

# ALÜMİNYUM ÜRETİMİNDE ELEKTRİK ENERJİSİ

Münir GÖKMEN / Hüseyin GERÇEK  
Etibank Alüminyum İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü

## ÖZET:

Bu bildiri alüminyum üretiminde elektrik enerjisinin önemi vurgulanmaktadır. Alüminyum tesislerinin enerji yönünden durumu ve geleceği tartışılarak yurdumuzun enerji sorunu ve uygulanan politikaya kısaca değinilmektedir. Daha sonra pratik değerlerden yararlanılarak daha az enerji tüketmek için uygulanan yöntemler belirtilmekte, enerji kesilmelerinin üretim ve teçhizatlar üzerindeki etkileri anlatılmakta ve en önemli sorunlarımızdan olan güç faktörünün (Cos Ç) düzeltilmesi için yapılan işlemlerden bahsedilmektedir. Sonuç olarak da gerek elektrik enerjisi gerekse alüminyum ihtiyacı yönünden yurdumuzun geleceği göz önüne alınarak gerekli tedbirlerin alınması istenmektedir.

## ALÜMİNYUM ÜRETİMİNDE ELEKTRİK ENERJİSİ

Alüminyum yarı mamul alümina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ve kriyolitlen (Na<sup>+</sup>AlF<sub>6</sub>) oluşan elektrolit elektrolizinden elde edilmektedir. Bunun için tesislerimizde alternatif akım doğru akıma çevrilerek bu proses için kaynak sağlanmaktadır. Elektroliz ünitelerinde elektroliz yoluyla bir ton sıvı alüminyum elde edilmesi için yaklaşık 15 900 KWh. doğru akım enerjisi tüketilmektedir. Tesislerimiz tam kapasitede çalıştığında devamlı şekilde 145 MW'a ve yıllık 125 milyar KWh. elektrik enerjisine gereksinim duymaktadır. 1984 yılı için yurdumuzda tüketime sunulabilecek enerji 29 milyar KWK olduğuna göre tesislerimizin tüketimi yurdumuzun tüketiminin % 4'ü olmaktadır. (Bu miktar yetkililerce fazla görülerek % 100 kapasitede çalışmamız uzun süre gerçekleşmemiştir. Bu durumda yurdumuz enerji politikasının gözden geçirilerek alüminyum sektörü ile ilişkisini pekiştirmesi gerekmektedir).

Bir ülkenin gelişmişlik göstergelerinden biri de kişi başına tüketilen elektrik enerjisidir. Çizelge 1'de 1980 yılına ait çeşitli ülkelerin bu konu ile ilgili karşılaştırmaları yapılmaktadır. Yurdumuzdaki yatırım programlarına göre; mesela Yunanistan'ın şu andaki seviyesine ancak 2000 yılında çıkabilecek ve ancak 1988

yılından itibaren talebimizi üretimimizle karşılayabileceğiz.

Çizelge 1. Ülkelerin Net Tüketimleri (1980) (TEK)

Sıra No	Ülke	Kah/Kişi	Sıra No	Ülke	fch/TCİq
1.	İsveç	12461	11.	Danimarka	4250
2.	Lüksemburg	10322	12.	Hollanda	4165
3.	Finlandiya	9889	13.	Çekoslovakya	4013
4.	İsviçre	7878	14.	Bulgaristan	3934
5.	SSCB	5563	15.	Polonya	2002
6.	Belçika	4896	16.	Romanya	2674
7.	Avusturya	4562	17.	Macaristan	2483
8.	İngiltere	4482	18.	İspanya	2366
9.	Fransa	4354	19.	Yunanistan	2149
10.		4316	20.	Türkiye	469

## FABRİKAMIZIN ENERJİ YÖNÜNDE DURUMU VE GELECEĞİ

Tesislerimiz elektrik enerjisi yönünden aşağıdaki kaynaklardan beslenmektedir.

1. Konya- Suyuşehir	154 a. MH.	30 KW.ki( ...sit.H
2. Manavgat-Seydişehir	154 " "	20 MU. "
3. Seydişehir-Sajdılıhlr	380 " "	200 MU. "
4. Oymapınar-Seydişehir	380 " "	500 MW. "
5. GaztÜçLü:âri-Seydişehir		7x12 MW. "

Tesislerimiz açısından önemli bir kaynak olan Oymapınar Hidroelektrik Santralının kurulu gücü 4x135 = 540 MW'a ulaşmıştır. Bu santralin devreye girmesi ile tesislerimizin elektrik şebekesi eşkiye oranla biraz daha güçlenmiştir. Kamuoyunda Seydişehir Alüminyum Tesisleri için kurulduğu bilinen Oymapınar Hidroelektrik Santralının ürettiği elektrik enerjisini yalnızca tesislerimiz tüketmemekte üretilen enerji sisteme verilmektedir.

Keban Hidroelektrik Santralının kurulu gücü 4x175 = 700 Mv. ve 4x155 = 620 MW. olarak toplam 1320 MW'dır. 1974 yılı yaz aylarında ilk ünitesi devreye giren Keban Hidroelektrik Santralından Tesislerimize 380 kV.luk ENH.tı çekilmesi planlanmış fakat içinde bulunduğumuz 1984 yılı ortalarına kadar bu enerji nakil hattı tamamlanamamıştır, ilk etapta Keban-Osmaniye ENH.tı tamamlanmış, şu anda ise Osmaniye-Seydişehir hattının yapımı devam etmektedir. TEK

verilerine göre bu hat 1984 yılı sonlarına doğru devreye alınacaktır. Çok uzun olan bu ENH.tının testlerimiz için güvenilir bir kaynak olarak kabul edilebilmesi ancak bir yıl sonra gerçekleşebilecektir.

Alüminyum Tesislerinin enerji sorunu ülkemizin genel enerji sorunundan soyutlanamayacağı gerçeği dikkate alındığından tesislerimizin enerji sorunu önümüzdeki aylarda kademeli olarak devreye girecek Elbistan, daha sonraki yıllarda devreye girecek Karakaya ve takriben 7-8 yıl sonra devreye girecek olan Atatürk Santraline bağlanabilecektir. Buna bağlı olarak da Alüminyum Tesisleri elektrik enerjisi yönünden rahata kavuşacaktır.

### YURDUMUZUN ENERJİ POLİTİKASI

Hidroelektrik potansiyeli açısından Avrupa'da üçüncü sırada bulunmamıza karşın mevcut hidroelektrik potansiyelinden faydalanabilme açısından pek ön sıralarda olduğumuz söylenemez. TÜBİTAK tarafından 1971 yılında yapılan bir çalışma ile potansiyel hidroelektrik enerjimizin 430 milyar KWh. civarında olacağı bilimsel olarak hesaplanmıştır. Bu potansiyelden yılda 100 milyar KWh.lik elektrik enerjisi üretilebileceği kesindir. 1984 yılında yurdumuzda hidroelektrik santrallerden üretilen elektrik enerjisi TEK verilerine göre 11,5 milyar KWh. olacaktır. Şu değer ise kullanılabilir su potansiyelimizin ancak % 12'sinin kullanılabildiğini göstermektedir. Boşa akan akarsularımızın her m<sup>3</sup>'ünün belli bir elektrik enerjisi karşılığı olduğu unutulmamalıdır. Son 10 yıl içinde elektrik enerjisi yatırımları yurdumuzda biraz hız kazanmış, özellikle aşağı Fırat nehri üzerinde bulunan çok güçlü sayılabilecek hidroelektrik santraller inşa edilmiş veya inşa edilmeleri programlanmıştır. Bu hidroelektrik santraller sırası ile Keban, Karakaya ve Atatürk baraj ve santralleridir. Bu barajlar tamamlandığında yurdumuzun doğusunda da bir göller yöresi meydana gelecektir. Yurdumuzda üretilen kömürlerin % 60-70'inin kurulu veya kurulmakta olan termik santrallerde kullanılarak elektrik enerjisi elde edildiği dikkate alınırsa geriye kalan % 10'luk miktar endüstride ve % 20'lik miktar ise yakıt olarak kullanılmaktadır. Soma, Seyitömer, Tunçbilek, Yatağan ve Elbistan santralleri linyit kömürüne dayalı olarak çalışan en önemli termik santrallerimizdir. Bu santrallerin hemen hemen tamamında yeni türbin mortajları ve ileriye yönelik programlar yapılmaktadır. Elbistan Termik Santrali planlanan zamanda tamamlanırsa 4x340 = 1320 MW. kurulu güçle en büyük termik santralimiz olacaktır. 10 yıl içinde bu santral yukarıdaki kurulu gücü dışında 6x300 = 1800 MW. ilavesi ile toplam 3160 MW.a ulaşacaktır. 1966 yıllarında kısa vadede enerji sorununu çözme

gereğiyle kurulan gaz türbinleri günümüzde geçerliliğini koruyamamıştır. Zamanında petrole dolayısıyla dışa bağımlılığı dile getirilmesine rağmen petrolün ucuzluğu ihalelerin kolayca yapılması ve çok kısa bir sürede üretime geçebilmesi nedeniyle yukarıda bahsedilen gerekçe baskın çıkmıştır. Fakat petrol bunalımı fiyatları arttırınca ülkemiz maliyeti karşılamada ya güçlük çekmiş ya da petrol bulamamıştır. 1984 yılında tüketime sunulan elektrik enerjisinin birincil kaynaklara göre dağılımı Çizelge 2'de özetlenmiştir.

Çizelge 2. 1984 yılı tüketime sunulan enerjinin birincil kaynaklara dağılımı (Tahmini) (TEK)

Birincil Kaynak	TEK			TÜRKİYE TOPLAMI	
	CWh	Katkı % Z	GWh	üretim Katkı %	tüketim Katkı % Z
Fuel-Oil	4.340	16,9	6.248,8	21,4	19,0
Motorin	1.211	4,7	1.344,4	4,6	4,3
Taşkömür	611	2,4	796,5	2,7	2,5
Linyit	9.095	35,5	9.275,3	31,7	19,5
Jeotermal	48	0,2	48,0	0,2	0,2
TERMİK TOPLAM	15.305	50,7	17.713,0	60,6	36,4
Uataj	9.211	35,9	9.581,0	32,8	30,5
Doğal göl A.Su	1.116	4,4	1.921,0	6,6	6,1
HİDROLİK TOPLAM	10.327	40,3	11.502,9	39,4	36,6
ÜRETİM TOPLAMI	25.632	100,0	29.215,0	100,0	13,0
Dif. Alım	-	-	2.190,0	-	7,0
KARŞILANAN İLİK.	-	-	31.405,0	-	100,0

Bu çizelgeden de görüleceği üzere tüketime sunulacak enerjinin;

% 56,4 olan 17.713 GWh. lik bölümü termik kaynaklardan,

% 36,6 olan 11.502 GWh.lik bölümü hidrolik kaynaklardan,

% 7,0 olan 2.100 GWh.lik bölümünün dış alımla sağlanması beklenmektedir.

Elektrik enerjisi tüketiminde, taşınımında ve kullanımında sağladığı kolaylık açısından en çok ihtiyaç duyulan enerji türü olarak ilk sırayı teşkil etmektedir. Bu enerjinin çeşitli yakıtlara göre birim maliyetleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Birim elektrik enerji maliyeti (1983) (TEK)

Taşkömürü	15,50 TL/kUh
Linyit	6,83 TL/kUh
Fuel-Oil	12,00 TL/kUh
Motorin	30,80 TL/kUh
Hidrolik	0,40 TL/kUh

Günümüzde gaz türbinlerinde olduğu gibi ileride benzeri problemlerle karşılaşılacak bir olgu ile karşılaşıyoruz. 1960'lardan 1970'lerin ortalarına kadar hemen hemen tüm gelişmiş ülkelerde hızla çoğalan

nükleer reaktörler ekonomideki ve dolayısıyla enerji talebindeki durgunluk, artan güvenlik endişeleri ve maliyet artışları nedeniyle bu nükleer santrallere olan talebi durma noktasına getirmiştir. Nükleer santrallerin muhalefet noktalarını kısaca şöyle özetleyebiliriz ;

1. Güvenlik
2. Nükleer enerji tehlikelidir.
3. Soğutma sisteminin çalışmaması sonucu reaktör kalbi eriyebilir.
4. Barışçı atomla savaşçı atomu birbirinden ayırmak güçtür. Atom reaktörüne sahip olan ülkeler teorik olarak atom bombası yapabilirler Şöylece atom silahlarının yapılması ve kullanılması olasılığı da artar.
5. Kullanılmış yakıt ve parçalarının yıllarca depolanması gerekmektedir. Depolama sorunu mevcuttur.
6. Nükleer enerji ucuz değildir. Yeryüzünde uranyum kaynakları sınırlıdır. İleride tıpkı bir petrol krizi gibi uranyum krizi de doğabilir.
7. Yakıt gibi yedek parça ve bakım hizmetleri açısından dışa bağımlıdır.

Bütün bu muhalefet noktalarının yanı sıra tesis maliyeti de ucuz değildir. Çizelge 4'de bazı santrallerin tesis maliyeti verilmiştir.

Çizelge: 4 - Santrallerin Tesis Maliyeti (TEK)

Ge. yakıtlı	ku	300 Dolar
Fosil yakıtlı	ku	600 Dolar*
Nükleer	ku	800 Dolar**
Hidrolik	ku	1000 Dolar

\* Kömür için yapılan ilk yatırımlar bu bedele dahil değildir.

\*\* Elektromekanik teçhizat (100-200 Dolar/ku) bu bedele dahildir.

Çizelge 5'de ise nükleer santral ile hidroelektrik santralin bir karşılaştırılması yapılmıştır.

Çizelge 5. Nükleer santral ve baraj mukayesesi

Güçü	Maliyet	Yatırım Süresi (Ay)	Arayış	Kredi	Çalışacak İleri	Yıllık ithal gereği
Nükleer Santral 1000 MW (İtalyan)	1.1 Milyar Dolar	93	Enerji	Tamamı	Max. 1000	50-60 Milyon Dolar
Nükleer Santral Çaudu 600 MW. (Kanada)	1.1 Milyar Dolar	7b	Enerji	fa-amlı	Max. 1000	60-60 Milyon Dolar
Atatürk Barajı 2400 MW.	1 Milyar Dolar	120	Enerji Sularca erozyon	Tamamı	Max. 5000	

Yukarıdaki Çizelgelerden de görüleceği üzere memleketimiz açısından baraj yapımı daha ekonomiktir. Nükleer reaktör yapımcıları tesisin başlangıcından tes-

lim edilmesine kadar her türlü krediyi verme taahhüdünde bulunmalarına karşın su santralleri için gereken kolaylığı göstermemektedirler Şu kredi kolaylığının başlıca nedeni yukarıda da bahsedildiği gibi durma noktasına gelen atom reaktörleri siparişlerini firmaların sürdürme çabalarıdır. Bütün bunlara rağmen 1995'li yıllarda nükleer enerjiye gereksinim duyulacağından şimdiden yapımlarına gidilmesinde fayda vardır.

## ALÜMİNYUM SANAYİNDE ELEKTRİK ENERJİSİNİN KULLANIMI VE TUTUM OLANAKLARI

Kurulu gücü 170 MW. olan tesislerimizde % 100 kapasitede yaklaşık olarak ayda 96 milyon kWh. enerji çekilmektedir. Tesislerimiz için yapılan ve yapılacak olan tasarrufları şöyle sıralayabiliriz.

1. Tesislerimizin bazı üniteleri önem derecesine göre % 50 yedekli beslenmektedir. Bu yedekli besleme (sıcak yedek) durumu kısmen kaldırılarak trafoların birisi devre dışı edilmiş ve dolayısıyla devre dışı olan trafoların birisi devre dışı olan trafoların boşta çalışma kayıpları sıfıra indirilmiştir. Fabrikamızda mevcut olan 150 trafonun % 30'una bu durum uygulanmış ve ayda 50 bin kWh.lik bir tasarruf yapılmıştır.

2. Bazı kısım ve ünitelerde aynı iş için seçilen büyük güçteki elektrik motorları yerine (kapasite değişikliklerinde) daha yüksek verimde çalışabilecek küçük güçlü elektrik motorları kullanılarak tasarrufa gidilmiştir.

3. Bazı düşük devirli elektrik motorlarının Cosφ'yi olumsuz yönde etkiledikleri görülmüş yerel olarak ya plan sabit kompanzasyonlarla güç faktörü normal sınırlara getirilmiştir.

4. Ünitelerdeki iç ve dış aydınlatmalarda ihtiyaç duyulanın dışındaki aydınlatma enerjisiz bırakılmıştır.

5. Fabrikamızın kullandığı enerjinin % 85'ini elektrolizhaneler tüketmektedir. Elektroliz hücrelerinin verimliliğini arttırmak ve ısı kaybını önlemek gayesi ile hücreler otomatik kumanda sistemi ile denetleme yoluna gidilecek, yapılan hesaplamalara göre bu sistemle % 5'lik bir elektrik enerjisi kazancı sağlanmış olacaktır (İşletmemizde bu konudaki çalışmalar devam etmektedir).

## KARŞILAŞILAN GÜÇLÜKLER

### 1. ENERJİ KESİLMELERİ

Alüminyum prosesi gereği fabrikamızda sürekli ve güvenilir elektrik enerjisi gerekmektedir. Enerjinin sistemdeki arızalardan veya fabrikamızdaki teknolojik durumlardan dolayı kesilmesi istenmeyen bir durumdur. Çizelge 6'da istek üzerine (elektrolizhanelerden) ve sistemden dolayı yapılan kesintiler gösterilmiştir.

Çizelge 6. Sistemden dolayı ve istek üzerine kesilmeler

Yıllar	Sistemden Kesilme Süresi (Dak) FABRİKA	Elektrolizhanadaki Kesilme süresi (Dak)	
		1. SERİ	2. SERİ
1978	49	-	347
1979	8	-	446
1980	229	1294	2398
1981	78	755	1972
1982	104	1398	2042
1983	8	468	1195

Yukarıda belirtilen kesintiler nedeniyle üretim yapılmadığı gibi hücrelerin sık sık devreden çıkarılması ve yeniden devreye alınmalarında da üretim yapılamamaktadır. Son olarak Haziran 1984'te tekrar devreye alınan birinci blokta, kullanılan çeşitli hammaddeler ve tamir bakım masrafları yanında devreye alış ve çıkış esnasında yaklaşık 20 gün süre ile üretim olmadığından 15 milyon kWh.ük bir enerji boşa harcanmış olmaktadır. Bugünkü fiyatı ile sadece enerji yönünden 120 milyon TL. civarındadır. Çizelge 7'de elektroliz bloklarının devreye alınması ve devreden çıkarılması ile ilgili sayılar verilmektedir .Bu çizelgeye 1981 Ağustos ile Ekim aylarında, önce 30 sonra 19 olmak üzere devre dışı edilen toplam 49 hücre dahil edilmemiştir.

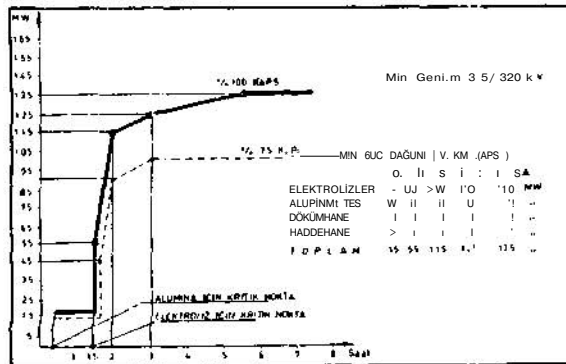
Çizelge 7. Alüminyum blokların start ve devre dışı edilişleri

	1. Blok	2. Blok	3. Blok	4. Blok
1. Start	19.9.1977	28.10.1975	14.9.1976	11.1.1977
D. Dışı	10.10.1977	10.10.1977	-	-
2. Start	20.6.1980	-	-	-
D. Oışı	28.6.1983	-	-	-
3. Start	22.6.1'84	-	-	-

Çizelge 8. Yıllara göre enerji tüketimi ve maliyeti

Yıllar	TÜKETİLEN ENERJİ			
	Akt *F (KUM)	Re aktif (KVARh)	Fatura Tutarı (TL)	E.Maliyeti Kr./KWh.
1978	589.124.440	281.560.000	366.481.814	62.1
1979	598.281.270	258.400.300	517.679.372	85.6
1980	776.571.550	290.168.475	1.172.386.307	161.3
1981	807.871.529	366.317.965	1.862.310.452	23.1
1982	737.524.891	411.774.201	2.383.465.091	323.0
1983	593.746.365	317.100.884	2.503.315.789	411.0

Çizelge 9. Arıza hallerinde min. güç grafiği



Çizelge 8'de fabrikamızın yıllara göre çekmiş olduğu elektrik enerjisi ve bunun ortalama maliyeti, Çizelge 9'da ise tesislerimizin minimum güç gereksinim grafiği gösterilmiştir.

## 2. GÜÇ FAKTÖRÜ

Elektrik enerjisinin kullanımında kayıpların azaltılması ve güç faktörünün düzeltilmesi enerjide küçümsemeyecek oranda bir tasarrufu doğuracağı kesindir. Cos $\phi$  güç faktörü yurdumuzda Haziran 1983'de TEK'ce yeniden 0,90'a çıkarılmıştır. Cos $\phi$  güç faktörünün 0,85'den 0,90'a çıkarılması ile yani % 5'lik bir artış ile enerjide en az % 2 kazanç sağlanabilir diyebiliriz. Bu kazanç ise çok az bir hata ile tesislerimizin % 50 kapasitedeki çekmiş olduğu elektrik enerjisine eşdeğerdir. Tesislerimizde güç faktörü düzeltilme işlemi sabit kondansatörler ve dinamik kondansatör dediğimiz güçlü senkron motorlarla yapılmakta ve titizlikle takip edilmektedir.

Tesislerimizde elektroliz kapasitesine bağlı olarak Cos $\phi$  değişimi :

1. % 100 kapasitede çalışıldığında güç faktörü sorun olmamaktadır.

2. % 50 kapasitede (iki blok devrede) iken güç faktörü normal değerlerde tutulabilmektedir.

3. % 75 kapasitede (üç blok devrede) ise senkron motorlar yardımı ile Cos $\phi$  güç faktörü normal değere çıkarılarak reaktif enerji ücreti ödenmemektedir.

4. % 50 - % 75 kapasitede (üç elektroliz bloku devrede fakat 20-30 hücre devre dışı ise) reaktif enerji açısından tek kritik kapasitedir. Bu kapasitede senkron motorlardan biri arızalandığında Cos $\phi$ 'nin 0,9'a yükseltilmesi imkanı olmamaktadır. Tesislerimizde kompanzasyon tesislerine ihtiyaç duyulacaktır.

İleride güç düşülmesi gerektiğinde bir binanın komple devre dışı edilmesi hem Cos $\phi$ , hem de enerji kayıplarının azaltılması açısından 20-30 hücrenin devre dışı edilmesi seçeneğine göre daha ekonomiktir.

## SONUÇ

Netice olarak kendi öz kaynaklarımıza dayalı elektrik enerjisi yatırımları hızlandırılmalı ve bu iş için devamlı kaynak sağlanmalıdır. Hızlı sanayileşmeye paralel olarak artan elektrik enerjisi talebini karşılayabilmek için elektroliz hücreleri basit bir elektrik alıcısı gibi düşünülmemelidir ;1990'lı yıllarda enerji yönünden yeterli bir düzeye gelineceği düşünülürse hızla artan alüminyum talebini karşılayabilmek için alüminyum üretimini de artırmak gerekmektedir. Bu iş için de tüm altyapı hizmetlerinin hazır olduğu Seydişehir'de Alüminyum Tesislerinin tevsi kaçınılmaz görülmektedir.