

ATS

Tiedotuslehti n:o 3/1974

Sisältö:

LOVIISA 1 PROSESSITIETOKONEJÄRJESTELMÄ

Esitelmä ATS:n kokouksessa 1973-12-13

J.Saastamoinen

ÖLJY JA SUOMEN ENERGIATILANNE

Esitelmä ATS:n kokouksessa 1974-01-31

P.Grönlund

KÄRNBRÄNSLEFÖRSÖRJNING

Esitelmä ATS:n kokouksessa 1974-01-31

E.Svenke

TL Jaakko Saastamoinen:

LOVIISA 1 PROSESSITIE TOKONEJÄRJESTELMÄ

Esitelmä ATS:n kokouksessa 1973-12-31

1

Yleistä

Nokia Elektroniikan ja Imatran Voiman kesken solmittiin 1972 hankintasopimus, jonka mukaisesti Nokia Elektroniikka toimittaa Loviisa 1 prosessitietokonejärjestelmän, ja myöhemmin on yhtiöiden välillä solmittu myös Loviisa 2 tietokonejärjestelmää koskeva hankintasopimus.

Nokian toimitukseen kuuluu tietokonejärjestelmän laitteisto sekä systeemisuunnittelu ja ohjelmointi Imatran Voiman laatimien käyttöspesifikaatioiden sekä sovellutusohjelmien laskualgoritmien mukaisesti.

Tietokonejärjestelmän funktionaalisenä roolina Loviisa 1:ssä on lähinnä laitoksen käytön valvonnassa ja suunnittelussa tarvittavan informaation tuottaminen. Sen sijaan tietokonejärjestelmä ei osallistu laitoksen säätöön eikä suojaukseen.

Tietokonejärjestelmän laitteistokomponentit sijaitsevat laitoksen valvomossa, sen vieressä olevassa tietokonehuoneessa sekä tämän alapuolella olevassa elektroniikkahuoneessa. Valvomossa on tietokonejärjestelmän laitteistosta operaattorin ja tietokonejärjestelmän välistä kommunikaatiota varten viisi katodisädeyttyä näyttölaiteyksikköä sekä funktio- ja keyboard-näppäimistöt operaattoripaneliin upotettuna, yksi liikuteltava näyttölaiteyksikkö ja kaksi raporttikirjoitinta.

2

Tietokonejärjestelmän tehtävät

Taulukossa 1 on esitetty luettelo Loviisa 1 prosessitietokonejärjestelmän tehtävistä.

Suoritettavien tehtävien osalta Loviisa 1 prosessitietokonejärjestelmä edustaa kehittyntä järjestelmää PWR-tyyppisten ydinvoimalaitosten tietokonejärjestelmien joukossa. Tämä koskee erityisesti operaattorin ja tietokonejärjestelmän välisen kommunikaation toteutusta sekä suoritusarvolaskuja.

Spesifioitujen tehtävien tietokoneteknillisen toteuttamisen kannalta eroaa Loviisa 1 muista vastaavatyypisistä ydinvoimalaitoksista sikäli, että tietokonejärjestelmään johdettavien mittausviestien lukumäärä on epätavallisen suuri. Niinpä analogia- ja binääri viestien lukumäärät ovat noin 2000 ja 4000 vastaavasti. Syynä mittausviestien suureen lukumäärään on prosessikomponenttien suuri lukumäärä ja konventionaalisen instrumentoinnin vähentäminen tietokonejärjestelmää hyväksikäyttäen.

Analogiamittapisteiden tunnusteluväli vaihtelee alueella 1...60 s mittauksesta riippuen. Suurin osa binääri viesteistä tunnustellaan neljä kertaa sekunnissa, kun taas pienempi osa tunnustellaan 10 ms:n välein.

Analogiaviestien esikäsittely on samantapaista kuin minkä tahansa prosessitietokonejärjestelmän tapauksessa käsittäen mm. mielekkyystarkistuksen, suodatuksen, linearisoinnin ja muunnon insinööriyksiköksi.

Koska laitoksen hälytysjärjestelmä perustuu primäärisesti tietokonejärjestelmän hyväksikäyttöön muodostaa hälytysten käsittely olennaisen osan tietokonejärjestelmän tehtävistä. Hälytysten käsittelyyn kuuluvat mm. raja-arvovalvonta, esto- ehtojen käsittely sekä hälytysviestien näyttö ja raportointi.

Mittaus- ja laskutulosten näyttö tapahtuu noin 150 erilaisen, operaattorin ohjauspanelissa olevien näppäimistöjen avulla valittavissa olevien nk. formaattien kautta näyttölaiteyksiköillä. Nämä formaatit voivat olla alfanumeerisia, graafisia tai prosessikaavioformaatteja.

Raportteja laaditaan useisiin erilaisiin käyttötarkoituksiin. Ne ovat joko automaattisesti säännöllisin väliajoin tai operaattorin pyynnöstä tulostuvia.

Laitoksen suoritusarvolaskuihin kuuluvat mm. reaktorin termisen tehon ja kehitetyn energian laskenta sekä laitoksen käyttötalouden ja komponenttien kunnan valvontaan liittyvät laskut.

Reaktorin suoritusarvolaskuihin kuuluvat mm. reaktorisydämen tehotiheysjakautuman, termisten marginaalien, reaktiivisuusbalanssin ja polttoaineen palamajakautuman määrääminen.

Tietokonejärjestelmän laitteisto

Kuva 1 esittää Loviisa 1 prosessitietokonejärjestelmän laitteistokokoonpanoa pääpiirteissään.

Laitteiston pääkomponentit ovat:

- päätietokoneet standardiperiferialaitteineen
- pienoistietokoneet standardiperiferialaitteineen
- analogiadatakonsentraattoriasemat
- digitaaliadatakonsentraattoriasema
- näyttölaitteet
- raporttikirjoittimet

Laitteistokokoonpanon karakteristisimmat piirteet ovat pienoistietokoneiden käyttö analogiaviestien keruuseen sekä voimakas redundanttisuus. Päävai-kuttimena viime mainittuun on tietokonejärjestelmälle asetettu korkea käytettävyyksivaatimus.

Päätietokoneet ovat samanlaisia, joista normaali-tilanteessa vain toinen on on-line käytössä toisen, nk. varakoneen ollessa valmiina ottamaan on-line tehtävät suorittaakseen, mikäli ensinmainittu tietokone vioittuu. Tehtävien vaihto tapahtuu automaattisesti. Varatietokonetta voidaan normaali-tilanteessa käyttää off-line tyyppiseen laskentaan. Loviisa 1 prosessitietokonejärjestelmän varatietokone toimii samalla myös varatietokoneena Loviisa 2 prosessitietokonejärjestelmässä.

Päätietokoneiden pikamuistin koko on 48 Kbyteä á 24 bittiä ja muistijakson pituus 1µs. Ohjelmointikielinenä voidaan käyttää Fortrania, Algol-tyyppistä kieltä nimeltä Coral sekä assembler-tasois-ta kieltä.

Samoin kuin päätietokoneiden tapauksessa myöskin pienoistietokoneiden kohdalla normaalisti vain toinen tietokone huolehtii analogiaviestien käsittelystä päätietokonetta varten ja tehtävien vaihto varatietokoneelle tapahtuu vioittumistilanteessa automaattisesti. Pienoistietokoneita voidaan käyttää myöskin itsenäisesti niin, että analogiadatakonsentraattoriasemat jaetaan tietokoneiden kesken ja kumpikin suorittaa mittaviestien keruuta, esikäsitteilyä ja tulostusta. Näin voidaan menetellä mm. siinä laskennollisesti erittäin harvinaisessa tapauksessa, että molemmat päätietokoneet ovat vioittuneena samanaikaisesti tai että järjestelmän tiedonsiirtokanava nk. highway vioittuu. Pienoistietokoneita käytetään itsenäisesti myöskin laitoksen käyttöönottovaiheessa instrumentoinnin tarkistuksessa ja komponenttien käyttöönottoesteissä, jolloin päätie-

tokoneita ei vielä tarvita Loviisassa.

Pienoistietokoneiden pikamuistin koko on 16 Kbyteä ja muistijakson pituus on 900 ns.

Analogiamittaviestien keruu tapahtuu kaikkiaan 13 datakonsentraattorin kautta, joista osa kuuluu varsinaiseen tietokonejärjestelmätoimitukseen Imatran Voimalle ja osa Finnatom/Nokia Elektroniikan reaktorin sisäisen instrumentoinnin järjestelmän toimitukseen Atomenergoexportille. Datakonsentraattoriasemissa tapahtuu mm. matalatasoisten mittaviestien signaalisovitus, multipleksointi ja vahvistaminen sekä edelleen muuntaminen digitaalimuotoon.

Digitaalinen datakonsentraattoriasema koostuu kolmesta osasta: nopeasta, hitaasta sekä keskeytyspohjaisesta tunnustelumodulista. Suurin osa binäärisistä kontaktiviesteistä johdetaan hitaan modulin kautta. Keskeytyspohjaisen modulin kautta johdetaan varsinaisten laitokselta tulevien viestien ohella mm. operaattoripanelin funktionäppäimistöön viestit.

Hälytysten sekä mittaus- ja laskutulosten näyttöön käytetään kaikkiaan seitsemää 21" mustavalkoista 4 Kbyteä puskurimuistilla varustettua näyttölaiteyksikköä, joista kuusi on valvomossa ja yksi tietokonehuoneessa. Kaksi operaattoripanelissa olevasta viidestä näyttölaiteyksiköstä on omistettu hälytysten näyttöön.

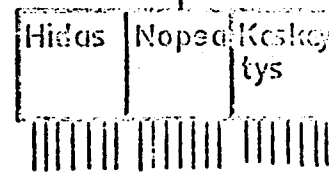
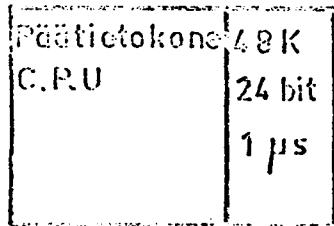
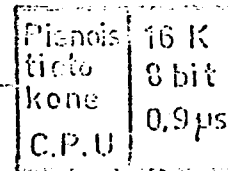
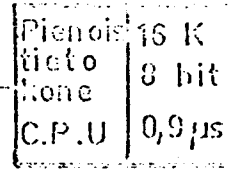
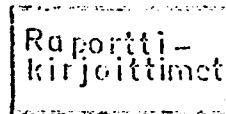
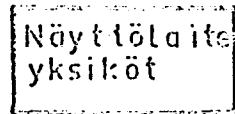
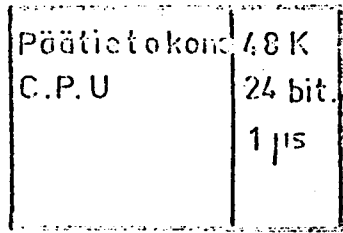
Raporttien tulostukseen käytetään kaikkiaan neljää raporttikirjoitinta, joista kaksi on valvomossa ja kaksi tietokonehuoneessa. Toinen tietokonehuoneessa olevista raporttikirjoittimista on omistettu hälytysten raportointiin. Raporttikirjoittimien maksimaalinen rivin pituus on 132 karakteria ja kirjoitusnopeus on rivin pituudesta riippuen 60...150 riviä minuutissa.

Taulukko 1.

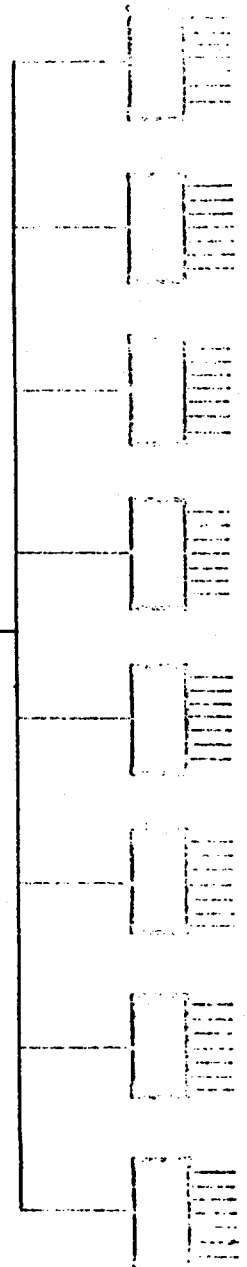
Loviisa 1 prosessitietokonejärjestelmän tehtävät

1. Analogia- ja binääriviestien keruu ja esikäsittely
2. Hälytystarkistus, -näyttö ja -raportointi
3. Mittaus- ja laskutulosten näyttö
4. Raporttien laatiminen
5. Laitoksen suoritusarvolaskut
6. Reaktorin suoritusarvolaskut

Varakone



Digitaalitietokonsentraattori-
asema



ANALOGI-DATAKONSENTRAATTORIASEMAT

Paavo Grönlund

Alustus Suomen Atomiteknillisen Seuran
vuosikokouksessa 1974-01-31

Öljy ja Suomen energiatilanne

Jotta voitaisiin tarkastella öljyn ja Suomen energiatilanteen välistä suhdetta, on syytä aluksi esittää muutamia keskeisiä piirteitä siitä yleisestä kehityksestä, joka on johtanut Suomenkin energiatilanteen niihin vakaviin kriisinluonteisiin ilmiöihin, joiden parissa joudumme paraikaa kamppailemaan.

Ensinnä on todettava, että taloudellinen kasvu kaikissa kehittyneissä maissa samoin kuin myös kehitysmaissa on voimakkaasti rakentunut halvan energian saannin varaan.

Maailman energiavaranto eri muodoissaan on käytännöllisesti katsoen mittaamaton, joten pitkällä tähtäimellä ei ole kysymys suoranaisestä energian puutteesta. Ensi sijassa maailmanlaajuisessa energiakriisissä on kysymys siitä, että energian kulu- tus on kasvanut nopeammin, ja energian tarve jatkossakin kasvaa nopeammin kuin sitä lähitulevaisuudessa käytettävissä olevilla menetelmillä pystytään tuottamaan ilman, että tähänastinen luuloteltu tasapaino järkkyisi.

Tähänastinen kehitys on johtanut ensinnäkin siihen, että öljyn osuus primäärisistä energialähteistä on kasvanut hyvin nopeasti. Vuonna 1960 öljyn osuus oli 33 % ja vuonna 1970 44 %, eli öljytonneina v. 1960 1,0 mrd tonnia ja v. 1970 2,2 mrd tonnia. Jos öljyn käyttö edelleen lisääntyisi samaa 8 %:n vuosivauhtia, tulisivat maailman tällä hetkellä tunnetut öljyvarat, ehkä n. 100 mrd tonnia loppuunkäytetyiksi vuonna 1990. Tämä on kuitenkin aivan näennäinen laskelma, sillä maailman tunnetut öljyvarat ovat tähän asti lisääntyneet nopeammin kuin niiden käyttö. Kun otetaan huomioon uusien energialähteiden käyttöön ottamisen

hitaus, voidaan kuitenkin pelätä, että öljyn käyttö on kasvanut nopeammin kuin tiedossa olevat ja potentiaalisetkin öljyvarat edellyttäisivät.

Viime vuosina öljyn kulutuksen lisäys on jouduttu kasvavassa määrin tyydyttämään lähi-idän öljyntuotantoa lisäämällä, ja tulevaisuudessa lähi-idän öljyyn joudutaan turvautumaan lisääntyvässä määrin.

Monet syyt ovat saaneet lähi-idän maat suhtautumaan varoen tuotannon lisäämiseen. Näitä syitä ovat öljyreservien edessä oleva loppuminen, kysynnän kasvun hintoja korottava vaikutus, mihin liittyvät kasvaneet öljytulot ns. osakkuussopimusten johdosta samoin kuin se, että öljytuloille ei löydy järkevää käyttöä useissa arabimaissa. Kun näin on, on ilmeistä, että öljy antaisi toistaiseksi parhaan koron, kun sitä säilytetään maan sisässä. Mutta keskeiseksi uudeksi tekijäksi erityisesti viime syksyn aseellisen selkkauksen jälkeen on kohonnut öljyn tärkeys valtapoliittisena keinona. Eräinä lisäpiirteinä öljyvaltapoliittisessa tilanteessa ovat arabimaiden pyrkimykset lisätä jalostamokapasiteettiaan ja tankkilaivastoaan asemansa edelleen voimistamiseksi.

Tilanteen kehittymisellä on Suomen öljyhuollon kannalta tärkeä merkitys. Raakaöljyistämme tuodaan 30 % ja öljytuotteista 22 % lähi-idästä. Pääosa öljystä tuodaan Neuvostoliitosta. Öljyn kulutus maassamme on vuosina 1960-1972 kasvanut keskimäärin 12 %:lla vuodessa kansantuotteen keskimääräisen kasvun ollessa samana ajanjaksona 4,5 %. Koko energian kulutuksemme on tänä aikana kasvanut lähes 7 %:lla vuotta kohden.

Niiden energiapoliittisten suunnitelmien mukaan, joita maassamme on 70-luvun alussa julkaistu, tyydytettäisiin kasvava energiantarpeemme jatkossakin lisääntyvässä määrin öljyn avulla siten, että kun öljyn osuus vuonna 1970 oli 54 %, olisi se suunnitelmien mukaan 57 % vuonna 1980. Öljyn käytön kasvuvauhti hidastuisi olennaisesti, mutta olisi edelleen nopeampaa kuin energian tarpeen kokonaiskasvu.

Ei voida olla varmoja siitä, että Neuvostoliitosta tuotavan raakaöljyn määrää voitaisiin lisätä sillä vauhdilla, kuin suunnitelmien mukainen jalostamokapasiteetin lisääminen edellyttäisi. Jos tähän ei päästä on seurauksena, että muista maista tuotavan raakaöljyn osuutta olisi lisättävä, jolloin energiahuoltomme tulisi nykyistä riippuvaisemmaksi kansainvälisen öljypoliittisen tilanteen heilahteluista. On mainittava, että Neuvostoliitosta tänä vuonna ostettavan raakaöljyn määrä riittäisi juuri ja juuri suunnitellun uuden jalostamoyksikön tarpeisiin. Ainakin vuoteen 1976 asti on lisääntyvä öljyntarpeemme tyydytettävä öljytuotteiden lisääntyvällä tuonnilla. Tämän lisätuonnin saamisen suhteen Neuvostoliitosta ei ole syytä olla kovin optimistinen, vaan tässäkin mielessä joutunemme yhä enemmän samaan epävarmuuden tilaan, jossa muutkin teollisuusmaat ovat, ts. riippuvaiseksi lähi-idän öljystä.

Edellä olevan tarkastelun mukaan Suomen öljytilanne lienee vaikein parin kolmen seuraavan vuoden aikana, sen jälkeen tilanne saattaa helpottua ohimenevästi, kunnes öljyreservien mahdollinen ehtyminen alkaa olennaisesti vaikuttaa. Energiapolitiikassamme on nopeasti suoritettava suuren luokan ratkaisuja, jotta energian riittävä saanti voitaisiin tulevaisuudessa turvata.

Kuten jo aikaisemmin olen maininnut, on energiakriisin eräänä olennaisena piirteenä öljyn hinnan kohoaminen. Tämä on luonnostaan johtanut myös muiden polttoaineiden hintojen ja sähkön tuotantokustannusten kohoamiseen. Kun Suomi äskettäin teki öljytuotteiden hintasopimuksen Neuvostoliiton kanssa, sidottiin hinta ns. Rotterdamin noteeraukseen, joka on eräänlainen keskiarvo tehtyjen kauppojen hintatasosta ja erittäin herkästi heilahteleva. Näin sovittujen hintojen perusteella valtioneuvosto teki viikko sitten päätöksen öljytuotteiden uusista hinnoista. Päätöksen mukaan raskaan polttoöljyn hinta nousi eniten eli 181 % viime vuoden lokakuun tasosta. Verrattuna viime vuoden keskihintoihin on raskaan polttoöljyn hinnankorotus yli 300 %.

Kun tiedetään, että maassamme kulutetaan n. 6 milj. tonnia raskasta polttoöljyä vuodessa, saadaan kulutuksen arvoksi n. 750

milj. mk vuonna 1973 ja lähes 3 mrd mk vuonna 1974. Tämä 2 mrd markan lisäys on n. 3 % bruttokansantuotteesta, 66 mrd mk, ja aiheuttaa näin ollen 3 %:n suuruisen kansantuotteen hintatason nousun. Kun samanaikaisesti muiden öljytuotteiden hintoja nostettiin ja myös hiilen hinta on kohonnut, nousee hintavaikutus ainakin 3,5 %:iin.

Toisaalta on arvioitu, että tuontipolttoaineiden hinnannousun johdosta tuontihintamme kohoavat kuluvana vuonna 8 % enemmän kuin vientihintamme. Koska vientimme on noin neljänneksen luokkaa kansantuotteesta menetämme, mikäli tämä kansantaloulosaston hinta-arvio pitää paikkansa, vaihtosuhtetappiona 2 % kansantulostamme ulkomaille. Tämä on karkea arvio siitä, paljonko reaalisen kansantulon mahdollisesta kasvusta jää toteutumatta energiakriisin seurauksena.

Taloudellisen kasvun mahdollisuuksiin vaikuttavat luonnollisesti monet tekijät, mutta eräänä keskeisenä tekijänä on kokonaistuotannon lisäys vientimme kannalta tärkeissä maissa. Aikaisemmin syksyllä arvioitiin näissä maissa tuotannon keskimääräiseksi kasvuksi 4 %. Tällä hetkellä arviot liikkuvat 1-2 %:n keskimääräisellä tasolla, joten vientinäköymämme ovat energiatilanteen johdosta olennaisesti huonontuneet. Tässä suhteessa emme ainakaan lyhyellä ajalla pysty paljoakaan vaikuttamaan tilanteeseen. Pitemmällä aikavälillä mahdollisuudet rakennemuutoksiin ja uusiin markkinoihin ovat olemassa.

Kotoisia keinoja tilanteesta selviämiseksi voidaan tarkastella useasta näkökulmasta, ja kaikissa tarkasteluissa on otettava huomioon sekä lyhyen tähtäimen että pitkän tähtäimen toimenpiteet.

Ensimmäisenä ovat energian säästötoimenpiteet. Valtioneuvoston joulun alla tekemän polttoaineiden kulutuksen rajoittamista koskevan päätöksen tavoitteena oli 10 %:n säästöön pääseminen energian normaalista kulutuksesta. Ideana oli edelleen se, että säästöjen tuli tapahtua tuotantotoimintaa supistamatta. Voimakkaimmin toimenpiteet kohdistuivat kiinteistöjen lämmitykseen.

Mutta myös teollisuuden piirissä voidaan ja on pakko suorittaa säästämistä jo kustannussyistä, joista aikaisemmin mainittiin. Edellä mainittiin myös, että raskaan polttoöljyn kulutus maassamme on noin 6 milj. t. Tästä käyttää teollisuus 3,6 milj. t eli 60 %. Yleensäkin teollisuus käyttää tuotetusta energiasta noin puolet, joten säästämisen kannalta teollisuudessa suoritetuilla säästämistoimenpiteillä voisi olla hyvin tärkeä merkitys. Tuotantoa vähentämättä ovat mahdollisuudet tähän kuitenkin varsin vähäiset. Asiantuntija-arvioiden mukaan voidaan energiaa paljon käyttävän prosessiteollisuuden kohdalla saavuttaa nykyisillä tuotantomenetelmillä ja koneistoilla 1-3 %:n säästö. Siirtymällä uusiin energiaa säästäviin laitteisiin ja työtapoihin voitaneen säästöä pitemmällä aikavälillä lisätä vielä ehkä 3-6 %. Sellaisilla aloilla, joilla tuotantoon käytetään verrattain vähän energiaa, saadaan suurimmat säästöt aikaan lähinnä teollisuustilojen lämmityksessä. Kokonaisuudessaan saavutettava säästö lienee parin prosentin suuruusluokkaa. Edellä esitetyt luvut ovat summittaisia keskimääräisiä tietoja, ja vaihtelut samojen teollisuusalojenkin sisällä ovat suuret. Siis säästämällä saadaan vain vähän aikaan.

Säästämistoimenpiteiden lisäksi joudutaan tutkimaan mahdollisuuksia kokonaan uusien tuotteiden kehittämiseen ja tuotannon uudelleen suuntaamiseen sellaisiin tuotteisiin, joissa energian osuus on vähäinen tai hinta suhteessa energian hintaan on edullinen. Tämä edellyttää varsin pitkän ajan prosessia ja tutkimus- ja tuotekehittelyyn sekä investointeihin uhrattuja varoja.

Ratkaisevinta Suomen tilanteen osalta sekä lyhyellä tähtämellä että pitkällä tähtämellä ovat energiapolitiittiset toimenpiteet ja koko energiapolitiikkamme periaatteiden ja suuntaviivojen selkiinnyttäminen. Lyhyellä tähtämellä on tavoitteena oltava ainakin energiantarpeen häiriötön tyydyttäminen mahdollisimman alhaisilla kustannuksilla ja sopeuttamalla hinnat sellaisiksi, ettei niiden epäsuhteesta aiheudu vääristymiä eri energiamuotojen välillä. Tämä on kieltämättä varsin vaikea tehtävä. Myös pitkän tähtäimen tavoitteeksi on asetettava turvattu energian saanti mahdollisimman alhaisiin kustannuksiin. Perusvaikutena

on vaihtoehtoisten investointiratkaisujen pitkä toteutumisaika. Mukaan tulee perustavaakin laatua olevien vinosuuntausten vaara. Tämä edellyttääkin suunnittelulta joustavuutta, jossa otetaan huomioon kaikki nähtävissä olevat toimintalinjat ja tutkitaan niiden toteuttamismahdollisuudet. Kysymyksessä on maailmanlaajuinen ongelma, joka meidän osaltamme edellyttää nykyistä huomattavasti laaja-alaisempaa strategista suunnitteluotetta, jotta kaikki energian turvattuun saantiin tulevaisuudessa liittyvät mahdollisuudet tulevat otetuksi huomioon. Tässä suunnittelussa on tämän seuran jäsenten työllä keskeinen merkitys; näyttäähän voiman tuotantomme tulevaisuudessa rakentuvan enenevässä määrin atomienergian varaan.

PG/mk

Föredrag hos ATOMTEKNISKA SÄLLSKAPET I FINLAND, Helsingfors,
den 31 januari 1974

KÄRNBRÄNSLEFÖRSÖRJNING

Direktör Erik Svenke, Svensk Kärnbränsleförsörjning AB,
Stockholm.

Rubriken för genomgången här ikväll täcker ett stort område och ämnet kan behandlas ur många synvinklar. Jag har valt att ge en bild av kärnbränsleindustriens allmänna karaktär och aktuella situation för att därifrån söka belysa olika faktorer som kan påverka våra möjligheter att uppehålla en trygghet i försörjningen med dessa varor och tjänster.

Jag gör en begränsning ytterligare, nämligen till den bränslecykel som gäller för de termiska lättvattenreaktorerna, d v s de typer som närmast dominerar i utbyggnadsprogrammen.

Denna bränslecykel eller bränslegång kan schematiskt illustreras enligt första bilden.

Bild 1

Totala bränslekostnaden fördelar sig ungefärligen på följande sätt (dagens prisläge):

Bild 2	Natururan	28 %
	Konvertering	4 %
	Anrikning	32 %
	Bränsleelement	25 %
	Transport, upp- betning o. avfall	11 %
		<hr/>
		100 %
	Kreditering	- ? %

Storleken av en kreditering för utvunnet uran och plutonium är idag osäker.

Kärnbränsleindustriens allmänna karaktär

De olika stegen i denna bränslecykel är till sin tekniska och ekonomiska karaktär inbördes ganska olika. Jag kan illustrera detta med några enkla sammanställningar, som också ger en del av bakgrunden till vissa framtidsproblem eller kanske rättare sagt övergångsproblem, då kärnkraft bygges ut i stor skala. Sifferuppgifterna fyller icke anspråk på särskilt hög noggrannhet utan får betraktas enbart som indikativa.

Bild 3 Nästa bild ger sålunda ett ungefärligt begrepp om storleks- eller marknadsfaktorn, d v s kapaciteten hos en med dagens förhållanden ekonomiskt gynnsam produktionsanläggning uttryckt i det antal kärnkraftverk som anläggningen kan betjäna samt också storleksordningen för investeringen i sådana "normalanläggningar".

Bild 4 Så en illustration av hur investeringarna och kärnbränsle-kostnaderna ter sig jämförda med kapitalbehovet för själva kärnkraftverket. Observeras bör att jag icke tagit hänsyn till tidsfaktorn, d v s att dessa penningutlägg sker vid olika tider under den 30-årsperiod som kärnkraftverket antas vara i drift.

Vi ser sålunda att kapitalbehoven för utbyggnad av kärnbränsleindustrin totalt sett är måttliga jämförda med anläggningskostnader för kärnkraftverken. De ligger på storleken 15 %. Samtidigt finns emellertid riskfaktorer för en presumtiv investerare som trots detta försvårar hans ställningstagande. Sådana riskfaktorer är erforderlig enhetsstorlek och marknad jämte stora fasta kapitalkostnader, som snabbt försämra lönsamheten vid ofullständigt kapacitetsutnyttjande. Detta framgår av

Bild 5 bild 5 som anger investeringen i förhållande till förädlingsvärdet och investeringen per anställd. Den följande bilden illustrerar dessa faktorer för några andra industribranscher

Bild 6 i Sverige.

Militära program på olika håll i världen frambringade en gång i tiden råvarutillgångar och produktionskapaciteter för kärnbränslen. I själva verket har vi därefter mondialt sett haft en överkapacitet, vilket medfört förmånliga priser och villkor för köparen, d v s kraftindustrien, men samtidigt priser som icke varit företagsmässigt tillfredsställande för etablering av ny kapacitet i bränsleindustrien. När nu kapacitetstaket nalkas - t ex vad beträffar anrikning - så kan vi måhända få svårigheter, då man icke i tid förberett sig och byggt kapacitet. Osäkerhet över marknadens utveckling och karaktär samt pressade priser har m a o verkat dämpande på intresset för industriella engagemang.

Då säger sig auditoriet: jasså, oljan blir dyrare - mycket dyrare - men det skulle enligt detta resonemang kärnbränslena också bli - annars får vi inga kärnbränslen.

Det är nog uppenbart att högre priser är nödvändiga och får accepteras för kärnbränslen - om vi icke skall ha en fortsatt fördold subvention - men vi må komma ihåg att även om en marknad i balans skulle behöva låt oss säga 25 % högre genomsnittspriser på kärnbränsle, så har detta visserligen klar påverkan på kWh-kostnaden, men trots allt blott med några tiondels ören/kWh. Höjningar på oljesidan har för oljebaserad kraft mycket starkare påverkan, eftersom kostnaden för olja där utgör en betydligt större andel av totala kWh-kostnaden. Förutsättningen är givetvis att vi får en relativt fri kärnbränslemarknad med priser som ansluter sig till produktionskostnaderna. Nästa bild ger en illustration av det sagda.

Bild 7

Efter de här försöken till en mera allmän karakteristik av kärnbränsleindustriens villkor vill jag gå in på situationen för tre väsentliga områden natururan, anrikning och upparbetning. Jag utesluter sålunda bränsleelement, där vi visserligen har många utvecklingsfrågor - jag tänker t ex på plutoniumåterföring - men likväl inte förutser stora problem vad gäller kapacitetsutbyggnad i takt med efterfrågan.

Kärnbränsleindustriens situation

A. Natururan

Utvinningen av natururan skiljer sig på en mycket avgörande punkt från de övriga delarna i kedjan. Man måste grunda sig på en förekomst i naturen, som icke finns var som helst på jorden och som måste vara framletad och utvärderad i tid. Man måste därjämte placera utvinningsindustrien nära fyndigheten. De övriga industrierna i bränslekedjan är förädlingsindustrier som i princip kan ligga nästan var som helst och som kan byggas när marknadsvillkoren är förhanden.

Nästa bild visar i tabellform västvärldens kända och uppskattade tillgångar enligt en nyligen av OECD-IAEA publicerad sammanställning.

Bild 8

Jämför man dessa data med prognoserna för kärnkraftutbyggnad så skulle man rent statistiskt och mondialt komma fram till att de kända tillgångarna räckte till år 1987. Så enkelt kan man givetvis ej analysera situationen. Gruvindustrien fungerar ej på sådant sätt och gruvor bryts inte ut på sådant sätt.

Fortfarande sett ur mondial synpunkt så kan man resonera enligt den nämnda rapporten på följande sätt. För att utbyggnad skall ske så måste malmtillgångar svarande mot en rimlig ekonomisk livslängd hos en gruva vara framme åtta år före behovet. Detta illustreras i nästa bild där sålunda behovskurvan flyttats åtta år tidigare i tiden. Vi ser då att nuvarande kända tillgångar täcker behoven fram till 1978.

Bild 9

Emellertid skulle enligt prognoserna utvinningskapaciteten behöva fördubblas på fem år mellan 1980 och 1985 från 50 000 ton per år till 100 000 ton per år. Med kriteriet jag nämnde behövde då plötsligt från 1978 upptäckas genom nyprospektering ca 150 000 ton uran per år. Detta kan givetvis ej ske momentan och nästa bild ger en bedömning av hur en mer balanserad mondial prospekteringsmålsättning borde se ut. Den innebär att nuvarande insatser får bedömas otillräckliga för att svara mot framtida efterfrågan enligt kurvorna.

Bild 10

Kommer denna bild att stämma? Tidigare har vi också hört talas om risker för otillräckliga urantillgångar men till följd av fördröjningar i utbyggnadsprogrammen av kärnkraft har uran-industrin i stället fått fortsätta att kämpa med överkapacitet och otillfredsställande marknad. En viss ändring kan nog nu vara på väg. Inom den största marknaden, d v s USA som också är stängt för import, har kraftindustrin ändrat attityd och går in för betydande långtidskontrakt, t ex Tennessee Valley Authority och Commonwealth Edison. Ett kraftföretag är direkt engagerat i uranutvinningsindustrin. Även utanför USA är tecken på att en annan situation är på väg.

Det är möjligt att därmed intresset för långsiktigt risktagande i prospektering ökar, och att vi med en högre prisnivå får en störningsfri försörjning även på 1980-talet, men helt säkert är det ej.

B. Anrikning

Isotopisk anrikning av natururanet till en erforderlig halt av uran 235 på inemot 3 % har hittills nästan helt skett i de tre USA-anläggningarna.

Flera länder har bilaterala regeringsöverenskommelser med USA enligt vilka anrikningstjänster garanteras för ett visst reaktorprogram, om man sluter kontrakt därom inom specificerad tid. Den tidigare överkapaciteten i USA är emellertid tagen i anspråk inom överskådlig tid och i utvidgade bilateralavtal med USA erbjuds blott kontrakt i mån av tillgänglig kapacitet, d v s en ganska naturlig konsekvens av den ändrade situationen.

Efter den 1 juli 1974 måste därjämte kontrakt tecknas minst åtta år före första leveransen. Bestämmelsen är måhända förståelig från producentens synpunkt. Dels är producenten en statlig organisation vars finansiering av en eventuell utbyggnad innebär en lång beslutsprocess, dels har producenten att beakta lång byggnadstid och lång tid att uppbringa erforderlig elförsörjning för den teknik - diffusionsprocessen - som nu

nyttjas. Tidsvillkoret kommer emellertid att planeringsmässigt orsaka betydande svårigheter för kraftföretagen, som så lång tid i förväg - det rör sig om 10 år före kommersiell drift - knappast har fasta planer för en viss kärnkraftstation.

Vidare avser kontrakten bestämda kvantiteter - minst tre reaktorhärddar - med begränsad flexibilitetsrätt för kunden. För att möjliggöra en utjämning härvidlag är under etablering företag som erbjuder olika slag av pooling mellan kraftföretagen.

USAEC:s kapacitet beräknas vara fullt utnyttjad omkring år 1983, varvid man dels har utnyttjat möjligheten till förproduktion under åren dessförinnan, dels vidtagit två slag av kapacitetshöjande åtgärder, "Cascade Improvement Program" och "Cascade Uprating Program". Man räknar med att kontrakt som täcker dessa kapaciteter i huvudsak skall vara tecknade med utgången av år 1974, d v s man har då populärt uttryckt "sålt ut".

Kraftindustrien måste fråga sig: vad händer nu. Riskerar vi en kapacitetsbrist eller ej.

Situationen är någon tid framöver osäker. Grunden härtill är den stora engångsinvestering som anrikning enligt hittills enda industriella metod, diffusion, erfordrar, och de höga marknadspriser som en nyanläggning erfordrar. Medan AEC:s pris år 1973 var \$ 36 /kg anrikningsarbete plus ränta på en viss förskottsbetalning synes en ny anläggning i dagens dollarvärde behöva ett pris på \$ 50-55.

Vi måste här något komma in på tekniken för anrikning. Vid nu diskuterade förfaranden utgår man från uranhexafluorid, vilket beror på att denna förening vid måttlig temperaturförhöjning är en gas och att fluor uppträder i en enda isotopform.

Det i stor skala i flera länder tillämpade diffusionsförfarandet grundar sig på principen att gasen med hjälp av kompressorer pressas genom gasgenomsläppliga membraner, varvid den lättare uranisotopen U 235 något snabbare går igenom membranet och därmed anrikas på andra sidan. Anrikningen i ett steg är emellertid låg och för att uppnå 3 % anrikning behövs storleksordningsmässigt 1000 steg. Kompressorarbetet innebär ganska hög elförbrukning, ca 2500 kWh/kg separativt arbete, varför elkostnaden utgör större delen av den rörliga kostnaden för anrikningen och därmed mycket starkt påverkar priset. En anläggning av den storlek som exempelvis diskuteras i Europa erfordrar alltså anslutning till ett par tusen MW eleffekt. För att undvika missförstånd vill jag tillfoga att denna elförbrukning hos en diffusionsanläggning likväl blott utgör knappt 5 % av den el som det anrikade uranet ger upphov till i kärnkraftverken.

Ett annat förfarande är under utveckling med stora resursinsatser i Europa, USA och Japan och möjligen på andra håll, nämligen gascentrifugmetoden. Anrikningen blir där väsentligt högre per steg, så att antalet steg till en anrikning till 3 % rör sig om 15. Elförbrukningen rör sig om 1/10 av förbrukningen vid diffusionsförfarandet. Produktionen i en centrifug blir dock liten och en industriell anläggning får byggas upp av ett stort antal parallella kaskader. Man får emellertid därmed frihet att bygga ut kapaciteten mera successivt än vid diffusionsförfarandet. Fortfarande finns dock en skalfaktor såtillvida att tillverkningen av centrifuger måste ske med massproduktionsteknik för att styckekostnaden skall bli tillräckligt låg. Gascentrifugtekniken bedömes ha en god utvecklingspotential och ett antal centrifuger av olika grad av utveckling har snurrat i flera år. Experimentanläggningar går nu med en produktion av några tiotal ton anrikat uran per år. Mera definitivt värdering om centrifugmetoden slår igenom eller ej synes dock erfordra några års insatser och speciellt resultaten från demonstrationsanläggningar som kommer i drift år 1976.

För att fullständiga den tekniska bilden så bör nämnas att arbeten med andra gasseparationsmetoder pågår. Mest känt är arbeten med den s k Beckermetoden där man utnyttjar det olika beteendet hos de två isotoperna i en dysa där gasen tvingas göra en avböjning. Elförbrukningen blir dock snarast högre än vid diffusionsförfarandet. Nyttjande av laserteknik studeras i USA.

Möjligheten att en ny teknik står för dörren komplicerar sålunda situationen. Den kan sammanfattas som följer.

I USA arbetar industrigrupper på området men beslut om engagemang tycks dröja. Alternativt förslag föreligger på att även nästa anläggning skall byggas med statlig finansiering.

Det kanadensiska företaget Brinco arbetar på att få till stånd en internationell intressentgrupp för att med dennas stöd kunna träffa överenskommelse med US AEC om förvärv av rätten att använda amerikansk diffusionsteknologi för en anläggning placerad i Kanada och försörjd med el från stora vattenkrafttillgångar.

I Sovjetunionen finns till storlek ej bekantgjord anrikningsskapacitet, som på senare tid erbjudits också till västvärlden. Kontrakt om betydande anrikningstjänst har nyligen slutits med ett par kraftföretag samt företaget Nukem i Västtyskland, avslut föreligger med Italien och Belgien, och förhandlingar bl a från svensk sida pågår också med Sovjet.

Av högt intresse för oss är givetvis utvecklingen i Väst-europa, d v s om denna region med dess stora kärnkraftutbyggnad kan lyckas bygga upp en industriell kapacitet.

Vi noterar då att bolaget Eurodif nyligen annonserat beslut att bygga en diffusionsanläggning i Västeuropa baserad på fransk teknik. Slutlig kapacitet hos anläggningen någon gång i början av 1980-talet har angivits till 9000 ton anrikningsarbete per år.

Den andra gruppen i Europa - centrifugtrojkan - med intressenter från Västtyskland, Nederländerna och Storbritannien bygger pilot-anläggningar med centrifuger och har annonserat möjlighet att om tillräckligt kundunderlag föreligger successivt bygga ut till 2000 ton kapacitet år 1980 och 10 000 ton år 1985. Detta skall jämföras med nämnda 9000 ton för diffusionsanläggningen. Det hävdas emellertid att tillkomst av dessa planerade kapaciteter enligt båda systemen skulle skapa en ekonomiskt besvärlig temporär överkapacitet. Förhandlingar pågår inom EG:s ram att söka åstadkomma en gemensamt överenskommen utbyggnadsplan.

För att göra bilden fullständig skall nämnas att utvecklingsarbete pågår i Sydafrikanska Unionen på en ny process och att man också i Australien visar starkt intresse för anrikningsområdet. Detta innebär att länder med väsentliga natururanpotentialer granskar möjligheterna att framdeles i stället för natururan kunna erbjuda anrikat material.

C. Upparbetning och aktivt avfall

De i reaktorn utbrända bränsleelementen representerar en starkt radioaktiv produkt, som måste omhändertas med stor teknisk omsorg. Vidare finns i elementen ämnen som kan nyttjas såsom nytt kärnbränsle. Upparbetning eller "reprocessing" och aktiv avfallshantering tjänar sålunda dels att ta vara på dessa ämnen, dels att ge förutsättningar för en tillförlitlig hantering och disponering av avfallet.

Mot bakgrund av att i debatten frågan om hantering och disponering av avfallet - som innehåller kanske 99,9 % av kärnkraftsystemets radioaktivitet - spelar en så stor roll skall jag försöka något belysa detta avsnitt av bränslehanteringen mera ur avfallssynpunkt än ur bränsleåterföringssynpunkt.

Grovt sett kan vi tala om två slag av reaktioner och produkter som orsakar radioaktivitet och radiotoxicitet hos elementen. Det ena slaget av reaktioner ger klyvningsprodukter, d v s radioaktiva grundämnen, som uppkommer vid klyvningen av uran-235-kärnorna. Det andra slaget av reaktioner ger transuraner - grundämnen tyngre än uran - som uppkommer genom neutronaddition till uranet. Främsta företrädare där är olika isotoper av plutonium.

Vid uttaget ur reaktorn är sålunda bränsleelementen radioaktiva från en blandning av grundämnen med varierande massantal, halveringstider och energier hos den avgivna strålningen. Jag skall starkt förenklat försöka illustrera situationen, den teknik man arbetar med, de frågor man ställer samt antyda olika utvecklingsmöjligheter med utgångspunkt från en schematisk kurva. Låt oss först se på radioaktivitetens avklingning.

Bild 11 Efter ett tiotal år återstår gammastrålning och betastrålning väsentligen från tritium, krypton, cesium, strontium och sällsynta jordartselement. De första är gasformiga och släpps för närvarande ut vid upparbetningen av elementen. Man har beräknat att före århundradets slut kommer det att bli nödvändigt att krypton 85 innehålls och förvaras i gasbehållare till dess radioaktiviteten klingat av tillräckligt. Krypton 85 har en halveringstid på ca 10 år.

Kvar finnes cesium 137 och strontium 90 som alltså är starkt gammastrålande. Deras halveringstider, ca 30 år, gör att ett flertal 100-tal år erfordras innan strålningen från dem sjunkit till en ofarlig nivå. Jag har i kurvan angivit en

övre gräns 1000 år. Därefter återstår vissa begränsade mängder mycket långlivade klyvningsämnen samt alfa-strålade transuraner, där exempelvis plutonium 239 har halveringstiden 24400 år. Livslängden är i själva verket så lång i förhållande till mänskliga tidrymder att vi lämpligen kan rubricera dessa ämnen såsom permanenta radiotoxiska substanser, d v s ur praktisk synpunkt att jämföra med stabila gifter, t ex kvicksilver. Även om strålningen sålunda sjunkit till en låg nivå inom ca 1000 år är ytdosen fortfarande för hög hos materialet för direkt kontakt.

Så här ser man på tekniken idag. Efter uttaget ur reaktorn får elementen svalna i bassänger under 6 månader, varefter de transporteras till en upparbetningsanläggning. Av transportvikten utgör skyddskärlet ca 97 % och bränsleelementen ca 3 %.

I upparbetningsanläggningen separeras med hjälp av mekaniska och kemiska processer. Utvunnet uran och plutonium kan återföras i processen. Resterna av kapslingsmaterialet jämte en starkt radioaktiv lösning utgör avfall. Dessa produkter förvaras för närvarande vid anläggningen. Lösningen hålles i tankar försedda med kylslingor. Planerna är allmänt att ämnena i lösningen skall överföras i fast form, varigenom man dels når en volymminskning, dels en väsentligt ökad säkerhet mot olyckshändelser. Man arbetar på flera håll i demonstrationsanläggningar med processer att antingen enbart dunsta in och bränna materialet eller att smälta samman det med tillsatser till glasartade produkter med mycket hög motståndskraft mot utlakning. Tillsvidare siktar man därefter på att förvara materialet i övervakade särskilt konstruerade betongkasuner med hållbarhet i 50-100 år. Om ytterligare krav på konditionering av materialet skulle uppträda, kan man sålunda bearbeta det på nytt.

Vad rör en mera slutlig disponering, så är den för dagen realistiska modellen att när värmeutvecklingen sått ned tillräckligt placera materialet i stabila, djupliggande bergformationer.

Tanken är sålunda att man icke nu binder sig för oåterkalleliga disponeringssystem utan avvaktar en fortsatt teknisk utveckling. Detta är praktiskt möjligt, eftersom volymer av det hög-
 Bild 12 aktiva avfallet är relativt små som nästa bild illustrerar.

Nå, men den ekonomiska frågan då. Innebär icke detta just att vi som kritikerna säger lägger bördor på kommande generationer. Det gör vi, här som på många andra områden. Nästa bild söker illustrera att bördan ekonomiskt räknat och även
 Bild 13 volymmässigt är rimlig.

Kostnaden att bearbeta och ta hand om avfallet för en människa under hennes levnad är som bilden visar låg i förhållande till värdet av den elkraft hon förbrukar.

En dubbel börda under nästa generation eller en trefaldig synes vara acceptabel. Däremot är tydligt att man småningom måste disponera materialet på sådant sätt att det både är tillfredsställande isolerat från biosfären och icke kräver fortsatt mänsklig insats.

Jag uppfattar att naturvetenskapliga och tekniska förutsättningar finns härför. Genomförandet kräver dock fortsatta utvecklingsinsatser och ett internationellt samarbete i riktning mot enhetliga stringenta grundregler över hela aktiva avfalls-systemet.

Kärnkraften skall naturligtvis kosta vad säkerheten påfordrar. Åhöraren frågar säkert hur väsentliga skärpningar av kraven, nya processteg osv påverkar ekonomin. Antag att vi framdeles vidtar åtgärder i avfallshanteringen som motsvarar en ytterligare upparbetning d v s en extra kostnad på ca \$40/kg. Vi fick då en ökad kostnad på ca 0,1 öre/kWh, d v s fortfarande ej avgörande ur ekonomisk synpunkt.

För 1970-talet finns i Västeuropa överskott på upparbetningskapacitet genom anläggningarna i Windscale och La Hague, vilka nu bygges om att kunna ta hand om bränsle för lättvattenreakto-

rer. För behov från början av 1980-talet förutses ytterligare en anläggning. Tjänster från dessa anläggningar kontrakteras genom en gemensam organisation, United Reprocessors GmbH.

Det är tveksamt om transatlantiska transporter av utbränt bränsle blir aktuella. Det kan dock nämnas att i USA ingen kommersiell anläggning just nu är i drift. General Electric's Midwest Plant är under inkörning, Nuclear Fuel Services väntas återuppta driften i en ombyggd anläggning. En ny anläggning tillhörig Allied Gulf Nuclear Services i South Carolina beräknas komma igång år 1976.

Om möjligheter kan komma att föreligga att få denna hantering utförd i Sovjetunionen är oss ej bekanta.

Vi har som jag framhållit anledning att framdeles räkna med skärpta bestämmelser vad gäller hanteringen av aktivt avfall och därmed högre kostnader och priser. Idag torde priset för denna tjänst ligga vid 40-45 \$/kg.

Försörjningstrygghet med kärnbränslen

Givetvis är för dem som sysslar med kärnkraft frågan viktig om hur och på vilka villkor de skall kunna försörja sig med närmast aktuellt bränsle. Likväl är det framförallt den tänkbara situationen längre fram - från 1980-talet och framåt - som måste intressera oss, då vi spekulerar i frågan om trygghet och uthållighet i kärnbränsleförsörjningen. Det är från den tiden som kärnkraftgenerering kan få väsentlig betydelse för elförsörjningen och såsom ett substitut för fossila bränslen.

Jag vill konstatera att kärnkraftsystemen och kärnbränslena har så att säga automatiskt en god försörjningstrygghet och att man med måttliga medel kan åstadkomma en hög försörjningstrygghet och detta också i nationer där marknads- och andra förhållanden icke ger förutsättningar för inhemsk kärnbränsleindustri eller ger förutsättningar blott för industri inom vissa delar av bränslegången.

Fyra förhållanden ger grund för detta påstående:

1. Betydande försörjningsreserv finns i ett kärnkraftssystem utan extra åtgärd.

Bild 14

2. Kostnaden för en reservsats bränsle är måttlig.

3. Låga vikter och volymer underlättar långväga transporter.

4. Alltmer diversifierad världsmarknad.

Först punkt 1. Finns nära tillgängligt - såsom i Sverige - bränsleelementfabrikation kan man räkna med att vid reaktorn och under tillverkning i landet ständigt finns bränsle utan extra kostnad svarande mot 1 års drift.

Bränslebyte för en kraftreaktor sker i allmänhet en gång per år. Om man förutsätter att detta byte ej kommer till stånd, d v s att man helt blivit spärrad från möjligheten att i tid få fram ersättningsbränsle, så beräknar man att anläggningen likväl kan drivas ytterligare ett år på 60 % effekt med hjälp av den gamla härden.

Punkt 2. Låt oss ta ett stort kärnkraftverk på 1000 MW. En bränslebytessats väger ca 40 ton och har ett värde av ca 50 milj. kronor. Om vi skulle förse reaktorn med en ständigt liggande reservsats så ökar vi sålunda drifttiden vid en total avspärrning av bränsle med ytterligare ett år. Detta ständiga lager ger en merkostnad för kraften på maximalt 0,1 öre/kWh.

Vi kan jämföra med villkoren för en motsvarande ständig reservhållning vid ett oljeeldat 1000 MW kraftverk. Vi behövde hålla i lager 1 300 000 ton olja och fick vid oljepriset 25 kr/Gcal en extrakostnad på 0,7 öre/kWh. Även vid en osannolik återgång till oljekostnaden 10 kr/Gcal blev lagerkostnaden drygt 0,3 öre/kWh.

Bild 15

I nästa bild sammanfattas dessa faktorer.

Punkt 3. Ett positivt förhållande hos kärnkraft är de relativt små vikter och volymer som bränslehanteringen innebär. Jämförelsen gäller givetvis gentemot olje- eller kolbaserad kraftgenerering. En populär siffra är att 1 ton naturligt uran i dagens reaktorer ger lika mycket energi som 15 000 ton olja.

Bild 16 Nästa bild söker ge en mera fullständig illustration av de transportvillkor för bränslet som kärnkraft respektive oljekraft för med sig. Som bas har tagits den transportvolym som erfordras för att i ett samhälle av vår nuvarande typ försörja en människa med el under hennes hela levnad. Hela elomsättningen utslagen per capita har därvid förutsatts vara 10 000 kWh/år och person, d v s 700 000 kWh under en människas levnad. Alla slag av transporter av kärnbränsleprodukter exklusive uranmalmen, som ju stannar vid gruvan, understiger tydligen 100 liter.

Försörjes i stället denna person med oljebaserad kraft blir transportvolymen under hans levnad ca 150 000 liter eldningsolja. Vi har då utgått från ungefär dubbla mängden råolja. Vid förbränning härav släpper vi ut i atmosfären ca 450 000 kg kolsyra, 3000 kg svaveldioxid m m. Transporterna ger upphov till spill på världshaven m fl negativa faktorer.

Räknat på en 1000 MW reaktor kan vi sålunda med ett par flygplanslaster flyga in ett helt årsbehov av färdigt bränsle. Vid motsvarande oljeeldade kraftverk behöver vi få in 1,3 milj. ton bränsle i kanske ett 10-tal stora tankers.

Om kärnbränslet sålunda överhuvudtaget finns att få tag på på jordklotet, så är förutsättningarna därmed gynn-samma att också snabbt få det fram till kraftreaktorn.

4. Den sista faktorn är den utvidgade diversifierade marknaden. Med prognosticerad kärnkraftutbyggnad får vi ju förutsättningar för en utbyggnad i olika delar av världen av uranutvinning, anrikning och bränsleelementframställning och därmed förutsättningar för ökad försörjningstrygghet på tillförselsidan med

dessa varor och tjänster. En något obekant faktor är utvecklingen på uppdrags- och avfallsområdet, icke så tillvida att bestämmelser och teknik icke skulle kunna komma fram som blir betryggande ur risksynpunkt, utan måhända den kommersiellt och internationellt helt fria tillgången på denna tjänst. Skulle problem där uppkomma har man dock möjlighet att skaffa sig tid att lösa frågorna genom temporär lagring av utbränt bränsle.

Även om faktorerna 1 och 2 under alla förhållanden fortfarande gäller, är faktorn 3 givetvis beroende av att den framtida utvidgade marknaden också verkligen blir diversifierad och kommersiellt fri. Om denna förutsättning ej skulle komma att helt gälla, blir bilden mindre gynnsam. Vi har i så fall nog också en likartad bild på fossilbränslesidan.

Der är därmed viktigt att myndigheter, företag och andra organisationer i länder med kärnkraftintressen noga följer utvecklingen vad gäller kapacitet, marknadens frihet o s v för att vidta de åtgärder som utvecklingen kan motivera.

Svenska förhållanden

1972 publicerade Centrala Driftledningen i Sverige en studie "Sveriges Elförsörjning 1975-1990". Studien visade på ett mycket ambitiöst utbyggnadsprogram för kärnkraft fram till år 1990 med hela 24 kärnkraftaggregat.

Bild 17

Bild 18 Dessa skulle ha en belägenhet enligt nästa bild.

Av detta program är nu 11 aggregat på väg med några men icke radikala tidsförskjutningar gentemot CDL-studien. Som bekant är ett aggregat Oskar 1 i drift och två aggregat, nämligen Oskar 2 och Ringhals 1 beräknas tas i drift mot slutet av året.

Svenska riksdagen har fattat beslutet att fortsatt utbyggnad får ske först efter en accepterad redovisning av olika

säkerhetsmässiga förhållanden hos kärnkraften. Denna redovisning kommer fram successivt och ställningstagande beräknas ske inom ramen för en samlad bild med förslag om energiförsörjningsfrågorna i statsverkspropositionen i januari 1975, d v s under vårriksdagen 1975.

Jag uppfattar då att vid ett positivt besked från riksdagen vi i fortsättningen har anledning att fortfarande ungefärligen räkna med det program som CDL-studien skisserade. Konsumtionsmönstret framdeles kan bli ett annat än idag, t ex påverkat av trycket att substituera olja. En utbyggnad enligt studien kan karakteriseras som en mycket kraftig nationell ansträngning att med kärnkraft som en fortsättning och ett komplement till vattenkraften få tillgång till en energikälla som ter sig försörjningssäkerhetsmässigt och handelsbalansmässigt väsentligt gynnsammare än olja och kol.

Försörjningen med natururan för de 11 aggregaten är säkrad genom utländska leveranskontrakt till 100 % fram till 1980 och till väsentlig del därefter fram till 1985.

Anrikningsbehov för de 11 är säkrat eller säkras ända till 1996 genom kontrakt med US AEC inom ramen för existerande bilateralavtal. Därutöver räknar vi med ett sovjetiskt leveransavtal som ger oss ytterligare kvantiteter. På olika sätt följes utvecklingen i Västeuropa. Någon kontraktering där har ännu ej gjorts.

För uppärbetning av utbränt bränsle föreligger ännu så länge avtal med utlandet endast över en mindre kvantitet.

Med den svenska och nordiska marknaden som bakgrund finns i Sverige som bekant en väl etablerad bränsleelementfabrikation.

Vad rör naturligt uran så är en del väsentliga förutsättningar förhanden som gör sannolikt att en svensk kommersiell utvinning kommer igång någon gång på 1980-talet. Sålunda finns de väl utvärderade mycket stora uranskifferförekomsterna i Mellan-Sverige och speciellt i Billingsdistriktet i Västergötland.

Trots den förhållandevis låga uranhalten är ganska sannolikt att marknads- och försörjningsaspekter ger skäl för en produktion vid mitten av 1980-talet. Icke täckta inhemska behov prognosticeras då till över 2000 ton/år. Vidare ligger Sverige liksom Finland geologiskt inom en urbergssköld, som bedömes ha relativt goda förutsättningar för uranmineraliseringar. En hel del indikationer och mineraliseringar noteras både i Finland och Sverige, men ännu ingen brytvärd fyndighet.

I försörjningsbilden har intresse och debatt de senaste åren koncentrerats mycket på anrikningen. Sett på längre sikt är nog skäl att förstärka intresse och ansträngningar på natururansidan, där som sagt vi har vissa geologiska förutsättningar häruppe som visserligen inte torde ge lättfångade vinster men som på sikt nog blir av väsentlig vikt i kärnbränsleförsörjningen.

En synpunkt vad rör anrikning. Om utvecklingen fortsätter gynnsamt vad rör utveckling av centrifugtekniken så är tydligt av den karakteristik jag gav i början av detta föredrag, att den svenska och nordiska marknaden efter mitten av 1980-talet är en tillräcklig grund för en anrikningsanläggning grundad på denna teknik.

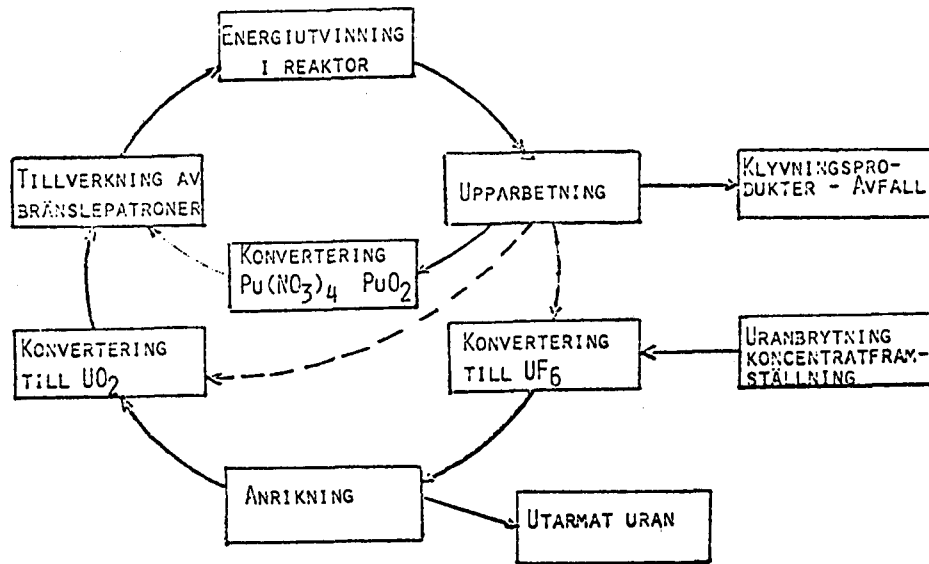
Vad slutligen rör upparbetning och aktivt avfall så granskas dessa frågor nu i Sverige av en parlamentarisk utredning. En första redovisning från utredningen är att vänta under denna vår.

Slutligen ett par ord om den organisation jag representerar, Svensk Kärnbränsleförsörjning AB. Aktieägare är till 50 % Statens Vattenfallsverk, till 25 % Sydkraft och till 25 % OKG. Verksamhetens allmänna intresse markeras av att ordföranden i styrelsen tillsättes av staten. Enligt bolagsordningens formulering skall bolaget "företaga utredningar om behov och tillgångar

beträffande nukleärt material och tjänster inom kärnbränslecykeln för landets kärnkraftstationer, främja en samordnad upphandling, verkställa upphandling samt taga initiativ till projekt inom bränslecykeln liksom utöva annan därmed förenad verksamhet".

Jag uppfattar det informella samrådet som på detta sätt förstärkts i Sverige såsom lika viktigt som den formella möjligheten genom Kärnbränslebolaget till gemensamma åtgärder. Som exempel på gemensamma åtgärder vill jag nämna de förhandlingar och den överenskommelse vi räknar med i Moskva om anrikningstjänster.

Bolaget har nyligen fått en starkt förbättrad rörelsefrihet och möjlighet till direkta åtgärder genom att riksdagen i december 1973 godkände en statsgaranti till bolaget på upp till 300 milj. kronor.



BRÄNSLECYKEL VID ANRIKAT URAN

BILD 2

NATURURAN	28 %
KONVERTERING	4 %
ANRIKNING	32 %
BRÄNSLEELEMENT	25 %
TRANSPORT, UPPARBETHING OCH AVFALL	11 %
	100 %
KREDITERING	- ? %

STORLEKEN AV EN KREDITERING FÖR UTVUNNET URAN OCH
PLUTONIUM ÄR IDAG OSÄKER.

BILD 3

BRÄNSLECYKEL- AVSNITT	DATA FÖR "NORMALANLÄGGNING"		
	KAPACITET	INVESTERING	ÅNTAL FÖRSÖRJDA 1000 MWE KÄRNKRAFTVERK
PROSPEKTERING	-	1,5 \$/LB U_3O_8	-
NATURLIGT URAN	1000 TON U/ÅR	250 MKR	8
KONVERTERING	5000 TON U/ÅR	125 MKR	40
ANRIKNING			
DIFFUSION	9000 TON ANRIKN.ENH/ÅR	7000 MKR	125
CENTRIFUG	1000 TON " "	700 MKR	15
BRÄNSLEELEMENT	400 TON U/ÅR	50 MKR	15
UPPARBETNING OCH AVFALLSBEHANDLING	1500 TON U/ÅR	500 MKR	60

BILD 4

PER 1000 MW KÄRNKRAFT UNDER KRAFTENHETENS LIVSTID (30 ÅR)
EXKLUSIVE JUSTERING FÖR RÄNTOR OCH PRISÄNDRINGAR

BRÄNSLECYKEL- AVSNITT	INVESTERING	KOSTNAD (EXKL. JUSTERING FÖR RÄNTA OCH PRISÄNDRINGAR)
	MKR	MKR
PROSPEKTERING	60	60
NATURLIGT URAN	60	240
KONVERTERING	6	40
ANRIKNING		
DIFFUSION	80	340
CENTRIFUG	75	340
BRÄNSLEELEMENT	5	260
UPPARBETNING OCH AVFALLSBEHANDLING	15	110
SUMMA	225	1050
KÄRNKRAFTVERK	1000	

BRÄNSLECYKEL- AVSNITT	DATA FÖR "NORMALANLÄGGNING"			
	ÅRLIGT FÖRÄDLINGS- VÄRDE MKR	ANTAL ANSTÄLLDA	INVESTERING ÅRLIGT FÖRÄD- LINGSVÄRDE	INVESTERING ANTAL ANSTÄLLDA MKR
NATURURAN	65	500	4	0,5
ANRIKNING DIFFUSION	1450	950	4,8	7,5
CENTRIFUG	160			
BRÄNSLEELEMENT	80	200	0,6	0,3
UPPARBETNING	250	350	2	1,4

BILD 6

	K_{1970} (MKR)	$\frac{K_{1970}}{L_{1970}}$	$\frac{K_{1970}}{O_F_{1970}}$
HELA INDUSTRIEN	102 532	0,1	2,1
GRUVOR O. MINERALBROTT	4 563	0,3	3,2
TEXTILINDUSTRIEN	3 199	0,1	2,4
BEKLÄDNINGSINDUSTRIEN	798	0,02	0,8
JÄRN-STÅL- O. FERROLEGE- RINGSVERK	11 967	0,2	3,4
PETROLEUMRAFFINADERIER		0,5	3,9
VERKSTADSINDUSTRI	31 645	0,1	1,7

K = KAPITALSTOCK MÄTT MED BRANDFÖRSÄKRINGSVÄRDET ÅR 1970

L = ANTAL ANSTÄLLDA

O_F = FÖRÄDLINGSVÄRDE

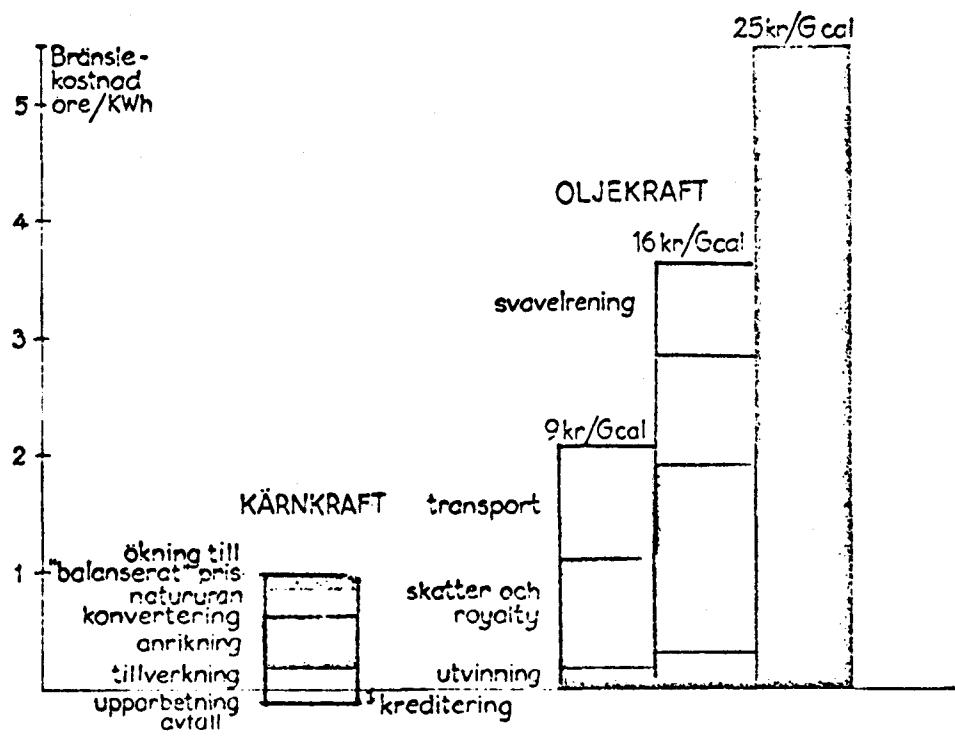


Table 1
ESTIMATED WORLD RESOURCES OF URANIUM
(Data Available January 1973)

Country	Price Range ¹⁾ 10/lb U ₃ O ₈				Price Range \$10-15/lb U ₃ O ₈			
	Reasonably Assured Resources (Reserves)		Estimated Additional Resources		Reasonably Assured Resources		Estimated Additional Resources	
	10 ³ tonnes uranium	10 ³ short tons U ₃ O ₈	10 ³ tonnes uranium	10 ³ short tons U ₃ O ₈	10 ³ tonnes uranium	10 ³ short tons U ₃ O ₈	10 ³ tonnes uranium	10 ³ short tons U ₃ O ₈
Argentina	9.2	12	14	18	7.7	10	23	30
Australia	71	92	78.5	102	29.5	38.3	29	38
Brazil	-	-	2.5 ²⁾	3.3	0.7	0.9	-	-
Canada	185	241	190	247	122	158	219	284
Central African Republic	8	10.5	8	10.5	-	-	-	-
Denmark (Greenland)	5.6	7.0	10	13	-	-	-	-
Finland	-	-	-	-	1.3	1.7	-	-
France	36.6	47.5	24.3	31.5	20	26	25	32.5
Gabon	20	26	5	6.5	-	-	5	6.5
India	-	-	-	-	2.3	3	0.8	1
Italy	1.2	1.6	-	-	-	-	-	-
Japan	2.8	3.6	-	-	4.2	5.4	-	-
Mexico	1.0	1.3	-	-	0.9	1.2	-	-
Niger	40	52	20	26	10	13	10	13
Portugal (Europe)	6.4	9.3	5.9	7.7	1	1.3	10	13
(Angola)	-	-	-	-	-	-	13	17
South Africa	202	263	8	10.4	62	80.6	26	33.8
Spain	8.5	11	-	-	7.7	10	-	-
Sweden	-	-	-	-	270	351	40	52
Turkey	2.2	2.8	-	-	0.5	0.6	-	-
USA	259	337	538 ³⁾	700	141	183	231	300
Yugoslavia	6	7.8	10	13	-	-	-	-
Zaire	1.8	2.3	1.7	2.2	-	-	-	-
TOTAL (rounded)	866	1126	916	1191	680	884	632	821

- 1) \$ Value of March 1973: 13 = 0.829 EMA u/a = 0.829 SDR (Special Drawing Rights). This \$ value corresponds to \$42.22 per fine ounce of gold.
2) Plus 70,000 tonnes U by-product from phosphates.
3) Plus 70,000 tonnes U by-product from phosphate and copper production.

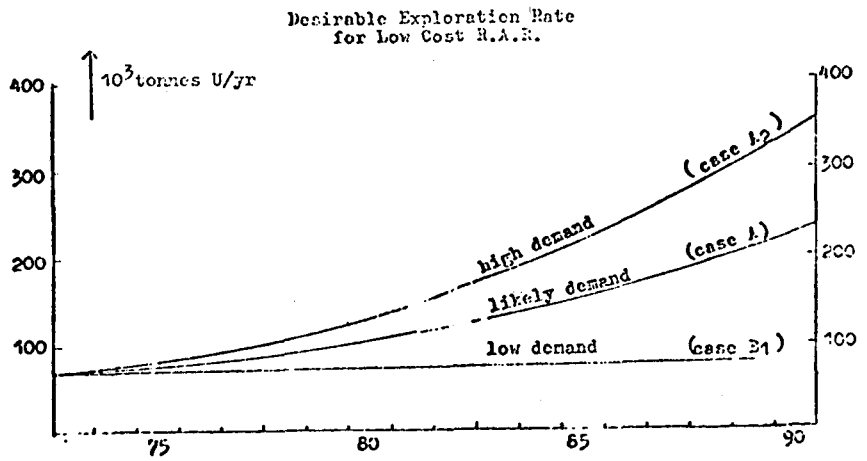
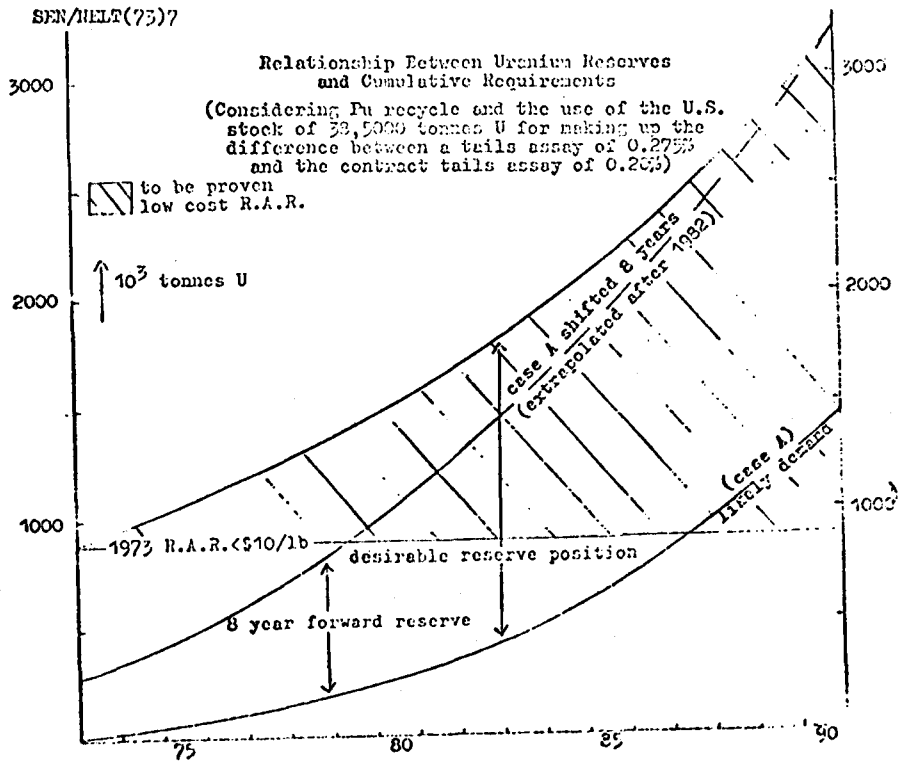


BILD 11

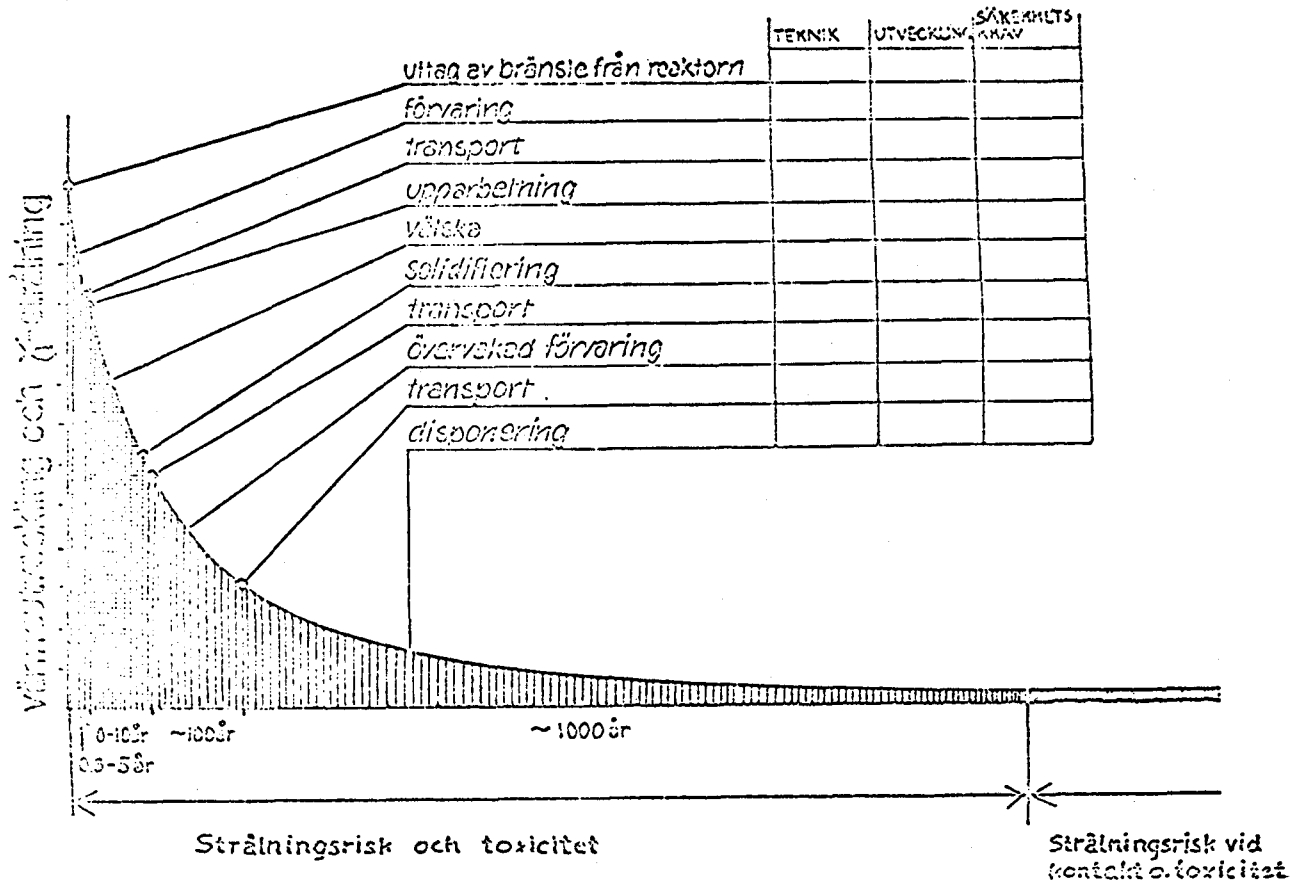


BILD 12

ETT ÅRS DRIFT AV ETT 1000 MWe KÄRNKRAFTVERK GER FÖLJANDE AVFALLSPRODUKTION EFTER BRÄNSLETS UPPARBETNING:

HÖGAKTIVT AVFALL

AKTIVITET	60 MCi
VOLYM - SOM LÖSNING	21 m ³
- EFTER SOLIDIFIERING	2,7 m ³
MÄNGD Pu-239	1,4 KG

AVKAPSLINGSAVFALL

UTAN KOMPakterING	12 m ³
KOMPakterat (70 % TÄTHET)	1,6 m ³
MÄNGD Pu-239	0,14 KG

Kärnkraft
under
70 år

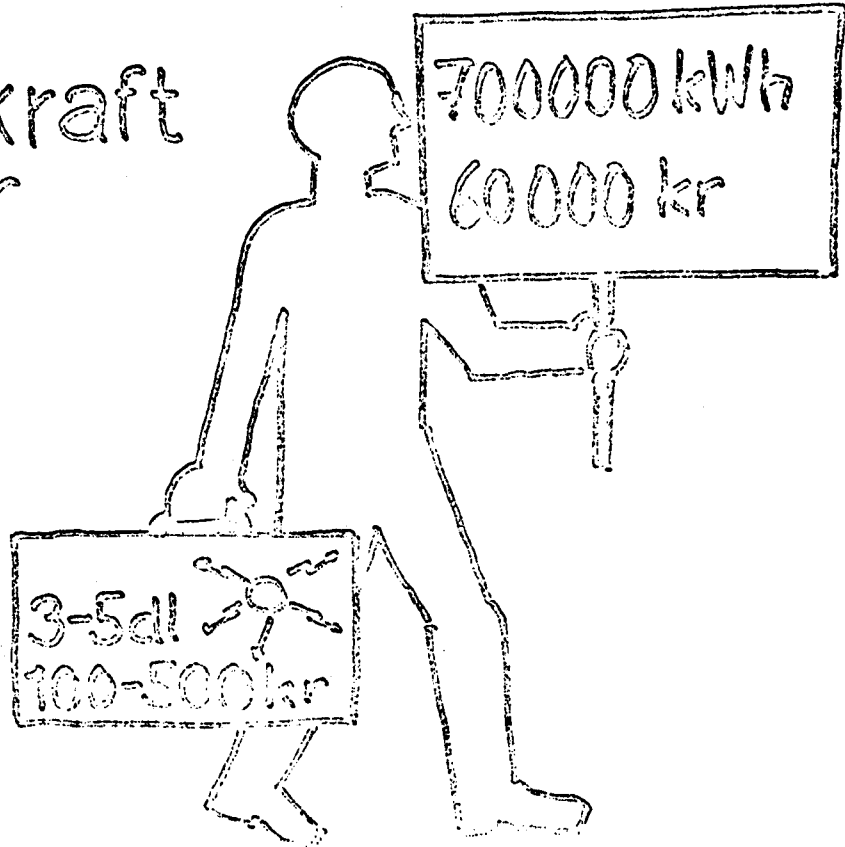


BILD 14

1. BETYDANDE FÖRSÖRJNINGSRESERV I ETT KÄRNKRAFTSYSTEM
UTAN EXTRA ÅTGÄRD.
2. KOSTNADEN FÖR EN RESERVSATS BRÄNSLE ÄR MÅTTLIG.
3. LÅGA VIKTER OCH SMÅ VOLYMER UNDERLÄTTAR LÅNGVÄGA
TRANSPORTER.
4. ALLTID DIVERSIFIERAD VÄRLDSMARKNAD.

UTHALLIGHET HOS KÄRNKRAFT OCH OLJEKRAFT

	KÄRNKRAFT	OLJEKRAFT
BRÄNSLE I KRAFTVERK OCH UNDER TILLVERKNING I LANDET, UTAN EXTRA KOSTNAD, MOTSVARANDE FULLEFFEKTDRIFT, MÅNADER	12 ^{x)}	1 ^{y)}
YTTRELLIGARE ENERGI VID REDUKTION TILL 60 % EFFEKT MOTSVARANDE 60 % DRIFT, MÅNADER	12	-
LAGER AV BRÄNSLE FÖR 1 ÅRS (5000 H) DRIFT AV 1000 MW, TON	40	1 300 00
INVESTERINGSKOSTNAD FÖR 1 ÅRS LAGER (OLJEPRIS 25 KR/GCAL), MKR	50	400 ^{z)}
ÖKNING AV PRODUKTIONSKOSTNAD VID 1 ÅRS STÄNDIGT EXTRALAGER, ÖRE/KWH	0,08	0,7

- x) FÖRUTSATT BRÄNSLEELEMENTTILLVERKNING I LANDET
y) FÖRUTSATT RAFFINERING I LANDET
z) VARAV LAGERANLÄGGNING CA 65 MKR.

BILD 16

PRODUKTVOLYMER VID GENERERING AV 700 000 KWH EL
(1 MÄNNISKAS LIVSBEHOV)

	LITER	LITER INKL. TRANSPORT- BEHÅLLARE
LÄTTVATTENREAKTOR:		
URANMALM	9000	9000
URANKONCENTRAT	15	16
URANHEXAFLUORID (NAT.)	6	10
(UTARMAD)	5	8
(ANRIKAD)	1	2
URANDIOXID (ANRIKAD)	3	29
BRÄNSLEELEMENT (NYA)	1	6
BRÄNSLEELEMENT (UTBRÄNDA)	1	15
GLASSASSA MED KLYVNINGSPROD.	0,3	3
AVKAPSLINGSAVFALL	0,2	1
OLJEFÖRBRÄNNING:		
RÅOLJA	300 000	300 000
ELDNINGSOLJA	150 000	150 000
KOLDIOXID	450 000 KG	450 000 KG
SVAVELDIOXID	3 000 "	3 000 "

UTBYGGNADSPLAN: CDL 1972

