest framgångsrika företagen i världen, uttrycker något liknande när han kallar den viktigaste faktorn vision. Ledaren måste kunna definiera framtiden mot vilken företaget går

och delge sin definition åt dem som han arbetar med (Servan-Schreiber, 1990, s. 39).

Introduktionen av kärnkraften i vårt land resulterade i kärnkraftverken i Lovisa och Olkiluoto med en totalkapacitet på över 2 000 MWe och med en tillförlitlighet av världsklass (jfr. bilaga 5). Den tekniska nivån inom landets industri steg i avgörande grad och de läropengar som lösningen av de under processens gång uppträdande problemen krävde, återbetalades med ränta även i form av nya idéer och ny kompetens.

Författaren anser sig ha kunnat visa att den inhemska industrins roll, speciellt i fallet Lovisa, var avgörande för beslutsfattarna såväl inom Imatran Voima som bland politikerna. Dess kompetens behövdes för att ersätta bristen på kompetens på den sovjetryska sidan och den ifrågasattes inte av de berörda parterna. De omfattande leveranserna från vår industri innebar att experterna fanns till hands med kort varsel, något som tillsammans med en målmedveten skolning och en kompetent ledning av driftspersonalen bidrog till de utomordentligt goda driftsresultaten (jfr. avsnitt 4.3 ovan).

Tjernobylnkatastrofen, som ledde till en alltför lång paus i utbyggnaden av kärnkraften, innebar dock att vår verkstadsindustri inte kunde upprätthålla och utveckla sin beredskap att på ett avgörande sätt delta i denna utbyggnad. Framtiden får utvisa om denna beredskap kan återvinnas.

Signalerna från Olkiluoto 3 är tyvärr oroväckande. Tekniikka & Talous rubricerade sin nyhetssida den åttonde februari 2007 som följer: ”Olkiluoto svälde upp till en mardröm. Arga underleverantörer drog sig ur.” Artikeln konstaterade att några finska planeringsbyråer drog sig ur projektet när de inte fick tillräckliga utgångsdata i tid. Verkställande direktören för Lemminkäinen-koncernens Forssan Betoni Oy kritiserade i kraftiga ordalag huvudleverantören. ”Istället för betong har man gjort stora mängder papper” (Tekniikka & Talous, 2007, s. 6). Faktum är att projektet försenats tre år jämfört med den ursprungliga tidtabellen, bl.a. som en följd av kvalitetsproblem som berört betongarbetena.

Den fransk-tyska huvudleverantören kom av allt att döma till Finland ”med flygande fanor och klingande spel” med en orealistisk tidtabell för projektet. Förplaneringen liksom förberedelserna på ort och ställe hade inte skötts tillräckligt väl och relationerna till de inhemska underleverantörerna var bristfälliga. Vid ett besök i Olkiluoto en 27 oktober 2007 framhöll ciceronen för författaren att verkets detaljkonstruktioner även varit försenade. Anläggningen representerar en ny generation och har därför krävt en mängd nykonstruktioner.

Ett kärnkraftverksprojekt kräver avsevärt mera detaljerad dokumentation än normalt industribyggande. Och kvalitetskraven är av en annan storleksordning.

Men våra underleverantörer gjorde sig skyldiga till liknande underlåtenhetssynder. Den långa överksamheten när det gäller nya projekt inom området har krävt sitt pris.

Ett annat beklagligt faktum är att de stora företagen inom vår verkstadsindustri närmast lyst med sin frånvaro som leverantörer till Olkiluoto 3. En av mina intervjupersoner pekade på två uppenbara orsaker till detta. Personal med tillräcklig sakkunskap fanns helt enkelt inte mera till hands. Och huvudleverantörens sätt att sköta upphandlingen av underleveranser var under all kritik. Trots att vi i Finland är IT-minded, kan man inte i vårt land sköta beställningarna enbart via Internetauktioner!

Det är att hoppas att de följande kärnkraftsenheterna hanteras på ett annat och bättre sätt, när de som troligt är går till beställning inom några år. Det kan t.o.m. bli aktuellt att byta huvudleverantör. Det nygrundade Fennovoima Oy har sålunda förutom Arevas EPR och SWR 1 000 även Toshiba's "Advanced boiling water reactor", ABWR, som ett alternativ.

Fennovoima inlämnade i oktober 2008 till Arbets- och näringsministeriet sin miljökonsekvensbeskrivning för ett kommande kärnkraftverk (Fennovoima, oktober 2008).

I januari 2009 inlämnades sedan en till Statsrådet riktad ansökan "En ansökan om principbeslut enligt 11 § i kärnenergilagen (990/1987) beträffande ett kärnkraftverksprojekt" (Fennovoima, januari 2009).

21. SAMMANFATTNING OCH KONKLUSION

Undersökningen hade som syfte att studera introduktionen av kärnkraft i Finland med fokus på den inhemska verkstadsindustrins roll. Jag ville belysa händelseförloppet i denna process, klargöra orsakerna till introduktionen, studera de involverade människorna och analysera resultatet av utvecklingen. (Se bilaga 12). Allt detta ledde mig till att formulera mina grundläggande forskningsfrågor:

1. När och hur introducerades kärnkraften i Finland?
2. Vilka var orsakerna till denna introduktion och vilka blev följderna?
3. Vilken roll spelade den inhemska verkstadsindustrin?

En resumé över vad som skett inom området kärnenergi i de länder som varit föregångare eller som senare kom att spela en betydande roll var på sin plats för att få en uppfattning om utgångsläget.

USA

USA, som jag lärde känna som Voimayhdistys Ydins stipendiat och postgradual studerande inom ramen för Eisenhowers program "Atoms for Peace", var ju ett föregångsland av rang som förtjänade min speciella uppmärksamhet. Den andra december 1942 hade den första kontrollerade kärnreaktorn i världen, Chicago Pile 1 (CP-1), under Enrico Fermis ledning körts kritisk vid Argonne-laboratoriet utanför Chicago.

Jag hade den stora förmånen att få förstahandsinformation om denna remarkabla och historiska händelse av reaktorn för the International School of Nuclear Science and Engineering, ISNSE, doktor Norman Hilberry, som varit med när CP-1 startades. Tillsammans med ett 40-tal andra studerande vid ISNSE var författaren även i tillfälle att bese tryckvattenreaktorn (PWR) i Shippingport på 68 MWe, färdigställd av Westinghouse 1957 och Vallecitos Boiling Water Reactor (VBWR) igångkörd av General Electric med en effekt på 5 MWe samma år. General Electrics följande verk var på 184 MWe och startades i Dresden, USA, 1959.

Shippingport uppnådde senare med en modifierad reaktorhård 150 MWe. Sedan gick utvecklingen snabbt. 1960 hade USA 13 kärnreaktorer i drift konstruerade speciellt för att få information om elproducerande verk och ytterligare 19 under byggnad.

Kanada

Kanadas första kritiska reaktor, ZEEP, togs i drift 1945 och höglödesreaktorn NRX, med en termisk effekt på 40 MW, år 1947. I samband med min hemresa från USA besökte jag the Chalk River Laboratory och bekantade mig med det kanadensiska atomprogrammet. Kanadas första kraftreaktor, den med tungt vatten modererade och kylda NPD med en kapacitet på 25 MWe, blev driftsklar 1962.

Den första fullstora CANDU-reaktorn byggdes i Ontario vid Lake Huron för Ontario Hydro och blev kritisk 1966 med en effekt på 200 MWe.

Flera finländska ingenjörer har vid olika tidpunkter studerat kärnteknik hos Canadian General Electric, bl.a. *Jaakko Ihamuotila*, *Kalevi Numminen* och *Olavi Vapaavuori*.

Storbritannien

Storbritanniens första forskningsreaktor, GLEEP, kördes igång 1947 och var grafitmodererad och gaskyld. GLEEP var modell för de s.k. Magnoxreaktorerna, av vilka den första startades i Calder Hall 1956 och den följande 1957. Fyra Magnoxreaktorer i Calder Hall och ytterligare fyra i Chapelcross producerade både elkraft och plutonium.

The Steam Generating Heavy Water Reactor, SGHWR, representerade en annan engelsk utvecklingslinje. SGHWR, som använde tungt vatten som moderator men lätt vatten som kylmedel, blev kritisk 1967.

Frankrike

Den första forskningsreaktorn i Frankrike kördes kritisk 1947 i Paris och den följande på 2 MWt 1952 i Saclay. Den första franska kraftverksreaktorn, EDF 1, togs i drift 1964 och den följande, EDF 2, år 1965. Reaktorerna i denna serie var gaskylda och serien uppnådde en total effekt på 800 MWe år 1969. Efter det att Framatome slutit ett licensavtal med Westinghouse och börjat bygga tryckvattenreaktorer gick utvecklingen snabbt framåt och Frankrike blev med sina 75 procent klar etta i världen, när det gällde andelen kärnkraft av den totala elenergiKapaciteten.

Sovjetunionen

I december 1946 startades forskningsreaktorn F-1 vid Kurchatovinstitutet i Moskva. Kärnkraftverket APS-1 kördes igång och kopplades 1954 till elnätet i Obninsk, cirka 100 km från Moskva, med en effekt på 5 MWe. Typiska för Sovjetunionen och ensamma i sitt slag i världen är de grafitmodererade ko-

karreaktorerna RBMK; t.ex. Belojarsk 1 på 100 MWe och Belojarsk 2 med en effekt på 200 MWe, igångkörda 1964 respektive 1967.

Ignalina 1 och Ignalina 2 (i Litauen) på 1 500 MWe per enhet bör nämnas samt Tjernobyl 1, Tjernobyl 2, Tjernobyl 3 och Tjernobyl 4, som liksom reaktorerna i Sosnovy Bor nära S:t Petersburg är av samma RBMK-typ och har, förutom Ignalina, standardeffekten 1 000 MWe. Välbekanta för många i Finland är de fyra tryckvattenreaktorerna i Novo-Voronesh, cirka 600 km söderom Moskva, av vilka enhet nummer 4 på 440 MWe var prototypen för Lovisa 1 och Lovisa 2.

Tyskland

Det första kärnkraftverket i Tyskland, en 15 MWe kokarreaktor, byggdes i Kahl och togs i drift 1960. Den efterföljdes av kokarreaktorerna Gundremningen, 240 MWe, idrifttagen 1966 och Lingen, 250 MWe, igångkörd 1968 och tryckvattenreaktorn i Obrigheim på 324 MWe, likaså uppstartad 1968. Det kommersiella genombrottet kom 1967 i Tyskland då Stade, en kokarreaktor på 660 MWe och Würzgassen, en tryckvattenreaktor på 670 MWe beställdes.

Sverige

Forsknings- och utvecklingsbolaget AB Atomenergi med staten som innehavare av 57 procent av aktiekapitalet grundades redan år 1947. Den första svenska forskningsreaktorn, R1, färdigställdes 1954 och den andra, R2, några år senare.

Ytterligare planerades R3 och R4. Det statliga kraftverksbolaget Vattenfall konstruerade två reaktorer för kraftproduktion, Adam och Eva.

De kombinerade R3/Adam och R4/Eva byggdes i Ågesta respektive i Marviken. Marviken var planerad som en tungtvattenkokare, men projektet lades ned efter det att de första driftstesterna 1968 visat att reaktorn som en följd av sin positiva voidkoefficient inte var säker. Parallellt med tungtvattenlinjen utvecklades även en lättvattenkokare, som sedan blev allennarådande i Sverige och som även kom att exporteras till Finland.

Finland

I Finland var Föreningen för Kraft och Bränsleekonomi, Ekono, med professor *Harald Frilund* som chef (eferträdd av *Sven-Olof Hultin*) aktiv, när det gällde att hålla industrin ajour med kraftbehovet och förutse den kommande utvecklingen av elkraften. Företaget publicerade i samarbete med Voimayhdistys Ydin en mängd artiklar som belyste kärnkraftens användningsmöjligheter och arrangerade symposier med såväl inhemska som utländska experter som talare.

Studieresor till kärnkraftverk i Sverige, Storbritannien och Italien stod även

på programmet, varvid såväl industrin som Imatran Voima var representerade.

Professor *Erkki Laurilas* roll var synnerligen central. Han styrde målmedvetet utvecklingen bort från ett storskaligt forskningscentrum i motsats till vad som skedde i de andra nordiska länderna, där betydande och samtidigt mycket kostnadskrävande centra skapades.

Undersökningens struktur

I min undersökning strävade jag efter att kartlägga händelseförloppet vid introduktionen av kärnkraften i vårt land samt att studera de personer som var centrala påverkare. Jag valde den induktiva metoden som bas för min undersökning, som närmast var av kvalitativ art. Ett antal intervjuer genomfördes, huvudsakligen med personer som deltagit i introduktionsprocessen.

Intervjuerna gjorde det möjligt för mig att verifiera mina egna data samt få fram nya uppgifter och synpunkter på orsaker till och följder av skeendet. Samtidigt tillät de mig att få en uppfattning om intervjupersonernas personligheter. Den teoretiska referensramen hölls hela tiden i minnet. I avsikt att undvika långa förklaringar och fotnoter i den deskriptiva texten gavs definitioner på centrala kärntekniska begrepp i ett separat kapitel vartill reaktorteknologins grunder genomgicks i en bilaga.

Introduktionens orsaker

Förenta Nationernas atomkonferenser i Genève 1955, 1958, 1964 och 1971 refererades eftersom de gav viktiga impulser till vad som hände i Finland. Det var likaså orsak att beskriva andra internationella organisationer som erbjöd goda kontaktmöjligheter. Orsakerna till introduktionen analyserades. Min slutsats blev att flera olika omständigheter bidrog till händelseutvecklingen.

En klar strävan att säkerställa tillgång till förmånlig elkraft var naturlig och logisk mot bakgrunden av den elbrist som rått efter kriget. Exempelen från andra, längre hunna länder utgjorde synbarligen viktiga drivfjädrar. Förmågan att ha visioner om framtiden hos de personer som kunde påverka utvecklingen spelade en viktig och kanske avgörande roll.

Många av dem besatte därtill både tillräcklig vilja och förmåga att trots tillfälliga bakslag genomdriva sina intentioner. De livliga kontakterna i västlig riktning inom både vetenskap och industri påverkade klart åsiktsbildningen.

Den inhemska verkstadsindustrin påverkade i kraft av sin kompetens i hög grad beslutsfattarna. Men de speciella relationerna till Sovjetunionen och Sverige dikterade till stor del statsmaktens beslut och styrde därmed utvecklingen.

Ydin Exponential Pile, YXP och Finland Reactor 1, FiR 1

Den av vårt lands industri i april 1956 grundade organisationen Voimayhdistys Ydin beställde 1958 tillverkningen av Finlands första exponentialmila, YXP, hos A. Ahlström Osakeyhtiö, Verkstadsindustrin, Varkaus. Tillverkningens olika faser liksom invigningen av den underkritiska milan i Otnäs skildrades rätt utförligt.

Milan, som var en gåva från industrin till Tekniska högskolan, utgjorde ett litet steg på vägen mot målet: på kärnteknik baserad elkraft.

1957 tillsatte statsrådet Atomenergikommissionen, som under professor *Erkki Laurilas* ledning utarbetade riktlinjer för utvecklingen av atomteknik i vårt land. Finlands delegater vid atomkonferensen i Genève 1958 hade bekantgjort sig med General Atomics forskningsreaktor, TRIGA, som fanns utställd där.

I maj 1960 underskrev minister *Pauli Lehtosalo* och verkställande direktören för General Atomic, *Frederic de Hoffman*, ett avtal om leverans av Finlands första kritiska atomreaktor, FiR I. General Atomics dotterbolag, Holmes & Narver beställde sedan tillverkningen av reaktortank med tillbehör av Verkstadsindustrin i Varkaus. Gjutningen av strålskyddet utfördes av bygnadsavdelningen vid Warkaus Bruk. Författaren blev som ansvarig ledare för dessa två reaktorprojekt i tillfälle att utnyttja de kunskaper studierna vid ISNSE hade gett.

Den 27 mars 1962 gick den högtidliga invigningen av FiR I av stapeln i Otnäs. Republikens president, *Urho Kekkonen*, hedrade invigningen med sin närvaro.

Den egentliga introduktionen

Ett omfattande utredningsarbete, gällande bl.a. den inhemska industrins möjligheter och intresse av att delta i byggandet av ett atomkraftverk, utfördes. Sålunda slöts 1964 ett avtal mellan Imatran Voima Oy och Canadian General Electric, vilket ledde till ett detaljerat studium av de tekniska och ekonomiska förutsättningarna för genomförandet av ett atomkraftverksprojekt baserat på kanadensisk teknologi med natururan som bränsle och tungt vatten som moderator. Slutrapporten visade att ett kärnkraftverk var konkurrenskraftigt i jämförelse med ett kolkraftverk.

Den femte september 1967 placerade Handels- och industriministeriet hos den av vår verkstadsindustri i januari 1966 grundade organisationen, Finlands Atomindustrigrupp, en beställning som förutsatte att gruppen skulle utreda Finlands industris möjligheter att leverera ett atomkraftverk inklusive dess reaktor sålunda att forsknings-, konstruktions- och byggnadsarbetet i största möjliga utsträckning utfördes med inhemska krafter, dock så att man i oundgängliga fall skulle trygga sig till utländsk experthjälp och utländska leveranser. Utredningen konstaterade att det av nationalekonomiska skäl vore motiverat

att sträva efter en lösning som i så stor utsträckning som möjligt involverade vår industri i utbyggandet av atomkraften.

Den 14 juni 1966 hade femton industriföretag i vårt land grundat Industrins El-Konsortium. Bolaget ombildades den 23 januari 1969 till ett aktiebolag, Teollisuuden Voima Oy – Industrins Kraft Ab, med Oy Nokia Ab:s verkställande direktör, bergsrådet *Björn Westerlund* som styrelseordförande och generaldirektören för A. Ahlström Osakeyhtiö, *Bengt Rehbinder*, som viceordförande.

Diplomingenjör *Magnus von Bonsdorff* utnämndes till bolagets verkställande direktör 1971.

Den 9 januari 1970 registrerades efterföljaren till Finlands Atomindustri-grupp, Oy Finnatom Ab, med A. Ahlström Osakeyhtiö, Oy Nokia Ab, Rauma Repola Oy, Oy W. Rosenlew Ab, Oy Strömberg Ab, Oy Tampella Ab, Valmet Oy och Oy Wärtsilä Ab som aktieägare. Direktör *Bjarne Th. Nyman* (A. Ahlström Osakeyhtiö), blev bolagets första styrelseordförande och teknologie licentiat *Uolevi Luoto* dess första verkställande direktör.

Lovisa 1

Efter det att industrin via Kotkan Höyryvoima och Ekono utrett möjligheterna att bygga ett atomkraftverk med kapaciteten 300 MWe blev även Imatran Voima aktivt. Den 22 juli 1965 postade bolaget förfrågningar till elva internationellt kända företag gällande en offert på ett kärnkraftverk på 300 MWe. Den 22 februari 1966 avreste en atomdelagation bestående av herrarna *Erkki Laurila* (ordf.), *Pentti Malaska*, *Pentti Alajoki*, *Antero Jahkola*, *Kalevi Numminen*, *Konstantin Lembidakis* (tolk), *Bjarne Regnell*, *Olavi Vapaavuori*, *Ilkka Mäkipentti*, *Daniel Jåfs*, *Kaarlo Koivisto* och *Uolevi Konttinen* till Moskva för att göra sig förtrogen med atomteknologin i Sovjetunionen. I Moskva anslöt sig *Yrjö Väinänen* till sällskapet som besökte kärnforskningscentra i Moskva, Obninsk och Melekes, men framförallt atomkraftverket i Novo-Voronesh. Delegationen kunde konstatera att den kärntekniska forskningen i Sovjetunionen stod på en nivå jämförbar med den i väster, medan en del tekniska lösningar lämnade en hel del att önska.

Professor *Erkki Laurila* framhöll för de ryska värdarna att de finska myndigheterna kommer att kräva att varje kraftverksreaktor som installeras i Finland måste förses med skyddsinnestlutning, något som de ryska experterna ansåg vara helt onödigt ”eftersom de sovjetiska reaktorerna är säkra”.

Imatran Voima utförde en noggrann jämförelse av de erhållna offerterna och kom till det preliminära resultatet att de förmånligaste offerterna hade inlämnats av tyska AEG med svenska Asea-Atom och engelska UKAEA på silver- respektive bronsplats.

I april 1967 kom Imatran Voima dock underfund med att verket inte kunde beställas på basis av de offerter man fått. Staten ingrep och lade projektet på is tillsvidare. Men de olika aktörerna blev inte inaktiva. Speciellt på sovjetiskt håll utnyttjade man sina speciella politiska relationer.

Det har speciellt noterats att Imatran Voimas verkställande direktör *Heikki Lehtonen* i något skede fick ett vykort från president *Urho Kekkonen* som var på besök hos den sovjetiska ledningen.

Hösten 1967 förklarade sig Imatran Voima berett att motta nya offerter och som en följd av dessa signaler reste *Daniel Jåfs*, *Kaarlo Koivisto* och *Uolevi Luoto* till Moskva den 27 januari 1968 för att klargöra läget och få fram en offert från V/O Technopromexport.

Tisdagen den sjätte februari 1968 undertecknades ett preliminärt avtal mellan V/O Technopromexport och Imatran Voima Oy som enligt pressen innebar leverans av Finlands första kärnkraftverk. Men de västliga företagen var också aktiva och läget kunde närmast betecknas som kaotiskt.

Starka krafter både i eget land och utrikes var i rörelse och den 25 juli samma år kom det dramatiska beskedet att Finlands regering beslutat avslå alla inlämnade offerter och att ge Imatran Voima i uppdrag att fram till år 1975 sköta vår kraftförsörjning med konventionella medel.

Den av Finlands Atomindustrigrupp 1967 påbörjade utredningen fick nu förnyad aktualitet. Forskningsrapporten hade överlämnats till minister *Salonen* den 8 februari 1968. För genomförandet av atomkraftverksprojektet föreslogs följande verksamhetsmodell:

1. Imatran Voima fungerar som huvudkontraktör och beställer byggnadsarbetena av en kontraktör.
2. Imatran Voima beställer reaktoranläggningen av ett av medlemmarna i Finlands atomindustrigrupp grundat aktieföretag, Atombolaget.
 - Atombolaget gör ett samarbetsavtal med det företag som Imatran Voima valt att planera reaktoranläggningen varvid bolaget levererar delleveranser från utländska och inhemska leverantörer med största möjliga inhemska andel.
 - Atombolaget sluter ett avtal om ledning och övervakning av reaktoranläggningsarbetsplatsen med den utländska partnern.
3. Imatran Voima beställer den konventionella anläggningen (turbogeneratorerna, transformatorstationen och andra icke reaktortekniska aggregat) från utländska och inhemska leverantörer på basen av offerter.
 - Atombolaget och Imatran Voima förhandlar med de utländska leverantörskandidaterna om leverans av anläggningens konventionella delar i avsikt att uppnå största möjliga inhemska andel.

Den inhemska metallindustrins andel beräknades till minst 50 procent och högst 70 procent av totalkostnaderna för det första atomkraftverket eller 100–130 miljoner mark vid anläggningseffekten 500 MWe. Finlands industri bedömdes kunna stå som huvudleverantör för kärnkraftverket. Utredningen undersökte även i vilken utsträckning en inhemsk tillverkning av reaktorbränsle kunde förverkligas beaktande speciellt att uran i brytbara mängder finns i vår berggrund. Anrikning via uranhexafluorid i Finland ansågs vara orealistiskt. Däremot kunde bränsleelementtillverkning bli aktuell i medlet på 1970-talet. Tillhörande kostnadsuppgifter togs fram.

Det slutliga beslutet

Medan företagen i väster och våra egna experter försökte hämta sig från den chock statsrådsbeslutet av den 25 juli 1968 gett dem, fortsatte Sovjetunionen sina ansträngningar. Efter diverse sovjetiska propåer beslöt regeringen den fjärde juni 1969 att inleda förhandlingar med Sovjet. En förhandlingsdelegation under ledning av minister *Leskinen* reste till Moskva och den 23 juli 1969 kungjorde han för sin delegation att han kommit överens med den sovjetiska förhandlingsdelegationens ordförande, minister *Skatshkov*, om leverans av atomkraftverket.

Detaljöverläggningar mellan Technopromexport och Imatran Voima respektive Finlands Atomindustrigrupp ägde därefter rum både i Moskva och i Helsingfors. I september samma år undertecknades ett preliminärt avtal mellan Imatran Voima och Technopromexport om leverans av Lovisa 1 med en effekt på 440 MWe. Nu kunde Imatran Voimas chefsförhandlare, diplomingenjör *Kalevi Numminen*, äntligen andas ut.

Den 17 september 1970 underskrevs ett avtal mellan Atomindustrigruppens efterföljare, Oy Finnatom Ab, och Technopromexport enligt vilket Technopromexport köpte följande komponenter och system av Finnatom:

1. Havsvattenvärmeväxlarna,
2. Kranen på 250/30 ton,
3. Strålningskontrollsystemet,
4. Vattenreningssystemet,
5. Huvudcirkulationspumparna,
6. Luftkonditioneringssystemet.

I separata avtal med Imatran Voima överenskom Finnatom senare om leverans bl.a. av utrustning för behandling av radioaktivt avfall, laddmaskin, skyddsskal inklusive genomföringar, övriga kranar, slussar, instrumentsystem, iskondensator och processdator. Den inhemska byggnadsindustrin fick även betydande

beställningar. Yleinen Insinööri-toimisto fick en order på uppförandet av reaktorskyddsbyggnaden i betong med en ytterdiameter på 48 meter och vägg-tjockleken 60 centimeter.

Invigningen av Lovisa 1

Byggandet av atomkraftverket i Lovisa var ett verkligt storprojekt. Manskapsstyrkan på Hästholmen steg sålunda till 3 000 personer år 1975. Konstruktionsförändringar och strejker ledde till betydande leveransförörseningar. Reaktortryckkärlet ankom till hamnen i Valkom den 22 december 1974, ett halvt år försenat. Allt detta medförde kostnadstillägg som förvärrades av den kraftiga inflationen. Först den 21 januari 1977 kunde reaktorn köras kritisk.

Den 23 mars samma år gick den högtidliga invigningen av stapeln i Lovisa med president *Urho Kekkonen* och ordförande för Sovjetunionens minister-råd, *Alexej N. Kosygin*, på plats. *Kosygin* framhöll i sitt tal att kraftverket inne-bar ett stort steg framåt i det ekonomiska samarbetet länderna emellan och att det samtidigt utgjorde ett ypperligt exempel på internationellt samarbete (Michelsen & Särkikoskin, 2005, s. 243–245).

Finnatoms styrelseordförande, Valmets verkställande direktör, *Jaakko Ihamuotila* noterade i sitt anförande att Oy Finnatom Ab levererat kompo-nenter till alla kärnkraftverk i Skandinavien till ett totalvärde överstigande 500 miljoner mark.

Lovisa 2

Arbetena på Lovisa 2 kom igång i september 1972, då Perusyhtymä startade de till reaktorskyddsbyggnaden hörande gjutarbetena. Byggnadsstrejker förse-nade arbetet avsevärt, varför tryck- och täthetsprovet av kontainmentet kunde genomföras först i december 1974. Provet var framgångsrikt.

Men Lovisa 2 råkade ut för liknande problem som den första enheten. Stora komponenter var ännu olevererade sommaren 1978, när hela kraftverket en-ligt den ursprungliga tidtabellen borde ha varit färdigställt. Bl.a. blev repara-tioner på reaktortryckkärlet nödvändiga. De obligatoriska mottagningsproven för hela anläggningen kunde genomföras först i april 1980.

Efter utförda reparationer och sedan en ny härd installerats kunde Imatran Voima äntligen i slutet på 1983 konstatera att kraftverkets båda enheter arbe-tade effektivt.

Driften av kraftverket

Driftschefen för kraftverket i Lovisa, teknologie doktor *Anders Palmgren*, ge-nomförde ett grundligt skolningsprogram för driftspersonalen. I ett föredrag

vid ENC'86-konferensen i juni 1986 (Palmgren, 1986) rapporterade han att lastfaktorn för kärnkraftverken i Finland var 90 procent, medan samma faktor t.ex. för Belgien var 83 procent, för Tyskland 84 procent, för Sverige 75 procent och för Schweiz 85 procent. Finland låg i täten även i en världsomfattande jämförelse.

Finnatoms aktiviteter i östlig riktning

Oy Finnatom Ab:s verksamhet riktade sig av olika skäl speciellt mot Sovjetunionen. Kontakterna österut handhades i enlighet med det rådande systemet. Detta innebar bl.a. att författaren, som från och med 1975 och tio år framåt fungerade som officiell talesman för vår nukleära verkstadsindustri, kom att sammanträffa med ett stort antal såväl lägre som högre representanter för Sovjetunionen. Det visade sig att de personliga kontakterna var av avgörande betydelse, när det gällde att få positiva beslut till stånd. Detta påstående torde ha relevans för relationerna österut även efter det att Sovjetunionen upplöstes.

Olkiluoto

I och med att Imatran Voima våren 1970 underskrivit avtalet om Lovisa 1 med Technopromexport kunde även Industrins Kraft gå vidare med sina kärnkraftverksplaner. Diplomingenjör *Magnus von Bonsdorff*, som arbetat med kärnteknik i Sverige och Storbritannien och sedan sommaren 1967 verkat som forsknings- och utvecklingschef för Finlands Atomindustrigrupp resp. Finnatom, utnämndes den 19 mars 1971 till verkställande direktör för bolaget. Efter flera besvärliga förhandlingsomgångar främst med Westinghouse och Asea-Atom beslöt man att inleda slutförhandlingar med sistnämnda bolag, något som bl.a. bergsrådet *Bengt Rehbinder* talat för.

Sommaren 1973 underskrevs ett föravtal med Asea-Atom om leverans av ett kärnkraftverk baserat på en kokarreaktor med den termiska effekten 2 000 MW. Verkets eleffekt blev 660 MW netto. Olkiluoto 1 råkade dock ut för stora problem, inte på reaktorsidan utan beträffande turbinanläggningens generator. Ett läckage i roterns kylsystem och sprickor i själva rotern krävde upprepade driftsstopp.

Liknande problem försvårade leveransen av Olkiluoto 2, som hade beställts i september 1974. Även i detta fall störde strejker arbetena och ledde till förseningar. Reaktorn laddades med bränsle i september 1979 och kördes kritisk i december samma år. Efter komplicerade förhandlingar undertecknades den 17 mars 1982 ett avtal mellan ASEA, Asea-Atom och Industrins Kraft, vilket slutligen undanröjde alla tvistefrågor parterna emellan.

Finnatom levererade ett stort antal komponenter och system både till Olki-

luoto 1 och till Olkiluoto 2. I leveranserna ingick bl.a. moderatortank, ångseparatorer och styrrör samt pumpar och värmväxlare. Den inhemska industrins leveranser av utrustningar för kärnkraftverk framgår av tabell 11.

Finnatoms verksamhet i slutet på 1970-talet och början på 1980-talet

Finnatom bearbetade tillsammans med Imatran Voima och Atomenergoexport de potentiella marknaderna i Iran, Irak och Libyen medan Asea-Atom och Metex var samarbetspartner speciellt gällande Turkiet.

Finnatom utförde ända fram till 1985 ett betydande forsknings- och utvecklingsarbete, varvid de egna aktieägarna, Asea-Atom, Atomenergoexport, Imatran Voima och Statens tekniska forskningscentral utgjorde viktiga samarbetspartners. Utvecklingen av konstruktionen för kärnvärmeverket SECURE är ett gott exempel på denna verksamhet.

Men Finlands femte kraftverksreaktor var givetvis det projekt som intresserade mera än något annat. Förberedelserna kom igång på en konkret basis våren 1982 då Industrins Kraft och Imatran Voima tillsammans grundade ITY med A. Ahlström Osakeyhtiös och Imatran Voimas verkställande direktörer *Krister Ahlström* respektive *Kalevi Numminen* som styrelseordförande i tur och ordning. Bolaget ombildades följande år till Perusvoima Oy med teknologie doktor *Anders Palmgren* som verkställande direktör. Perusvoima inlämnade den 18 mars 1986 en anhållan till statsrådet om ett principbeslut, som skulle ha inneburit att bolaget hade kunnat gå vidare i sina planer. Men innan något avgörande beslut hade fattats inträffade katastrofen i Tjernobyl. Reaktorexplosionen i Tjernobyl i slutet på april 1986 blev kännbar för kärnkraftverksindustrin i hela världen. I Finland drog Perusvoima konsekvenserna av olyckan och lade sin tillståndsansökan på is. Industrin tog en paus på nästan två decennier tills Olkiluoto 3 sent omsider påbörjades.

Följder av introduktionen

Den mest påtagliga följden av introduktionen av kärnkraften i Finland visade sig däri, att de involverade elbolagen Imatran Voima och Industrins Kraft kunde producera elkraft till synnerligen konkurrenskraftiga priser. Elförbrukarna i vårt land, såväl industrin som de vanliga konsumenterna, drog givetvis nytta av detta faktum. Den stora stegring i den inhemska elkapaciteten som de fyra kärnkraftsenheterna medförde, innebar en ökad självförsörjningsgrad och därmed en ökad säkerhet. Samtidigt undveks en starkt ökad luftförorening som motsvarande kolkraftskapacitet skulle ha åstadkommit.

Den tekniska nivån hos den industriella verksamheten påverkades i positiv riktning av de nya strömningarna inom forskning och utveckling. Det har

sagts att Nokia är ett av resultaten av introduktionen. I varje fall kan konstateras att samarbetet mellan industrin och forskningsanstalterna blev riktgivande för framtiden. Kvalitetskontrollsystemen och de tillhörande moderna hållfasthetsberäkningsmetoderna blev i många fall kända begrepp även för företagens högsta ledning. Detta var en mer eller mindre automatisk följd av att de ledande aktörerna i utvecklingen avancerade till ledande positioner inom industri och vetenskap.

Imatran Voimas roll i Lovisaprojektet ledde till uppbyggandet av en stor expertstab som senare kunde utnyttjas även på export. Introduktionen hade som synes en mängd positiva inverkningar. Men ett resultat uteblev. Vår verkstadsindustri blev inte den leverantör av kompletta kärnkraftverk som en del visionärer hade hoppats. Huvudorsakerna härtill kan emellertid sökas utanför vårt land, i Harrisburg och Tjernobyl.

Konklusion

Voimayhdistys Ydins beslut att donera YXP till Tekniska högskolan 1957 och starten av Finland Reactor I 1962 signalerade psykologiskt början på introduktionen och godkännandet av Olkiluoto och Lovisa 1982 resp. 1983 markerade slutpunkten. De handelspolitiska, politiska och energipolitiska aspekterna var viktiga för utvecklingen liksom den akademiska och industriella elitens insatser.

Bland dessa aktörer fanns det handlingskraftiga individer med visioner om den tekniska utvecklingen och förmåga att genomdriva sina intentioner. Den inhemska verkstadsindustrins roll var härvid synnerligen central. Dess representanter lyckades övertyga beslutsfattarna om att den besatt nödig kompetens för att kompensera den kompetensbrist som kunde iakttas inom vissa områden hos den sovjetryska leverantören. De inhemska leveranserna påverkade även driftsresultatet, speciellt i fallet Lovisa, i positiv riktning.

22. KÄLLFÖRTECKNING

22.1 Publikationer

- Aarnio, R. *Paineastiat ja paineputket*. Ydin-serie 27, Tilgmann Oy, Helsingfors, 1964, s. 20–21.
- American Nuclear Society. *Controlled Nuclear Chain Reaction*. American Nuclear Society, La Grange Park, Illinois, USA, 1992, s. 38, 72, 89–97, 103, 106, 109, 110, 161.
- Aron L. R. & Rothleder, B. W. "Description and Performance of Operational Fuel Elements". I: Kaufmann, A. R. (ed.), *Nuclear Reactor Fuel Elements. Metallurgy and Fabrication*. Interscience Publishers – a division of John Wiley & Sons, New York, 1962, s. 557.
- Atomenergikommisionen. *Översikt av Atomenergikommisionens verksamhet*. Handels- och Industriministeriet, Statens Tryckericentral, Helsingfors, 1979, s. 2–17.
- Atomenergikommisionen. *Kärnkraftsproduktionens förverkliga ekonomiska verkningar*. Handels- och Industriministeriet, Statens tryckericentral, Helsingfors, 1984, s. 3, 15.
- Atomenergikommisionen. *Atomenergianeuvottelukunnan käsikirja*. Handels- och Industriministeriet, Statens tryckericentral, Helsingfors, 1983, s. 1–6.
- Atomtekniska Sällskapet i Finland, Finlands fysikerförening. *Kärnteknisk ordlista*. Atomtekniska Sällskapet i Finland, Helsingfors, 1972, s. 1–83.
- Auer, J. & Teerimäki, N. *Puoli vuosisataa Imatran Voimaa*. Imatran Voima Oy, Helsingfors, 1982, s. 11, 55, 297–298.
- Banaka, W. H. *Djupintervju. Teknik och analys*. Bokförlaget Natur och Kultur, Tryckeri AB Norden, Malmö, 1981, s. 12.
- Benedict, M. & Pigford, T. H. *Nuclear Chemical Engineering*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1957, s. 12–16, 484–497.
- Bergelin, S. & Consortes. *Nordisk Familjebok*, band 3. Förlagshuset Nordens Boktryckeri, Malmö, 1956, s. 454.
- Bergelin, S. & Consortes. *Nordisk Familjebok*, band 20. Förlagshuset Nordens Boktryckeri, Malmö, 1959 s. 304.
- Björklund, N. *Kakkosmies*. Kustannusyhtiö Otavan painolaitokset, Keuruu, 1983, s. 153–159.
- Björklund, N., Westerholm, W. & von Bonsdorff, M. *Ydinsäköä. Teollisuuden Voima Oy 1969–1994*. Kirjapaino Oy West Point, Rauma 1994, s. 34–39, 111, 169, 216.
- Bleuler, E. *Experimental Nucleonics*. Rinehart & Company, Inc., New York, 1956, s. 9–11.
- Bohm, D. & Peat, F. D. *Tiede, järjestyks ja luovuus*. Oy Gaudeamus Ab, Helsingfors, 1992, s. 114.
- Bokförlaget Prisma. *Prismas lexikon*, band 2, Förlagsaktiebolaget Otava, Helsingfors, 1990, s. 751.
- Bonilla, C. F. "Heat Removal" I: Bonilla, C. F. (ed.), *Nuclear Engineering*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1957, s. 500.
- Bourdieu, P. *Homo Academicus. Moderna franska tänkare*. Brutus Östlings Bokförlag Symposion, Stockholm, 1996, s. 35.
- Branders, H. *Den inhemska verkstadsindustrins möjligheter att deltaga i ett rektorbygge*. Ydin-serie 20, Tilgmann Oy, Helsingfors, 1958, s. 70–77.

- Brante, T. & Fasth, E. *Termer i sociologi*. Liber Förlag, Malmö, 1982, s. 43, 46, 110.
- Breen, R. J. *The Neutron Thermalization Problem*. Naval Reactor Physics Handbook, Vol. I, United States Atomic Energy Commission, 1964, s. 285–519.
- Bruzelius, N. "Near friendly or neutral shores". *The Deployment of the Fleet Ballistic Missile Submarines and the US Policy towards Scandinavia, 1957–1963*. Royal Institute of Technology, KTH, Luleå Grafiska, 2007, s. 15–18.
- Brynielsson, H. *Sveriges atomkraftprogram*. Ydin-serie 20, Tilgmann Oy, Helsingfors, 1958, s. 21–35.
- Castrén, J. *Instrumentointi*. Ydin-serie 27, Tilgmann Oy, Helsingfors, 1964, s. 41–54.
- Christiansen, R. *Atomivoimalaitokset metalliteollisuuden työkohteena*. Ydin-serie 27, Tilgmann Oy, Helsingfors, 1964, s. 3–10.
- Clark, K. B. & Wheelwright, S. C. *Managing New Product and Process Development*. The Free Press, New York, 1993.
- Comte, A. *Om positivismen*. Bokförlaget Korpen, Göteborg, 1979, s. 48–50.
- Cox, B. "Recent Developments in Zirconium Alloy Corrosion Technology". I: Nichols, C. M. (ed.), *Technology, Engineering and Safety*. Pergamon Press, London, 1961, s. 166.
- Creswell, J. W. *Qualitative Inquiry and Research Design. Choosing Among Five Traditions*. SAGE Publications Inc., CA, 1998.
- Davis, M. *The Design, Manufacture and Supply of Fuel Elements*. Ydin-serie 25, Tilgmann Oy, Helsinki, 1963, s. 64–69.
- Davydov, O. D. & Oreshkin, V. A. *Liberalization of Russian Foreign Trade. Problems and Prospects*. Fordham University Press, New York, 2000, s. 191.
- Dietrich, P. *Coordination Strategies in Organizational Development Programs*. Tekniska högskolan, Esbo, 2007, s. 21.
- Ekono. *Kraft- och Bränsleekonomi 1911–1961*. Föreningen för kraft- och bränsleekonomi, Ekono, Helsingfors, 1961, s. 7–8, 11.
- England, G. *Nuclear Power in The National Grid and Experience of Capital Costs*. Ydin-serie 25, Tilgmann Oy, Helsingfors, 1963, s. 7–18.
- Eriksson, O. *Tre stora industriella investeringar. Om investeringskalkyleringens bristande ändamålsenlighet vid stora investeringar*. Mälardalen University Press, Västerås, 2002.
- Europakommissionen. *Fuusiututkimus. Tavoitteena tulevaisuuden energiavaihtoehto Euroopalle*. Europa-kommissionen, Bryssel, 2005, s. 16.
- Failla, G. "Characteristics of the Biological Effects of Ionizing Radiation". I: Bonilla, C. F. (ed.), *Nuclear Engineering*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1957, s. 135.
- Fair, D. R. R. & Carver, J. A. *Operational Experiences of Nuclear Power Stations*. Ydin-serie 25, Tilgmann Oy, Helsingfors, 1963, s. 19–30.
- Fennovoima Oy Ab. *Konsekvensbeskrivning för kärnkraftverket*. Fennovoima Oy Ab, Helsingfors, oktober 2008.
- Fennovoima Oy Ab. *Ydinvoimalaitoksen periaatepäätöshakemus*. Fennovoima Oy Ab, Helsingfors, januari 2009.
- Freudenthal, A. M. "Thermal-Stress Analysis and Mechanical Design". I: Bonilla, C. F. (ed.), *Nuclear Engineering*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1957, s. 539.
- Friedlander, G. & Kennedy, J. W. *Nuclear and Radiochemistry*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1955, s. 374.
- Frilund, H. *Åren 1955–1960 nödvändiga utbyggnader av vattenkraftverk och ångcentraler*. Ydin-serie 1, Duplicator Oy Ab, Helsingfors, 1954, s. 1–11.
- Frilund, H. *Jordens energitillgångar*. Ydin-serie 2, Duplicator Oy Ab, Helsingfors, 1955, s. 1–10.

- Frilund, H. *Atomkärnornas energiinnehåll*. Ydin-serie 3, Duplicator Oy Ab, Helsingfors, 1955, s. 1–6.
- Frilund, H. *Atomreaktorer för forskningsändamål*. Ydin-serie 4, Duplicator Oy Ab, Helsingfors, 1955, s. 1–12.
- Frilund, H. *Finlands framtida kraftbehov och dess tillfredsställande*. Ydin-serie 5, Duplicator Oy Ab, Helsingfors, 1955, s. 1–5.
- Frilund, H. *Atomkraftverk*. Ydin-serie 6, Duplicator Oy Ab, Helsingfors, 1955, s. 1–19.
- Frilund, H. *Finlands kraftförsörjning åren 1920-1970*. Ydin-serie 7, Duplicator Oy Ab, Helsingfors, 1955, s. 1–25.
- Frilund, H. *Vad är kostnaden för elkraft genererad av atomkraftverk*. Ydin-serie 8, Duplicator Oy Ab, Helsingfors, 1955, s. 1–9.
- Frilund, H. *A.E.C:s II Power Demonstration Reactor Program*. Ydin-serie 9, Duplicator Oy Ab, Helsingfors, 1956, s. 1–3.
- Frilund, H. *Radiaktivt sönderfall av naturliga element*. Ydin-serie 10, Duplicator Oy Ab, Helsingfors, 1956, s. 1–8.
- Frilund, H. *Isotoper*. Ydin-serie 11, Duplicator Oy Ab, Helsingfors, 1956, s. 1–25.
- Frilund, H. *Kostnader för atomkraft och kolkraft Kostnader för atomkraft och kolkraft samt kostnader för atom- och kolvärme med samtidig mottryckskraftalstring*. Ydin-serie 12, Duplicator Oy Ab, Helsingfors, 1959, s. 1–10.
- Frilund, H. ”Kraft- och bränslekrisen 1939–1949”. I: Ekono Föreningen för kraft- och bränsleekonomi (ed.), *Kraft- och bränsleekonomi 1911–1961*. Oy Tilgmann Ab, Helsingfors, 1961, s. 105.
- Gerwin, R. *Nuclear Power Today and Tomorrow*. Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart, 1971, s. 10–11, 17, 27–28.
- Ghalib, S. A. *General Features and Economic Performance of Nuclear Power Stations which could be offered to Finland for commissioning 1970–75*. Ydin-serie 25, Tilgmann Oy, 1963, s. 31–45.
- Gillams, J. L. *The Future of Atomic Power with Special Reference to British Experience*. Ydin-serie 20, Tilgmann Oy, Helsingfors, 1958, s. 3–20.
- Gimstedt, O. *Kärnkraften – Dagsläge och utvecklingstendenser*. Ydin-serie 26, Tilgmann Oy, Helsingfors, 1963, s. 1–38.
- Glasstone, S. & Edlund, M. C. *The Elements of Nuclear Reactor Theory*. D. van Nostrand Company, Inc. Princeton, NJ, 1952, s. 137–138, 143–146, 225–226.
- Gleitman, H., Fridlund, A. J. & Reisberg, D. *Psychology*. Upplaga VI. W. W. Norman & Company, Inc., New York, 2004, s. 88.
- Grace, J. N. & al. ”Reactor Kinetics”. I: Radkowsky, A. (ed.), *Naval Reactors Physics Handbook*, Vol. I. United States Atomic Energy Commission, 1964, s. 855–1130.
- Havens, W. W., Jr. ”Nuclear Physics”. I: Bonilla, C. F. (ed.), *Nuclear Engineering*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1957, s. 86.
- Hawking, S. W. *Maailmankaikkeus pähkinänkuoressa*. Werner Söderström Osakeyhtiö, Helsingfors, 2003, s. 31.
- Hellström, M. *Business Concepts Based on Modularity*. Åbo Akademis förlag, Åbo, 2005, s. 68.
- Hoffman, K., *Säteilykeskuksen historia 1958–2008. Esipuhe*. Strålsäkerhetscentralen, Helsingfors, 2008, s. 11, 33.
- Holmström, P. *Atomivoimalaitosten reaktorin ulkopuoliset, kuumaan primäärisysteemiin kuuluvat laitteet ja niille asetetut vaatimukset*. Ydin-serie 27, Tilgmann Oy, 1964, s. 62–71.

- Home, N. *Ideasta tutkimussuunnitelmaksi. Ohjeita tutkielman tekijälle*. Helsingin Kauppa-
korkeakoulun julkaisuja, Helsinki, 1993, s. 11.
- Hoopes, J. W., Jr. "Instrumentation and Control". I: Bonilla C. F. (ed.), *Nuclear Engineering*,
McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, 1957, s. 615.
- Hughes, T. P. *Networks of Power*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, 1983,
s. 37.
- Hultin, S.-O. *Ison-Britannian ensimmäisen rakennusvaiheen atomivoimalaitokset*. Ydin-
serie 13, Duplicator-Kuvapaino, Helsingfors, 1957, s. 1–6.
- Hultin, S.-O. *Atomireaktoreiden käytössä ja muussa ydintekniikkaan liittyvässä työssä sattuneita vahinkoja*. Ydin-serie 14, Duplicator-Kuvapaino, Helsingfors, 1957, s. 1–6.
- Hultin, S.-O. *Om atomkraftens kostnader*. Ydin-serie 15, Mercators Tryckeri, Helsingfors,
1957, s. 3–15.
- Hultin, S.-O. *The Prospects of Atomic Energy in Finland*. Ydin-serie 17, Tilgmann Oy, Hel-
singfors, 1957, s. 1–6.
- Hultin, S.-O. *Atomien energian käyttöön liittyvä vahingon vaara*. Ydin-serie 22, Tilgmann Oy,
Helsingfors, 1962, s. 3–14.
- Hultin, S.-O. *Voimayhdistys Ydin*. Ydin-serie 23, Tilgmann Oy, Helsingfors, 1962, s. 3–6.
- Hultin, S.-O. *The Finnish Power Supply System and Future Plans as Affecting Nuclear Power*.
Ydin-serie 25, Tilgmann Oy, Helsingfors, 1963, s. 47–63.
- Häikiö, M. *Nokia oyj:n historia. Fuusio. Yhdistymisen kautta suomalaisiksi monialayrityk-
seksi 1865–1982*. Edita Oyj, Helsingfors, 2001, s. 96–100.
- Ihamuotila, J. *The Engine Fuels of the Future*. Hangon Kirjapaino Oy, Hangö, 1981, s. 8.
- Immonen, B. *Viljan. Yrityksen johtamisesta. Att leda ett Företag*. Oy Abilitas Ab, Helsing-
fors, 2005, s. 15.
- Immonen, H. *Reflexioner 1970–2005*. Oy Abilitas Ab, Helsingfors, 2005, s. 203–204.
- Jahkola, A., Pirilä, P., Raiko, R. & Tarjanne, R. "Energian tuotanto". I: Kurki-Suonio, I. &
Heikkilä, M. (eds.), *Kestävän kehityksen edellytykset Suomessa. Imatran Voima Oy:n 60-
vuotisjulkaisu*. Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsingfors, 1994, s. 296, 340.
- Jauho, P. *Atomien energia ja Suomi – Atomenergin i Finland 1945–1962*. Statens Tekniska
Forskningscentral, 1962, s. 60–73.
- Jauho, P. *Ensin kielsin konditionaalin*. Hakapaino Oy, Helsingfors, 1999, s. 1–304.
- Jyrinki, E. *Kysely ja haastattelu tutkimuksessa*. Oy Gaudeamus Ab, Vaasa, 1978, s. 29.
- Jäfs, D. Bränsleelement och kontrollstavar. Ydin-serie 27, Tilgmann Oy, Helsingfors, 1964,
s. 34–36.
- Jörss, W. & Consortes. *Decentralised Power generation in the Liberalised EU Energy Markets*.
Springer-Verlag, Berlin, 2003, s. 32.
- Kaplan, I. *Nuclear Physics*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Cambridge, Mass.,
1956, s. 490–491, 597.
- Karttunen, S. & Silvennoinen P. "Tulevaisuuden energiahuollon teknilliset kehitysnäky-
mät". I: Ojanperä, M., Peltola, S. & Pirilä, P. (eds.), *IVO-R-01/85*. Imatran Voima Oy,
Helsingfors, 1985, s. 495.
- Kekkonen, U. *Tamminiemi*. Weilin + Göös, Espoo, 1980, s. 176.
- Kinnunen, E. *Mitä valtiolta voi tehdä teollisuudenatomivoimasuunnitelmien edesautta-
miseksi*. Ydin-serie 20, Tilgmann Oy, Helsingfors, 1958, s. 66–69.
- Knowles, M. S. & Associates. *Andragogy in Action*. Jossey-Bass Publishers, San Francisco,
CA, 1990, s. 9–12.
- Koivisto, M. Grannar. *Frändskap och friktion*. Söderströms, Helsingfors, 2008, s. 151–154.
- Konttinen, U. *Kontrollstavarnas drivaggregat*. Ydin-serie 27, Tilgmann Oy, Helsingfors,
1964, s. 40.

- Kubushiro, K., Togo, Y. & Mochizuki, K. "General Features of The Japan Power Demonstration Reactor". I: Staff of IAEA (ed.), *Small and Medium Power Reactors*, Vol. I, Christoph Reisses Söhne, Vienna, 1961, s. 238–239.
- Kuhn, S. T. *De vetenskapliga revolutionernas struktur*. Bokförlaget Thales, Stockholm, 1992, s. 144.
- Kvale, S. *Den kvalitativa forskningsintervjun*. Studentlitteratur, Lund, 1997, s. 85, 124–125.
- Lahti, P. "Yhdyskuntarakenteen ja -tekniikan kehitys". I: Ojanperä, M., Peltola, S. & Pirilä, P., (eds.), *Tulevaisuuden energiahuollon hahmottaminen. Tulevaisuuden energiahuollon teknilliset kehitysnäkymät*. IVO-R-O1/85, Imatran Voima Oy, Helsingfors, 1985, s. 14.
- Lamberg, J.-A. *Taloudelliset eturyhmät neuvotteluprosesseissa. Suomen kaupapolitiikka 1920–1930-luvulla*. Suomen Tiedeseura, Helsingfors, 1999, s. 34.
- Landis, J. W. "Nuclear-Reactor Types". I: Bonilla, C. F. (ed.), *Nuclear Engineering*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1957, s. 734–735.
- Latour, B. *Science in Action: How to follow scientists and engineers through society*. Harvard University Press, Cambridge, 1987, s. 258, 259.
- Laurila, E. *Atomienenergia tekniikkaa ja politiikkaa*. Kustannusyhtiö Otava, Helsingfors, 1967, s. 167–189, 217, 250.
- Laurila, E. *Ydinenergiapolitiikan harhailut*. Kustannusyhtiö Otava, Helsingfors, 1977, s. 31–36.
- Laurila, E. *Muistinvaraisia tarinoita*. Kustannusosakeyhtiö Otava, Helsingfors, 1982, s. 161, 183.
- Leino-Kaukiainen, P. "Luonnonsuojelusta ympäristökysymyksiin". I: Kurki-Suonio, I. & Heikkilä, M. (eds.), *Kestävän kehityksen edellytykset Suomessa*. Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsingfors, 1994, s. 36–37.
- Lindholm, S. *Kunskap från fragment till helhetssyn*. Liber Förlag, 1985, s. 29, 31.
- Lindroos, V. "Metallien perusteollisuus". I: Ojanperä, M., Peltola, S. & Pirilä, P. (eds.), *Tulevaisuuden energiahuollon teknilliset kehitysnäkymät*, IVO-R-01/85. Imatran Voima Oy, Helsingfors, 1985, s. 242.
- Lister, B. A. J. & Gilles, G. M. "The Conversion of Uranyl Nitrat to Uranium Dioxide and to Uranium Tetrafluoride". I: Bruce, F. R., Fletcher, J. M., Hyman, H. H. & Katz, J. J. (eds.), *Progress in Nuclear Energy*. III: *Process Chemistry*. McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, 1956, s. 19–39.
- Luoto, U. A. *Några synpunkter på instrumentering för industriella spårämnesförsök*. Ydinserie 16, Mercators tryckeri, Helsingfors, 1957, s. 21–35.
- Luoto, U. A. *Suojatoimenpiteet uraanin käsittelyssä*. Ydin-serie 18, Mercators tryckeri, Helsingfors, 1957, s. 1–8.
- Luoto, U. A. *Ydinvoimalaitoksen rakentamiseen liittyvistä konepajateknillisistä kysymyksistä*. Ydin-serie 19, Mercators tryckeri, Helsingfors, 1958, s. 3–23.
- Luoto, U. A. *Paineastiat ja paineputket*. Ydin-serie 27, Tilgmann Oy, Helsingfors, 1964, s. 11–20.
- Macartney-Filgate, J. *Financing of Overseas Power Station Projects – Short- and Long-Term Credit Arrangements*. Ydin-serie 25, Tilgmann Oy, Helsingfors, 1963, s. 70–77.
- Marvin, G. G. & Greenleaf, E. F. "Methods of Uranium Recovery from Ores". I: Bruce, F. R., Fletcher, J. M., Hyman, H. H. & Katz, J. J. (eds.), *Progress in Nuclear Energy*. III: *Process Chemistry*. McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, 1956, s. 3–17.
- Mattila, J. *Bränsleelement och kontrollstavar*. Ydin-serie 27, Tilgmann Oy, Helsingfors, 1964, s. 33.
- Melvin, J. G. *Nuclear Power in Canada. Small and Medium Power Reactors*, Vol. I. Christopher Reisses Söhne, Vienna, 1961, s. 130–134.

- Michelsen, K.-E. & Särkikoski, T. *Suomalainen ydinvoimalaitos*. Edita Prima Oy, Helsingfors, 2005, s. 26–27, 60, 70–72, 124, 217, 221–245.
- Murray, R. L. *Nuclear Reactor Physics*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, NJ, 1957, s. 50–53, 73, 149.
- Myllyntaus, T. *Finnish Industry in Transition 1885–1920. Responding to Technological Challenges*. Tekniska museet, Helsingfors, 1989, s. 68.
- Myllyntaus, T. *Electrifying Finland. The Transfer of a New Technology into a Late Industrialising Finnish Industry in Transition*. Economy, London, 1991, s. 28, 68, 239.
- Neisser, U. *Kognition och verklighet. Den kognitiva psykologins principer och konsekvenser*. Wahlström & Widstrand, Stockholm, 1978, s. 58, 93.
- Norman, D. A. "Some Observations on Mental Models". I: Gentner, D. & Stevens, A. L. (eds.), *Mental Models*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, London, 1983, s. 12.
- Pajunen, K. *Explaining by Mechanisms. A Study of Organizational Decline and Turnaround Processes*. Tampereen teknillinen yliopisto, Tammerfors, 2004.
- Palo, H. & Lehtelä, J. *Laippaliitoksen laskennasta pyörähdysymmetrisenä elementtimenetelmällä*. Konepajamies, Helsingfors, nr 9, 1978.
- Palo, H. *Jännitysanalyysi – missä ja milloin kannattaa käyttää? Analyysiin perustuva suunnittelu*. EN 13445 Annex B. AEL-Insko-seminaarit, Oy Termeca Ab Engineering, Helsingfors, 12 maj 2005.
- Palo, H. *Jännitysluokitteluun perustuva analyysi*. EN 13445 Annex C. AEL-Insko-seminaarit, Oy Termeca Ab Engineering, Helsingfors, 12 maj 2005.
- Palo, H. *Putkistojen lujuuslaskenta ja jännitysanalyysit*. EN 13480. AEL-Insko-seminaarit, Oy Termeca Ab Engineering, Helsingfors/Tammerfors, 01–02 februari 2006.
- Paloheimo, M. R. *Atomivoima idästä vai lännestä? Suomen ensimmäinen atomihanke poliittisena kysymyksenä 1965–1969*. Pro gradu-avhandling i politisk historia, Helsingfors universitet, mars 2000, s. 3, 5.
- Patel, R. & Tebelius, U. *Grundbok i forskningsmetodik*. Studentlitteratur, Lund 1987, s. 17.
- Patton, M. Q. *How to Use Qualitative Methods in Evaluation*. Sage Publications, London, 1987, s. 15, 159–160.
- Pelin, R. *Projektihallinnan käsikirja*. Gummerus, Jyväskylä, 1999, s. 87–89, 102.
- Peltola, S. *Computational and Experimental Studies on Large Scale Solar Heating*. NEMO-rapport 19, Tekniska Högskolan, Helsingfors, 1992, s. 12.
- Pinto, J. K. & Nedovic-Budic, Z. "Information sharing among partnering project organizations." I: Sahlin-Andersson, K. & Söderholm, A. (eds.), *Beyond Project Management*. Liber Abstract forlag, Copenhagen, 2002, s. 109.
- Popper, K. R. *Avoin yhteiskunta ja sen viholliset*. Förlagsaktiebolaget Otava, Helsingfors, 1974, s. 662.
- Randers, G. *Aspekter og retningslinjer for atomenergiarbeidet i Norge*. Ydin-serie 20, Tilgmann Oy, Helsingfors, 1958, s. 34–54.
- Repstad, P. *Närhet och distans. Kvalitativa metoder i samhällsvetenskap*. Studentlitteratur, Lund, 1993, s. 8, 14, 27, 97.
- Rickover, H. G. "Foreword". I: Rockwell III, T. & Consortes (eds.), *Reactor Shielding Design Manual*. D. van Nostrand Company, Inc., Princeton, NJ, 1956, s. V–VI.
- Rockwell III, T. & Consortes. *Reactor Shielding Design Manual*. D. van Nostrand Company, Inc., Princeton, NJ, 1956, s. VII, 2, 23, 178.
- Rosner, C. & associates. *Die Kernkraftindustrie von Grossbritannien*. UKAEA, London, 1958, s. 1, 6.
- Rossi, B. B. & Staub, H. H. *Ionization Chambers and Counters*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1949, s. 20.

- Rotkirch, E. *Radioisotoper – ett nytt redskap för industriell forskning*. Ydin-serie 16, Mercators tryckeri, Helsingfors, 1957, s. 3–19.
- Rotkirch, E. *Kärnstrålteknik – ett redskap för vår industri*. Ydin-serie 23, Tilgmann Oy, Helsingfors, 1962, s. 8–17.
- Routti, J. ”Fossiliset polttoaineet”. I: Ojanperä, M., Peltola, S. & Pirilä, P. (eds.), *Tulevaisuuden energiahuollon teknilliset kehitysnäkymät, IVO-R-01/85*. Imatran Voima Oy, Helsingfors, 1985, s. 435.
- Schultz, M. A. *Control of Nuclear Reactors and Power Plants*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1955, s. 1–100.
- Schwenk, H. C. & Shannon, R. H. *Nuclear Power Engineering*, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1957, s. 56. (Editor Skrotzky, B. G. A.)
- Selengut, D. S. & al. ”The Neutron Slowing-Down Problem”. I: Radkowsky, A. (ed.), *Naval Reactor Physics Handbook*, Vol. I. United States Atomic Energy Commission, 1964, s. 15–284.
- Senate of USA. *Congressional Record – Senate. Proceedings and Debates of the 85th Congress, First Session*. (Senators Anderson, C. P., Kennedy, J. F – later President of the United States – and Mansfield, M.), Senate of USA, Washington DC, 1957, s. 1013.
- Servan-Schreiber, J. L. *Johtajan haaste*. WSOY, Helsinki, 1990, s. 39.
- Staebler, U. M. *A Summary of Nuclear Power Research and Development in the United States. Small and Medium Power Reactors*. Vol. I, IAEA, Christoph Reissers Söhne, Vienna, 1961, s. 7–8.
- Starrin, B., Larsson, G., Dahlgren, L. & Styrborn, S. *Från upptäckt till presentation. Om kvalitativ teorigenerering på empirisk grund*. Studentlitteratur, Lund, 1991, s. 13.
- Stevens, R. *Att förstå människor*. Studentlitteratur, Lund, 1998, s. 168.
- Stigzelius, H. *Maamme uraanivarat ja niiden hyväksikäyttö*. Ydin-serie 20, Tilgmann Oy, Helsingfors, 1958, s. 78–81.
- Stjernschantz, G. *Nykyinen tilanne atomitekniiikan alalla sekä atomienergian käyttömahdollisuudet Suomessa. Johdanto*. Ydin-serie 20, Tilgmann Oy, Helsingfors, 1958, s. 1.
- Strålsäkerhetscentralen, STUK, *Interim Report on Fallout Situation in Finland from April 26 to May 4 1986*. Strålsäkerhetscentralen, Helsingfors, maj 1986, s. 16–19.
- Strålsäkerhetscentralen, STUK, *Tshernobylin ydinturman vaikutuksista suomalaisiin*. Strålsäkerhetscentralen, Helsingfors, oktober 1986, s. 19.
- Strålsäkerhetscentralen, STUK. *Ydienergian käytön turvallisuusvalvonta. Neljännesvuosiraportti 2006*, Strålsäkerhetscentralen, Helsingfors, 2006, s. 17, 29.
- Strålsäkerhetscentralen, *Ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta. Vuosiraportti 2006*. STUK-B/april 2007, Helsingfors, 2007, s. 16, 17, 29.
- Sunell, M. M. *Miten Suomen yksityinen teollisuus hankki länsimaisen ydinvoimalan. Tutkimus taloudellisesta ja poliittisesta vallankäytestä 1970-luvulla*. Helsingfors universitet, Samhällshistoriska institutionen, Pro gradu-avhandling, april 2001, s. 141, 189.
- Suomi, J. *Kuningastie. Urho Kekkonen 1950–1956*. Otava, Helsingfors, 1990, s. 18, 208–209.
- Suomi, J. *Presidentti*. Kustannusyhtiö Otava, Helsingfors, 1994, s. 484–487.
- Suomi, J. *Taistelu puolueettomuudesta*. Otava, Helsingfors, 1996, s. 95–101, 683.
- Suomi, J. *Liennytyksen akanvirrassa*. Kustannusyhtiö Otava, Helsingfors 1998, s. 315–323.
- Suomi, J. *Voimapolitiikka*. ”Hoitakaa Te asia, herra presidentti”. *Suomen Kuvalehti* nr 13, Helsingfors, 30.03.2001, s. 62, 66.
- Suoninen, E. *Miten tutkia moniäänistä ihmistä?* Väitöskirjan yhteenvetoartikkeli, Tampereen yliopiston julkaisutoimikunta, Tammerfors, 1979, s. 13–14.
- Sänkiäho, R. & Rantala H. *Ydinvoima-argumentaatio*. Yhteiskuntatieteiden tutkimuslaitos, Tampereen Yliopisto, sarja B 47, Tammerfors, 1987, s. 91–96.

- Sänkiäho, R. & Rantala, H. *Ydinvoima ja yhteiskunta*. Yhteiskuntatieteiden tutkimuslaitos, serie A 57, Tammerfors, 1988, s. 107.
- Tarjanne, R. *Sähköntuotannon vaihtoehtojen kustannusvertailu. Päästökauppa ja maakaasun hinnan nousu tehneet ydinvoimasta ylivoimaisen*. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. TVO:n seminaari, Helsingfors, 16.06.2006.
- Tekniska Föreningen i Finland. *Diplomingenjörer och arkitekter*. Tekniikan Akateemisten Liitto – Tekniska Föreningen i Finland, Helsingfors, 2000.
- Thompson, A. S. & Rodgers, O. E. *Thermal Power from Nuclear Reactors*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1956, s. 27, 33.
- Toffler, A. *Power Shift. Knowledge, Wealth, and Violence at the Edge of the 21st Century*. Bantam Press, 1990, s. 473.
- UKAEA. *The Nuclear Energy Industry of the United Kingdom*. United Kingdom Atomic Energy Authority, London, 1958, s. 16.
- Uusitalo, H. *Tiede, tutkimus ja tutkielma. Johdatus tutkielman maailmaan*. WSOY, Borgå 1991, s. 51.
- Vapaavuori, O. *Säätösauvojen toimilaitteet*. Ydin-serie 27, Oy Tilgmann Ab, Helsingfors, 1964, s. 37–40.
- Varto, J. *Laadullisen tutkimuksen metodologia*. Tammer-Paino, Tammerfors, 1992, s. 16, 43, 67.
- Virolainen, J. *Vallankäyttö Kekkonen Kaudella*. Otava, Helsingfors, 1986, s. 47, 182, 195–197, 292–298.
- Walla, E. *Så skriver du bättre tekniska rapporter*. Studentlitteratur, Lund, 2004, s. 51.
- Wallén, G. *Vetenskapsteori och forskningsmetodik*. Studentlitteratur, Lund, 1996, s. 27, 60.
- Westerberg, N. *Reaktorläggningars säkerhet*. Ydin-serie 22, Oy Tilgmann Ab, Helsingfors, 1962, s. 17–28.
- Westerberg, N. *Bränsleelement och kontrollstavar*. Ydin-serie 27, Oy Tilgmann Ab, Helsingfors, 1964, s. 22–32.
- Whetten, D. A. "Organizational Growth and Decline Processes." I: Pajunen, K., *Explaining by Mechanisms. A Study of Organizational Decline and Turnaround Processes*. Tampereen teknillinen yliopisto, Tammerfors, 2004, s. 80.
- Wick, R. S. "Reactor Design Techniques". I: Radkowsky, A. (ed.), *Naval Reactors Physics Handbook*, Vol. I. United States Atomic Energy Commission, Washington, 1964, s. 531–852.
- Wikström, K. *Det aldrig återupprepades teori. Tankar och idéer om industriella projekt*. Åbo Akademi, Åbo, 2000.
- Winter, J. *Problemformulering, undersökning och rapport*. Liber Förlag, Bröderna Ekstrands tryckeri AB, Lund, 1984, s. 10–12, 59–60.
- Ylijoki, O. H. & Ahrio, L. *Gradu lähikuvassa*. Tampereen yliopisto, Yhteiskuntatieteiden tutkimuslaitos, Tammerfors, 12/1995, s. 9–10.

22.2 Tidskrifter

- Aamulehti 30.03.1967. "Ydinvoimalakiista skandaalin partaalla. Sähkösaanti vaarassa."
- Arab Times 18.01.1980, s. 4. "Trade delegation ends Gulf tour. Finland will not impose sanctions against Iran."
- Auterinen, I., Kankaanranta, L. & Savolainen, S. "Boorineutronisädehoidosta vaihtoehtoinen syövä hoitomuoto?" *ATS Ydintekniikka, Atomtekniska Sällskapet i Finland, Helsingfors*, 2/ 2005, s. 10.

- Björklund, N. ”Finnatomin osuus ydinenergiaratkaisuisissa”. *ATS Ydintekniikka* (20), 3, Helsingfors, 1991, s. 37–38.
- Bonsdorff, M. von. ”Ruotsalaistakin parempi ruotsalainen”. *ATS Ydintekniikka* (20), Atomtekniska Sällskapet i Finland, Helsingfors, 1991, s. 34–35.
- Bärs, B. ”Drag ur FiR 1 reaktorns historia”. *ATS Ydintekniikka*, (37), Atomtekniska Sällskapet i Finland, Helsingfors, 4/2008, s. 28.
- Furu, P. ”Vinnande ledarskap”. *Forum för ekonomi och teknik*, Nr 5/06, Förlags Ab Forum för ekonomi och teknik, Helsingfors, 2006, s. 32.
- Giese, U. & Leverenz, R. ”The EPR Becomes Reality at Finland:s Olkiluoto 3”. *ATS Ydintekniikka* (34), Atomtekniska Sällskapet i Finland, Helsingfors, 3/2005, s. 6–10.
- Grossman, L. ”How Apple Does it”. *Time Magazine*, London, November 2005, s. 39
- Helsingin Sanomat 22.05.1958. ”Atomiaika alkaa Suomessa”.
- Helsingin Sanomat 23.11.1961. ”Radioisotooppeja omasta takaa”.
- Helsingin Sanomat 31.08.1962. ”Otaniemen ydinreaktori luovutetaan TKK:n käyttöön. Reaktorilaboratorio vihitään tänään.”
- Helsingin Sanomat 01.09.1962. ”Askel lähemmäksi atomikautta: Otaniemen reaktori vihittiin tarkoitukseensa.”
- Helsingin Sanomat 23.02.1966. ”Ydinvoimaretkikunta matkusti N-liittoon. Kaksitoista suomalaista asiantuntijaa matkusti tiistaina Moskovaan tutustumaan Neuvostoliiton mahdollisuuksiin osallistua Suomeen suunnitellun ydinvoimalaitoksen tarjouskilpailuun.”
- Helsingin Sanomat 28.01.1968. ”Nl:n ydinvoimalatarjous saataneen viime tingassa. Suomen Atomiteollisuusryhmän edustajat Uolevi Luoto, Daniel Jäfs ja Kaarlo Koivisto lensivät lauantaina Moskovaan neuvottelemaan Neuvostoliiton viranomaisten kanssa.”
- Helsingin Sanomat 31.01.1968. ”Nl:n voimalatarjousta odotetaan – tarjokkaat samaan asemaan. Neuvostoliiton tarjous ei ehdi keskiviikoksi.”
- Helsingin Sanomat 04.02.1968. ”Ydinvoimalan hinta kipuaa lähelle 500 miljoonaa markkaa. Suomen ensimmäisen ydinvoimalaitoksen sähköntuotanto tulee olemaan 500 megawattia. Rakennuskustannusten arvellaan nousevan noin 470 miljoonaan markkaan ja rakennusaikaa tarvitaan 4–5 vuotta kertoi Imatran Voima Oy:n tiedotuspäällikkö Niilo Teerimäki.”
- Helsingin Sanomat 09.02.1968. ”Atomiryhmän tutkimus. Ydinvoimala voidaan rakentaa kotimaisin tiedoin ja taidoin. Suomen teollisuus voi toimia ydinvoimalan päähankkijana ja osallistua varsin suurella panoksella laitoksen toimittamiseen, todetaan Suomen Atomiteollisuusryhmän viiden kuukauden työn jälkeen valmistuneessa tutkimuksessa.”
- Helsingin Sanomat 24.01.1974. ”Hallitus vauhdittaa ydinvoimalahankkeita. Kauppa- ja teollisuusministeri Jan-Magnus Jansson sanoo, että ydinvoimalahankkeet ovat pahasti myöhässä.”
- Hennies, H. H. ”Radiation Measurements in Germany Resulting from the Chernobyl Accident”. *Nuclear Europe, European Nuclear Society, Bern, Schweiz*, 7–8/1986, s. 22
- Hufvudstadsbladet 22.05.1958. ”Vår första atomreaktor driftklar. Atomåldern inledd i Finland. Otnäs försöksreaktor invigd.”
- Hufvudstadsbladet 23.11.1961. ”Reaktorn i Otnäs tar form”.
- Hufvudstadsbladet 31.08.1962. ”Atomreaktorn FiR-1 klar för överlåtelse”.
- Hufvudstadsbladet 01.09.1962. ”Triga Mark II i gång. Personalskolning första uppgiften.”
- Hufvudstadsbladet 27.01.1966. ”Finländare studerar rysk atomutveckling. Regeringen utsåg på torsdagen en delegation som skall resa till Sovjetunionen för att studera utvecklingen i detta land inom atomenergiområdet. Resan företas på inbjudan av atomenergi-kommittén vid Sovjetunionens ministerråd.”

- Hufvudstadsbladet 28.01.1966. ”Sunds i Porkkala by aktuellt alternativ för atomkraftverk”.
- Hufvudstadsbladet 29.01.1966. ”Första atomverket 1971. Vattenkraften hotar sina.”
- Hufvudstadsbladet 08.02.1966. ”Utredning om A-kraft i Finland. Atomenergidelegationen beslöt på fredagen tillsätta en speciell sektion för att bereda ärendet. Sektionens ordförande är prof. Pekka Jauho och medlemmar tekn.lic. Aulis hellsten, dipl.ing. Daniel Jåfs, tekn.lic. Uolevi Luoto, samt diplomingenjörerna Jaakko Mattila, Lasse Nevanlinna och Norman Westerberg.”
- Hufvudstadsbladet 23.02.1966. ”Atomdelegation till Sovjet”.
- Hufvudstadsbladet 01.04.1966. ”Samarbetsgrupp banar väg för atomverksleveranser. I samarbetet deltar följande firmor: A. Ahlström Osakeyhtiö, Rauma-Rekola Oy, Oy W. Rosenlev & Co. Ab, Oy Strömberg Ab, Finska Kabelfabriken Ab, Oy Tampella Ab, OyValmet Ab, Oy Wärtsilä Ab. Vid mötet den 30 mars valdes dipl.ing. Nils Björklund tillordförande och tekn lic. Uolevi Luoto till ombudsman.”
- Hufvudstadsbladet 08.06.1966. ”Atomverket till Lovisa. Om stadsfullmäktige godkänner förslaget är det högst sannolikt att Lovisa får landets första atomkraftverk. Enligt en preliminär tidtabell körs verket igång vid årsskiftet 1971–72. Totalkostnaderna beräknas stiga till 250–350 milj. mk.”
- Hufvudstadsbladet 09.07.1966. ”Atomkraftverksbygget brådskar. Skall ge 10 procent a el-behovet. Laurilakommitténs betänkande klart. Kommitténs ordförande har varit ledamoten av Finlands akademi Erkki Laurila sedan slutet av 1965, då kommitténs första ordförande dr. Ahti Karjalainen anhöll om befrielse från sitt uppdrag.”
- Hufvudstadsbladet 31.01.1968. ”Anbud på A-kraftverk fås snart från Sovjet. Tekn.lic. Uolevi Luoto är nöjd med förhandlingarna i Moskva.”
- Hufvudstadsbladet 06.02.1968. ”A-verket betalas på 20 år i varor, ränta 2,5 procent. Vår andel c. 55 proc. Färdigt 30 juni 1976. Avtalen om sovjetisk leverans av Finlands första kärnkraftverk undertecknades på tisdagen i Helsingfors.”
- Hufvudstadsbladet 08.02.1968. ”Ledningen för Imatran Voima besöker Sverige. Ordföranden i Imatran Voimas förvaltningsråd, justitieminister Aarre Simonen skall i mitten av februari tillsammans med bl.a. bolagets VD, bergsrådet Heikki Lehtonen besöka Sverige.”
- Hufvudstadsbladet 09.02.1968. ”Atomverket klart år 1973. Övervägande del egna leveranser. Det är uppenbart att man bör sträva till en fördelning av atomkraftverksbygget som ger vår egen industri chans att medverka med leveranser i så stor utsträckning som det bara är tekniskt och ekonomiskt möjligt, påpekar Finlands Atomindustrigrupp i sitt betänkande till Handels- och industriministeriet som överlämnades i går på förmiddagen.”
- Hufvudstadsbladet 13.02.1968. ”De sovjetiska atomexperterna kommer i dag. Den sovjetiska atomkraftverksdelegationen anländer i dag för att förhandla om den sovjetiska atomkraftverksofferten. Delegationen består av Teknopromexports direktör Igor Driving, chefsingenjör Grigorij Jermakov och experten på atomforskningsärenden Andrej Suchov.”
- Hufvudstadsbladet 03.07.1968. ”Både atomkraftverket och loken diskuteras. Sovjetdelegation kom i går, även UKAEA-män här. Ett nytt varv i atomkraftverkskarusellen inleddes igår.”
- Hufvudstadsbladet 04.07.1968. ”UKAEA beredd bygga även bränslefabrik. Rond om a-verket inleddes. Industriminister Leskinen sade sig i går inte räkna med något avgörande denna vecka.”
- Hufvudstadsbladet 26.07.1968. ”Regeringen köper inget a-verk. Regeringen avslög alla anbud. Ångkraftverk för försörjning fram till 1975. Imatran Voima berett uppföra Ingå-kraftverket. Besvikna lovisabor kräver kompensation. A-frågan felbedömd. Atomkraft-

- verksfrågan gick oss ur händerna på ungefär samma sätt som föregående gång, sade statsminister Mauno Koivisto efter statsrådets beslut i frågan.”
- Hufvudstadsbladet 26.07.1968. ”Ingen fara för ASEA. För ASEA eller rättare sagt för det blivande halvstatliga Asea-Atom får det finländska beslutet ingen allvarlig framtida effekt.”
- Hufvudstadsbladet 30.07.1968. ”UKAEA-direktör söker ’klarhet i någonting som inte kan förstås. UKAEA-direktören Keith Norman ville inte på måndagen då han anlände till Sjöskog närmare kommentera Englands inställning till kärnkraftverksbeslutet.”
- Hufvudstadsbladet 08.09.1969. ”Ny delegation för kärnkraft kommer i dag. En sovjetisk kärnkraftdelegation anländer till Finland i dag. Delegationen leds av ordföranden i kommittén för Sovjetunionens utländska ekonomiska relationer S.A. Skatshkov.”
- Hufvudstadsbladet 10.09.1969. ”A-verkets pris c. 450 Mmk, avtal om bränsle för 20 år”.
- Iltasanomat 21.05.1958. ”Askel atomiaikaan”.
- Insinööriuutiset – Ingenjörssnytt 02.12.1961. ”Metalliteollisuus suorittaa uusia aluevaltauksia. Ensimmäinen kriittillinen reaktori valmistuu maahamme lähiaikoina. Huomattava osatilaus myös kotimaasta.”
- Jauho, P. ”Multiplikatiivisten systeemien kriittisyydestä”. Sotilaisaikakauslehti, No. 10, 1966.
- Jauho, P. ”ATS:n täyttäässä 25 vuotta”. ATS Ydintekniikka, 3/91, Atomtekniska Sällskapet i Finland, Helsingfors, 1991, s. 1.
- Jauho, P. Ledande artikel i ATS Ydintekniikka (20), Atomtekniskan Sällskapet i Finland, Helsingfors, 1991, s. 1.
- Jauho, P. & Aaltonen, R. ”Pulsed Neutron Measurements in Graphite”. Acta Polytech. Scand. Ser. Ph. 40, 1966.
- Jauho, P. & Maninen, J. ”Slowing Down of Neutrons in Zirconium Hydride”. Nucl. Sci. Eng. 27, 1967, s. 45–50.
- Jauho, P. & Pirilä, P. ”Spin-Lattice Relaxation of Nuclei due to Conduction Electrons at Very Low Temperatures”. Phys. Review 1, No. 1, 1970, s. 21–24.
- Jauho, P. & Tarjanne, R. ”Pulsed Neutron and Exponential Experiments with Mixed Fuel Lattices”. Nuclear Applications & Technology, Vol. 11, May 1971, s. 19–28.
- Knox, R. ”Load factors to end September”. Nuclear Engineering, Januari 2005, s. 38.
- Kuusi, J. ”Prospects and Challenges in Technology Policy”. Finnish Economic Quarterly Review, Unitas, Helsingfors, 4/1986, s. 91.
- Kuusi, J. ”Ydintekniikka teknologiaveturina”. ATS Ydintekniikka (20), 3, 1991, s. 20–21.
- Laurila, E. ”Ydintekniikan maihinnousu Suomeen”. ATS Ydintekniikka (20), Atomtekniska Sällskapet i Finland, Helsingfors 1991, s. 19.
- Miettinen, J. K. ”Ydintekniikan rauhanomaisen hyödyntämisen kehitys”. ATS Ydintekniikka (20), Atomtekniska Sällskapet i Finland, Helsingfors, 1991, s. 14.
- Mäkipentti, I. ”Ydinvoimalla keskeinen asema maailman sähköhuollossa”. ATS Ydintekniikka, Atomtekniska Sällskapet i Finland (20), Helsingfors, 1991, s. 65–67.
- Nevanlinna, L. ”Tavoitteena kestävä kehitys”. ATS Ydintekniikka (20), Atomtekniska Sällskapet i Finland, 1991, s. 58–62.
- Numminen, K. ”Miten nuoret insinöörit oppivat rakentamaan ydinlaitoksen”. ATS Ydintekniikka (20), Atomtekniska Sällskapet i Finland, Helsingfors 1991 s. 29–33.
- Nya Pressen 21.05.1958. ”Atommilan invigdes. Otnäs fick subkritisk reaktor.”
- Nya Pressen 09.09.1969. (Udd, E.) ”Nu blir Lovisa Atomstad. Nu börjar Lovisa bygga sin Atomstad. I morse undertecknades kärnkraftsavtalet mellan den sovjetryska delegationen och representanter för Imatran Voima.”
- Overbye, S. ”Hiroshima blir helt utplånat.” Illustrerad Vetenskap, Nr. 11. Bonnier International Publications AS, Oslo, juli 2005, s. 74–75.

- Pirilä, P. ”Energiajärjestelmän haavoittuvuus”. ATS Ydintekniikka (20), Atomtekniska Sällskapet i Finland, Helsingfors, 1991, s. 73–75.
- Pawli, L. ”Test loop for reactor coolant pumps”. Nuclear Engineering International, IPC Business Press Ltd. Great Britain, November 1975, s. 21–24.
- Regnell, B. ”Ydinturvallisuus – kansainvälistä yhteistyötä parhaimmillaan”. ATS Ydintekniikka (20), Atomtekniska Sällskapet i Finland, Helsingfors, 1991, s. 41–44.
- Rhodes, R. ”Living with The Bomb”. National Geographic Magazine, Washington, DC, USA, August 2005, s. 99–103.
- Ruuska, I., Artto, K., Aaltonen, K. & Lehtonen, P. ”Dimensions of Distance in a Network of Firms: Exploring Olkiluoto 3 Nuclear Power Plant Project”. The International Journal of Project Management, 2009.
- Savo 22.05.1958. ”Ydinreaktori Lahjaksi Teknilliselle Korkeakoululle”.
- Savo 01.09.1962. ”Suomen ensimmäisen atomireaktorin käynnistys eilen”.
- Savon Sanomat 22.05.1958. ”Varkauden konepajalla siirryttiin atomikauteen”.
- Savon Sanomat 01.09.1962. ”Atomireaktori otettiin käyttöön Otaniemessä. Presidentti suoritti käynnistyksen.”
- Suomen Sosialidemokraatti 23.11.1961. ”Otaniemessä odotetaan ydinreaktorin sydänosia. Betonisuojauksen valu alkaa.”
- Tekniikka & Talous 08.02.2007, s. 6. ”Olkiluoto paisui painajaiseksi. Suivaantuneita ali-hankkijoita vetäytyi urakasta.”
- Uusi Suomi 22.05.1958. ”Elinkeinoelämän piirissä uskotaan atomienergian käyttömahdollisuuksiin. Otaniemen reaktori eilen opetuskäyttöön.”
- Uusi Suomi 23.11.1961. ”Otaniemen ydinreaktorin runko-osia asennetaan jo. Reaktorisydämen osia matkalla USA:sta.”
- Uusi Suomi 02.03.1962. ”Otaniemen reaktorin polttoaine jo maassa. Panostus tk:n lopussa.”
- Uusi Suomi 23.05.1962. ”Suomikin siirtyy atomiaikaan”.
- Uusi Suomi 25.08.1962. ”Suomen ensimmäinen ydinreaktori vihittään 31.8. Lisätietoja valmistajalta”.
- Uusi Suomi 01.09.1962. ”Reaktorimme eräissä suhteissa ainutlaatuinen Pohjoismaissa. Atomiaika alkoi Suomessa. FiR 1 vihittiin käyttöön. Ydinreaktorimme erityisen sopiva Suomen olosuhteissa käytettäväksi. Tyydyttää lähivuosien tutkimustarpeen.”
- Uusi Suomi 04.02.1968. ”Ydinvoimalatarjous siirtyy. Neuvostoliitto ei jätä ydinvoimalatarjoustaan ainakaan vielä maanantaina kertoi lauantai-iltana Moskovasta käynnille Helsinkiin saapunut dipl.ins. Daniel Jäfs.”
- Vasabladet 06.02.1968. ”Rysk reaktor i princip en amerikansk. Den kärnkraftverksreaktor som sovjetföretaget Technopromexport väntas ge offert på påminner om den amerikanska Westinghouse-konstruktionen berättar vöråfödda dipl.ing. Daniel Jäfs, som har deltagit i atomindustrigruppens förhandlingar i Moskva.”
- Vasabladet 04.04.2006. Ledande artikel, s. 8.
- Vilkamo, S. & Vuori S. ”Ydinjätehuollon turvallisuus ja kustannukset”. ATS Ydintekniikka (20), Atomtekniska Sällskapet i Finland, Helsingfors 1991, s. 52–54.
- Viikkosanomat 30.05.1958. ”Suomalaista atomivoimaa”.
- Vuorinen, A. ”Säteilykeskus valvoo ydinvoiman turvallisuutta”. ATS Ydintekniikka (20), Atomtekniska Sällskapet i Finland, Helsingfors, 1991, s. 25–28.
- Warkauden Lehti 22.05.1958. ”Suomen ensimmäinen atomireaktori rakennettu Varkauden konepajalla. Reaktorin luovutus opetus- ja koulutustarkoituksiin eilen Otaniemessä.”
- Warkauden Lehti 09.11.1961. Spillman, B. W. ”Atomivoimalla kehitetty sähkö pystyy USA:ssa kilpailemaan höyryvoimalla kehitetyn sähkön kanssa”.

Warkauden Lehti 23.11.1961. ”Varkaudessa tehtyä ydinreaktoria asennetaan paikoilleen Otaniemessä”.

Warkauden Lehti 13.12.1961. ”Atomien rauhanomaisista käyttömahdollisuuksista”.

Warkauden Lehti 03.09.1962. ”Suomikin siirtyi atomiaikaan”.

22.3 Protokoll

Finnatom. Protokoll över konstituerande möte i Helsingfors, 16.12.1969. (Författarens arkiv).

Finnatom. Contract between ”V/O Technopromexport” and Oy Finnatom Ab signed in Helsinki on the 17th day of September 1970, s. 1–37. (Författarens arkiv).

Finnatom. Styrelsemötesprotokoll 15.01.1970. (Författarens arkiv).

Finnatom. Styrelsemötesprotokoll 13.04.1970. (Författarens arkiv).

Finnatom. Styrelsemötesprotokoll 20.04.1970. (Författarens arkiv).

FPK 751201. Finnatom. Styrelsemötesprotokoll 01.12.1975. (Författarens arkiv).

FPK 770203. Finnatom. Styrelsemötesprotokoll 03.02.1977. (Författarens arkiv).

FPK 770425. Finnatom. Styrelsemötesprotokoll 25.04.1977. (Författarens arkiv)

FPK 780302. Finnatom. Styrelsemötesprotokoll 02.03.1978. (Författarens arkiv).

FPK 780626. Finnatom. Styrelsemötesprotokoll 26.06.1978. (Författarens arkiv).

FPK 781124. Finnatom. Styrelsemötesprotokoll 24.11.1978. (Författarens arkiv).

FPK 1979/3. Finnatom. Styrelsemötesprotokoll 24.11.1979. (Författarens arkiv).

FPK 1979/6. Finnatom. Styrelsemötesprotokoll 14.11.1979. (Författarens arkiv).

22.4 Muntliga källor

Ahlström, Krister (2006). DI, tidigare styrelseordförande och generaldirektör för A. Ahlström Osakeyhtiö samt styrelseordförande för Perusvoima Oy.

Aurela, Jorma (2008). DI, Överingenjör, Handels-och industriministeriet, tidigare projektchef vid kärntekniska avdelningen, Imatran Voima Oy och projektchef vid European Nuclear Society.

Björklund, Nils (1963). DI, tidigare vice VD för Oy Tampella AB och för Valmet Oy.

Bonsdorff, Magnus von (2006). DI, VD för Oy Emvebe Consultants Ab, tidigare forskningschef för Oy Finnatom Ab och VD för Teollisuuden Voima Oy – Industrins Kraft Ab.

Brenner, Mårten (2006). Filosofie doktor, professor em. (Åbo Akademi).

Davydov, Oleg (2006). Doctor of Philosophy, professor, tidigare representant för Technopromexport i Finland, biträdande styrelseordförande för Atomenergoexport, biträdande minister vid Sovjetunionens Ministerium För Utländska Ekonomiska Relationer, biträdande statsminister för den Ryska Federationen och minister vid den Ryska Federationens Ministerium För Utländska Ekonomiska Relationer (avliden).

Ehrnrooth, Georg (2006). DI, bergsråd, tidigare VD för Oy Wärtsilä Ab och styrelseordförande för Oy Finnatom Ab.

Finne, Jörgen (2006). DI, TkD, forskare vid CEA i Frankrike.

Hakulin, Bertel (2007). DI, TkD HC, tidigare forskningsdirektör vid A. Ahlström Osakeyhtiö och styrelseordförande för Pyropower Corporations.

Holmström, Paavo (2007). DI, tidigare personalchef vid Metallindustrin, Rauma-Repola Oy, styrelseordförande för Oy Finnatom Ab, fabriksdirektör vid Mäntyluodon tehdas.

Ihamuotila, Jaakko (2006). DI, Dr.h.c., bergsråd, tidigare VD och biträdande styrelseordförande för Valmet Oy, styrelseordförande för Oy Finnatom Ab, VD och styrelseordförande för Neste Oy.

- Immonen, Henrik (2006). DI, Tk L, styrelseordförande för Reka Oy, tidigare medlem i Atompumpgruppen vid A. Ahlström Osakeyhtiö, Karhula Pumpfabrik och VD för Aaltosen tehtaat Oy.
- Jauho, Pekka (2006). D.Sc., Professor, tidigare ledamot i Finlands Akademi, ordförande för Atomenergikommissionen, generaldirektör för Tekniska Forskningscentralen, ordförande för Finsk- Sovjetiska Kommissionen för Vetenskapligt och Tekniskt Samarbete.
- Jäfs, Per-Ole (2006). Tekn., VD för Vörå Form Oy Ab.
- Kinnunen, Mikko (2006). Ingenjör, arbetsledare vid Nordic Construction Company (Finland).
- Kujala, Jaakko (2006). DI, kvalitetschef vid Sulzer Pumps, Karhula, tidigare medlem i Atompumpgruppen, A. Ahlström Osakeyhtiö, Karhula Pumpfabrik.
- Kujala, Minna (2006). Merkonom, föreståndare för Storkyro postkontor.
- Kuusi, Juhani (2006). DI, TkD, Professor, tidigare forskningschef för Oy Finnatom Ab, chef för VTT:s reaktorlaboratorium, generaldirektör för TEKES, chef för Oy Nokia Ab:s forskningscentrum och Senior Vice President, Oy Nokia Ab.
- Laurila, Erkki (1971). TkD, tidigare professor i teknisk fysik, ledamot i Finlands Akademi, ordförande för Atomenergikommissionen (avliden).
- Lundström, Gösta (2006). Merkonom. Kommundirektör i Vörå, tidigare VD för Houtskär Sparbank.
- Mäkipentti, Ilkka (2007). DI, industriråd, tidigare chef för kärnenergi byrån vid Handels- och Industriministeriet, styrelseordförande för Espoon Sähkö Oy.
- Numminen, Kalevi (2006). DI, bergsråd, tidigare chef för Lovisa-projektet, VD för Imatran Voima Oy, styrelseordförande för Perusvoima Oy.
- Ollus, Yngve (2007). DI, tidigare VD, VVD för Oy LM Ericsson Ab och försäljningschef för LM Ericsson, Stockholm, samt styrelseordförande för ett flertal finländska företag.
- Palmgren, Anders (2006). DI, TkD, tidigare driftschef vid Lovisa kärnkraftverk, vice VD för Imatran Voima Oy och VD för Perusvoima Oy.
- Palo, Hannu (2006). DI, VD för Oy Termeca Ab, tidigare projektchef vid Oy Finnatom Ab:s forskningsavdelning.
- Pawli, Lars (2006). DI, Senior Partner vid JFP Executive Search, tidigare medlem i Atompumpgruppen, A. Ahlström Osakeyhtiö, Karhula Pumpfabrik.
- Peltola, Seppo (2007). DI, TkD, utvecklingschef vid Neste Oil Oy, tidigare forskningsassistent vid Tekniska högskolan.
- Rastas, Ami (2008). DI, TkL, konsult, tidigare direktör vid Teollisuuden Voima Oy – Industrins Kraft Ab och forskare vid Atomenergikommissionen.
- Raumolin, Heikki (2007). DI, biträdande direktör vid Fortum Power and Heat Oy, tidigare chef för kärnavfallsbyrån vid Industrins Kraft Ab och teknisk ledare för Perusvoima Oy.
- Rotkirch, Erik (2006). DI, tidigare undervisningsassistent vid Åbo Akademi, direktörsassistent och administrativ direktör vid Ekono Oy.
- Routti, Jorma (2006). DI, PhD, professor, generaldirektör för EU-kommissionens forskningsavdelning, tidigare forskare vid University of California och vid CERN, professor vid Tekniska Högskolan samt överombudsman vid Sitra.
- Santaholma, Juhani (2006). Viceshövding, L.L.M, tidigare bl.a. viceverkställande direktör för Perusvoima Oy och verkställande direktör för Finenergy.
- Simons, Harry (2006). VD för Simons Element Oy Ab, privatföretagare.
- Simons, Lennart (1960-talet). PhD, professor i fysik (avliden).
- Svens, Eivor (2007). Fil.mag. Technology Manager, Immunochemical Applications, Oy Medix Biochemical Ab.

- Svens, Kurt (2007). DI, Eur Ing. Sales Manager vid Outokumpu Oy.
- Timperi, Jukka (2006). Ingenjör, VD för Sulzer Pumps Oy, tidigare bl.a. medlem i Atom-pumpprojektgruppen, Karhula Pumpfabrik.
- Varpasuo, Pentti (2006). TkD, professor, Senior Engineer, Structural Mechanics, Fortum NuclearServices, Ltd.
- Vapaavuori, Olavi (2007). DI, TkL, tidigare driftschef och direktör vid Teollisuuden Voima Oy – Industrins Kraft Ab samt VD för Energiekonomiska Föreningen.
- Vilhelmson, Stefan (2006). DI, tidigare projektchef vid Oy Finnatom Ab och försäljningsdirektör vid Metex Andelslag samt vid Kaukomarkkinat Oy.
- Vuorinen, Antti (2006). DI. TkD, professor, tidigare chef för Strålsäkerhetscentralen. (Tekniska Föreningen i Finland, Ingenjörsmatrikeln. Diplomingenjörer och arkitekter, 2000).

22.5 Övriga källor

- Atomic Energy Commission, AEC. ”Exportlicens för 1 lb uran”, utfärdad av The United States Atomic Energy Commission till Daniel Jäfs, 1957. (Författarens arkiv).
- Bonsdorff, M. von. ”Från blå-gul atom sinivalikoiseen”. Föredrag vid Atomtekniska sällskapet i Finland 40-årsjubileum i Helsingfors, 13.10.2006, s. 6, 11. (Författarens arkiv).
- Ehrnrooth, G. Text för anförande vid 10-årsfesten för Pohjois-Karjalan Uusyrityskeskus 01.03.2006, s. 1. (Personlig kontakt med Georg Ehrnrooth). (Författarens arkiv).
- Finnatom & Consortes. *PSAR (Preliminär säkerhetsrapport) 1–2*. Helsingfors, 1979. (Finnatoms arkiv).
- FNB 24.03.2006. ”Beslut att upprätthålla 1000 MW kondenskraft”.
- Ihamuotila, J. ”Finlands energiförsörjning i framtiden”. Föredrag vid Åbo Akademi i Åbo den 25 september 2008.
- Ihamuotila, J., Vapaavuori, O. & Consortes. *Design Considerations for 350 MWe and 600 MWe Vertical Heavy Water Reactors*. Venture Design Study Team Report, Vol. 2, Atomic Power Department, Canadian General Electric, Peterborough, Canada, 1967, s. 10 E4–10 E5. (Personlig kontakt med Jaakko Ihamuotila).
- Jalonen, T. ”Ydinjätteen loppusjoiutusteknologi”. Anförande vid diskussionstillfälle i Eurajoki 28. 08. 2006 betitlat ”Tulevaisuuden ydinvoimat - mahdollisuus suomalaiselle osaamiselle ja teollisuudelle”, Eurajoki, 2006, s. 1. (Författarens arkiv).
- Kuusi, J. ”Tutkimuksen ja elinkeinoelämän yhteydet. Elinkeinoelämän näkökulma”. Föredrag vid Statens vetenskaps- och teknologiråds möte i Helsingfors 08.11.2001, s. 1–4. (Personlig kontakt med Juhani Kuusi). (Författarens arkiv).
- Kuusi, J. ”Interaction between Research and Business – Basis for Competitiveness at Global, National and Enterprise Level”. Föredrag vid Finnisch-deutsches Technologie-Seminar zur Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft i Offenbach, Tyskland, 15.06.2005, s. 1–3. (Personlig kontakt med Juhani Kuusi). (Författarens arkiv).
- Kuusi, J. & Hyvärinen, R. Minnesanteckningar beträffande Finnatoms möte med Atom-energoexports representanter den 17 juni 1976 i Helsingfors. (Finnatoms arkiv).
- Laine & Skatshkov. Avtal mellan Finlands regering och de Socialistiska Rådsrepublikernas Förbunds regering avslutat i Helsingfors den 16 oktober 1974, s. 2. (Författarens arkiv).
- Laurila, E. ”Candu-reaktorin soveltuvuus Suomen energiahuollon järjestelmään”. 1975. (Författarens arkiv).
- Mäkinen, J. K. & Jäfs, G. A. ”Production of Matte, White Metal, and Blister Copper by Flash Furnace”. *Proceedings of The Fourth International Flash Smelting Congress, USA, Mexico, October 18–23, 1981*, s. 60. (Personlig kontakt med Gustav Jäfs). (Författarens arkiv).

- Nilsson, L. "Secure nuclear district heating plant is attractive for small urban centers". I: Finnatom (ed.), *Slutrapport till Atomenergoexport*. Helsingfors, 1983, s. 1. (Författarens arkiv).
- Nurmimäki, K. *Candu-tutkimuksen loppuraportti* 12.05.1976, s. 1–2. (Författarens arkiv).
- Paaermaa, R. Minnesanteckningar från möte den 13 september 1976 i Helsingfors med den av minister P. S. Neporoshny ledda sovjetryska delegationen. Helsingfors 14.09.1976. (Finnatoms arkiv)
- Paaermaa, R. Minnesanteckningar från möte den 17 september i Helsingfors med den av minister P. S. Neporoshny ledda sovjetryska delegationen, Helsingfors 28.09.1976. (Finnatoms arkiv).
- Palmgren, A. "Experience of Plant Performance and Methods of Improving Performance Including Refuelling". Föredrag vid ENC 86-konferensen i Geneve, 01–06.1986, s. 1–2. (Personlig kontakt med Anders Palmgren). (Författarens arkiv).
- Posiva Oy. Onkalo. "Det underjordiska forskningsutrymmet på Olkiluoto i Euråminne". (Prospekt erhållet av Posiva).
- Rantala, E. Koncept till minister Rantalas anförande vid möte den 13 september 1976 i Helsingfors med den av minister P. S. Niporoshny ledda sovjetryska delegationen. (Finnatoms arkiv).
- Rastas, A. "Maaailman ydinvoimapolitiittinen tilanne". Föredrag vid didskussionstillfälle i Eurajoki 28.08.2006 betitlat "Tulevaisuuden ydinvoimat – mahdollisuus suomalaiselle osaamiselle ja teollisuudelle", Eurajoki, 2006, s. 4. (Författarens arkiv).
- Routti, J. "Future Energy Scenarios". Föredrag vid diskussionstillfälle i Eurajoki 28.08.2006 betitlat "Tulevaisuuden ydinvoimat – mahdollisuus suomalaiselleosaamiselle ja teollisuudelle", Eurajoki 2006, s. 2. (Författarens arkiv).
- Suomen Atomiteollisuusryhmä. *Suomen teollisuus atomivoimailaitoksen toimittajana*. Suomen Atomiteollisuusryhmä – Finlands Atomindustrigrupp, Helsingfors, 1968. (Finnatoms arkiv).
- Zakucki, H. & Mikolajczak, J. *Nuclear Measuring Instruments*. Elektrim, Biuro Urzadzen Techniki Jadrowej, Warszawa, 1962, s. 143–144. (Finnatoms arkiv).

BILAGOR

Bilaga 1. Intervjustruktur

1. Intervjutid
2. Intervjuplats
3. Intervjupersonens födelsetid och utildning
4. Intervjupersonens uppfattning om orsaker till och följder av introduktionen av kärnkraften i Finland.
5. Viktiga och intressanta skeden i introduktionen
6. Egenskaper som kännetecknar en god ledare
7. Föredrag eller artikel som intervjupersonen skrivit

Bilaga 2. Deltagare i symposiet 03.05.2007 vid Tekniska fakulteten vid Åbo Akademi

Professor Kim Wikström
DI Magnus von Bonsdorff
TkD Magnus Gustafsson
TkD Sven-Olof Hultin
PhD Christer Junnelius
DI Daniel Jåfs
TkD Anders Palmgren
DI Eric Rotkirch
DI Norman Westerberg

Bilaga 3. Reaktorteori och reaktorteknologi

För att inte behöva komma med långa förklaringar eller fotnoter i den deskriptiva texten ansåg jag det vara nödvändigt att i en bilaga repetera grunderna i reaktorteori och reaktorteknologi inklusive shielding i den utsträckning de hade relevans för beskrivningen av de olika reaktortyper som var aktuella i vårt land.

3.1 Fission och fusion

Tunga atomkärnor, exempelvis uranisotopen U-235, undergår fission, vilket

innebär att de klyvs i mindre delar, om de utsätts för neutronbombardemang och förhållandena är lämpliga.

En möjlig reaktion är då: $U-235 + n = Xe-141 + Sr-92 + 3n + Q$ (1-1)

Symbolen Q representerar energi frigjord under fissionsprocessen som dels återfinns som kinetisk energi hos klyvningsprodukterna xenon och strontium och dels i form av gamma- och beta-strålning.

Den frigjorda energin, Q, är i medeltal för fission av en atom U-235 cirka 200 Mev varvid cirka 2,5 neutroner samtidigt produceras med en medelenergi på omkring 2 Mev. Den neutrinostrålning som även utsänds kan här negligeras.

Reaktorkonstruktören måste även komma ihåg att en del av den energi som finns magasinerad hos klyvningsprodukterna frigörs med en viss förse- ning efter det att den egentliga fissionen avbrutits exempelvis med hjälp av kontrollstavarna.

Denna fördröjda energifrigörelse är betydande, eller cirka 6 procent av re- aktorns totalenergi. Tillräcklig kylkapacitet måste därför finnas till hands.

Motsatsen till fission är fusion, d.v.s. sammansmältning av två atomkärnor varvid tyngre grundämnen bildas. Vid hög temperatur – säg av storleksord- ningen 100 miljoner grader – är en serie proton-protonreaktioner möjliga som kan sammnfattas som följer:

$4 H = He + 2\beta + 2\gamma + \nu + Q$ (1-2)

Den frigjorda energin, Q, är totalt 26,2 Mev per reaktion när neutrinoenergin frånräknats. En termonukleär reaktor kunde arbeta enligt denna eller någon annan analog reaktion (Kaplan, 1956, s. 537). En annan reaktion är även av intresse i reaktorsammanhang:

$U-238 + n = U-239 + \text{gamma}$ (1-3)

Isotopen U-239 är emellertid instabil och processen går vidare i två steg:

$U-239 = Np-239 + \text{beta}$ (1-4)

$Np-239 = Pu-239 + \text{alfa}$ (1-5)

Mellanprodukten neptunium övergår således i plutonium varvid en alfaparti- kel, dvs. en heliumkärna utkastas. U- 238 konverteras till plutonium, som är klyvbart men även instabilt, med en halveringstid på 24 000 år. Denna process utnyttjades i USA i de s.k. breeder-reaktorerna i Hanford för produktion av

Tabell 19. Tung grundämnen (Schwenk & Shannon, 1957, s. 56).

Atomnummer	Element	Upptäckt
93	Neptunium	1940
94	Plutonium	1941
95	Americium	1944
96	Curium	1944
97	Berkelium	1949
98	Californium	1950
99	Einsteinium	1954
100	Fermium	1954
101	Mendelevium	1955
102	–	1955

atombombmaterial (Thompson & Rodgers, 1956, s. 27, 33). Plutonium har 94 protoner i kärnan och således atomnummer 94. Grundämnen med ännu högre atomnummer framställdes redan tidigt, något som framgår av tabell 19.

I detta sammanhang är det motiverat att nämna om en aktuell tidningsnotis enligt vilken såväl amerikanska som ryska forskare lyckats framställa grundämne nummer 118.

3.2 Neutronekonomi

I en kärnreaktor är, förutom fissionsreaktionen, två andra processer betydelsefulla nämligen neutron capture, som inte resulterar i fission och neutron escape från reaktorkärnan.

Vi betecknar med η antalet neutroner som frigörs när en neutron absorberats av bränslet (t.ex. av en atom U-235).

Av dessa stannar en bråkdel, ϵ , the non-leakage probability, i reaktorn, varför kvar blir $\eta\epsilon$. Absorption av andra element förutom av bränslet reducerar detta med faktorn f till $\eta\epsilon f$, som ofta kallas den effektiva multiplikationsfaktorn och som anger den andel som kan åstadkomma följande fission. En kärnreaktor med natururan eller svagt anriktat uran, (0,715 procent, respektive några procent U-235) som bränsle uppvisar dock ytterligare ett par processer av betydelse, vilka ännu kräver tillfogandet av två faktorer. Dessa betecknas e för snabb fission och p för resonance escape probability. Den effektiva multiplikationsfaktorn, som är = förhållandet mellan antalet neutroner vid slutet av en neutrongeneration till antalet neutroner vid slutet av den näst föregående neutrongenerationen, blir då:

$$k_e = \epsilon\eta\epsilon f \quad (2-1)$$

Om den effektiva multiplikationsfaktorn är större än 1, ökar antalet neutroner exponentiellt med tiden. En ökning av antalet neutroner innebär samtidigt en ökning av fissionshastigheten, vilket leder till effektökning. När den önskade effektnivån har uppnåtts måste multiplikationsfaktorn minskas till 1, t.ex. så att en kontrollstav som innehåller icke klyvbart material, exempelvis kadmi-um, introduceras i reaktorhärden (Murray, 1957, s. 12–13). (Se även Hoopes, 1957).

3.3 Verkningstvårsnitt, Cross Section

Den effektiva målytan som en atomkärna uppvisar gentemot en inkommande neutron kallas det mikroskopiska verkningstvårsnittet, the microscopic cross section, σ . Om en stråle j neutroner per sekund korsar en kvadratcentimeter av material som innehåller N kärnor per kubikcentimeter och varje kärna har verkningstvårsnittet σ , så blir antalet partiklar bortskaffade från strålen per sekund och kollision i ett infinitesimalt lager av tjockleken dx lika med $jN\sigma dx$. Vi kan notera att produkten $N\sigma dx$ representerar en kollisionssannolikhet inom dx . Σ används normalt som symbol för det totala verkningstvårsnittet och inkluderar alla möjliga delprocesser. Sålunda är t.ex. $\sigma_s = \sigma_{se} + \sigma_{si}$ och $\sigma_a = \sigma_c + \sigma_f$ där subscripts betecknar elastisk, inelastisk, capture respektive fission. Σ för U-235 gentemot termiska neutroner med hastigheten 2200 m/s dvs. energin 0,0253 eV är $= 697 \times 10^{-24} \text{ cm}^2$ eller i enheten barn uttryckt $= 697$ barn.

Detta värde kan uppdelas i:

$$\sigma_s = 10 \text{ barn}$$

$$\sigma_c = 107 \text{ barn}$$

$$\sigma_f = 580 \text{ barn.}$$

Produkten $N\sigma = \Sigma$, kallas det makroskopiska verkningstvårsnittet, the macroscopic cross section, och har dimensionen $1/\text{cm}$. Det motsvarar det totala verkningstvårsnittet per kubikcentimeter (Murray, 1957, s. 19–20).

Kaplan (1955, s. 490–491) anger verkningstvårsnittet för ett flertal fissionsmaterial för neutroner med hastigheten 2200 m/s. Som ett kuriosum kan nämnas att hans Σ -värde för U-235 är 696 barn vid samma neutronhastighet.

3.4 Neutronernas hastighetsreduktion, Slowing down

Kärnfissionen producerar snabba neutroner med energier omkring 2 MeV, vars hastighet sedan minskar via kollisioner med ett lämpligt moderatormaterial tills de uppnår termisk jämvikt (c. 0,0253 eV) med detta.

Effektiviteten i denna process är viktig för termiska reaktorer eftersom läckaget av neutroner från reaktorn bestäms av den tid som åtgår för neutronerna att uppnå termisk hastighet. Hastighetsreduktionen förorsakas nästan helt av

Tabell 20. Scattering data (Glasstone & Edlund, 1955, s. 137–138, 143–145).

Element	Massnummer	ξ	Antal kollisioner
Väte	1	1,000	18
Deuterium	2	0,725	25
Beryllium	9	0,209	86
Kol	12	0,158	1145
Uran	238	0,00838	2172

elastiska kollisioner med moderatormaterialkärnor. Neutronerna ändrar härvid flygriktning, en spridning eller scattering äger rum (Havens, 1957). Medeltalet av den logaritmiska energiminskningen per kollision, ξ , är per definition:

$$\xi = \text{medel } \ln E_1/E_2 \quad (4-1)$$

En god approximation för ξ är: $\xi = 2/(A + 2/3)$ där A är moderatorns massantal.

(Antalet kollisioner som i medeltal behövs för att termalisera neutronerna från 2 Mev till 0,025 ev är $= 18,2/\xi$). Tabell 20 ger scatteringdata för ett antal element.

3.5 Neutronbromsförmåga och modereringskoefficient

En god moderator kännetecknas av att den förmår åstadkomma en så stor energireduktion per kollision som möjligt. Den makroskopiska neutronbromsförmågan, dvs. produkten $\xi \Sigma_s$, är ett bra mått på en moderators effektivitet. Denna produkt tar dock inte hänsyn till det faktum att moderatormaterialet även kan vara kraftigt neutronabsorberande. Förhållandet mellan neutronbromsförmågan och det makroskopiska absorptionstvärsnittet dvs. $\Sigma_s \xi / \Sigma_a$, som kallas modereringskoefficient är ett bättre mått när det gäller att jämföra olika moderators effektivitet. Tabell 21 ger aktuella värden för några olika ämnen.

Konstruktionen av kärnreaktorer skiljer sig inte helt från andra planeringsaktiviteter. Men den kännetecknas dock i större utsträckning av behovet att använda stora datamaskiner.

Detta beror på att de teorier och metoder som är aktuella såsom multi-grupp-transportteorin och multigrupp-difusionsteorin innebär att komplicerad matematik kommer in i bilden.

Jag nöjer mig med att här hänvisa till följande källor: Selengut, 1964, s. 15–256, och Breen, 1964, s. 285–519, samt Wick, 1964, s. 531–846, och Grace, 1964, s. 853–1130.

Tabell 21. Modereringskoefficienten för några olika ämnen (Glasstone & Edlund, 1955, s. 145–146).

Moderator	Neutronbromsförmåga/cm	Modereringskoefficient
Vatten	1,53	72
Tungt vatten	0,170	12 000
Beryllium	0,176	159
Kol	0,064	170

3.6 Reflektorns roll

Den kritiska massan hos en kärnreaktor kan reduceras på så sätt att reaktorhärden omges med ett hölje av något material som reflekterar neutronerna tillbaka till härden, t.ex. grafit eller beryllium. Reflektorn reducerar neutronläckaget från reaktorn som kan köras kritisk med en mindre laddning av bränsle respektive moderator. En betydande del av de neutroner som läcker ut från härden gör det under termaliseringsprocessen.

Följaktligen är det en fördel om reflektorn har såväl stort spridningsverkningsvärsnitt, Σ_s , som litet absorptionsverkningsvärsnitt, Σ_a . De nämnda lätta ämnena uppvisar dessa egenskaper (Glasstone & Edlund, 1955, s. 225–226). Reflektorns inverkan belyses av ett exempel i litteraturen enligt vilket en s.k. tjock reflektor minskade reaktorbredden från 540 mm till 440 mm. (Murray, 1957, s. 73).

3.7 Buckling (bukthighet)

För att åskådliggöra vad begreppet buckling innebär, behandlas här en tänkt reaktor med den snabba fissionsfaktorn $\epsilon = 1$ och med non-leakage värdet ξ likaså = 1. Då blir $k = p f \eta$. Ifall vi nu betraktar en oreflekterad sfärisk härd fås (via teorin för vågekvationer)

$$1 = k e^{-B^2 \tau} / 1 + B^2 \xi^2 \quad (7-1)$$

där τ är ett mått på den sträcka neutronerna tillryggalägger när de termaliseras från fissionsenergi till termisk energi (Fermis ageteori) och B^2 kallas buckling.

Eftersom detta värde endast beror på härdens nukleära egenskaper kallas det också B^2_m , materialbuckling. Ekvation (7-1) är en transcendent ekvation som bara kan lösas via trial and error-metoden. Ett närmevärde är:

$$B^2 = \ln k / \xi^2 + \tau \quad (7-2)$$

Tabell 22. Geometrisk buckling.

Härdgeometri	Dimension	B^2_g
Sfär	Radie R	$(\pi/R)^2$
Slab	Bredd H	$(\pi/H)^2$
Kub	Sida S	$3(\pi/S)^2$
Ändlig cylinder	Radie R, höjd H	$(j/R)^2 + (\pi/H)^2$

Ett motsvarande värde kallat geometrisk buckling, B^2_g , är endast beroende av härdens storlek och geometri. För det nu behandlade fallet är

$$B^2_m = B^2_g \quad (7-3)$$

Tabell 22 ger värden på geometrisk buckling för olika härdgeometrier.

Där j_0 är 2,4048, en lösning på en Besselfunktion, $R' = R + d$ och $H' = H + d$ samt d är extrapolationsdistansen, dvs. det avstånd från härdkanten där neutronflödet går till 0. (Murray, 1957, s. 29, 50–53).

Buckling kan mätas med hjälp av en exponentialmila i stil med den som vi i byggde i Varkaus för Tekniska högskolan 1958.

3.8. Skärmning (Shielding)

Personalen som handhar driften av en kärnreaktor måste skyddas mot strålning, åtminstone så att tillåtna värden inte överskrids. Undermålig shielding kan försvåra underhållet av hela anläggningen och förorsaka alltför hög strålningsnivå, speciellt nära rör genomföringar, liksom skador på detektorerna, vilket i sin tur kan resultera i att reaktorn startas i blindo (Rickover, 1956, s. V). De procedurer, principer och data som refereras i detta avsnitt togs fram av ett team av experter inom the Naval Reactors Program och the Pressurized Water Reactor Program. Gruppen inkluderade: E. L. Czapek, T. A. Flynn, A. Foderaro, D. W. Johnson, R. B. Minogue, F. Obenshain, C. J. Ranney, K. Shure, H. E. Stone, och J. J. Tayler (Rockwell & Consortes, 1956, s. VII).

3.8.1 Tillåtna strålnivåer

Flöde eller fältstyrka anger flödes hastighet eller energiflöde per ytenhet. Gammaflöde, t.ex., mäts i gammafotoner per kvadratcentimeter per sekund, som multiplicerat med energin ger energiflödet i megaelektronvolt per kvadratcentimeter per sekund. Stråldosen anger den mängd strålningsenergi som absorberats av ett absorberande medium. Den av strålningen förorsakade biologiska

Tabell 23. Relativ biologisk effektivitet, RBE (Rockwell & Consortes, 1956, s. 17).

Strålningstyp	RBE
X och gamma	1
Beta	1
Snabba neutroner	10
Alfa (internt)	10

skadan är en funktion av flöde, energi och relativ biologisk effektivitet, RBE. Styrkan hos en strålningskälla mätes i curie varvid för beta- eller gammastrålning gäller att $1 \text{ curie} = 3,7 \times 10^{10}$ sönderfall per sekund medan motsvarande värde för neutroner är 2×10^6 . Enheten curie är ett mått på radioaktiviteten. Röntgen är ett mått på stråldosen. Ett flöde på cirka 10^6 av 1–2 Mev gammastrålning är =1 r/h.

Röntgen equivalent physical, rep, är den dosmängd som ger upphov till energiabsorption i mänsklig vävnad motsvarande 93 erg/g vävnad. Röntgen equivalent man, rem, kan inte mätas direkt, utan rem är ett index för den skada olika typer av strålning åstadkommer i mänsklig vävnad. Medan RBE är definierad som förhållandet mellan vävnadsskada förorsakad av en given typ av strålning till den vävnadsskada som samma gammastråldos resulterar i, så definieras rem som stråldosen i rep multiplicerad med RBE för den strålningstyp som är involverad. Tabell 23 ger värden på den relativa biologiska effektiviteten för några olika typer av strålning.

Några intressanta och nyttiga approximationer kan noteras: en reaktor i drift har en källstyrka = flera hundra curie/w reaktoreffekt. En dag efter avstängning (efter långvarig drift) innehåller den ännu fissionsprodukter med källstyrkan 1 curie/w. 1 curie producerar 1 r/h på 1 m avstånd (vid 2 Mev). 1 curie (vid 1 Mev) avger 6 milliwatt energi. År 1956 gällde i USA av the National Committee for Radiation Protection fastställda gränsvärden för den maximala strålning personer fick utsättas för.

Den maximala doshastigheten var 300 millirem/vecka.

I specialfall kunde detta värde stiga till 900 mrem/vecka, så länge som medeltalet av doshastigheten under 13 veckor inte översteg 300 mrem/vecka.

Tabell 24 anger strålningsnivåer förorsakade av olika strålkällor. I nödsituationer tilläts 3,9 rem i en enda dos. Då fick personen ifråga dock inte utsättas för ytterligare strålning under samma 13-veckors period.

Tabell 24. Strålningsnivåer (Rockwell & Consortes, 1956, s. 23).

Strålkälla	Doshastighet
Kosmisk strålning (havsyta)	30 mr/år
K-40 i blod	30 r/år
Gamma från naturlig radioaktivitet i marken	30–100 mr/år
Bröströntgenbild (med film)	50–200 mrem/gång
Tandröntgen (med film)	4–5 r/film
Medicinsk strålbehandling	500–10 000 r
Semiletal dos (50% dödlighet)	500 rem
Max tillåten halt radium i dricksvatten	40 mikromikrocurie/l
Källvattenradiumhalt is Shimane, Japan	1 mikrocurie/l

3.8.2 Skärmning av reaktorhård och kylsystem

Reaktorhärden är den primära strålningskällan vid ett kärnkraftverk. Men härdens kylmedium är aktivt i sig självt som en följd av strålningen (neutronreaktion med syreatomerna i kylvattnet) vartill kommer att aktiverade korrosionsprodukter med tiden samlas i kylvattenströmmen.

Reaktorhärden omges av en reflektor, som i sin tur omges av en termisk skärm gjord exempelvis av rostfritt stål med tjockleken 4–6 tum. Hårdskärmen kan bestå av flera lager med mellanlager av kylvatten som även fungerar som termisk sköld. Den termiska skärmen bör reducera strålningen så att temperaturfallet i reaktortankens vägg inte överstiger 50 grader F, vilket tillåter ett flöde av neutroner + gamma = max 10^{11} Mev/cm² per sekund. Utanför reaktortanken finns reaktorskärmen som tillsammans med hårdskärmen måste reducera strålningsnivån till godtagbara värden. Den kombinerade verkningen av skärmarna måste beräknas dels för reaktorn i drift och dels för fallet avstängd reaktor. Reaktorns kylsystem med cirkulationspumpar och ånggeneratorer har ofta egen separat skärmning. Ibland är reaktor och kylsystem inneslutna i ett kombinerat skärmsystem.

Vatten är ett effektivt material för biologisk skärmning eftersom halten väteatomer är hög. Ett annat ofta använt material är betong, antingen av standardkvalitet eller s.k. baryt. Olika former av järn-aggregatbetong förekommer även.

Tabell 25 anger bl.a. skärmtjocklek i fot för några material för att åstadkomma en reduktion i neutronflödet med faktorn 10^8 exempelvis från 10^{11} Mev/cm² per sekund till 1 000 Mev/cm² per sekund, som innebär ett tolererbart biologiskt värde = 4 mr/h.

Tabell 25. Skärmtjocklek (Rockwell & Consortes, 1956, s. 178).

Skärmmaterial	Densitet	Tjocklek (fot) för intensitetsreduktion 10^8
Vatten	1,0	21
Standard betong	2,3	9,1
Barytbetong	3,5	6,0
Järn-aggregatbetong	5,6	3,8

3.9 Kärnreakortyper

Kärnreaktorerna kan indelas två huvudtyper beroende på energin hos de neutroner som orsakar fission. Ifall majoriteten av dessa neutroner är snabba med en energi per partikel inom området 1–2 Mev kallas även reaktorn snabb. När majoriteten däremot är långsamma med energivärdet cirka 0,025 ev talar vi om en termisk reaktor. Ett typiskt referensvärde för neutronhastigheten är då 2 200 m/s.

Kärnreaktorerna har givetvis även olika användningsområden. De kan t.ex. vara forskningsreaktorer, t.ex. exponentialmilor eller kritiska reaktorer (ke mindre eller större än 1), materialprovningsreaktorer, bridreaktorer (för plutoniumproduktion) eller rena kraftreaktorer.

Ett annat sätt att klassificera reaktorerna är att ange anrikningsgraden hos bränslet. Detta kan vara natururan med den i naturen förekommande halten cirka 0,715 procent U-235 och resten U-238, eller det kan vara anrikat uran med en högre halt U-235. Ovanligare är att man bränner plutonium.

Moderatorn som termaliserar neutronerna, dvs. får deras energi att minska till det termiska värdet via elastiska kollisioner mellan neutroner och moderatorkärnor, kan bestå av olika lätta element såsom de i tabell 21 nämnda väte (i vanligt vatten), deuterium (i tungt vatten), beryllium eller kol (grafit).

Reaktorn måste kylas och den i härden alstrade värmen föras bort med hjälp av en kylmedelström.

Exempel på kylmedel är vanligt vatten, tungt vatten, gas (koldioxid eller helium) eller t.o.m. smält metall (vanligen en Na/K-blandning).

Ifall kylmedlet är vatten eller tungt vatten fås ytterligare en klassificeringsgrund: Förhållandet tryck till temperatur regleras t.ex. på så sätt att vattnet bringas att koka i reaktorkärlet varefter ångan via en ångseparator ledes till turbingeneratoren. Om trycket är tillräckligt högt förhindras kokning och kylvattnet pumpas till en separat ånggenerator, från vilken ångan leds till en turbogenerator. I det första fallet är det fråga om en kokareaktor, i det andra fallet har vi att göra med en tryckvattenreaktor.

Kylmedlet måste normalt hållas under högt tryck. Detta innebär att bränsle och kylmedel är inneslutna i en reaktortank av stål (eller betong) eller alternativt i trycktuber. Reaktorhärddelen av dessa tuber måste för att hålla ke-värdet tillräckligt högt tillverkas av en zirkoniumlegering, vanligen zircaloy-2, som nominellt håller 1,45 % Sn, 0,125 % Fe, 0,100 % Cr, 0,050 % Ni (Cox, 1961, s. 166).

Även olika kombinationer av de ovan nämnda variationerna kan förekomma. Ett exempel är den i Kanada utvecklade CANDU-typen som utnyttjar natururan som bränsle medan tungt vatten är såväl kylmedel som moderator. Kylvattnet står under högt tryck i trycktuberna medan moderatorvattnet i den s.k. kalandriatanken ej är trycksatt.

Ett annat exempel är SGHWR, the Steam Generating Heavy Water Reactor, som utvecklades i Storbritannien. SGHWR hade trycktuber med vanligt vatten som kylmedel som tilläts koka i trycktuberna, varefter ångan leddes till en ånggenerator. Moderatorn var tungt vatten vid låg temperatur i en kalandria av aluminium. Bränslet var svagt anrikat uran med en anrikningsgrad på 1,2–2 procent.

Majoriteten av kraftverksreaktorerna är numera kokare eller tryckvattenreaktorer med vanligt vatten såväl som kylmedel som moderator och svagt anrikat uran som bränsle (c. 2–4 % U-235) (Landis, 1957, s. 734–735).

3.10. Reglering av kärnreaktorer

Filosofin bakom planeringen av reglersystem för kärnkraftverk skiljer sig markant från planeringen av motsvarande system för konventionella kraftverk. Detta beror givetvis på att följderna av en olycka kan bli ödesdigra. Därför utgår planerarna av reaktorreglersystem liksom sina kolleger inom flygplansindustrin alltid från fail-safeprincipen. Det är dock skäl att poängtera att en normal kärnkraftreaktor, beroende på fysikens lagar, aldrig kan explodera som en atombomb. Ytterligare kan vi konstatera att alla kraftreaktorer har en inneboende egenskap som i avgörande grad minskar olycksfallsrisken. De har – med undantag av den ryska RBMK-typen och den kanadensiska CANDU-reaktorn – en negativ temperaturkoefficient (Schultz, 1955, s. 1–100).

3.10.1 Kärnreaktors negativa temperaturkoefficient

Såsom ovan konstaterades, ökar effekten i en reaktor exponentiellt när den effektiva multiplikationsfaktorn k_e överstiger 1. Om reaktorn har en negativ temperaturkoefficient är den inte bara lättare att kontrollera, utan även mycket säkrare. När temperaturen i reaktorn stiger, ökar volymen hos alla dess delar, vilket automatiskt medför att reaktiviteten och därmed även effekten tenderar att sjunka. Detta fenomen är speciellt utpräglat hos lättvattenkylda reaktorer

såsom kokarreaktorn och tryckvattenreaktorn, som båda konstrueras med stora negativa temperaturkonstanter.

RBMK är ett specialfall, därför att dess temperaturkoefficient däremot är starkt positiv, vilket innebär att effekten ökar snabbt när ke överstiger 1 och en explosion inträffar, om reglersystemet inte lyckas hindra detta.

Vi skall emellertid inte skylla på de ryska reglersystemkonstruktörerna när vi söker orsaken till katastrofen i Tjernobyl. Faktum är att testpersonalen, som utförde prov vid en av reaktorerna, kopplade bort reaktorkontrollsystemet och likaså strömtilförseln till huvudcirkulationspumparna. Man ville testa om pumparnas kinetiska energi räckte tills nöddieslarna startade. De startade inte och resultatet är bekant. Förutom av den negativa temperaturkoefficienten underlättas reaktorkontrollen även av existensen av de fördröjda neutronerna.

3.10.2 Fördröjda neutroner vid fission

Såsom i avsnitt 5.1 noterades, producerar en fission av $U-235$ i medeltal cirka 2,5 neutroner per kluven uranatom. Dessa neutroner frigörs emellertid inte riktigt alla omgående. En liten del, cirka 0,75 procent, försenar sig lyckligtvis något. Betydelsen för reaktorkontrollen som de fördröjda neutronerna har framgår bäst av ett tänkt exempel.

Vi utgår från en stor grafitmodererad reaktor som är kritisk, dvs. $ke = 1$, och ökar reaktiviteten dk med 0,003 (dk definieras som $(ke-1)/ke$). Om inga neutroner vore fördröjda skulle effekten efter 3 sekunder ha stigit med det 8000-faldiga.

Som en följd av de fördröjda neutronernas inverkan på reaktionshastigheten stiger effektnivån dock efter tre sekunder bara med faktorn 2,1. Moderna reglersystem har ingen svårighet att bemästra ett dylikt fall (Schultz, 1955, s. 19). En tumregel säger att kontrollsystemen behöver cirka 1 sekunds reaktionstid (Bonilla, 1957, s. 500).

3.10.3 Reaktorkontrollutrustning

Ovan nämndes att fissionen kan avbrytas med hjälp av kontrollstavarna. Kontrollstavarna innehåller material med högt verkningsvärnsnitt för absorption av termiska neutroner, t.ex. kadmium eller bor, det senare i form av borstål. De intressanta värdena är $\xi_a = 2\,550$ för kadmium och $= 755$ för bor (Havens, Jr., 1957, s. 86).

Stavarna kan föras in i eller ut ur reaktorhärden, antingen en stav åt gången eller i lämpliga grupper med hjälp av drivmekanismer av olika slag.

De gör det möjligt att ändra reaktorns effektiva multiplikationsfaktor, ke , och därmed effekten. De olika grupperna av reglerstavar kan bringas att röra sig snabbare eller långsammare beroende på reglerbehovet. Reglerstavarnas

rörelser kan åstadkommas på mekanisk eller elektrisk väg, men för specialbehov, t.ex. för snabbstopp av reaktorn, kan ett system med tyngdkraft- och fjäderdrivna kontrollstavar i kombination med en elektromagnet förekomma (Schultz, 1955, s. 20, 98–99). Elmotorstarttiderna är av storleksordningen 0,1 sekund (Hoopes, Jr., 1957, s. 615).

3.10.4 Joniseringskammare och räknare

De huvudsakliga delarna i en joniseringskammare är två elektroder som hålls vid olika potential och en gas, t.ex. argon eller helium som fyller mellanrummet mellan elektroderna. Allt detta är placerat i en gastät kopparbehållare. När gammastrålning från en reaktor eller någon annan källa påverkar joniseringskammaren genereras sekundära elektroner som ger en reaktion i ett mätinstrument (Rossi & Staub, 1949, s. 20). Ett typiskt räkneinstrument av Geiger-Müllertyp är Elektrims BAT-25/3. Tabell 26 ger huvudsakliga data för denna räknare (Zakucki & Mikolajczak, 1962, s. 143–144).

Tabell 26. Tekniska data för Elektrims räknare BAT-25/3.

Fyllgas	Argon + organisk agent
Aktiv fönsterarea	5 cm ²
Diameter	27 mm
Katodtyp	brons
Anoddiameter	0,1 mm
Driftspänning	100 V
Dödtid	250 mikrosekunder
Temperaturområde	Mellan –20 och +60 grader C
Vikt	100 gram

Denna instrumenttyp kan upptäcka låga aktiviteter, men den är olämplig för aktivitetsvärden över 10⁶ cpm (Bleuler, 1956, s. 9–11).

3.11. Kärnbränsle

De reaktortyper som var intressanta för Finland använde antingen natururan (CANDU) eller svagt anrikat uran (BWR, PWR eller SGHWR) som bränsle. Bränsletillverkningen är i vardera fallet delvis analog, men den skiljer sig dock avsevärt såväl tekniskt som kostnadsmässigt som en följd av de speciella faser som ingår i anrikningen.

3.11.1 Natururanbränsle

Utvinning av uran från berget startar som en normal gruvindustriprocess, varefter krossning av malmen och pulverisering följer. Uranet extraheras sedan via urlakning, vanligen med svavelsyra, utfällning, filtrering och torkning. Det kan nämnas att Imatran Voima Oy utförde verksamhet av denna typ i Askola liksom Atomienergia Oy fram till 1963 i Eno. U_3O_8 , s.k. ”Yellow Cake”, var härvid slutprodukten (Laurila 1967, s. 185–189).

Uran i metallform fås från urankoncentrat via urannitrat, uranoxid och uranfluorid som reduceras t.ex. med magnesium (Marvin & Greenleaf, 1956, s. 3–17) samt (Lister & Gilles, 1956, s. 19–35).

Metalliskt uran kan sedan överföras exempelvis i stav- eller pelletform och kapslas i en bränslefabrik. Kapslingen (canning) innebär att uranstavarna innesluts hermetiskt i aluminiumrör (bränsle exempelvis för exponentialmilor i stil med den vi tillverkade i Varkaus 1958) eller i zircaloy (bränsle för forsknings- eller kraftreaktorer).

3.11.2 Bränsle med anrikat uran

Tillverkningen av bränsle innehållande anrikat uran kan i princip även utgå från natururan som på kemisk väg överförs till uranhexafluorid, UF_6 , varefter anrikning sker. Ett annat möjligt råmaterial är använda bränsleelement, vars halt U-235 visserligen sjunkit i en reaktor men som dock innehåller så mycket av denna isotop att återvinning kan vara lönsam. Beroende på den av fissionsprodukterna förorsakade höga aktiviteten, 1 till 10 curie/g, blir redan processen från använda bränsleelement till UF_6 -gas dock mycket dyr. Sedan följer anrikning i en stor, flerstegs-diffusionsanläggning (eller i ett centrifugsystem), vilket medför ännu större kostnader (Benedict & Pigford, 1957, s. 12–16, 484–497). Den anrikade uranhexafluoriden överförs på kemisk väg till UO_2 -pulver, som pressas till tabletter, pellets, sintras och innesluts i rör (canning).

En annan bränsleform kräver pressning till tunna lameller, som beläggs med en ytterst tunn beläggning (cladding) t.ex. av zircaloy-2, varefter lamellerna hopfogas till bränsleelement.

Som ett kuriosum kan nämnas att jag för att få ta med mig från USA ett miniproov på en dylik lamell med måtten 25 mm x 85 mm och tjockleken 1 mm, hållande 13 procent uran och 87 procent aluminium försedd med aluminiumcladding (tillverkad av oss studerande) 1957 utrustades med en högst officiell exportlicens utfärdad av the US Atomic Energy Commission, gällande för max. 1 lb uran (USAEC, 1957).

Figur 72 åskådliggör en process som utgående från svagt anrikad uranhexafluorid i flera steg leder till urandioxid. Schemat tillåter hoppeligen läsaren att skapa sig en mental bild av av bränsleelementtillverkningen (Norman, 1983, s. 12).

Processen kan såsom figuren antyder genomföras i två separata steg, det första (i en fabrik) ledande till uranoxidpulver och det andra (ofta i en annan fabrik) resulterande i kompletta bränsleelement. Alternativt är hela produktionen integrerad och tillverkningen sker i en och samma fabrik.

Förångning och hydrolys ger UO_2F_2 → Utfällning ger ammoniumdiuranat
→ Filtrering → Torkning och pulverisering → Kalcinering → Reduktion
→ Stabilisering → UO_2 → UO_2 → Förpressning → Pulverisering och
blandning → Pressning → Sintring → Slipning → Granskning → Pel-
lets till kapsling och bränsleelementtillverkning

Figur 72. Schema för tillverkning av bränsleelement utgående från uranhexafluorid. (Daniel Jåfs).

Bilaga 4. Olavi Vapaavuoris memorandum 08.07.1968

Luottamuksellinen

Muistio neuvostoliittolaiseen laitokseen liittyvistä turvallisuuskysymyksistä

Tämän muistion tarkoituksena on pyrkiä selvittämään eräitä niistä vaikeuksista, joita meillä tulee turvallisuuskysymyksiin liittyvien asioiden hoidossa olemaan, mikäli atomivoimalaitos tullaan tilaamaan Neuvostoliitosta. On erittäin tärkeätä, että allaesitettyihin näkökohtiin kiinnitetään riittävästi huomiota ja että turvallisuuskysymysten hoito Suomessa saadaan alusta pitäen oikealle nykyisin voimassa olevien määräysten ja käytännön sanelemalle perustalle luoduksi.

1. Turvallisuuteen liittyvien kysymysten käsittelyssä ei voida lähteä siitä, että ainoastaan viranomaisten tehtävänä on selvittää, onko suunniteltu ja rakennettu laitos ympäristölleen turvallinen. Oikean turvallisuusajattelun lähtökohtana tulee olla laitoksen ja sen eri osien suunnittelija, rakentaja ja käyttäjä. Viranomaisen tärkeimpänä tehtävänä on valvoa, että tällainen turvallisuuteen suuntautuva henki on todella kaikissa kysymykseen tulevissa piireissä olemassa.

Viranomaisten tulee vakuuttautua siitä, että luvan hakijalle ja valmistajalle kuuluvat tehtävät kuten turvallisuusanalysoinnin suorittaminen erilaisine siihen liittyvine ongelmineen, laadun tarkkailu kaikkine siihen liittyvine kysymyksineen (käytössä olevat testausmenetelmät ja laatuvaatimukset, reaktorirakennusten tiiveyskokeet, laitoksen koekäytön suorittaminen jne.), laitoksen turvallisuuslaitteiden suunnittelu sekä käyttöhenkilökunnan koulutus ja laitoksen käyttöohjeiden laatiminen tulevat riittävän huolella suoritetuiksi hyväksytyjä periaatteita ja menetelmiä noudattaen.

On erittäin tärkeätä, että alusta pitäen saadaan viranomaisten, tilaajan ja toimitajan välille syntymään sellainen yhteistyöhenki ja luottamus, joka tekee mahdolliseksi laitoksen suunnittelun, rakentamisen ja käyttöönoton ilman rakennus- ja turvallisuuslupakäsittelyssä tapahtuvia turhia viivästyksiä. Valitettavasti on todettava, ettei edellä mainittuja edellytyksiä ole tällä hetkellä olemassa neuvostoliittolaiseen laitokseen nähden.

2. Parhailtaan Imatran Voima Oy:ssä neuvostoliittolaisten kanssa käydyt keskustelut ovat selvästi ja yksiselitteisesti osoittaneet, että turvallisuusajattelu ja turvallisuuskysymysten valvontaan liittyvät toimenpiteet eroavat Neuvostoliitossa täysin siitä käytännöstä, johon me täällä Suomessa olemme tottuneet.

3. Länsimainen käytäntö perustuu varsin yksityiskohtaisiin turvallisuusanalyysiin ja suoritettuihin, varsin mittaviin kokeisiin. Nämä tutkimukset ja niiden perusteella saadut tulokset esitetään yksityiskohtaisissa turvallisuusraporteissa

viranomaisille. On merkille pantavaa, ettei neuvostoliittolainen käytäntö tunne lainkaan tämän kaltaisen raportin olemassa oloa saattikka sitten sen sisältöä. Tämä kävi ilmi selvästi myös nyt käydyissä keskusteluissa. Mainittakoon jälleen kerran, että neuvostoliittolaisten taholta on pyydetty Imatran Voima Oy:ltä selvitystä tällaisen raportin yksityiskohtaisesta sisällöstä.

4. Viranomaisten hallussa olevat yksityiskohtaiset tiedot kussakin maassa suori-teuista analyyseistä ja kokeista poikkeavat toisistaan varsin paljon. Turvallisuus-analyysiä koskevaa informaatiota on saatu sekä englantilaisten että ruotsalaisten taholta varsin suuret määrät. Tiedot Neuvostoliitosta sen sijaan ovat tässä suhteessa täysin olemattomat. Tämä seikka pyrittiin lukuisin esimerkein tekemään käydyissä neuvotteluissa täysin selväksi neuvostoliittolaisille. Käytyjen keskustelujen perusteella voi tehdä vain yhden johtopäätöksen. Turvallisuusanalyysijä varten tarvittavan riittävän yksityiskohtaisen informaation saanti Neuvostoliitosta tulee olemaan äärimmäisen vaikeata johtuen heidän varsin joustamattomasta systeemistään tässä suhteessa ellei heidän näkemystään näissä kysymyksissä pystytä melko täydellisesti nykyisestä muuttamaan. Käytyjen keskustelujen jälkeen ei käsittääkseni tästä voida olla pienimmästäkään määrin eri mieltä.

5. Normaalkäytön turvallisuuteen on kaikissa tarjouksissa kiinnitetty riittävästi huomiota. Tässä suhteessa myös neuvostoliittolainen laitos hyvin täyttää sekä ICRP:n että IAEA:n asettamat vaatimukset. Tämä ei kuitenkaan anna vielä riittä-vää perustaa ympäristössä asuvien henkilöiden saaman säteilyannoksen riittävälle arvioimiselle. Siihen tarvitaan todella vakavien onnettomuustapausten analysointi, niitä ehkäisevien turvallisuuslaitteiden suunnittelu sekä laitoksen eri osien ja turvallisuuslaitteiden epänormaalia toimintaa koskevien laskelmien suorittaminen. Sekä Asea että UKAEA ovat luvanneet tällaisen analyysin suorittaa. Sen sijaan Neuvostoliitto on tämän kaltaiseen ajatukseen suhtautunut varsin penseästi. Tämä kävi myös käydyissä neuvotteluissa jälleen kerran selvästi ilmi. Neuvostoliittolaiset pyrkivät siihen, että viranomaiset määrittelisivät mahdollisimman pitkälle, mitä tulisi tehdä eikä suomalaisten viranomaisten näkemykseen, jonka mukaan ainoastaan systeemin täydellinen analysointi voi tuoda esille suunnittelussa ne yksityiskohdat, joihin turvallisuusmielessä on kiinnitettävä huomiota. Todetakoon jälleen kerran myös tässä yhteydessä se tosiasia, ettei viranomaisesta saa tulla suunnittelijaa, vaan valvoja, jonka tehtävänä on pitää silmällä, että turvallisuuteen pohjautuva henki todella on olemassa kaikissa kysymykseen tulevissa piireissä.

6. Reaktorisydämessä olevat radioaktiiviset aineet ja suuri energiamäärä asettavat laitoksen eri osien suunnittelulle ja rakentamiselle poikkeuksellisen suuret vaatimukset, jotta ympäristössä asuvan väestön turvallisuus ja laitoksen käyttövarmuus voitaisiin taata. Tämä edellyttää sitä, että laadun tarkkailu kaikissa eri muodois-

saan voidaan riittävällä huolella suorittaa. Näin ollen esimerkiksi viranomaisilla tulee olla mahdollisuus yhdessä tilaajan kanssa tarkastaa valmistusta myös tehtaalla. Koska viranomaisilla ei aina voi olla kaikkea mahdollista asiantuntemusta omassa piirissään, on myös ulkopuolisen neuvonantajan käytön oltava mahdollista tarkastustoiminnassa. Asean ja UKAEA:n taholta on annettu ymmärtää, että yllä maintun kaltainen tarkastustoiminta on heidän tahollaan mahdollista. Neuvostoliiton taholta sen sijaan on tämän kaltaiseen tarkastustoimintaan suhtauduttu ja suhtaudutaan käytyjen keskustelujen perusteella edelleen jokseenkin kielteisesti. Eräänä kuvaavana piirteenä maittemme välillä esiintyvistä varsin suurista eroista laadun tarkkailun suhteen mainittakoon tässä yhteydessä neuvostoliittolaisten taholta tehty huomautus, ettei normeja lainkaan tarvittaisi tapauksessa, jossa suomalainen viranomaislainen olisi läsnä tehtaissa suoritettavissa kokeissa.

7. Todettakoon edelleen informaation saannin vaikeudesta se tosiasia, ettei käytyjen keskustelujen aikana saatu yhtenkään kevään kuluessa käytyjen keskustelujen aikana esitettyyn kysymykseen tai informaatiopyyntöön mitään selvää vastausta, siitä huolimatta, että asianomainen vastaus oli luvattu toimittaa Imatran Voima Oy:lle jo aikoja sitten.

8. Koska parhaillaan käytävät keskustelut neuvostoliittolaisen laitoksen toimitamisesta maahamme eivät ole pienimmässäkään määrin antaneet uskoa siihen, että

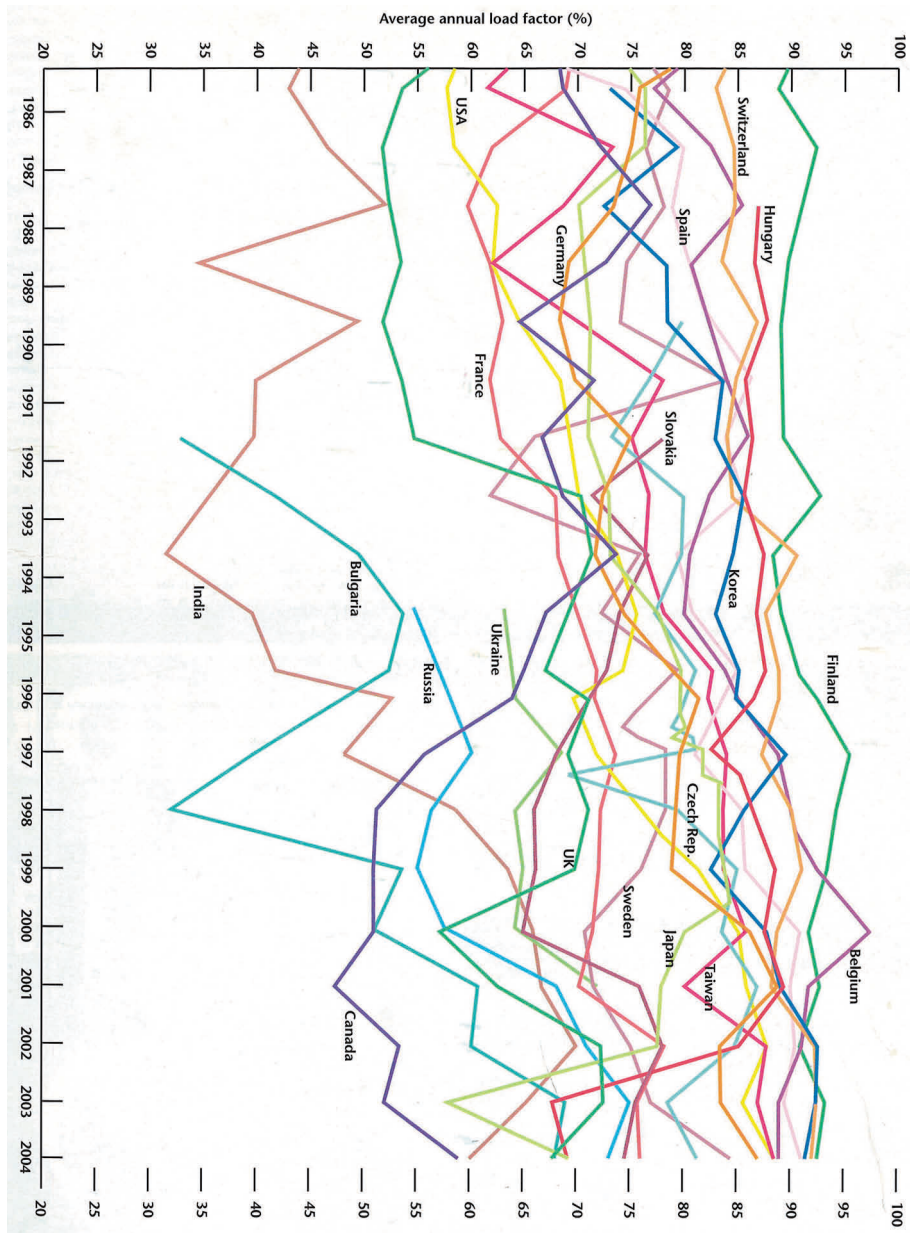
- yksityiskohtaisen turvallisuusanalyysin suorittamista varten tarvittava materiaali olisi Neuvostoliitosta saatavissa Imatran Voima Oy:n ja suomalaisten viranomaisten käyttöön puhumattakaan siitä, että me voisimme odottaa saavamme vastaanottaa yksityiskohtaisesti valmistellun turvallisuusraportin asianomaisesta maasta,
- laadun tarkkailua päästäisiin tarpeellisessa määrässä myös tehtailla seuraamaan ja valvomaan,
- ulkopuolisten asiantuntijoiden, myös ulkomaisten, käyttö tulisi olemaan mahdollista,

ei allekirjoittanut viranomaisena valitettavasti voi nähdä mahdolliseksi rakennusluvan myöntämistä neuvostoliittolaiselle laitokselle sellaisen järjestelmän puitteissa kuin miksi kanssakäyminen neuvostoliittolaisen suunnittelijan ja valmistajan sekä suomalaisen tilaajan, valmistajan ja viranomaisen välillä tähän mennessä käytyjen keskustelujen pohjalta muodostuisi.

Helsingissä, heinäkuun 8. päivänä 1968

Olavi Vapaavuori

Bilaga 5. Medelvärdet av de procentuella lastfaktorerna för kärnkraftverken i några länder (exklusive länder med färre än fyra enheter i drift) för åren 1986–2004



Figur 73. Lastfaktorer. (Nuclear Engineering International, January 2005).

Bilaga 6. Finnatom/Rauma-Repolas offert på ångseparatorer och rörledningar

CONFIDENTIAL

V/O "ATOMENERGOEXPORT"
Ovchinnikovskaya
Naberezhnaya 18/1,
MOSCOW J-324,
USSR

47B
FINNATOM

OSOITE	OY FINNATOM AB KASARMIKATU 44 SF-00130 HELSINKI 13 FINLAND	ADDRESS
PUHELIN	13 434	PHONE
SÄHKKEET	FINNATOM	CABLE
TELEX	12 3137 ATOMI-SF	TELEX
PANKIT	SYP-HKI-KESKUSKATU KOP-HKI-ALEKSANTERINKATU	BANKS
POSTISIIRTO	UBF-HKI-KESKUSKATU KOP-HKI-ALEKSANTERINKATU 57 465-9	POSTAL ACCOUNT

KASITTELIJÄ/HANDLED BY
PVM/DATE

Sept. 15, 1976

QUOTATION NO. 2107/MTO 1824

EQUIPMENT FOR FOUR 1000 MW CHANNEL BOILING
NUCLEAR POWER STATION BLOCKS

Making reference to discussion in Helsinki on June 17, and in Moscow on July 14 - 15, 1976 as well as to our preliminary telex quotation No. 2107/MTO 1824 (telex No. 4555) of Sept. 1st, 1976, we have the pleasure in offering you preliminarily and without obligations as follows:

1. SUBJECT

Item No.	Units per NPS block	Equipment
1A	4	Drum Steam Separators, OD. 2800, length 30480, wall 70 + 6, principally made of steel plate . <u>ASME A 533</u> or equivalent, <u>internally clad</u> with stainless steel weld deposit, weight per unit incl. internals and supporting rolls abt. <u>184 000 kgs</u> , in detail according to the Enclosure No. 1, manufactured by the Mäntyluoto Works of Rauma-Repola Oy.
2.1A	2	Suction Side Manifolds, OD 1000, length 21200, wall 60 + 6, principally made of steel plate

OSAKASYHTIÖT:
MEMBER COMPANIES:

A. AHLSTRÖM OSAKEYHTIÖ
OY NOKIA AB

RAUMA-REPOLA OY
OY W. ROSENLEW AB

OY STROMBERG AB
OY TAMPELLA AB

VALMET OY
OY WARTSILA AB

or seamless pipe 19Mn5 DIN 17155 or equivalent, internally clad with stainless steel weld deposit, weight per unit incl. supports abt. 37 500 kgs, in detail according to the Enclosure No. 3, manufactured by the Mäntyluoto Works of Rauma-Repola Oy.

2.2A 2 Pressure Side Manifolds, OD 1000, length 20450 wall 60 + 6, principally made of steel plate or seamless pipe 19Mn5 DIN 17155 or equivalent, internally clad with stainless steel weld deposit, weight per unit incl. supports abt. 35 500 kgs, in detail according to the Enclosure No. 3, manufactured by the Mäntyluoto Works of Rauma-Repola Oy.

2.3A 2 sets Piping between Suction Side Manifold, item 2.1, and Coolant Pump (not included) and between Coolant Pump and Pressure Side Manifold, item 2.2, supports included, all valves and their supports excluded, ID 750, wall 43, principally made of cast stainless steel ASME II SA 351 CF 8A or equivalent, weight per set incl. supports abt. 170 000 kgs, in detail according to the Enclosure No. 3, straight pipes manufactured by the Hirakata Steel Castings Plant of Kubota Ltd, Elbows and Tees by the Lokomo Works of Rauma-Repola Oy and/or by the Hirakata Steel Castings Plant of Kubota Ltd, and welding by the Mäntyluoto Works of Rauma-Repola Oy.

Alternatively:

Item No.	Units per NPS block	
1B	4	Drum Steam Separators, OD 2800, length 30480, wall <u>70 + 6</u> , principally made of <u>compound</u>

- 3 -

FINNATOM

plate ASME A533/stainless steel or equivalent, weight incl. internals and supporting rolls abt. 184 000 kgs, in detail according to the Enclosure No. 2, manufactured by the Mäntyluoto Works of Rauma-Repola Oy.

- 2.1B 2 Suction Side Manifolds, OD 1000, length 21200, wall 60 + 6, principally made of compound plate 19Mn5 DIN 17155/stainless steel, or equivalent, weight incl. supports abt. 37 500 kgs, in detail according to the Enclosure No. 4, manufactured by the Mäntyluoto Works of Rauma-Repola Oy.
- 2.2B 2 Pressure Side Manifolds, OD 1000, length 20450, wall 60 + 6, principally made of compound plate 19Mn5 DIN 17155/stainless steel, or equivalent, weight incl. supports abt. 35 500 kgs, in detail according to the Enclosure No. 4, manufactured by the Mäntyluoto Works of Rauma-Repola Oy.
- 2.3B 2 sets Piping between Suction Side Manifold, item 2.1, and Coolant Pump (not included) and between Coolant Pump and Pressure Side Manifold, item 2.2, supports included, all valves and their supports excluded, piping ID 750, wall 27 + 6, principally made of compound plate 19Mn5 DIN 17155/stainless steel or equivalent, weight per set incl. supports abt. 140 000 kgs, in detail according to the Enclosure No. 4, manufactured by the Mäntyluoto Works of Rauma-Repola Oy.

2. TIME OF DELIVERY

Delivery ex works of the equipment given under paragraph 1 for the first NPS block will be 32 months after formal award of

contract incl. all necessary technical and commercial details. The deliveries for the second, third and fourth blocks will be periodically with 9 months interval between NPS block deliveries, assuming the order for all four packages of equipment is placed at the same moment.

3. PRICES EX WORKS

Our price estimate for items referred in paragraph 1, based on our present knowledge of the technical requirements, to be confirmed or corrected during future detailed discussions with your specialists, is as follows:

Equipment for 1000 MW channel boiling nuclear power station

For a package consisting of items 1A, 2.1A, 2.2A and 2.3A in paragraph 1 (Alternative A), the basic price for delivery ex works is altogether

Rbls 12.800.000,-/one nuclear power station block. *64.000.000 Smk*

Alternatively,

for a package consisting of items 1B, 2.1B, 2.2B and 2.3B in paragraph 1 (Alternative B), the basic price for delivery ex works is altogether

Rbls 12.175.000,-/one nuclear power station block.

Alternatively,

for a package consisting of items 1A, 2.1B, 2.2B and 2.3B in paragraph 1 (Alternative A/B), the basic price for delivery ex works is altogether

Rbls 11.762.000,-/one nuclear power station block. *60.825.000 Smk*

We have assumed that the possible order comprises a series of equipment for four identical NPS blocks.

The price for the equipment for the first NPS block is fixed and the prices for the equipment for the second, third and fourth NPS blocks are fixed until December 1978 and thereafter subject to price revision as follows:

The initial price is the price for equipment for the first NPS block. Should any change occur in the cost of relevant materials and/or wages during the period beginning December 1978 and ending at the agreed delivery date ex works of the equipment for the NPS block in question, the initial price shall be subject to revision on the basis of the following formula:

$$P_d = P_o \times \left(0,3 \frac{M_d}{M_o} + 0,7 \frac{L_d}{L_o} \right)$$

where

P_d = final price for invoicing

P_o = initial price for delivery as given above

M_d = average materials index ~~A~~ ^{G-180} called "Production Price Index, Group 34-38": "Manufacture of metal and metal products" for the quarter of the year corresponding to the agreed date of delivery ex works, as published by the Finnish Bulletin of Statistics for metal products (column G 146 in July 1976 issue).

M_o = index as above valid for December 1978.

L_d = average earnings ~~index B~~ ⁸⁷ called "Average Earnings of Workers", "Metal Industry ~~(male)~~", Fmk/hour" of the Finnish metal industry, male workers for the quarter of the year corresponding to the agreed date of delivery ex works, as published by the Finnish Bulletin of Statistics (column G 188 ^{F22-126 4079} in July 1976 issue)

L_o = index as above valid for the 4th quarter of 1978.

The price revision will be remunerated 6 months after the agreed delivery date ex works separately for each NPS block.

4. TERMS OF PAYMENT

Our quotation is based on a presumed order placed simultaneously for equipment for the four identical NPS blocks. As payment schedule we propose the following dates given in months after the date of the order or in months after delivery ex works.

1st NPS block	2nd NPS block	3rd NPS block	4th NPS block
-	10 % when ordering	10 % when ordering	10 % when ordering
20 % when ordering	10 % 9 months after order	10 % 18 months after order	10 % 27 months after order
25 % 9 months after order	25 % 18 months after order	25 % 27 months after order	25 % 36 months after order
25 % 18 months after order	25 % 27 months after order	25 % 36 months after order	25 % 45 months after order
20 % 27 months after order	20 % 36 months after order	20 % 45 months after order	20 % 54 months after order
10 % on delivery ex works	10 % on delivery ex works	10 % on delivery ex works	10 % on delivery ex works

5. CONDITIONS OF DELIVERY

The ECE, General Conditions for the General Supply of the Plant and Machinery for Export, No. 574 Geneva, Enclosure No. 5, shall be applied.

- 7 -

FINNATOM

7. VALIDITY OF QUOTATION

This quotation is valid until Dec. 31, 1976.

We hope this quotation will be to your satisfaction and are on our side ready to start the negotiations on this matter as soon as suitable for you.

Yours faithfully,

OY FINNATOM AB

D. Jaf

Enclosures:

- Encl. No. 1 Drum Steam Separator
(Overlay clad alternative)
- Encl. No. 2 Drum Steam Separator
(Compound alternative)
- Encl. No. 3 Primary Piping
(Cast steel alternative)
- Encl. No. 4 Primary Piping
(Compound alternative)
- Encl. No. 5 General Conditions
- Encl. No. 6 Analysis of Spraying Pipe Connection
- Encl. No. 7 Content of Stress Analysis Report
- Encl. No. 8 Quality Control
- Encl. No. 9 Finish of Cladding Surface
- Encl. No. 10 Analysis of Stresses in Pipings
- Encl. No. 11 Manufacturing Procedure of Centrifugally
Cast Pipe
 - Non-Soviet material standards
 - Brochures, Lists of Reference

Bilaga 7. Memorandum betröffande samarbete mellan de kärntekniska organisationerna i Finland och Sovjetunionen

FINNATOM

OSOITE	OY FINNATOM AB KASARMIKATU 44 SF-00130 HELSINKI 13 FINLAND	ADDRESS
PUHELIN	13 434	PHONE
SÄHKEET	FINNATOM	CABLE
TELEX	12 3137 ATOMI-SF	TELEX
PANKIT	SYP-HKI-KESKUSKATU KOP-HKI-ALEKSANTERINKATU UBF-HKI-KESKUSKATU KOP-HKI-ALEKSANTERINKATU	BANKS
POSTISIIRTO	57 465-9	POSTAL ACCOUNT
KRSITTELIJÄ/HANDLED BY	Д. Ёфс	
PVM/DATE	22.01.1976	

Меморандум касающийся сотрудничества между изготовительными ядерными промышленностями Финляндии и Советского Союза

Ссылаясь на договор между правительством Финляндской Республики и правительством Союза Советских Социалистических Республик подписанный 16 октября 1974 г. по сотрудничеству в области энергетики, и особо на его артикул 4, мы хотим выразить следующее по указанному в заглавии вопросу:

Промышленность Финляндии имеет уже долгосрочную практику в поставке конвенциональных машин и оборудования, заводских установок и судов в Советский Союз. Соответственно промышленность Советского Союза известна в Финляндии как поставщик машин и крупных производственных линий. Кроме этого советская промышленность в данный момент, когда проект атомной электростанции в Ловизе осуществляется, поставляет в Финляндию даже самые ответственные специальные оборудования атомных электростанций.

OSAKASYHTIÖT:
MEMBER COMPANIES:

A. AHLSTRÖM OSAKEYHTIÖ
OY NOKIA AB

RAUMA-REPOLA OY
OY W. ROSENLEW AB

OY STROMBERG AB
OY TAMPELLA AB

VALMET OY
OY WARTSILA AB

FINNATOM

Крупнейшие предприятия Финляндской промышленности, А/О А.Альстрем, А/О Нокиа, А/О Раума-Репола, А/О Росенлев, А/О Стремберг, А/О Тампелла, А/О Валмет и А/О Вяртсиля, основали в 1969 г. общее акционерное общество А/О Финнатом, целью которого являются развитие и продажа в первую очередь атомнотехнических машин и оборудования акционеров. В сентябре 1970 г. В/О Технопромэкспорт подписал с А/О Финнатом контракт на поставку для станции Ловиза 1, который был позже пополнен дополнительными контрактами. Кроме этого Финнатом договорился непосредственно с А/О Иматран Войма о поставке значительных частей станции.

В 1974 г. был подписан примерно соответствующий контракт касающийся второго блока станции в Ловизе, на этот раз между В/О Атомэнергоэкспорт и А/О Финнатом. Приборы, которые будут поставлены в Ловизу перечислены в приложение № 1.

А/О Финнатом и промышленная группировка которая служит его базой начиная с 1966 г. поставляют ответственные компоненты для атомных электростанций на все АЭС Швеции и естественно поставляют их также и для второй финской АЭС которая строится в Олкилуото /приложение № 2/.

Отмечаем, что компоненты изготовленные Финнатомом работают уже на атомных электростанциях в Швеции и что в Ловизе они уже смонтированы, так что имеется опыт по проектировке, изготовлению, монтажу и эксплуатации. Новые компоненты и системы разработаны или находятся в процессе разработки. Следовательно наша техническая готовность охватывает сравнительно обширное поле деятельности /приложение № 3/. В данный момент в Финляндии имеются свободные производственные мощности и конструкторские ресурсы, выделение которых в будущем для этого назначения может быть окажется невозможным, в случае если они теперь останутся неиспользованными. На основании выше указанного предлагаем рассмотреть следующее:

FINNATOM

1. Советская сторона рассмотрит возможности закупать от нас компоненты для станций ВВЭР-440 МВт строящихся в Советском Союзе
2. Советская сторона рассмотрит возможности продавать в третьи страны комплектные станции ВВЭР со значительной частью финских поставок
3. Советская сторона будет рекомендовать странам СЭВ, которые основываются на советскую проектировку, покупать от нас компоненты для своих станций ВВЭР - 440 МВт
4. Советская сторона рассмотрит на каких условиях и согласно какому графику советские соответствующие организации и А/О Финнатом могли бы совместно достигнуть необходимую готовность на поставку реакторных станций: ВВЭР-550 МВт с двумя циркуляционными контурами /альтернативно ВВЭР-1000 МВт с четырьмя циркуляционными контурами/ в Финляндию и в третьи страны в тесном сотрудничестве этих организаций.

Мы знаем, что положительное решение этих вопросов требует детальных переговоров и в некоторых случаях даже координированную научно-исследовательскую работу. Со своей стороны мы готовы рассмотреть все целесообразные альтернативы имея целью достигнуть результат еще в течение 1976 г. Предлагаем начать переговоры между соответствующими организациями при первой возможности.

С уважением

А/О Финнатом

Я. Ихамутила
Председатель правления

Д. Ефс
Генеральный директор

Приложения 1-3

FINNATOM

ПРИЛОЖЕНИЕ № 1

Поставки А/О Финнатом для атомной электростанции в Ловизе

Узлы и вспомогательные системы первого контура

- Главные циркуляционные насосы
- Двигатели ГЦН
- Машины для перегрузки ТВЭЛов

Узлы и вспомогательные системы турбинной установки

- Теплообменники морской воды
- Очистные системы конденсата
- Насосы охлаждающей /морской/ воды
- Двигатели насосов охлаждающей /морской/ воды

Вспомогательные системы

- Стальные оболочки
- Системы ледяных конденсаторов
- Вентиляционные системы активных помещений

Другие узлы, как

- Главные подъемные устройства /полярные краны/
- Воздушные шлюзы стальной оболочки для транспорта персонала и материала
- Проходки стальной защитной оболочки

Контрольно-измерительные приборы и обработка данных

- Процессовые системы ЭВМ
- Оборудование в активной зоне
- Системы дозиметрического контроля

ПРИЛОЖЕНИЕ № 1

FINNATOM

Электрооборудование, как

- Все трансформаторы, включая 3 шт. МВА 415/15, 75 КВ
- Открытые распредустройства 6 КВ
- Устройства электроснабжения
- Электродвигатели

Bilaga 8. Finnatoms förslag till deltagande i Akkuyuprojektet

FINNATOM
14.12.78
DJ

Liite 2 hallituksen
kokouksen pöytäkirjaan
FPK. 781229

Proposed supply from Finnish Industry for the BWR-plant
Akkuyu in Turkey

1.0	Reactor internals	<u>MFIM</u>
-	Moderator tank	
-	Moderator tank cover	
-	Steam dryer assembly	
-	Steam separators	
-	Core grid	
-	Feedwater sparger	
-	Trial assembly	
2.0	Tubular Components	
-	Control rod housings	
-	Guide and piston tubes	
-	Neutron detector guide tubes	
-	Flow meter guide tubes	
-	Control rod guide tubes	
-	In core instrumentation housings	40
3.0	Fuel Service System	
-	Fuel handling machine	
-	Pool linings	
-	Fuel pool gates and frames	
-	Fuel channel replacement equipment	
-	Fuel service equipment and tools	20
4.0	Turbine equipment	
-	Lp Pre-heaters	
-	Condenser details	
-	Turbine housings LP	
-	Main cooling water pumps with motors	
-	Turbine hall crane	
-	Pressure vessels, tanks	
-	Feedwater tank	
-	Condensate pumps with motors	30
5.0	Electrical Equipment	
-	Main transformer	
-	Aux transformers	
-	Switchgears AC, DC 10 - 0.1 kv	
-	Electrical motors HV, LV	
-	Cables	
-	Inverters	
-	Dieselgeneratorsets	
-	Control Voltage feeder	
-	Instruments	80
6.0	Specific Components	
-	Pressure vessels	
-	Heat exchangers	
-	Pumps with motors	
-	Valves	
-	Reactor hall crane	
-	Personnel air locks	
-	Filter etc.	

		<u>MFIM</u>
	" PS-cupola liner	
	" Penetrations, pipe	20
7.0	<u>Systems</u>	
	" Ventilation systems for the whole plant 8741 - 749)	
	" Water demineralization system (732)	
	" Fresh demineralized water distr. system (733)	
	" Processed demineralized water distr. system (735)	
	" Compressed air system (751, 753)	
	" Compressed nitrogen system	
	" Cooling water screening plant	
	" Liquid waste system (part of)	
	" Solid waste system (part of)	
	" Recombiner system	60
8.0	<u>Various</u>	
	" Part of piping	
	" Cable trays and conduits	
	" Plant earthing	
	" Steel framework	50 - 100
		300 - 350
9.0	Freight, Finnish erection and commissioning	30 - 35
		330 - 385
10.0	<u>Escalation</u>	130 - 155
		460 - 540
11.0	<u>Turkish erection and supply</u>	20 - 30

Bilaga 9. Utredning beträffande ett nationellt planeringsprojekt för Lovisa 3

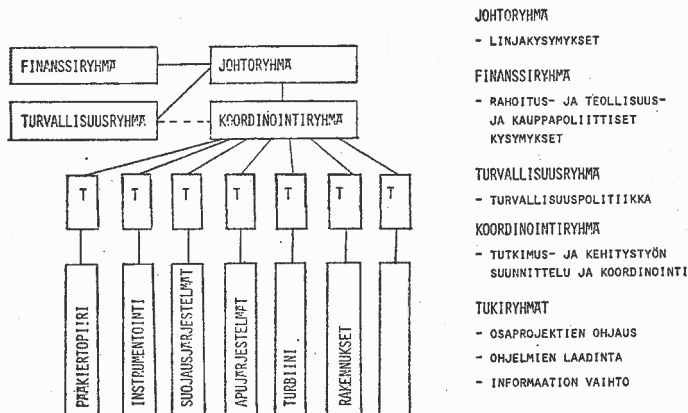
FPK 770322 Liite 2

KTT:n kokouksen 1977-03-08
pöytäkirjan mukainen selvitys
hallitukselle

KANSALLINEN SUUNNITTELUPROJEKTI SEURAAVAN SUUREN
YDINVOIMALAITOSHANKKEEN KOTIMAISEN SUUNNITTELU- JA
TOIMITUSOSUUDEN SEKÄ HANKETTA SIVUAVIEN VIENTI-
TOIMITUSTEN MAKSIMOIMISEKSI

1. MIKÄ PROJEKTI ON? MIHIN PYRITÄÄN?

Hankkeella tarkoitetaan organisaatioltaan kuvan 1 (tarkennettu edellisistä esityksistä) mukaista projektia, jonka päämääränä olisi yhdistää ja käyttää maassa olevat resurssit seuraavaan suureen ydinvoimalaitoshankkeeseemme liittyvään suunnittelu-, kehitys-, valmistus- ja toimitustehtäviin siten että kotimainen osuus tässä ja seuraavissa ydinvoimalaitoksissamme maksimoitaisiin taloudellisten näkökohtien sallimissa rajoissa ja hankkeisiin liittyvän yhteistyön kautta päästäisiin myös mahdollisimman laajoihin vientitoimituksiin sekä suunnittelun että laitetoimitusten osalta.



Kuva 1. "Kansallinen projekti" Lo 3:n kotimaisen suunnittelu-, kehitys- ja toimitusosuuden (sekä vientitoimitusten) maksimoimiseksi. Ryhmissä osittain hallitusjohtokuntatasolta koostuvasta johtoryhmästä varsinaisiin projektiryhmiin asti edustajia useista osapuolista (harkinnan mukaan (mahd.: FA, IVO, VTT, STL, KTM ym.)). Finanssiryhmä lisäksi mahd. metalliteoll.liitto yms.)

2. KEINOT SIIRTYMISEKSI NYKYTILASTA KOORDINOIDUMPAAN RESURSSIEN KÄYTTÖÖN

Lähdettäessä käytännössä luomaan "kansallista projektia" tulee luonnollisesti ottaa huomioon tutkimuskentän nykytilanne ja sen asettamat rajoitukset. Ensimmäisessä vaiheessa (esim. vuoden 1978 aikana) tulisi "kansallisen projektin" osaprojektit koota eri tahoilla jo vuodeksi 1978 suunnitelluista ja budjetoiduista hankkeista esimerkiksi kuvan 2 mukaisesti lisäten näihin näkymien mahdollisesti edellyttämää uutta toimintaa. Alkuvaiheessa olisi erikoisesti osaprojektin ja koordinoitiryhmän välissä olevan tukiryhmän informaationvälitysfunktiolla suuri merkitys. Myöhemmin osaprojektien yhtenäistyessä sisäisesti tukiryhmän tehtävät suurelta osaltaan tai kokonaisuudessaan siirtyisivät koordinoitiryhmälle.

<u>OSAPROJEKTI</u>	<u>TUKIRYHMÄ</u>
<p>1) <u>PÄÄKIIERTOPIIRI</u></p> <p>FA Prim. piirin raskaat komponentit (Rauma-Repola) Sisäosat (Tampella) Reaktorijärjestelmät (FA) (20%) Rakennearan. ja laadunvarn. (70%)</p> <p>VIT RMR (soveltuvin osin) YDL/rak. ans. (soveltuvin osin)</p> <p>IVO Käytettävissä olevat resurssit ja asiantuntemus liittyen LO 182:n antamiin kokemuksiin sekä muuhun selvitystoimintaan</p>	<p>Finnatom, Rauma-Repola, Tampella, IVO, VIT/RMR, STL, KTM</p>
<p>2) <u>INSTRUMENTOINTI</u></p> <p>FA Menellään oleva instrumentointiprojekti (Finnatom, Nokia, Strömberg, Valmet)</p> <p>IVO FA:n projektiin liittyvää toimintaa</p> <p>VIT SÄR/ (soveltuvin osin)</p>	<p>Finnatom, Nokia, Strömberg, Valmet, IVO, VIT/SÄR</p>
<p>3) <u>SUOJAUSJÄRJESTELMÄT</u></p> <p>FA Suojakuorijärj. projekti (Wärtsilä)</p> <p>VIT Reaktorionnettomuuksien lämpö- ja virtausmekanillinen analyysiprojekti (soveltuvin osin)</p> <p>FA- Rakennearanlyysiprojekti (15%)</p> <p>VIT IVO Käytettävissä olevat resurssit ja asiantuntemus liittyen LO 182:n antamiin kokemuksiin ja muuhun selvitystoimintaan</p>	<p>Finnatom, Wärtsilä, VIT/YDL, IVO, STL</p>
<p>4) <u>APUJÄRJESTELMÄT</u></p> <p>5) <u>POLTTOAINEEN KÄSITTELY JA POLTTOAINEHUOLTO</u></p> <p>6) <u>SÄHKÖN JA LÄMMÖN TUOTANTO</u> (turbiini, väliotto-turbiini, generaattori)</p> <p>7) <u>LAITOSJÄRJESTELMÄT</u> (laitosten kokonaiskäyttö, sähkö ja lämpö jakelu jne.)</p> <p>8) <u>RAKENNUKSET</u></p> <p>9) <u>YMPÄRISTÖHUOLTO</u></p>	<p>edellisten (1-3) kaltaisia yhteishankkeita</p>

Kuva 2. Esimerkkihahmotelma osaprojektien ja tukiryhmän koostumuksesta siirtymävaiheessa (v. 1978)

3. KYSYMYKSIÄ JA NÄKÖKOHTIA, JOIHIN TULEE OTTAA KANTAA
JA/TAI JOTKA TULEE OTTAA HUOMIOON JATKOSSA

- a) Mikä on teollisuuden kiinnostuksen aste projektin tavoitteisiin: Lo 3, 4, 5,... -toimitukset, vientitoimitukset - edellisiin liittyen, vientitoimitukset - edellisten tukemat, kotimaisten resurssien tehokas kokoaminen em. päämäärien saavuttamiseksi (vrt. paperikoneet, jäänsärkijät ym.)?
- b) Teollisuuden rahoitustuki atomimomentilta on saatujen epävirallisten tietojen mukaan suuressa "Vaarassa" pienentyä radikaalisti tai päättyä kokonaan v. 1978, mikäli ei esitetä koordinoitua ja selväpiirteistä kokonaisohjelmaa.

(On myönnettävä, että kokonaiskentän käänteiden (440-1000 MW, yms.) ja kaupallisten näkymien epämääräisyyden vuoksi on tutkimusprojektien ohjelmaa ja volyyymiä jouduttu muuttamaan usein erittäin suuressa määrin, mihin ministeriö on toistaiseksi suhtautunut hyvin suurella ymmärtämyksellä. Toisaalta jatkoa ajatellen tulee muistaa edelleen väljät ja spin-off-hyödyn mahdollistavat rahoitustuen käyttöehdot.

Ylijohtaja Vaaralle tulisi esittää 77-04-05 FA:n toimintaa käsittelevässä tilaisuudessa FA:n suunnitelmat ja suunniteltu aktiivinen rooli em. suuntaviivojen mukaisen hankkeen ja toiminnan käynnistämiseksi. Ennen kesälomia alustava kokonaissuunnitelma ministeriöön.

- c) Finnatomin muu aloitteellisuus hankkeen suhteen?

IVO:n kanssa on käyty ensimmäiset alustavat neuvottelut ja asiaa (IVO/FA) valmistelevaan toimikuntaan on nimetty FA:n toimiston edustajien lisäksi kaksi KTT:n edustajaa.

Neuvotteluja tulisi jatkaa KTM:n ja IVO:n reaktioiden pohjalta pyrkien toisaalta käynnistämään toimintaa teknisellä tasolla jo ilmeisesti käynnistyvän yhteisen instrumentointiprojektin lisäksi sekä kiinteyttämään organisaatiota ja toimintasuuntaviivoja hankkeen "yläpäälle".

- d) Hankkeen haittapuolet?

Projektisisällön ja toteutumisasteen julkisuuden lisääntyminen.

Bilaga 10. Den inhemska industrins leveransmöjligheter, resurser och intresse med tanke på Lovisa 3

1.1 KOTIMAISEN TEOLLISUUDEN TOIMITUSMAHDOLLISUUDET, RESURSSIT JA KIINNOSTUS LOVIISA 3 PROJEKTIA SILMÄLLÄ PITÄEN

Johdanto

Vuonna 1982 suoritettiin Suomen metalliteollisuuden resurssien ja kiinnostuksen kartoitustyö seuraavaa Suomeen rakennettavaa 1000 MW ydinvoimalaa sekä mahdollisia vientitoimituksia silmällä pitäen.

Resurssi- ja kiinnostustietojen saamiseksi teollisuusyrityksiltä sekä samalla tietojen tason ja laajuuden samaistamiseksi mahdollisimman pitkälle, laadittiin Finnatomin toimistossa omaa 18 sivuista englanninkielistä kyselykaavaketta. Kyselykaavaketta voidaan tarvittaessa käyttää sellaisenaan asioidessa ulkomaalaisten yhtiöiden kanssa.

Selvityksen pääpaino on valmistus- ja tarkastusmahdollisuuksien selville saamisessa kuten tuotanto-koneiden pääarvot, käytetyt tarkastusmenetelmät, laadunvarmistuksen taso yrityksessä, tuotantotilat, nostokapasiteetti jne. Lisäksi on koottu referenssilistat ydinvoimala- tai siihen verrattavalle toimitukselle.

Kartoitustyössä otettiin huomioon Imatran Voiman erikoisnäkökohdat.

Selvitys käsitti pääasiallisesti Suomen Metalliteollisuuden Keskusliiton Atomiteknillisen toimialaryhmän jäsenten resurssit ja kiinnostuksen.

Seuraavassa esitämme yhteenvedon tuloksista.

YHTEENVETO TULOXSISTA

Yhteenvedo "Kotimaisen teollisuuden toimitusmahdollisuudet, resurssit ja kiinnostus Loviisa 3 projektia silmällä pitäen" on jaettu seuraaviin lukuihin:

1. Yleistä
2. Tehäat
3. Laadunvarmistus
4. Referenssit
5. Lisätietoja

1. Yleistä

Selvityksen kohteena olleet yritykset ja tehtaat:

A Ahlström Osakeyhtiö	Pumpputehdas ja Teräsvalimo, Karhula Varkauden Tehtaat, Varkaus
Alnor Oy	Ydininstrumentit, Turku
Konepaja A Grönroos Oy	Turku
Oy Huber Ab	Teollisuusryhmä Helsinki
Oy Ja-Ro Ab	Pietarsaari
Oy Kalmeri Ab	Ydinryhmä, Jorvas
Kone Oy	Nosturiryhmä, Hyvinkää
Neles Oy	Helsinki
Oy Nokia Ab	Elektronikka, Helsinki
Onninen Oy	Welding, Hyvinkää Vesme, Kauhajoki
Rauma-Repola Oy	Konepajaryhmä, Pori
Oy W. Rosenlew Ab	Metalliteollisuus, Pori
Suomen Puhallintehdas Oy	Helsinki
Sähkölähteenmäki Oy	Paimio
Oy Tampella Ab	Turpiiniryhmä, Tampere
Tehdasputkitus Oy	Tampere
Valmet Oy	Instrumenttitehdas, Tampere Tampereen Tehdas, Tampere
Oy Wärtsilä Ab	Järvenpään Tehdas, Järvenpää Pietarsaaren Tehdas, Pietarsaari

Yritysten liikevaihto, koko henkilöstön määrä, tuotannon ja laadunvarmistuksen henkilöstö on esitetty seuraavassa taulukkomuodossa:

	Liikevaihto -81 , milj.	Kokonais	Henkilöstö Tuotanto	Laadunvarm.
AHLSTRÖM				
Pumpputehdas/Valimo	119	659	418	21
Varkaus	364	1030	148	30
ALNOR	9	89	37	2
GRÖNROOS	60	310	22	3
HUBER	96	490	100	40
JA-RO	148	665	496	24
KALMERI	4	20	16	1
KONE	240	1240	925	30
NELES	170	580	445	26
NOKIA	657	3000	1200	100
ONNINEN				
Welding	25	200	23	5
Vesme	45	125	8	2
RAUMA-REPOLA	812	6352	5200	120
ROSENLEW	77	285	37	12
SUOMEN PUHALINTEHDAS	130	390	220	
SÄHKÖLÄHTEENMÄKI	160	680	44	3
TAMPELLA	70	145	77	7
TEHDASPUTKITUS	n.50	420	340	15
VALMET				
Instrumentti	147	824	591	27
Tampere	487	1750	51	24
WÄRTSILÄ				
Järvenpää	154	750	510	2
Pietarsaari	33	120	96	6

Ydintekniikkatuotannon tunnuslukuina mainittakoon, että alle 10 %:lla tutkittujen yritysten kokonaishenkilöstöstä on kokemusta "atomityöstä" ja vastaavasti yksi neljäsosa laatuohjelmista (luokat 4 ja 5) sekä runsaat yksi kolmasosa laadunvarmistuksesta huolehtivasta henkilökunnasta on osallistunut ydinvoimalalaitteiden toimituksiin.

FINNATOM

4

2. Tehtaat

Tässä keskitytään raskaan ja keskiraskaan metalliteollisuuden tehtaisiin tarkasteltaessa lähinnä tehtaiden pinta-aloja, suurimpien nosturien nostokykyä ja -korkeutta sekä lämpökäsittelyuneja.

	Kokonais- pinta-ala	Nostokyky ja -korkeus		Suurimmat lämpö- käsittelyunit
	m ²	ton	m	pituus/leveys/korkeus/t m/m/m/°C
AHLSTRÖM				
Pumpputehdas	10.500	20		
Valimo	12.500	35		5,1/4,6/2,5/1100
Varkaus	14.000	2x60	15	11,2/2,2/2,0/ 750
GRÖNROOS	4.900	40	7,6	
HUBER	9.600	25	8	12 /3,5/2,5/1100
JA-RO	28.000	30	18	10 /2,3/0,8/1100
KALMERI	2.100	3	5	
KONE	35.300	2x64	16	- /0,6/1,3/1000
NELES	25.000	20	5,3	1,5/1,5/1,0/700 , 0,7/0,4/0,3/1150
ONNINEN				
Welding	4.900	2x10	8	
Vesme	5.700	2x12	10	
RAUMA-REPOLA	19.700	200	25	8 /5,5/4/1100 , 15 /5,6/5/700
ROSENLEW	5.000	2x40	11	6,5/3,6/3/1015
TAMPELLA	4.600	2x50	10	3,5/12/2,4/1050, 6 /7/5/650
TEHDASPUTKITUS	4.000	5		
VALMET				
Tampere	72.200	30	9,3	1,2/0,6/0,5/1000, 3 /17/2,8/650
WÄRTSILÄ				
Järvenpää	26.000	3x30	6	2 /1/1/1200 , 10 /5/4,9/700
Pietarsaari	5.000	5		DN 600/900°C

Mainittakoon lopuksi täydellisyyden vuoksi
Oy Strömberg Ab:n Vaasan tehtaan 2 x 300 t:n nosturi.

3. Laadunvarmistus

Laadunvarmistuksella on olennainen osa valmistettaessa laitteita ydinvoimaloille. Seuraavassa tarkastellaan ns. laadunvarmistuskäsikirjan olemassaoloa yrityksissä tuotantoprosessin ja tuotteen laatua määrävänä instrumenttina.

Yhteenvedona todettakoon, että seitsemässä yrityksessä tarkastelluista kahdeksastatoista on käytössä laadunvarmistuskäsikirja käsitteen varsinaisessa merkityksessä. Nämä ovat myös viranomaisten ja asiakkaiden hyväksymiä.

Laadunvarmistuskäsikirjat on laadittu seuraavien standardien tai "koodien" mukaisiksi:

- ASME Sec. VIII, Div. 1 sekä Sec. III, Div. 1
- ANSI 45.2
- 10 CFR 50 Appendix B

Laadunvarmistuskäsikirjoja on noudatettu mm. pääkiertopumppujen, venttiilien, reaktorien sisäosien putkien, lämmönvaihtimien, polttoainetarastotelineiden ja henkilösulkujen tuotannossa.

Kolmessa yrityksessä laadunvarmistuskäsikirja on työn alla.

4. Referenssit

	Alla on yrityskohtaisesti lueteltu toimitettuja tyypillisiä laitteita ja järjestelmiä. Jäljempänä on taulukko-muodossa esitelty, mihin laitoksiin toimituksia on ollut.
AHLSTRÖM	pääkiertopumput, merivesipumput, järjestelmäpumput sekä lämmönvaihtimet
ALNOR	henkilödosimetrijärjestelmät, säteilyvalvontalaitteet, kannettavat dosimetrit
GRÖNROOS	liner turpiinilauhduttimet ja jäähdyttäjät, typpisäiliöt, jäähdytysveden seula, SS- ja muoviputkistot
HUBER	höyry- ja syöttöveden putkistot, turpiini- ja turpiinirakennuksen putkistot, turpiinilaitoksen vedenkäsittelyputkistot
JA-RO	allasverhoilu, höyrynerottimet, syöttövesirengas, polttoaineen varastotelineet, prosessiputkisto
KALMERI	pääkiertopumpun tiivistevesijärjestelmän putkistot, öljy-, lämmitys-, jäähdytys-, pesu- ja sammutusveden putkistot
KONE	reaktori- ja turpiinihallinosturit, polttoaineenkäsittelynosturi, muut tehdasnosturit
NELES	pallo- ja kuristusventtiilit
NOKIA	koulutussimulaattorit, laitostietokoneet, monikanavalaskimet
ONNINEN	mittaus- ja säätöputkistot, pääkiertopumpun tiivistevesi- ja moottorin jäähdytysjärjestelmän putkistot, hätäjäähdytysjärjestelmä, paineilmaputkisto
RAUMA-REPOLA	merivesilämmönvaihtimet
ROSENLEW	kosteudenerottimen rungot, erikoistyökalut, pilot, evaporaattorilaitos nestemäisille jätteille
SUOMEN PUHALLINTEHDAS	valvottujen ja ei valvottujen alueiden ilmastointijärjestelmät
SÄHKÖLÄHTENMÄKI	sähköasennukset ja prosessi-instrumentointi
TAMPELLA	hidastussäiliö + -kansi, säätösauvan ohjausputket, säätösauvakäyttökojeiston rungot, ohjaus- ja mäntäputket, säteilysuojalevyt, lämmönvaihtimet, turpiinivaipat, jäähdytysveden sisäänottoluukut
TEHDASPUTKITUS	putkistot ja kannakkeet
VALMET	valvottujen alueiden ilmastointi polttoaineenkäsittely- ja vaihtokoneet, huoltosillat, altaiden portit ja raamit, erikoistyökalut, allasvarusteet, polttoaineenvarastotelineet
WÄRTSILÄ	terässuojakuoret, jäälauhduttimet, läpiviennit, henkilö-, hätä- ja materiaalisulut, polarireaktori- ja turpiinihallin nosturit, venttiilit

REFERENSSIT ●	Suomi										Ruotsi										Muut
	Suomi I					Suomi II					Ruotsi I					Ruotsi II					
	1976	1978	1979	1980	1982	1974	1975	1975	1975	1975	1975	1977	1978	1980	1980	1981	1985	1985			
Käyttöönottovuosi	-76	-78	-79	-80	-82	-74	-75	-75	-75	-75	-77	-78	-80	-80	-81	-85	-85				
AHLSTRÖM	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Marviken			
ALNOR		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Kaikki Euroopan maat, Neuvostoliitto			
GRONRÖD	X	X	X	X	X																
HUBER	X	X	X	X	X	X															
JA-RÖ	X	X	X	X	X																
KÄLMER	X		X	X	X																
KONE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
NELLES	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
NOKIA	X	X																			
ONNINEN	X	X	X	X	X																
MELDING VESNE																					
RAUMA-REPOLA	X					X	X	X	X												
ROSENLEH	X		X	X	X					X	X										
SUOMEN PUHALLINTEHDAS	X	X	X	X	X																
SAHKOLÄHTEENRÄKI	X	X	X	X	X					X											
TAMPELLA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
TEHDASPUHTIKUS		X	X	X	X																
INSTRUMENT	X	X																			
VALMET	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
JÄRVENPÄÄ	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
JAKOBSTAD	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				

*) rakennusvaiheessa

Bilaga 11. Sammanfattning av händelserna i Tjernobyl 25–26.04.1986

Effektnivån hos Tjernobyl 4 sänktes från 3 200 MWt, motsvarande 1 000 MWe, under morgonnatten och förmiddagen fredagen den 25 april 1986 till 1 600 MWt. Avsikten var att vid effektnivån 700 MWt experimentellt påvisa att den i drift varande turbogeneratoren (den andra var bortkopplad) vid ett elavbrott kunde producera tillräckligt med elektricitet för att driva huvudkylpumparna till dess att nöddieslarna startats. Ångtillförseln till denna turbogenerator skulle också stoppas under experimentet för att se om dess kinetiska energi var tillräcklig för att hålla huvudkylvattenpumparna i gång cirka en minut. Omkring klockan två på fredagseftermiddagen kopplades reaktorns härdnödkylsystem bort i enlighet med experimentprogrammet. I detta skede fick driftsledningen emellertid beskedet att elnätet i Ukraina behövde mera kapacitet varför effektsänkningen stoppades för cirka 11 timmar.

Kl. 23.10 samma dag återupptogs effektsänkningen. Under dessa 11 timmar hade xenon-förgiftningen av reaktorn ökat, något som motverkades genom att delvis dra ut kontrollstavarna ur härden. Som en följd av ett operatörfel sjönk reaktoreffekten till 30 MWt i stället för till den planerade nivån 700 MWt. Kl. 01.00 på morgonnatten den 26 april hade effekten stabiliserats vid 200 MWt och experimentet kunde fortsätta. Vid denna låga effektnivå var det hydrodynamiska strömningsmotståndet även lågt och kylvattenflödet större än normalt, vilket i sin tur reducerade ångbildningen i härden med lägre tryck och lägre vattennivå i ångdomarna som följd. För att förhindra reaktorstopp kopplade operatörerna nu även bort skyddssystemet för låg nivå i ångdomarna. Kylvattenflödet ökades momentant för att återställa den rätta vattennivån.

Trots att datorn varnade för en alltför liten reaktivitetsmarginal fortsattes experimentet och turbogeneratoren kopplades bort. Detta borde ha resulterat i snabbstopp av reaktorn, men även detta skyddssystem hade avstängts av operatörerna för att tillåta repetition av experimentet ifall det första försöket skulle misslyckas. Efter det att reaktoreffekten börjat stiga försökte operatörerna kl. 01.23.40 snabbstoppa reaktorn. Detta misslyckades helt, reaktorn blev prompt kritisk och effekten steg hundrafalt jämfört med den nominella på en sekund. Denna effektstegring åtföljdes av ytterligare en ännu kraftigare puls som innebar 440 gånger nominell effekt. Dessa två explosioner stängde av reaktorn, men de hade samtidigt ödesdigra följder. När reaktorn blev prompt kritisk förstörde den häftiga temperaturstegringen bränslekapslingen, ånga genererades ultrasnabbt och den härpå följande tryckpulsen resulterade i att det tre meter tjocka reaktorlocket och det ovanför liggande golvet blåstes bort. Starkt radioaktivt härdmaterial kastades ut i atmosfären och spriddes med vinden till de västra delarna av Ukraina och en stor del av Väst-Europa inklusive Finland.

Bilaga 12. Sammanfattning av introduktionens viktigaste (intressantaste) händelser

1942

Enrico Fermi & medarbetare startar upp världens första kontrollerade kärnreaktor den andra december vid Argonnelaboratorierna utanför Chicago.

1955

Förenta Nationernas första atomkonferens i Genève. (De följande: 1958, 1964, 1971).

1956

Voimayhdistys Ydin grundas av vår industri.

1957

Atomenergikommissionen tillsätts med professor Erkki Laurila som ordförande.

1958

The Ydin Exponential Pile, YXP, tillverkas av Verkstadsindustrin i Varkaus (varvid DI Daniel Jåfs är ansvarig ledare) och invigs vid Tekniska högskolan i Otnäs i närvaro av republikens president Urho Kekkonen.

1962

Finland Reactor I, FiR I, körs kritisk i Otnäs den 27 mars och invigs officiellt den 31 september i närvaro av president Kekkonen. Reaktorn, exklusive reaktorkärna och kontroll, byggdes av Warkaus Bruk (med DI Daniel Jåfs som ansvarig ledare).

1963

Dipl.ing. Daniel Jåfs (A. Ahlström Osakeyhtiö) föreslår i slutet på december för direktör Nils Björklund (Valmet Oy) att ett samarbete mellan metallindustriföretagen i Finland arrangeras för att trygga den inhemska industrins intressen vid det kommande utbyggandet av kärnkraften i Finland.

1964

Förutsättningarna för byggandet av ett kärnkraftverk med kapaciteten 275 MW på Landskatan i Ahlais utreds av Imatran Voima i samarbete med Canadian general Electric, Ekono och vår verkstadsindustri (Daniel Jåfs, Ahlström, Kaarlo Koivisto, Tampella och Uolevi Konttinen, Valmet).

1965

Direktör Curt Mileikovsky (ASEA) föreslår för direktör Nils Björklund (Valmet) att företagen inom Finlands verkstadsindustri tillsammans med ASEA bildar ett konsortium för att få order till atomkraftverksprojekten i Finland och Sverige.

Ekono utarbetar på uppdrag av den privata industrin specifikationerna för ett kärnkraftverk på 300 MW med Mussalo nära Kotka som tänkt placeringsort. Kotkan Höyryvoima Oy avser att be erfarna reaktorleverantörer om offert.

Den 15 juli meddelar Imatran Voima att man bett om offert på ett kärnkraftverk med effekten 300 MW från 10 företag i väster och ett i Sovjetunionen.

1966

Åtta av de största verkstadsindustriföretagen i Finland grundar Suomen Atomiteollisuusryhmä – Finlands Atomindustrigrupp (FAIG) med Nils Björklund som ordförande. ASEA tillåts inte bli medlem i konsortiet.

Industrins El-Konsortium grundas med femton industriföretag som medlemmar.

En atomdelegation med Erkki Laurila som ledare och Pentti Alajoki, Antero Jahkola, Daniel Jåfs, Kaarlo Koivisto, Uolevi Konttinen, Konstantin Lembidakis, Pentti Malaska, Ilkka Mäkipentti, Kalevi Numminen, Bjarne Regnell och Olavi Vapaavuori avreser i februari till Moskva för att bekantgöra sig med kärnteknikens nivå i Sovjetunionen 1966 Imatran Voima mottar och studerar ett flertal offerter på ett kärnkraftverk.

1967

Imatran Voima beslutar den fjärde april att atomkraftverket inte beställs på basen av de mottagna offerterna. Statsmakten har ingripit.

Handels- och industriministeriet placerar hos Finlands Atomindustrigrupp en beställning som förutsätter att gruppen utreder Finlands industris möjligheter att som huvudleverantör leverera ett atomkraftverk inklusive dess reaktor sålunda, att forsknings-, konstruktions- och byggnadsarbetet i största möjliga utsträckning utförs med inhemska krafter, dock så att man i oundgängliga fall tryggar sig till utländsk expert hjälp och till utländska leveranser.

Diplomingenjör Magnus von Bonsdorff blir chef för Finlands Atomindustrigrupps forskningsavdelning.

1968

Daniel Jåfs, Kaarlo Koivisto och Uolevi Luoto avreser som representanter för Atomindustrigruppen den 27 januari till Moskva för att klargöra läget och få fram en offert från V/O Technopromexport.

Atomindustrigruppens forskningsrapport överlämnas den åttonde februari till minister Salonen. Den inhemska andelen uppskattas till 50–70 procent.

Finlands regering besluter den 25 juli att avslå alla inlämnade offerter och ger Imatran Voima i uppdrag att handha kraftförsörjningen med med konventionella medel.

1969

Industrins El-Konsortium, nu med 16 medlemmar, ombildas den 23 januari till Teollisuuden Voima Oy – Industrins Kraft Ab med Nokias verkställande direktör, bergsrådet Björn Westerholm, som styrelseordförande och med A. Ahlström Osakeyhtiös generaldirektör, Bengt Rehbinder, som viceordförande.

Finlands Atomindustrigrupp ombildas den 16 december till Oy Finnatom Ab med direktör Bjarne Th. Nyman från Ahlström som styrelseordförande och teknologie licentiat Uolevi Luoto som verkställande direktör.

Den fjärde juni besluter regeringen inleda förhandlingar om att införskaffa kärnkraftverket från Sojetunionen. En förhandlingsdelegation under ledning av handels- och industriminister Väinö Leskinen avreser till Moskva.

Den 23 juli meddelar Leskinen sin delegation att han gjort avtal om beställningen med minister Skatshkov.

Den nionde september undertecknas ett protokoll mellan Finland och Sovjetunionen om samarbete beträffande byggandet av ett atomkraftverk i Finland. Samma dag undertecknas även ett preliminärt avtal mellan Imatran Voima och Technopromexport om leverans av ett kärnkraftverk med effekten 440 MW. Kraftverket beräknas kosta 430–470 miljoner mark varav den finländska andelen uppskattas till 55–60 %. Staten ger den 19 september garanti för ett lån på 20 år med 2,5 procents ränta på totalt 54 miljoner rubel.

1970

I början på januari blir diplomingenjör Kalevi Numminen chef för atomkraftprojektet.

Den 15 januari väljs Bjarne Th. Nyman (ordf.), Nils Björklund och Ulf Roos till medlemmar i arbetsutskottet inom Finnatoms styrelse. Ytterligare besluts att herrarna D. Jåfs, K. Koivisto och U. Luoto utses till medlemmar i den kommission som på bolagets vägnar sköter förhandlingarna.

Den 17 september underskrivs ett avtal mellan Oy Finnatom och V/O Technopromexport enligt vilket Technopromexport av Finnatom köper havsvattenvärmväxlarna, en kran, belastning 250/30 ton, strålningskontrollsystemet, vattenreningssystemet, havsvattenpumparna, huvudcirkulationspumparna och luftkonditioneringssystemet varvid totalpriset är 4,4 miljoner rubel.

Enligt separata avtal med Imatran Voima överenskomms att Finnatom till kraftverket i Lovisa levererar bl.a. utrustning för behandling av radioaktivt avfall, laddmaskin, skyddsskal med genomföringar, iskondensator, kranar slussar och instrumentsystem.

Styrelsen för Industrins Kraft beslutar bygga ett kärnkraftverk med kapaciteten 600 MW.

1971

Diplomingenjör Magnus von Bonsdorff utnämns till verkställande direktör för Industrins Kraft.

1973

Asea-Atom överlämnar till Industrins Kraft en offert på ett kärnkraftverk på 660 MW med Olkiluoto som placeringsort. Olkiluoto 1 beställs sommaren samma år.

Imatran Voima konstaterar att Lovisaprojektet råkat ut för allvarliga förseningar. Vid ett besök i Lovisa framför president Kekkonen Kalevi Numminens bekymmer för ministern vid Sovjetunionens Ministerium för energiekonomi och elektrifiering, Vladimir Neporozhny, som reagerar positivt och omgående sänder sin ”högra hand”, Vladimir Nevsky, som ny projektchef till Lovisa.

1974

Industrins Kraft utnyttjar sin option och gör föravtal med Asea-Atom gällande Olkiluoto 2, likaså på 660 MW.

1975

Tekn.lic. Uolevi Luoto återgår i Ekonos tjänst och dipl.ing. Daniel Jåfs utnämns till verkställande direktör för Oy Finnatom Ab av styrelseordföranden Jaakko Ihamuotila. Samtidigt utses TkD Juhani Kuusi till chef för bolagets forskningsavdelning.

Professor Erkki Laurila utreder på uppdrag av industrin CANDU-reaktortypens lämplighet för Finlands energiförsörjning. Slutsatserna blir negativa.

1977

Lovisa 1 körs kritisk den 21 januari kl. 11.20.

Den 22 mars framläggs för Finnatoms styrelse den teknisk-kommersiella kommitténs utredning gällande Lovisa 3.

Imatran Voima inbjuder den 23 mars till högtidlig invigning av Lovisa 1. President Urho Kekkonen och ordföranden för Sovjetunionens ministerråd, Alexej N. Kosygin, hedrar invigningen med sin närvaro.

1979

Industrins Kraft övertar Olkiluoto 1 den 12 oktober.

Olkiluoto 2 körs kritisk i december.

1982

ASEA, Asea-Atom och Industrins Kraft undertecknar ett avtal den 18 mars, som undanröjer de kommersiella tvistefrågor som varit öppna.

På våren grundar Imatran Voima och Industrins Kraft ITY.

Den 15 september sluts ett avtal mellan V/O Technopromexport och Oy Finnatom Ab med syfte att studera frågor relaterade till byggandet av ett nytt kärnkraftverk i Finland samt möjligheterna för finländska företag att delta i detta projekt.

1983

Finnatom överlämnar avtalets slutrapport till Atomenergoexport den fjärde oktober. Speciellt behandlas ett 1 000 MW kraftverk i rapporten.

ITY omvandlas till Perusvoima Oy med A. Ahlström Osakeyhtiös och Imatran Voimas verkställande direktörer Krister Ahlström respektive Kalevi Numminen som styrelseordföranden turvis.

1985

Daniel Jåfs övertar alla aktier i Oy Finnatom Ab mot löfte att hålla bolaget berett fem år framåt att delta i kommande kärnkraftverksprojekt.

1986

Perusvoima inlämnar den 18 mars till statsrådet en anhållan om ett principbeslut, som är avsett att göra det möjligt för bolaget att gå vidare i sina planer på ett nytt kärnkraftverk.

I slutet på april utförs exceptionellt vågade experiment med Tjernobyl 4, ett 1 000 MW kärnkraftverk av typ RBMK. Reaktorn exploderar på morgonat-

ten den 26 april och sprider radioaktivt stoff speciellt över Ukraina och norra Europa.

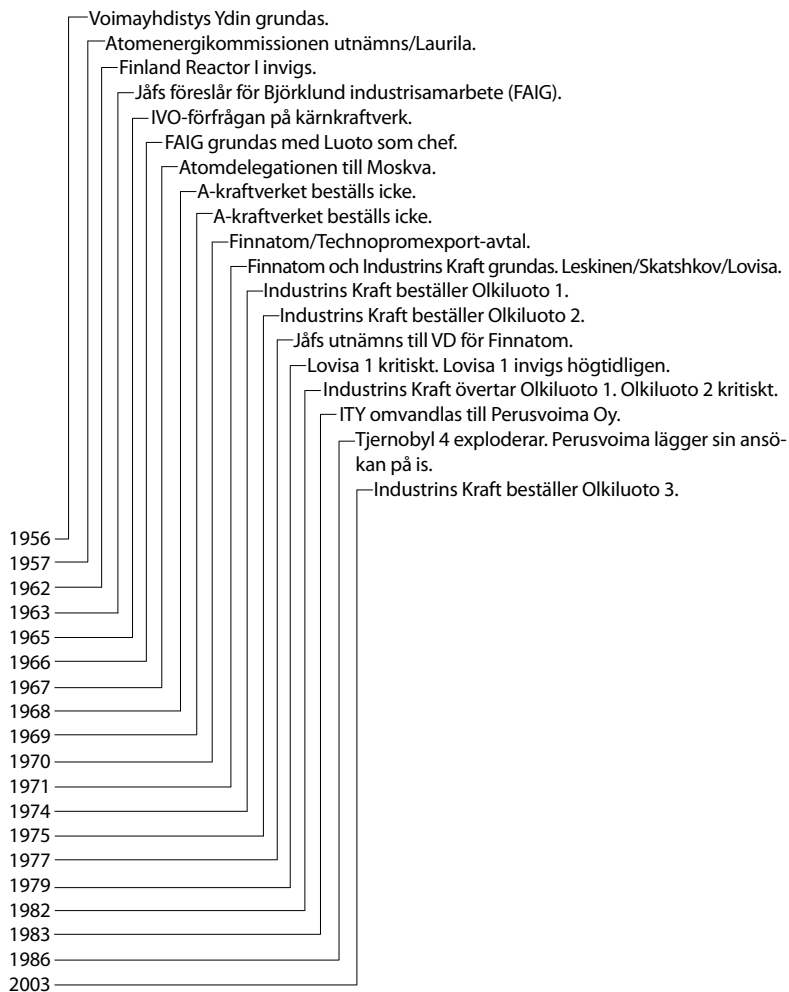
Perusvoima drar konsekvenserna av olyckan och lägger sin tillståndsansökan att vila.

2001

Daniel Jåfs konstaterar att det följande kärnkraftverksprojektet dröjer och säljer Oy Finnatom Ab för en liten penning.

2003

Industrins Kraft beställer Olkiluoto 3 den 18 december.



Figur 74. Introduktionens tidsmässiga aspekter i ett nötskal. (Daniel Jåfs).

SAK- OCH PERSONREGISTER

- A. Ahlström Osakeyhtiö, 25, 44, 78, 84, 89, 95, 96, 98, 101, 104, 105, 106, 108, 109, 115, 117, 132, 141, 152, 154, 155, 164, 177, 178, 183, 195, 216, 226, 227, 232, 277, 287, 288, 289, 291, 292, 294, 296, 298.
- Ahlströmlaboratoriet i Karhula, 117, 180, 181.
- Aalto, A., 96.
- Aalto, E., generaldirektör, 45, 76, 104, 114.
- Aalto, E., tekn.dr., 115, 139.
- Aaltonen, P., 101.
- Aamulehti, 122.
- Aarnio, R., 47.
- The Actor Network Theory, 54, 70.
- Adam, reaktor (R1, R2, R3, R4), 36, 224. Se också Eva.
- Bakajev, V. G., 24.
- Banaka, W. H., 55.
- Bargum, E., 45.
- Barsebäck (Barsebäck 1), Sverige, 155, 166.
- Bech, ambassadör, 96.
- Bechtel International, 163.
- Belojarsk (Belojarsk 1–2), Ryssland, 34, 143, 224.
- Benedict, M., 29, 30, 263.
- Bengtsson, L., 107.
- Bennis, W., 219.
- Berg, G., 79.
- Bergelin, S., 122, 218.
- Bergman, Å., 178.
- Bergsrådskommittén, 102, 103.
- Berkeley, Storbritannien, 87.
- Billingen, urangruva, 36.
- Björklund, N., 36, 37, 45, 104, 105, 106, 109, 110, 114, 132, 165, 167, 168, 169, 171, 213, 294, 295, 296, 299.
- Bleuler, E., 262.
- Bohm, D., 57, 217.
- Bohr, N., 23.
- Bonilla, C. F., 61, 261.
- von Bonsdorff, M., 36, 66, 74, 86, 101, 109, 110, 114, 132, 136, 163, 165, 166, 167, 168, 169, 201, 227, 231, 250, 295, 297.
- Bourdieu, P., 56.
- Bradwell, Storbritannien, 87, 103.
- Branders, H., 44, 78, 80, 89, 177.
- Brante, T., 53, 213, 217.
- Breen, R. J., 254.
- Brenner, M., 67, 75.
- Bromarv, 109, 163.
- Brotherus, J., 106.
- Brown-Boveri, företag, 166, 169.
- Bruzelius, N., 54, 70.
- Brynielsson, H., 43.
- Burgmanntätning, 180.
- Bärs, B., 94.
- Cadarache, Frankrike, 30.
- Calder Hall (Calder Hall 1–4), Storbritannien, 32, 45, 87, 223.
- Canadian General Electric, 31, 32, 104, 114, 115, 118, 120, 121, 142, 223, 226, 294.
- CANDU-reaktorer, 31, 143, 144, 223, 260, 262, 297.
- Capenhurst, Storbritannien, 29.
- Capri, Italien, 79.
- Carling, I., 139.
- Carver, J. A., 45.
- Castrén, J., 47.
- CEA, se Le Commissariat à l'Énergie Atomique.
- CEGB, se Central Electricity Generating Board.
- Central Electricity Generating Board (CEGB), 45.
- Centrallager för använt bränsle (Clab), 191.
- The Chalk River Laboratory, 31, 223.
- Champlaintätning, 180.
- Chapelcross, Storbritannien, 32, 45, 223.
- Cherenkovstrålning, 34, 65.
- Chernobyl, se Tjernobyl.
- Chicago Pile 1 (CP 1), 27, 222.
- Chinon (A1, A2), 33, 88.
- Christiansen, R., 45, 47.
- Clab, se Centrallager för använt bränsle.
- Clark, K. B., 178.
- Cockcroft, J., 32.

- Combustion Engineering, 88, 164, 179.
 Le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA),
 33.
 Compton, A. H., 27.
 Comte, A., 56.
 CONFEM, dataprogram, 206.
 Cox, B., 260.
 CP 1, se Chicago Pile 1.
 Creswell, J. W., 54, 55.
 Curie, I., 88.
 Curie, M. S., 88.
 Curie, P., 88.
- Dahlgren, L., 54.
 Davis, M., 46.
 Davydov, O. D., 24, 114, 149, 151, 200, 215.
 "Defence in Depth", 189.
 Dietrich, P., 104.
 Dragon, högtemperaturreaktor, 46.
 Dresden, Tyskland, 30, 222.
 Driving, I. J., 134, 137.
 Dungeness, Storbritannien, 87.
 Dounreay, Storbritannien, 46.
- Edern, Storbritannien, 87.
 EDF (EDF 1-2), kraftverksreaktor, 33, 223.
 Edison, T. A., 39, 69, 70, 177.
 Edlund, M. C., 254, 255.
 Ehrnrooth, G., 23, 114, 146, 154, 160, 161,
 174, 175, 189.
 Einstein, A., 26.
 Eisenhower, D. D., 25, 42, 63, 65, 68, 114,
 222.
 Ekholm, K. E., 78.
 Eklund, S., 96.
 Ekono, 31, 39, 40, 46, 50, 66, 69, 79, 104, 105,
 107, 108, 109, 114, 115, 122, 163, 224, 227,
 294, 295.
 El Baradei, M., 68.
 Electricité de France, 33.
 Elektrowatt Engineering Services Ltd., 145.
 Elo, A., 178.
 ENC '86-konferensen, 147, 231.
 Energikommittén, 66, 67, 68, 85, 88, 114.
 England, G., 45.
 Engzell, G., 96.
 Enso-Gutzeit Oy, 45, 83.
 Eriksson, O., 143.
 Eriksson, Å., 164, 189.
 Erlander, T., 36.
- Etelä-Suomen Voima Oy, 108.
 Euratom, 65.
 Eurola, A. T. 66, 86.
 Europakommissionen, 71.
 Eva, reaktor (R4), 36, 224. Se också Adam.
- F-1, reaktor, 33, 223.
 Fagerholm, G., 115.
 FAIG, se Finlands Atomindustrigrupp.
 Failla, G., 30.
 Fair, D. R. R., 45.
 Farsta, Sverige, 36.
 Fasth, E., 53, 213, 217.
 FEI, se Institutet för fysik och kraftengineering.
 FEM-analys, 203.
 FEMData Ky, 186, 206.
 Fennovoima Oy Ab, 221.
 Fermi, E., 26, 27, 28, 29, 47, 222, 255, 294.
 "Finite Element"-metoden, 205.
 Finland Reactor I (FiR I), 10, 12, 34, 88, 89, 90,
 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 112,
 114, 177, 210, 219, 226, 233, 294, 299.
 Finlands Atomindustrigrupp (Suomen Atomiteollisuusryhmä – Finlands Atomindustrigrupp, FAIG), 8, 10, 12, 55, 109, 113,
 114, 115, 119, 120, 121, 122, 123, 132, 133,
 136, 137, 149, 163, 164, 170, 174, 175, 216,
 226, 227, 228, 229, 231, 296, 299.
 Finlands Bank, 102, 134.
 Finlayson Oy Ab, 39, 69.
 Finnatom Oy Ab, 8, 10, 12, 55, 105, 106, 107,
 109, 113, 114, 119, 134, 137, 139, 140, 141,
 142, 144, 145, 149, 151, 152, 154, 155, 156,
 157, 159, 160, 161, 162, 163, 169, 170, 174,
 175, 176, 178, 179, 181, 183, 185, 186, 187,
 188, 189, 192, 193, 194, 197, 203, 205, 206,
 210, 216, 218, 227, 229, 230, 231, 232, 269,
 275, 278, 281, 296, 297, 298, 299.
 Finne, J., 71.
 Finska Kabelfabriken, 204.
 Finska Ångpanneföreningen, 39.
 Finsk-Sovjetiska Handelskammaren, 160.
 FiR I, se Finland Reactor I.
 FN, se Förenta Nationerna.
 FNB (Finska Notisbyrå), 218.
 Foratomkongressen, 119, 121.
 Forsblom, L., 108.
 Forsmark (Forsmark 3), Sverige, 196, 205.
 Forssan betoni, 220.

- Forstén, J., 86.
 Framatome (Framatome ANP/Siemens) 33, 161, 211, 223.
 Freudenthal, A. M., 83.
 Friedlander, G., 30.
 Fridlund, A. J., 76.
 Frilund, E., 78.
 Frilund, H., 39, 40, 41, 43, 69, 77, 85, 114, 224.
 Furu, P., 208.
 Föreningen för Kraft och Bränsleekonomi Ekono, se Ekono.
 Föreningsbanken, 108.
 Förenta Nationerna (FN), 25, 42, 63, 64, 75, 86, 114, 119, 225, 294.
- Garigliano, Italien, 79.
 G.A. Serlachius Oy Ab, 109.
 de Gaulle, C., 33.
 Gavlefors, S., 164.
 Gavrikov, Atomenergoexport, 151.
 General Atomic, 88, 89, 93, 96, 226.
 General Dynamics, 93.
 General Electric, 27, 30, 38, 45, 65, 87, 164, 222.
 Generation III, reaktorgeneration, 211.
 Genèvekonferenserna (1955, 1958, 1964, 1971), 63, 64, 65, 75, 76, 86, 88, 89, 114, 119, 120, 147, 177, 225, 226, 294.
 Gerwin, R., 36, 73.
 Ghalib, S. A., 46.
 Giese, U., 202, 211.
 Gillams, J. L., 43.
 Gimstedt, O., 47.
 Glasstone, S., 254, 255.
 GLEEP, reaktor, 32, 223.
 Gleitman, H., 76.
 Glöersen, L., 78, 80.
 Goffee, R., 208.
 Gost-normer, 179.
 van der Graaff, generator, 23.
 Grace, J. N., 254.
 Grankulla, 146, 215.
 Granskog, Ch., 153.
 Greenleaf, E. F., 263.
 Gromyko, A., 24.
 Grossman, L., 56.
 Grönbloom, B., 23.
 Gufler, B. A., 96.
 Guillomat, P., 33.
- Gundremningen, 35, 224.
 Gustafsson, M., 250.
- Haapalainen, T., 189, 206.
 Hahn, O., 35.
 Hakkarainen, U., 153, 154.
 Hakulin, B., 186, 206.
 Halden, Norge, 66, 67.
 Halle, L., 114, 164, 189.
 Halle, P., 102.
 Hammarskjöld, D., 64, 86.
 Handels- och industriministeriet, 44, 45, 85, 86, 88, 102, 105, 114, 115, 122, 133, 134, 154, 159, 165, 168, 183, 188, 189, 226.
 Hanford, Washington, USA, 30, 251.
 Hanes, M., 107, 174.
 Harrisburg, Pennsylvania, USA, 8, 10, 12, 141, 176, 189, 233.
 Harwell, Storbritannien, 32.
 Havens, W. W., Jr., 254, 261.
 Hawking, S. W., 56.
 Heiliö, L., 178.
 Heisenberg, W., 23, 35.
 Hellstén, A., 101.
 Hellström, M., 52.
 Helsingfors Stads Elverk, 45.
 Helsingfors Stads Energiverk, 187.
 Helsingfors universitet, 23, 114.
 Helsingfors-Vanda flygstation, 58, 188.
 Helsingin Sanomat, 83, 95, 97, 116, 123, 133, 146.
 Helsingin Seudun Lämpö Oy (HSL), 189.
 Helske, J., 147.
 Hennies, H. H., 196.
 Hentilä, K., 153.
 Hilberry, N., 27, 48, 222.
 Hinkley Point, Storbritannien, 87.
 Hintikka, P., 45, 108, 109, 114.
 Hinton, C., 32, 45.
 Hirohito, kejsare, 29.
 Hiroshima, Japan, 29, 30, 63.
 Hirvonen, M., 89.
 de Hoffman, F., 89, 96, 226.
 Hoffman, K., 202.
 Holmes & Narver, företag, 89, 90, 226.
 Holmström, E., 105.
 Holmström, P., 48, 106, 151, 152, 154, 160, 192.
 Home, N., 55.
 Honkajuuri, P., 102, 109, 114.

- Hoopes, J. W., Jr., 253, 262.
- Huber Oy Ab, 143, 145, 287, 288, 289, 291, 292. Se också Teollisuus-Huber Oy Ab.
- Hufvudstadsbladet, 84, 95, 97, 101, 103, 105, 107, 108, 118, 123, 133, 134, 135, 137, 138.
- Hughes, T. P., 54, 69, 76.
- Hukkinen, L.-E., 106.
- Hultin, S.-O., 39, 43, 44, 46, 47, 59, 66, 70, 75, 77, 79, 83, 85, 104, 108, 111, 114, 213, 216, 224, 250.
- Hunterston, Storbritannien, 87.
- Hurme, M., 106.
- Hyvärinen, M., 105.
- Hyvärinen, Reino, 121, 151, 152.
- Hyvärinen, Risto, 134.
- Hyryläinen, S., 139.
- Häikiö, M., 140.
- Hästholmen, 118, 144, 230.
- IAEA, se The International Atomic Energy Authority.
- Ignalina (Ignalina 1–2), Litauen, 34, 152, 224.
- Ihamuotila, J., 31, 32, 70, 106, 107, 114, 115, 142, 145, 154, 156, 160, 202, 204, 216, 218, 223, 230, 297.
- Ilmari, M., 154.
- Iltasanomat, 83.
- Imatran Voima Oy (IVO), 7, 9, 11, 31, 45, 74, 76, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 109, 111, 114, 115, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 129, 130, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 152, 154, 155, 156, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 168, 169, 176, 177, 187, 191, 192, 195, 205.
- IMF (Internationella valutafonden), 192.
- Immonen, B., 208.
- Immonen, H., 178, 207.
- Indien, 68.
- Industrins El-Konsortium, 108, 109, 114, 120, 122, 227, 295, 296.
- Industrins Kraft, 7, 8, 10, 11, 66, 74, 75, 109, 114, 143, 144, 154, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 195, 211, 216, 227, 231, 232, 296, 297, 298, 299. Se också Teollisuuden Voima Oy.
- Ingå, 109.
- Insinöörtoimisto J. Pöyry & Co. Ky, 123.
- Insinööriutiset 95.
- INSKO-seminarier, 206.
- Institutet för atomenergi, 33.
- Institutet för fysik och kraftengineering (FEI), 34.
- Institutt for Atomenergi, 43.
- The International Atomic Energy Authority (IAEA), 63, 65, 67, 68, 75, 86, 93, 96, 114, 168, 266.
- The International Programme Committee, 75.
- The International School of Nuclear Science and Engineering (ISNSE), 26, 27, 63, 66, 114, 222, 226.
- Internationella valutafonden, se IMF.
- Irak, 152, 175, 191, 192, 218, 232.
- Iran, 68, 152, 156, 191, 218, 232.
- ISNSE, se The International School of Nuclear Science and Engineering.
- Isola, A., 86.
- Israel, 68.
- ITER, forskningsprojekt, 71.
- ITY, företag, 195, 232, 298, 299.
- IVO, se Imatran Voima Oy.
- Jahkola, A., 71, 73, 115, 227, 295.
- Jalonen, T., 203.
- Jansson, J. M., 146.
- Jauho, P., 45, 64, 67, 70, 74, 77, 78, 82, 84, 85, 89, 96, 97, 98, 100, 101, 104, 111, 114, 123, 148, 203, 204, 208, 216.
- Jermakov, G., 134.
- Jobs, S., 55.
- Johnsonkonsernen (Johnsonbolaget), 37, 103.
- Joliot, F., 88.
- Jones, G., 208.
- JPDR, reaktor, 38.
- Jukes, J. A., 45.
- Junnelius, Ch., 250.
- Jyrinki, K., 56.
- J. W. Enqvist Oy Ab, 45.
- Jåfs, D., 7, 9, 11, 25, 26, 27, 28, 30, 48, 49, 52, 53, 56, 57, 58, 59, 67, 69, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 86, 92, 94, 101, 104, 105, 106, 113, 114, 115, 117, 119, 120, 121, 132, 133, 141, 142, 144, 145, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 159, 160, 161, 162, 174, 175, 177, 178, 179, 181, 186, 188, 189, 191, 192, 196, 197, 206, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 220, 222, 225, 226, 227, 228, 231, 250, 294, 295, 296, 297, 298, 299.

INTRODUKTIONEN AV KÄRNKRAFTEN I FINLAND

- Jåfs, Gunnel, 79, 151, 175.
Jåfs, Gustav, 72.
Jåfs, L., 79, 150.
Jåfs, S., 23.
Jörss, W., 71, 202.
- K-25, Oak Ridge, USA, 27, 29.
Kahl, Tyskland, 35, 224.
Kaipainen, T. M., 106.
Kajaani Oy, 108.
Kankaanranta, L., 210.
Kaplan, I., 251, 253.
Karhula, 170, 179, 180.
Karhula Pumpfabrik, 178, 179, 182, 183, 184, 205, 287, 288, 289, 292.
Karjalainen, A., 23, 24, 96, 102, 103, 135.
Karttunen, S., 201.
Kauhanen, E., 91.
Kaukas Oy Ab, 108.
Kauria, J., 178.
Kautovaara, U., 139.
Kekkonen, U. K., 23, 24, 25, 27, 76, 77, 78, 83, 96, 97, 98, 114, 122, 132, 133, 134, 135, 138, 143, 145, 151, 157, 158, 159, 164, 166, 226, 228, 230, 294, 297, 298.
Keller, W., 28, 35.
Kemijoki Oy, 76.
Kennedy, J. E., 25, 26, 271.
Kennedy, J. W., 30.
KFK, se Kerntechnische Forschungsanstalt Karlsruhe.
Kernforschungszentrum Karlsruhe, 196.
Kerntechnische Forschungsanstalt Karlsruhe (KFK), 196.
KGB, 150.
Kiev, Ukraina, 195.
Kilman, Å., 78.
Kinnunen, E., 44, 85.
Kivekäs, L. J., 83.
Kjeller, reaktor, 44.
Knowles, M. S., 206.
Knox, R., 148.
Koivisto, K., 104, 105, 106, 107, 115, 133, 227, 228, 294, 295, 296.
Koivisto, M., 118, 122, 135, 138.
Kolehmainen, J., 149.
Kontram, företag, 193.
Konttinen, U., 49, 104, 105, 115, 142, 227, 294, 295, 296.
Kopparnäs, 109, 163.
Koppe, V., 136.
Korhonen, K., 85.
Koskinen, J., 154.
Kosygin, A. N., 114, 143, 145, 146, 157, 158, 164, 230, 298.
Kotkan Höyryvoima Oy, 107, 108, 109, 122, 227, 295.
Kovalev, ambassadör, 122.
Kovanen, M., 91.
Krafthushållnings- och elkraftverksministeriet, 134.
Kraftwerkunion (KWU), 152, 161, 164, 195.
Krim, 24.
Krotov, minister, 146.
Krustjev, N., 24.
Kubushiro, K., 38.
Kuhn, S. T., 54.
Kujala, J., 178.
Kulev, I. A., 152, 193.
Kurchatov, I., 33.
Kurchatovinstitutet, 33, 34, 116, 223.
Kuusi, J., 114, 151, 152, 183, 185, 203, 209, 210, 297.
Kuvaja, H., 107.
Kuwait, 191.
Kvale, S., 55.
”Kvarnbrev”, 24.
Kvarnbäcken, 187.
Kvarntorp, urangruva, 36.
KWU, se Kraftwerkunion.
Kymmene Aktiebolag, 108, 109.
Kyoto, Japan, 75, 218.
Kännö, A., 106, 107.
Kärnkraftutbildning Ab, 147.
- Lahti, P., 70.
Laine, J., 159.
Laine, P., 139, 192.
Lamberg, J. A., 24.
Landis, J. W., 260.
Landskatan, 104, 294.
Lange, minister, 103.
Larsson, G., 54.
Lassila, E., 178.
Lassila, V., 106.
Latina, Italien, 79.
Latour, B., 54, 70.
Laurila, E., 21, 36, 37, 64, 65, 67, 70, 74, 75, 77, 79, 85, 89, 92, 93, 94, 96, 103, 104, 105, 111, 112, 114, 115, 117, 118, 120, 135, 136, 143, 144, 178, 204, 208, 213, 216, 225, 226, 227, 263, 294, 295, 297, 299.

- Laurilakommittén, 103.
 Lazard Brothers & Co. Ltd., 46.
 Lebedevinstitutet, 34.
 Lehtelä, J., 206.
 Lehtonen, H., 24, 64, 76, 102, 114, 133, 134, 135, 136, 215, 228.
 Lehtosalo, P., 89, 226.
 Leibstadt, Schweiz, 191.
 Leine, L., 189.
 Leino-Kaukiainen, P., 70.
 Lembidakis, K., 115, 153, 227, 295.
 Lemminkäinen Oy, 220.
 Leningrad, Sovjetunionen, 87, 152. Se också S:t Petersburg.
 Leskinen, V., 134, 135, 136, 137, 178, 229, 296, 299.
 Leverenz, R., 202, 211.
 Lianyungang, Kina, 205.
 Libyen, 161, 162, 175, 176, 191, 192, 193, 218, 232.
 Lindblom, S., 85.
 Lindeberg, H., 106, 107.
 Lindholm, S., 53.
 Lindley, A. L. G., 45.
 Lindroos, V., 72.
 Lingen, Tyskland, 35, 224.
 Linkomies, E., 96.
 Lister, B. A. J., 263.
 Load factor, 31, 45, 46, 61, 203, 204.
 Lokomo Oy, 123.
 Lovisa (Lovisa 1–3), 7, 8, 9, 10, 11, 12, 34, 35, 76, 78, 105, 111, 112, 113, 114, 115, 118, 119, 132, 135, 136, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 152, 153, 155, 156, 159, 160, 161, 162, 164, 170, 175, 180, 182, 183, 191, 192, 193, 199, 200, 203, 204, 205, 215, 216, 219, 220, 227, 229, 230, 231, 233, 283, 297, 298, 299.
 Luoto, U. A., 43, 49, 79, 101, 105, 106, 114, 120, 121, 133, 148, 227, 228, 296, 297, 299.
 Macartney-Filgate, J., 46.
 Magnox, reaktor, 32, 46, 223.
 Maklakov, A. S., 114, 136, 137, 150, 153, 154, 159, 193.
 Malaska, P., 115, 227, 295.
 Malm (Malmi 1–2), 187, 189.
 Maltjev, N. D., 137.
 Manhattanprojektet, 29.
 Manninen, J., 85, 101.
 Mansfield, M., 25.
 Marcoule, Frankrike, 88.
 Markkanen, E., 147.
 Marviken, Sverige, 36, 37, 101, 103, 109, 128, 132, 133, 224.
 Marvin, G. G., 263.
 Masko, L. N., 137.
 Massachusetts Institute of Technology (MIT), 75.
 Matejovska, konsul, 175.
 Materials Testing Reactor (MTR), 27.
 Mattila, J., 49.
 Mattila, L., 85, 86, 101.
 Max Plancks Institut för Fysik, 35.
 ”Maximal Credible Accident”, 136.
 Maxmo, 57.
 McTighe, P., 134.
 MECSAP, dataprogram, 205.
 Melekess, Ryssland, 116, 117, 177, 227.
 Melvin, J. G., 31.
 Metallindustriföreningen i Finland, 104.
 Metex, 175, 176, 232.
 Michelsen, K. E., 22, 37, 101, 105, 133, 143, 145, 213, 230.
 Miettinen, J. K., 75.
 Miettunen, M., 145.
 Mikkola, I., 110.
 Mikkola, M., 86.
 Mikolajczak, J., 262.
 Mileikowsky, C., 37, 105, 114, 133, 295.
 Minenergo, se Sovjets Ministerium för Energiteknik och Elektrifiering.
 MIT, se Massachusetts Institute of Technology.
 Mochizuki, K., 38.
 Molin, Å., 164, 189.
 Monahov, generaldirektör, 114, 151, 152, 153, 154, 156, 159, 161, 215.
 MR, reaktor, 34.
 MTR, se Materials Testing Reactor.
 Munthe, A., 79.
 Murray, R. L., 61, 253, 255, 256.
 Mussalo, 107, 295.
 Mustakallio, S., 64.
 Mutru, M., 68, 85, 120.
 Mykkänen, L., 80, 91, 177.
 Myllyntaus, T., 69, 72.
 Mäkinen, J. K., 72.
 Mäkipentti, I., 85, 86, 102, 114, 115, 136, 153.
 Mäntyluoto, 152, 154, 177.
 Määtänen, E., 106.

- Nagasaki, Japan, 29, 30, 63.
 National Experimental Research Reactor (NRX), 30, 31, 223.
 NEA, OECD:s kärnenergiorganisation, 86.
 Nedovic-Budic, Z., 205.
 Neisser, U., 56.
 Neles, 181, 287, 288, 289, 291, 292.
 Neporoshny, V., 114, 143, 146, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 159, 160, 289, 291, 292, 297.
 Neste Oy, 142.
 Nesterov, M. M., 137.
 von Neuman, J., 26.
 Nevanlinna, L., 45, 74, 101, 104, 115, 153.
 Nevsky, V. P., 114, 143, 153, 154, 156, 159, 297.
 Nicolin, C., 114, 164.
 Niini, R., 23, 64.
 Nilsson, L. 189, 195.
 NKA, se Nordiskt Kontaktorgan for Atomsporgsmål.
 Nobelinstitutet, 23.
 Nobels fredspris, 68, 74.
 Nokia Oy Ab, 106, 109, 141, 143, 154, 155, 177, 203, 205, 208, 209, 210, 227, 277, 287, 288, 291, 292, 296.
 The Non-Proliferation Treaty (NPT), 192.
 Nord-Irland, 87.
 Nordiska Rådet, 66.
 Nordiskt Kontaktorgan for Atomsporgsmål (NKA), 66, 86.
 Nordita, institut för teoretisk fysik, 66.
 Nord-Korea, 68.
 Norilskprojektet, 153.
 Norman, D. A., 263.
 Norman, K., 134, 135.
 North Carolina State University, 28, 63.
 Novitsky, V., 153, 154.
 Novosibirsk, Ryssland, 24.
 Novo-Voronesh (Novo-Voronesh 1–4), Ryssland, 34, 49, 112, 114, 116, 117, 118, 136, 137, 147, 177, 178, 179, 195, 224, 227.
 NPDP, se The Nuclear Power Demonstration Reactor.
 NPT, se The Non-Proliferation Treaty.
 NRU, reaktor, 30, 31.
 NRX, se National Experimental Research Reactor.
 The Nuclear Power Group, 46.
 nuclear scandinavia, 119, 120, 174.
 The Nuclear Power Demonstration Reactor (NPD), 31, 50, 223.
 Nucleonics Week, 42.
 Numminen, K., 24, 77, 78, 86, 104, 114, 115, 121, 136, 138, 139, 143, 145, 146, 153, 154, 161, 192, 195, 199, 201, 215, 216, 223, 227, 295.
 Numminen, P., 138.
 Nurmimäki, K., 139, 144, 146.
 Nuutila, M., 106.
 Nya Pressen, 83, 138.
 Nykopp, J., 132.
 Nyman, B. Th., 106, 114, 120, 227, 296.
 Näsman, R., 107, 108.
 Oak Ridge, Tennessee, USA, 27, 29, 75, 83, 114.
 The Oak Ridge School of Reactor Technology, 66.
 Obninsk, Ryssland, 34, 116, 117, 223, 227.
 Obrigheim, Tyskland, 36, 224.
 OECD, 66, 86.
 Ogra, aggregat, 87.
 Oldbury, reaktor, 46.
 Olkiluoto (Olkiluoto 1–3), 7, 8, 9, 10, 11, 12, 78, 109, 111, 112, 113, 114, 154, 159, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 175, 199, 200, 203, 204, 205, 206, 209, 210, 211, 218, 219, 220, 221, 231, 232, 233, 297, 298, 299.
 Olsen, R., 104.
 Onkalo, lagret för använt bränsle, 202, 203.
 Ontario Hydro, företag, 31, 144, 223.
 Opas, P., 153, 159.
 Oravais, 149, 151.
 Oreshkin, V. A., 25.
 Oskarshamn (Oskarshamn 1–3), Sverige, 128, 133, 155, 172, 205.
 Outokumpu Oy, 39, 72.
 Overbye, S., 29, 244.
 Paaermaa, R., 153, 154, 158.
 Paasikivi, J. K., 23.
 Paasio, R., 109.
 Paducah, Kentucky, USA, 29.
 PAFEC, dataprogram, 205.
 Pajunen, K., 54, 197.
 Pakistan, 68.
 Paks, Ungern, 191.
 Palmén, B., 85, 86.

- Palme, O., 164.
 Palmgren, A., 74, 113, 114, 116, 147, 148, 195, 200, 201, 230, 231, 232, 250.
 Palo, H., 186, 205, 206.
 Paloheimo, M. R., 74.
 Palva, V., 86.
 Pargas Kalk Ab, 109.
 Patel, R., 54.
 Patolitsev, minister, 122.
 Patton, M. G., 54, 214.
 Pawli, L., 178, 180, 245.
 Peath, F. D., 57, 217.
 Pelin, R., 52.
 Peltola, S., 71.
 Penn[sylvania] State University, 27, 28.
 PEON, se Production d'Electricité Nucleaire.
 Perklén, M., 186, 205.
 Perrin, F., 33.
 Perusvoima Oy, 74, 195, 197, 232, 298, 299.
 Perusyhtymä, 146, 230.
 Peterskyrkan, Vatikanen, 79.
 Petrosjants, A., 136, 137.
 Petterson, F., 106.
 Pigford, T. H., 29, 30, 263.
 Pinto, J. K., 205.
 Pirilä, P., 71, 73, 74, 101.
 Piispanen, R., 154.
 Pohjolan Voima Oy, 45, 76, 102, 108, 109, 114.
 Politbyrå, 136.
 Popper, K. R., 57, 217.
 Porkala, 118.
 Portsmouth, Ohio, USA, 29.
 Posiva, företag, 202, 203, 249.
 Postavalov, Atomenergoexport, 152.
 Potila, A., 107.
 Production d'Electricité Nucleaire (PEON), 33.
 PSAR 1–2, säkerhetsrapport, 188.
 Puhakka, L., 45.
 Pääjärvi, 153.
 Pöyhönen, L., 105.

 Raade, U., 102.
 Rahola, J., 84, 97.
 Raiko, R., 71, 73.
 Randers, G., 43, 44.
 Ranta, O., 101.
 Rantala, E., 114, 153, 154, 156, 157, 158, 159, 160, 175, 189.
 Rantala, H., 73.
 Rantala, P., 136.
 Rask, T., 138.
 Rastas, A., 75, 86, 110, 202.
 Rastor Oy Ab, 123.
 Rauma-Repola Oy, 105, 106, 109, 151, 152, 154, 155, 177, 269, 270, 271, 277, 287, 288, 289, 291, 292.
 Raumolin, H., 195.
 Rautaruukki, 72, 141, 153.
 RBMK (RBMK-1000), reaktor, 34, 198, 224, 260, 261, 298.
 Regnell, B., 67, 74, 75, 79, 86, 93, 95, 97, 114, 115, 120, 139, 140, 227, 295.
 Rehbinder, B., 78, 84, 102, 108, 109, 114, 132, 164, 227, 231.
 Reisberg, D., 76.
 Rekola, E., 191.
 Repstad, P., 52, 54, 217.
 Reunala, L., 153, 159.
 Rhodes, R., 29, 63.
 Ringbom, A., 114.
 Ringhals (Ringhals 1), Sverige, 155, 166.
 Risley, Storbritannien, 32, 133.
 Rockwell, T., III, 256, 257, 258, 259.
 Rodgers, O. E., 252.
 Rosner, C., 87.
 Roos, P.-O., 106, 296.
 Rossi, B. B., 262.
 Rossi, R., 134.
 Rothleder, B. W., 83.
 Rotkirch, E., 43, 66, 79, 80, 250.
 Routti, J., 70, 71, 85, 86.
 Ruuska, I., 113.
 Ryska Vetenskapsakademien, 34.
 Rytönen, U., 45.

 Saavalainen, R., 154.
 Saclay, Frankrike, 33, 223.
 Safronov, Atomenergoexport, 149, 151.
 Salimäki, K. E., 64.
 Salin, J., 66, 114.
 Salmela, A. J., 45.
 Salmenkallio, E., 79.
 Salo, M., 151, 154.
 Salonen, minister, 114, 123, 228, 296.
 S:t Petersburg, Ryssland, 34, 198, 224. Se också Leningrad.
 Santaholma, J., 153, 195.
 Saudi-Arabian Light, 70.

- Savela, V., 24.
 Savo, 83, 98.
 Savolainen, S., 210.
 Savon Sanomat, 79, 84, 98.
 Schultz, M., 260, 261, 262.
 Schwenk, H. C., 252.
 SECURE, reaktor, 175, 187, 188, 189, 194, 232.
 Selengut, D. S., 254.
 The Senate of the United States, 25.
 Serlachius, R. E., 78, 84, 97, 102, 114.
 Servan-Schreiber, J. L., 220.
 SGHWR, se The Steam Generating Heavy Water Reactor.
 Shannon, R. H., 252.
 Shippingport, Pennsylvania, USA, 30, 87, 222.
 Siemens (Siemens AG), 35, 141, 143, 145, 181.
 Silvennoinen, P., 201.
 Simelius, general, 96.
 Simola, P., 139.
 Simonen, A., 67, 114, 134, 135.
 Simons, L., 23, 114.
 Sizewell, Storbritannien, 103.
 Skatshkov, S. A., 136, 137, 159, 229, 296, 299.
 Skoda, Tjeckoslovakien, 189.
 Skygge, ingenjör, 189.
 Skånska Cementgjuteriet, 169.
 Slätis, H., 23.
 Smeds, B., 109, 114.
 Smeljakov, J., 114, 149, 150, 159.
 Soininen, P., 141.
 SOLAX, dataprogram, 205.
 Soldatsky, Atomenergoexport, 151.
 Sormanto, K., 45.
 Sorsa, K., 164.
 Sosnovy Bor, Ryssland, 34, 198, 224.
 South of Scotland Electricity Board, 45.
 Sovjets Ministerium för Energiteknik och Elektrifiering (Minenergo), 114, 136, 143, 146, 152, 159, 160, 297.
 Sovjetunionens ministerråd, 114, 146, 298.
 Spillman, B. W., 89.
 Springfield, Storbritannien, 132, 133.
 Stade, Tyskland, 36, 224.
 Staebler, U. M., 30.
 Stagg Field, Illinois, USA, 28.
 Stal-Laval Turbin AB, 123, 175.
 STANDIX, program, 206.
 Starrin, B., 54.
 Statens tekniska forskningscentral, 88, 89, 96, 114, 141, 147, 179, 187, 203, 232. Se också VTT.
 Staub, H. H., 262.
 The Steam Generating Heavy Water Reactor (SGHWR), 32, 46, 121, 223, 260, 262.
 Stepanov, V. S., 146, 157.
 Stevens, R., 206.
 Stigzelius, H., 45.
 Stjernschantz, G., 43, 79, 108.
 Storholmen, Bromarv, 163.
 Strålskyddskommissionen, 66, 85.
 Strålsäkerhetscentralen, 66, 74, 113, 114, 136, 145, 154, 159, 197, 201.
 Strömberg Oy Ab, 105, 106, 107, 141, 154, 155, 172, 181, 182, 284, 289, 295, 297.
 Studsvik, Sverige, 36.
 Styrborn, S., 54.
 Suchov, A., 134.
 Suila, M., 106.
 Sulzer Brothers, företag, 141, 181, 191.
 Sundberg, A., 164.
 Sunell, M. M., 163.
 Suomalainen ydinvoimalaitos, 22, 213.
 Suomen Atomiteollisuusryhmä – Finlands Atomindustrigrupp, se Finlands Atomindustrigrupp.
 Suomen rakennusurakoitsijaliitto, 159.
 Suomen Sosialidemokraatti, 95.
 Suomi, J., 23, 76, 118, 122, 134, 135, 143, 164.
 Suoninen, E., 57.
 Svanljung, K., 109.
 Svetogorsk, Ryssland, 153.
 SYMAX, dataprogram, 206.
 Szilard, L., 27.
 Säkerhetskommittén för atomärenden, 85.
 Sänkiahö, R., 73.
 Särkikoski, T., 22, 37, 101, 133, 143, 145, 213, 230.
 Taimiaho, A., 154.
 Tamminen, A., 147.
 Tampella Oy Ab, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 115, 132, 152, 154, 155, 169, 172, 177, 227, 277, 287, 288, 289, 291, 292, 294.
 Taranger, P., 33.
 Tarjanne, R., 71, 73, 101, 200.
 Tebelius, U., 54.
 Technical University of Helsinki, se Tekniska högskolan.

- Technische Universität Berlin, 59.
 Technopromexport (V/O Technopromexport),
 106, 114, 118, 120, 121, 122, 133, 134, 135,
 136, 137, 138, 139, 142, 143, 150, 164, 179,
 180, 205, 216, 228, 229, 232, 296, 297, 298,
 299. Se också Atomenergoexport.
- Teerimäki, N., 39, 72, 137.
 Tekes, 203, 210.
 TEK, kraftbolag, 175, 192.
 Tekniikka & Talous, 220.
 Teknillinen korkeakoulu, se Tekniska hög-
 skolan.
 Tekniska Föreningen i Finland (TFiF), 74.
 Tekniska högskolan, 8, 10, 12, 45, 59, 67, 79,
 83, 84, 88, 89, 92, 96, 97, 98, 114, 115, 147,
 219, 226, 227, 233, 256, 294.
 Teollisuuden Voima – Industrins Kraft, 7, 9,
 10, 11, 109, 227, 296, 298. Se också Indu-
 strins Kraft.
 Teollisuus-Huber Oy Ab, 123. Se också Huber
 Oy Ab.
 Termeca Engineering Oy Ab, 186, 206.
 TFiF, se Tekniska Föreningen i Finland.
 Thompson, A. S., 250.
 Three Mile Island, Pennsylvania, USA, 141,
 162, 176, 189.
 Tiainen, O., 86.
 Timperi, J., 113, 178.
 Tjernobyl, Ukraina, 8, 10, 12, 34, 36, 195, 196,
 197, 198, 220, 224, 232, 233, 261, 293, 298,
 299.
 Tjirikova, N., 137.
 Toffler, A., 208.
 Togo, Y., 38.
 Toikka, L., 79.
 Tokai, forskningsinstitut för atomenergi, 38.
 Tokamak-15, fusionsreaktor, 34.
 Torgprompalata, ryska handelskammaren,
 143.
 Torkkeli, E., 186, 205.
 Toshiba, företag, 221.
 Tossavainen, K., 86.
 Trawsfynydd, Storbritannien, 87.
 Tricastin, Frankrike, 29.
 Trieste, Italien, 68.
 TRIGA, reaktor, 34, 88, 89, 95, 98, 100, 101,
 205, 226.
 Truman, H. S., 63.
 Tuovinen, I., 154, 178, 183.
 Turetsky, doktor, 182.
 Tuuli, R., 106.
 UKAEA (United Kingdom Atomic Energy
 Authority), 43, 45, 46, 66, 118, 121, 122,
 123, 124, 132, 133, 134, 135, 213, 227, 265,
 267.
 United Kingdom Atomic Energy Authority,
 se UKAEA.
 University of Chicago, 27, 63.
 University of Columbia, 27.
 USAEC (US Atomic Energy Commission), 27.
 Se också The Atomic Energy Commission
 of the United States.
 Utrikesministeriet, 134, 136, 159.
 Uusi Suomi, 84, 95, 97, 133.
 Uusitalo, H., 55.
 Uusitalo, K., 175.
 Vaara, E., 85, 110, 115, 159.
 Vahervuori, T. O., 85.
 Valkom, 143, 230.
 Vallecitos Boiling Water Reactor (VBWR), 27,
 30, 65, 87, 222.
 Valmet Oy, 103, 104, 105, 106, 107, 115, 140,
 142, 145, 154, 155, 177, 227, 277, 284, 287,
 288, 289, 291, 292, 294, 295.
 Valve, S., 93.
 Vapaavuori, O., 31, 32, 49, 50, 66, 67, 75, 104,
 107, 108, 110, 114, 115, 116, 142, 143, 144,
 223, 227, 265, 267, 295.
 Varjola, A., 79.
 Varkaus, 80, 81, 83, 91, 95, 213, 256, 263.
 Varto, J., 55, 217.
 Vasabladet, 133, 218.
 VBWR, se Vallecitos Boiling Water Reactor.
 Vendelin, svetsare, 80.
 Ventureprojektet, 31, 104, 142.
 Verkstadsindustrin i Varkaus, 44, 78, 79, 80,
 84, 89, 90, 92, 94, 98, 131, 177, 226, 287,
 294.
 Vestola, mästare, 80.
 Viikkosanomat, 83.
 Vik, 187.
 Vilkamo, S., 202.
 Virolainen, J., 24.
 Virtanen, A. I. V., 74, 85, 114.
 Voimayhdistys Ydin, 25, 43, 44, 45, 47, 50, 78,
 79, 84, 97, 104, 108, 114, 119, 219, 222,
 224, 226, 233, 294, 299.
 Volkswagen, 82.

- Voutilainen, A., 186, 205, 206.
 VTT (Valtion teknillinen tutkimuskeskus), 91, 114, 188. Se också Statens tekniska forskningscentral.
 Vuojoki herrgård, 58.
 Vuori, S., 202.
 Vuorinen, A., 74, 86, 99, 112, 114, 116, 118, 124, 136, 153, 154, 159, 193, 195, 204.
 VVER-reakortyp (VVER-440, -1000, -91, -92), 34, 136, 141, 158, 205.
 Väyrynen, H., 139.
 Väänänen, Y., 116, 227.
 Vörå, 23, 57, 95, 196.
- Wahlström, K-G., 118, 138.
 Walla, E., 55.
 Wallac Oy, 123.
 Wallén, G., 50, 212, 213.
 Wallenberg, M., 122, 134, 164.
 Warkauden Lehti, 24, 84, 89, 95, 98.
 Warkaus Bruk, 78, 89, 90, 94, 226.
 Warkaus Verkstad, se Verkstadsindustrin i Varkaus.
 Wasastjerna, J. A., 23, 74, 114.
 Weckström, E., 80, 91, 177.
 Weil, G., 28.
 Westerberg, N., 43, 50, 59, 66, 67, 75, 101, 107, 108, 114, 250.
 Westerholm, W., 36, 109, 110, 132, 165, 167, 168, 169.
 Westerlund, B., 109, 114, 164, 166, 227, 296.
 Westinghouse (Westinghouse Electric Corporation), 27, 30, 33, 85, 118, 120, 124, 133, 140, 141, 142, 145, 164, 165, 192, 223, 231.
 Westinghouse International Atomic Power Co. Ltd., 123.
 Westinghouse/Siemens, 115.
 Wheelwright, S. C., 178.
 Whetten, D. A., 197.
 Wick, R. S., 254.
 Wigner, E., 29.
 Wiherheimo, minister, 96, 97, 98.
 Wikstedt, K., 205.
 Wikström, K., 250.
 Wilh. Schauman Oy Ab, 109.
 Windscale, Storbritannien, 46.
 Winfrith, Storbritannien, 32, 33, 46, 109, 132.
 Winter, J., 55, 214.
- The World Energy Conference, 75.
 W. Rosenlew & Co. Oy Ab, 106, 107, 109, 152, 154, 155, 227, 277, 287, 288, 289, 291.
 Wuolle, B., 39.
 Wuori, ambassadör, 24.
 Würgassen, Tyskland, 36, 224.
 Wärtsilä, 105, 106, 107, 140, 141, 146, 154, 155, 173, 227, 277, 287, 288, 289, 291, 292.
- Ydin Exponential Pile (YXP), exponential-mila, 8, 10, 12, 79, 80, 82, 83, 84, 88, 89, 101, 112, 114, 131, 213, 233.
 Ydin-serie (1-27), 40-50, 104, 142.
 Yhtyneet Paperitehtaot Oy, 109.
 Yleinen Insinööritoimisto, 142, 145, 230.
 Ylijoki, O. H., 53.
 YXP, se Ydin Exponential Pile.
- Zakucki, H., 262.
 Zeep, reaktor, 30, 223.
 Zinn, W., 28, 88.
 Zoe, reaktor, 33.
- Åbo Akademi, 59, 66, 78, 114, 218, 250.
 Ågesta, 36, 37, 48, 224.
- Öjskatan, 149, 150.

Introduktionen av kärnkraften i Finland var en lång och komplicerad process. Landets läge mellan öst och väst krävde en delikat balansgång som i mycket styrdes av president Urho Kekkonen. Hans marschorder gällande kärnkraften lydde: Lovisa och Technopromexport (Sovjetunionen) först och sedan Olkiluoto och Asea-Atom (Sverige). Den inhemska industrin gjorde detta möjligt. Dess insats kompen- serade i fallet Lovisa den kompetensbrist som den sovjetiska leverantören uppvisa- de inom vissa områden.

Åbo Akademis förlag
ISBN 978-951-765-473-9

978951765473-9



9789517

654739