

Avrupa'da Atom Enerjisi [*]

Yazan :
Cttnter IÜLDENBRAND

Çeviren:
İsmail ÇİTİM
El. Mühendisi,
Azot Fabrikaları

ÖZET : *Batı Almanya Atom Kurumu tarafından tertiplenen 2. Atom Kongresi 28 Eylül 1965 ile 1 Ekim 1965 tarihleri arasında Frankfurt'ta toplanmıştır. Onbeş Batı Avrupa devletinin 900 delege ile iştirak ettiği -Avrupada çekirdek enerjisi- adı altında açılan bu kongrede muhtelif devletler temsilcilerinin önceden hazırlamış oldukları : Uranyum rezerveleri, yalana elemanları, bugünkü Atom santrallerin tipleri gibi mevzular ele alınmış ve tartışmalar yapılmıştır. Yazı bu kongreden, önemli konuların özetini vermektedir.*

Uranyum Rezerveleri :

Uranyum çekirdeğinin parçalanmasından sonra artık sonsuz Enerji kaynaklarının bulunduğu İnananlar çok geçmeden ynmldiMn,nt anlamışlardır. Uranyum madenlerinin hepsinin tesblt edilmesi ve bu yatakların azami verimle işletilmesi atom kuvvet santralleri için büyük önem taşımaktadır. Uranyum sarfiyatı, aşağıda 1-zah edileceği gibi büyük ölçüde, Atom santrallerinin çalışma şekline ve tiplerine bağlıdır. Şimdilik, bilinen ekonomik Uranyum bütün batı dünyasında rezerve olarak 1 Milyon ton tahmin edilmektedir. Bu ekonomik Uranyum'dan Konsantre Uran U_3O_8 elde edilmektedir. Yakma Elemanı 1-malinde kullanılan bu Konsantratm kilosu 20 Dolara mal olmaktadır. Ekonomik Uranyumdan başka, içinde Uranyumu az olan madenlerde mevcut olmasına rağmen safiyet azlığı bakımından bunlardan Uranyum elde edilmesi oldukça pahalıdır. Sarfiyat tahminleri kesin olarak göstermektedir ki, gelecek yıllarda bilhassa 1970 yılından itibaren bütün dünya üzerinde kesif olarak Uranyum araştırılması ve kazanılması zarureti vardır. 1980 yıllarında batı dünyasının Atom Enerjisi için senede 80 bin ton Uranyuma ihtiyacı vardır.

Tabii Uranyum Reaktörlerde yakılırken veya Tabii Uranyumdan zenginleştirilmiş Uranyum elde edilirken mühim miktarda fakirleşmiş Uranyum artık olarak kalmaktadır. Bu artıkların, hızlı kuluçka Reaktörü tabir edilen Reaktörlerde kullanılma imkânının olması istikbalin Atom Enerjisi ham maddesi için bir emniyet teşkil etmektedir. Termik Reaktörlerde elde edilen Plutonium da ikinci bir çekirdek yakma maddesidir. Plutonium hızlı kuluçka reaktörlerde kullanılmaktadır. Eğer bu Reaktörler 1980 yıllarında Atom santrallerinden elde edilecek Enerjiye büyük ölçüde ortaklık yaparlarsa istikbalin Uranyum rezervesi probleminin mühim bir kısmı çözülmüş olacaktır. Ayrıca Thorium da hesaba katmak lâ-

zımdır. Kendisi parçalanamayan Thorium termik kuluçka Reaktörlerinde parçalanabilen Uranyum 233'e tahvil edilmektedir. Böylece Thoriumda bir Atom Enerjisi ham maddesi kabul edilmektedir.

Yakma Elemanları:

Elektrik Enerjisi istihali için lüzumlu ısı çoğunlukla yakma elemanlarında açığa çıkmaktadır. Umumi olarak güç Reaktörlerinde yakma elemanları tek veya demet olarak kullanılmaktadır. Parçalanacak madde metal bir muhafazanın içine yerleştirilir. Etrafına bu yakma elemanları sıralanır. Muhafazanın vazifesi, bir taraftan yakma elemanını soğutucu maddenin tesirinden korumak, diğer taraftan radyoaktif parçalanma artığının soğutucu maddeye sızmasını önlemektir.

Avrupa'da şimdiye kadar kurulan Atom santralleri tabii Uranyum yakıtlı Gaz - Grafit Reaktörlü olduğu için tabii Uran yakma elemanlarının geliştirme ve hazırlanması bilhassa İngilterede ve Fransada çok ilerlemiştir. Diğer Avrupa devletleri ile birlikte bu elemanlardan yılda 3800 Ton hazırlayabilmektedir. Bu büyüklükteki bir kapasiteyi ilerisi için yeterli görmek mümkündür. Rasyonel hazırlama metodları, spesifik gücün yükseltilmesi ve azami yakmaya erişilmesi gibi sebeplerden, şimdiden böyle santrallerde kW başına maliyette bir ucuzlama yapmak kabil olmuştur.

önümüzdeki yıllarda bilhassa Batı Almanya'da hafif su-Reaktörlü Atom santralleri ve zenginleştirilmiş Uranyumlu yakma elemanları büyük bir önem kazanacağından siindirik tabletlü UO_2 yi havi yakma elemanlarının imaline hız verilmiştir. Bugün Avrupadaki bu tip yakma elemanları için mevcut imalat kapasitesi 100 ton/yıldır. Halihazırda İhtiyacı karşılamaktadır. Fakat inşa halinde bulunan ve plânlanan yeni hafif

(*) ETZ Mecmuasının 17.12.1965 tarih 28 No. lu nüshasından alınmıştır.

su - Reaktörlü Atom santralleri da hesaba katılırsa önümüzdeki yıllarda İmalât kapasitesinin önemli ölçüde genişletilmesi zarureti vardır.

Ağır su - Reaktörlerinde kullanılan yakma elemanları birçok bakımdan hafif su-Reaktörlerinde kullanılanlara benzerler. Bundan dolayı bu elemanların aynı tesislerde İmalı mümkündür.

Gaz - Grafit ve hafif su . Reaktörlerinde kullanılan yakma elemanlarından başka hususi tipli Reaktörlerde kullanılacak yakma elemanlarının geliştirilmesine de çalışılmaktadır. Ayrıca daima artan bir alâka ile- sonraki ihtiyaçlar için Plutonium yakma elemanlarının imalât hazırlıkları üzerinde çalışılmaktadır. Bu elemanlara verilen önem, bunların hızlı kuluçka Reaktörlerinde kullanılması ve Termik Reaktörlerde U 235 in yerini alabilmesinden ileri gelmektedir.

Bugünld Atom kuvvet santrali tipleri :

Batı Avrupada halen çalışan veya inşa halinde bulunan santrallerdeki Reaktör tipleri (1 nolu tabloda gösterilmiştir, İngiltere 1956 senesinde işletmeye aldığı Calder - Hail tipli, Grafitli, CO₂ soğutuculu, tabii Uranyum ile çalışan İlk Reaktörden 1968 yılına kadar 5000 MW gücünde 11 kuvvet santralını daha servise sokacaktır. Fransa da İngilterenin yolundan giderek aynı tip Reaktörlerle mücehhez 2300 MW'lık dokuz kuvvet santralını 1971 yılına kadar işletmeye açacaktır. Bu Reaktörlerden kazanılan tecrübeler tesislerin daima iyiye doğru yönetilmesini, yakma elemanlarının daha ucuza imal edilmesini, yanmadan kalan artığı nçoğaltılmasını, böylece bunların daha ekonomik çalışmasını sağlamıştır. Buna rağmen bu tip santrallerin tesis ve yatırım bedeli hafif su ile çalışan Reaktörlerinkine nazaran halen daha yüksektir. Yakma masrafları ise zenginleştirilmiş Uranyum ile çalışan Reaktörlere kıyasla daha düşüktür. Fransanın Gaz - Grafit Reaktörlü, 1000 MW'lık kuvvet santralleri programını gerçekleştirmeye çalışmasına karşılık İngiltere 2. Reaktör programında, inkişaf etmiş bulunan Gaz soğutmalı Reaktör tiplerine (AGR) doğru yönelmiştir. Bu tipler yakma elemanı olarak çelik tüp mahfazalı zenginleştirilmiş, UO₂ kullanmaktadır. Bununla randımanı ve çekirdekteki güç yoğunluğunu arttırmak dolayısı ile tesis masraflarını azaltmak gayesi güdülmektedir.

Batı Almanyada İse, ilk Reaktör nesli olarak Amerikada tecrübe edilmiş olan hafif su . Reaktörleri önem kazanmışlardır. Halen Almanyada, 1961 de işletmeye alınan tecrübe santrali (KaHi, 15 MW) yanında, üç adet hafif su - Reaktörü inşa halinde bulunmaktadır. (Gundremmingen 237 MW; Obrigheim 283 MW)

Ayrıca Fransa - Belçika müşterek olarak 266 MW'lık, İspanya 153 MW'lık ve İsviçre 350

MW'lık, basınçlı su - Reaktörlerinin kurulmasına çalışmaktadırlar. Bu Reaktörler arasında tam bir kıyaslama yapabilmek için bilhassa İtalya dikkate değer bir yol tutmuş, bir Gaz - Grafitli, bir basınçlı sulu ve birde kaynar sulu Reaktörü 1964 ve 1965 senelerinde işletmeye almıştır. Fakat şimdiye kadar elde edilen neticeler istikbalde hangi Reaktör tipinin tercih edilmesini belirtmeye kâfi gelmemektedir.

Proto tipler:

2. Atom kongresinin toplandığı gün, batı Almanyada Atom araştırma merkezi Karlsruhe de (MZFR) tipli, D₂O moderasyonlu (yavaşlatıcı) soğutulmuş basınçlı sulu Reaktör ilk defa olarak devreye alınmıştır. Ayrıca gene D₂O moderasyonlu, H₂O soğutuculu, basınç borulu Reaktöründe kurulması yaklaşmıştır. Bu saydığımız Proto tiplere, yani: seri imalâta geçmeden tecrübe safhasında bulunantıplere - daha bir çoğunu ilâve etmek mümkündür. Bu tiplerde ön sırayı D₂O moderasyonlu Reaktörler işgal etmektedir. Buna rağmen, bilhassa Almanyada enerji temininin devlete bağı olmamasından dolayı firmalar çeşitli Proto tipler üzerinde çalışmaktadırlar. Meselâ : Atom araştırma merkezi Jülich'te yüksek ısı - küre yığını - Reaktörün moderasyonu Grafit ile, Soğutmasında Helium ile yapılmaktadır. Ayrıca Karlsruhe merkezinde Zirkonhidrid moderasyonlu ve Natrium soğutuculu Reaktörün kurulmasına başlanacaktır.

Enerji temini ve Atom Santralleri:

1970 yıllarında büyük üniteli Atom santrallerinde Reaktör tipine bağı olarak enerji maliyeti klasik Termik santrallarna kıyasla daha düşük olacaktır. 600 MW tan başlayan hafif su - Reaktörlü Atom santrallerinin kuruluş maliyeti, klâsik termik santrallerinin % 100 ile % 120 sine, Gaz - Grafitli, Tabii Uranyumlu santrallerde İse % 140 ına tekabül etmektedir. Buna karşılık yakıt malzemesi maliyeti ise termik santrallerin yakıt maliyetinin % 30 u ile % 50 si civarında bulunmaktadır. Ayrıca, Atom santrallerinde yakıt maliyeti klâsik termik santrallerde olduğu gibi hiç bir zaman enerji maliyeti üzerine aynı büyüklükte tesir edemeyecektir. Toplam kurulu güçleri küçük olan memleketler halen 300 MW'lık Atom santralleri kurmayı düşünmektedirler. Buna karşılık, Batı Almanyada, Fransa, İngiltere ve İtalya gibi büyük memleketler 600 MW'tan başlayan santrallerle ilgilenmektedirler. 1970 ortalarında kurulu güçleri büyük olan bu memleketler için hattâ 1200 MW'lık Atom santrallerini gerçekleştirmek mümkün olabilecektir. Çekirdek enerjisi istihsalinde önümüzdeki yularda büyük yük, bir kaç yüz MW'lık üzerinde tecrübe sahibi olunmuş hafif su ve Gaz - Grafitli Reaktörlere düşecektir. İstakbildeki gelişmeye mutlak suret-

TABLE 1 : Atom santrallerindeki Reaktör tipleri

Reaktör tipi	Kurulu bulunduğu memleket ve servise alındığı tarih	Net güç MW	Reaktör						Türbin		
			Malzeme	Yakıt	Zenginleş-tirme U 235 %	Moderasyon	Malzeme	Soğutucu Basınç	Isı	Buhar girişi	
										Basınç	İst
Gaz - Grafit	İngiltere 1956	4 X 45	U	—	—	Grafit	CO ₂	8,06	345 oC	16,2	315
Gaz - Grafit	İngiltere 1965	2 X 250	U	—	—	Grafit	CO ₂	14,06	375	46	363
Gaz - Grafit	İngiltere 1968	2 X 590	U	—	—	Grafit	CO ₂	28,1	414	46,5	401
Gaz - Grafit	İngiltere 1963	2 X 600	UO ₂	1,6/2,2	—	Grafit	CO ₂	31,6	675	163	565
Gaz - Grafit	İngiltere 1967	27,3	UO ₂	2,5	—	Grafit	CO ₂	20	525	46,7	454
D ₂ O - Basınçlı boru	İngiltere 1967	93	UO ₂	1,4	—	D ₂ O	H ₂ O	65	283	62,5	298
Gaz - Grafit	Fransa 1959	40	U	—	—	Grafit	CO ₂	15	345	10,3	334
Gaz - Grafit	Fransa 1965	217	U	—	—	Grafit	CO ₂	25	365	32,6	340
Gaz - Grafit	Fransa 1958	480	U	—	—	Grafit	CO ₂	25	400	33,6	390
H ₂ O - Basınçlı su	Fransa 1966	266	UO ₂	3,5	—	H ₂ O	H ₂ O	141,6	295	36,2	242
D ₂ O - Basınçlı boru	Fransa 1967	70	UO ₂	1,4	—	D ₂ O	H ₂ O	60	475	69	490
H ₂ O - Basınçlı su	Almanya 1968	283	UO ₂	3,0	—	H ₂ O	H ₂ O	145	309	50	263
H ₂ O - Aşın kızdırıcı	Almanya 1968	25	UO ₂	2,7	—	H ₂ O	H ₂ O	60	500	—	—
D ₂ O - Basınç kazancı	Almanya 1965	50	UO ₂	—	—	D ₂ O	D ₂ O	90	278	33	238
D ₂ O - Basınçlı boru	Almanya 1969	100	UO ₂	1,2	—	D ₂ O	CO ₂	60	550	105	530
Yüksek Temperatur	Almanya 1966	15	UO ₂	93	—	Grafit	He,	10,25	850	71	500
Na - soğutulmuş	Almanya 1969	20	UO ₂	6,1	—	ZrH	Na	Basınçsız	560	80	505
Gaz - Grafit	İtalya 1964	200	U	—	—	Grafit	CO ₂	13,4	390	52,3	374
H ₂ O - Basınçlı su	İtalya 1965	260	UO ₂	3,25	—	H ₂ O	H ₂ O	141,5	297	32,6	237
H ₂ O - Kaynar su	İtalya 1964	152	UO ₂	2,1	—	H ₂ O	H ₂ O	71,3	285	67,8	282

Bütün santraller bu tabloda gösterilmemiştir. Basınçlar ata, sıcaklıklar °C olarak verilmiştir.

le ekonomik düşünceler hakim olacağından umumiyetle küçük üniteli santrallara şans tanıma-maktadır. Uzun vadeli programların tam tespiti için mühim olan husus ; Bu zaman zarfındaki enerji ihtiyacının doğruya yakın bir şekilde tahmin edilebilmesidir. Tablo (2) 1965 ten 2040 yılına kadar tahmin edilen umumi kurulu gücü ve Atom santrallerinden elde edilecek enerjiyi göstermektedir. Buradan görülmektedir ki ; 2000 yılında Atom santrallerinden elde edilecek enerji, umumi ihtiyacın % 50 sini karşılamaktadır. Batı Almanya da ise bütün ihtiyaç doğrudan doğruya Atom santrallerinden elde edilmektedir.

dir. Tablo hazırlanırken esas olarak Ortak pazar memleketleri ve Fransanın üç tipli Reaktör (Hafif su veya Gaz - Grafit, D₂O konvert ve hızlı kuluçka Reaktörü), batı Almanyanın ise Hafif su ve hızlı kuluçka Reaktörü kullanacağı kabul edilmiştir. Çok tipli sistemle çalışmanın neticele-ri göstermektedir ki Uranyum temin etme yönün-den hızlı kuluçka reaktörlerinin büyük ehemmiyeti vardır. Ve bu sebepten İngiltere, Almanya, Fransa enerjik bir şekilde bu Reaktörü geliştirmeye çalışmaktadırlar. Bu Reaktörlerin Enerji maliyetini hissedilir derecede düşürmesi beklenmektedir. Maliyet yönünden yapılan bir kıyasla-

TABLO 2 : Amerika, İngiltere, Ortak pazar memleketleri (EWG), Fransa ve Batı Almanyanın tahmin edilen genel kurulu güçleri ve Atom santrallerinin kurulu güçleri

Yıl	Umumi kurulu Güç O W		Atom santrallerin kurulu güçleri GW				
	EWG	Almanya	Amerika	İngiltere	EWG	Fransa	Almanya
1965	90	40	1	3,7	1	2	2
1970	120	55	6	5,3	4	8	7.. 8
1975		75	32	10,3	15	20	16.. 20
1980	227	98	70	16	40	39	28.. 38
1985		118	125	26	75	68	43.. 62
1990	409	150			135	170	851.132
2000	730	230			370		213..310
2020		450					405..760
2040		760					

Bu enerjilerin istihsalı için gerekli Uranyum ihtiyacı önceden de belirtildiği gibi kullanılan Reaktör tipine bağlıdır. • Yalnız hafif su ve Gaz _ Grafit Reaktörleri kullanılması halinde Uranyum sarfiyatı çok yüksek olacak, şimdiki Uranyumun bu rezerveleri tükenmiş olacaktır. İlk nesil Reaktörlerinin modern ve geliştirilmiş Reaktörlerle kombine edilmesi halinde ise, ki bu ancak 1980 yılından sonra mümkün olabilecektir, aynı güç için Uranyum sarfiyatında önemli kısmı temin edilebilecektir. Tablo (3) te Ortak pazar memleketleri ile Fransa ve Batı Almanyanın 2000 yılına kadar olan Uranyum ihtiyacı gösterilmekte-

maya göre; Hafif su - Reaktörü ile, Hafif su ve hızlı kuluçka Reaktörü kombinasyonu arasında Almanyada 1980 yılı yansına doğru 1 Milyar DM. lik bir fark bu kombinasyon lehine tecelli edecektir. Bu netice, bilhassa geliştirme mevzuu incelendiğinde daha büyük bir değer kazanmaktadır; Çünkü: Yeni bir Reaktörün geliştirilmesi için 500 Milyon ile 1 Milyar DM tutarında bir yatırıma ihtiyaç vardır.

Uranyum rezerveleri göz önünde tutulursa, geri kazanma tesislerinin 1975 yılından itibaren hızla büyütülmesi lâzım gelmektedir. 1975 yılında Hafif su - Reaktörlerinden geri kazanılacak olan yakma elemanları 210 ile 250 ton civarında olacaktır. Bu miktar 1990 yılında ise 1660 - 2170 Ton/yıla yükselecektir.

İstikbalde çekirdek Enerjisinden istifade için girişilen uzun vadeli çalışmalar, göstermektedir ki; ekonomik Enerji istihsalı ve Uranyum rezervelerinin azami değerlendirilmesi teknik bakımdan olsun, mali yönden olsun muazzam gayret ve yatırım icap ettirmektedir.

Fakat gene aynı çalışmalar ispat etmektedir ki; Enerji istihsalinde daima büyüyen hissesi ile çok önemli bir faktör teşkil eden çekirdek enerjisi, sarfedilen emek ve kullanılan yatırımları a-
• mbtize edecek kudrettedir.

TABLO 3 : Ortak pazar memleketleri (EWG), Fransa ve Batı Almanya için tahmin edilen Uranyum İhtiyacı

Yıl	EWG 1000 ton U	Fransa 1000 ton U	Almanya 1000 ton U
1970	6	3,7	2,5
1975	25	6	10
1980	54	20	25
1985	100	38	48
1990	176	59	75
2000	330	110	150