

ÇİMENTO ENDÜSTRİSİNDE
ENERJİ EKONOMİZASYONU

T. Hikmet Karakoç /

T. C.
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
MERKEZ KÜTÜPHANESİ

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Makina Mühendisliği Anabilim Dalında
DOKTORA TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Tolga Yarman (1983-1986)
Yrd. Doç. Dr. İlker Gürkan (1986-1987)

Ağustos 1987

7/10/1987

T. Hikmet KARAKOÇ'un DOKTORA tezi olarak hazırladığı "Çimento Endüstrisinde Enerji Ekonomizasyonu" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisanüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

..3..10..1987

Üye : Doç. Dr. Çiğdem HORTAÇSOY

Üye : Doç. Dr. Erdoğan Fıratlı

Üye: Yrd. Doç. Dr. İlker Gürbüz

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..6.10.1987...
gün ve ..158/1..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Rüstem KAYA
Enstitü Müdürü

ÖZET

Enerji yoğun bir proses olan çimento endüstrisinde, enerjiye ödenen meblağ toplam giderler içinde en büyük paya sahiptir. Eskişehir Çimento Fabrikası'nda enerjiye ödenen meblağın toplam giderler içindeki payının yuvarlak % 50 olduğu hesaplanmıştır.

Yapılan bu çalışmada, Eskişehir Çimento Fabrikası özelinde olarak enerji tüketiminde tasarruf sağlanması amaçlanmıştır.

Isı enerjisi tüketiminde tasarruf sağlanmasına yönelik olarak yapılabilecek birçok çalışma içinden önemli görülen iki tanesi, öncelikle gözden geçirilmiştir. Bunlar, önkalsinasyon uygulanması ve soğutucu çıkışındaki gazın kömür kurutma ünitesinde kullanılmasıdır.

Fabrika özelinde çeşitli alanlara dönük olarak yaptığımız enerji tasarrufu yoklama ve incelemelerimiz, bizi esas itibariyle elektrik enerjisi tüketiminde bir optimizasyon sorununu çok değişik bir platform üzerinde sonuçlandırmamız noktasına getirmektedir.

Elektrik enerjisi tüketiminde tasarruf sağlanması yönündeki araştırmamız iki tema üzerine kurulmuş bir çalışmayı kapsamaktadır.

Birinci tema çerçevesinde, sistem ünitelerinin geçmişteki tavırları incelenerek, günlük enerji bedeli açısından, en iyi işletme kapasitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. İkinci tema çerçevesinde ise, elektrik enerjisi birim fiyatının, günün üç farklı domenine göre, ayrı ayrı fiyatlandırıldığı gözönüne alınarak, Eskişehir Çimento Fabrikası'ndaki tüm ünitelerin (bugünkünden daha optimal olarak) uygun domenlerde çalıştırılmasının sağlanacağı bir bilgisayar programı hazırlanmıştır.

Isı enerjisi tasarrufuna yönelik olarak yaptığımız çalışmada, sonuç itibariyle kayda değer miktarda bir enerji e-

ekonomisi sağlanmış olmakla beraber... Asıl elektrik enerjisi tasarrufuna yönelik olarak yaptığımız çalışma sonucu, sorun önerdiğimiz "özgün" yaklaşım bazında ele alınarak, önemli miktarda bir tasarruf boyutu ortaya çıkmıştır. Söz konusu yaklaşım, tezimizin ağırlık merkezini oluşturmaktadır.

Enerji bedelini veren ifadeyi; enerji tüketiminin yanısıra, ünitelerin kullanım domenleri de etkilemektedir. Bu ifade kapasiteye bağımlı bir fonksiyon haline getirilerek en uygun çalışma kapasitesinin tesbiti amaçlanmıştır.

Kapasiteye bağlı günlük enerji bedeli fonksiyonunun minimizasyonu için dinamik programlama tekniği kullanılmıştır.

Ünitelerin uygun çalışma kapasiteleri belirlendikten sonra, Fabrika'yı optimum şartlarda işletecek, günlük çalışma programı hazırlanmıştır.

Aynı türden üretim yapmasına rağmen, farklı özgül enerji tüketimine sahip ünitelerin optimum çalışma programları için ayrı bir algoritma hazırlanmıştır.

İncelenen altı ay bazında, Eskişehir Çimento Fabrikası'nın fiiliyattaki enerji faturası ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılmasından, enerji bedelindeki aylık tasarrufun merteye olarak on Milyon TL olduğu görülmüştür.

Elektrik enerjisi faturasını etkileyen diğer faktör sözleşme gücünün, mevcut uygulama uzantısında hangi düzeyde belirlenmesi gerektiği sorunu da tasarruf çerçevesi bütünselliğinin sağlanması amacıyla ele alınmıştır.

SUMMARY

The cost of energy is the biggest portion of the total expenditure in the cement industry. The cost has been calculated to be approximately 50 % of the total expenditure of the cement in the Eskişehir cement plant.

In this study it has been proposed to economize the energy consumption, particularly for the Eskişehir Cement Plant.

Two of them which seem to be important among the many studies which enable towards the heat energy consumption savings have been reviewed. These are the application of precalcination and the usage of gas at the outlet of cooler in coal drying unit.

Our research and investigations for saving energy done towards the several fields specifically in the plant bring us mainly to the point where we can end the problem of the optimization in the electrical energy consumption from a different platform.

Our research efforts for saving electrical energy in the cement plant focuses on two subjects.

Regarding to the first subjects, It has been wished to be determined the best working capacity in terms of daily energy cost by examining the past performance of the system units. In the second subject by taking into account that the unit cost of the electrical energy separately priced, according to three different domains of the day, a computer program has been prepared to let all the units in the Eskişehir Cement Plant run in the reasonable domains (more optimal than the present).

Even though a reasonable amount of energy economy gained through the study we have made towards saving the heat energy, mainly due to the results of the study we have made towards saving the electrical energy the significant

amount of saving has come out by taking up the problem on the main approach we have proposed. The approach mentioned is the main point of the thesis.

The consumption of energy as well as the usage domains of units affect the equation which gives the cost of energy. It has been aimed to find the most suitable working capacity for each unit as the equation is made into a function which depends on the capacity.

The dynamic programming technique has been used to minimize the function of the daily energy cost that depends on the capacity.

After the available working capacity of the units is determined, daily working programme has been prepared which would run the Factory under the optimum conditions.

An algorithm has been prepared for optimum work programs of the units which have a different specific energy consumption although have the same type of production.

It has been seen that monthly saving in the cost of energy is in the order of ten million ₺ by the comparison made between the actual energy bill of the Eskişehir Cement Plant and the computer results.

The problem of determining the contract power which affects the electrical energy bill has been taken up for completing the framework of the electrical energy saving.

TEŞEKKÜR

Tez konumu veren ve çalışmalarımın başladığı ilk günden son aşamasına kadar yardım ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Tolga Yarman ile tezimin yönlendirilip sonuçlandırılmasında katkı ve destek veren değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Ilker Gürkan'a en içten teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarına gösterdikleri ilgi ve destekten dolayı Üniversitemiz Rektörü Sayın Prof. Dr. Yılmaz Büyükerşen'e, Fen Edebiyat Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Ercan Güven'e, Makina Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Battal Kuşhan'a ve Yıldız Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerinden Sayın Doç. Ertuğrul Küçükkaramıklı'ya şükranlarımı sunarım.

Tezim Eskişehir Çimento Fabrikası tarafından desteklenmiş ve Fabrika yönetimi hiçbir yardımı esirgememiştir. Genel Müdür Sayın Sadık Akalan'a, Genel Müdür Yardımcısı Sayın Uğur Bilgili'ye, İşletmeler Müdürü Sayın Fikret Uluakay'a, Kalite Kontrol ve Planlama Müdürü Sayın Tomris Zor ile Fabrika'nın diğer teknik ve idari personeline ilgi ve yakınlıklarından dolayı teşekkürü borç bilirim. Ayrıca tezdaki bütün şekilleri özen ve dikkatle çizen Fabrika elemanlarından Sayın Utku Kuş ile tezin yazım aşamasına gelmesinde yardımları olan Sayın Ekrem Kınık'a teşekkür ederim.

MAG-682/A projesiyle tezimi desteğe değer bulan TÜBİTAK'a teşekkürü borç bilirim.

Tezimin yazılıp düzenlenmesi aşamasında eleştiri ve yardımlarını esirgemeyen Dr. Bilal Par'a, Nihat Karakoç'a Leyla Sevinç'e ve Zülkani Delil'e teşekkürlerimi sunarım.

Tezimi özenle, sabırla ve tertemiz daktilo eden Sayın Serpil Göleci'ye teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince bana moral desteği veren aileme ve eşim Nimet'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	vii
TEŞEKKÜR	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxiv
1. GİRİŞ	1
2. ÇİMENTO ÜRETİM PROSESİ VE ESKİŞEHİR ÇİMENTO FABRİKASI'NIN ENERJİ ANALİZİ	9
2.1. Çimento Üretim Prosesi	9
2.2. Eskişehir Çimento Fabrikası'nın Enerji Analizi	15
3. ÇİMENTO ENDÜSTRİSİNDE ENERJİ EKONOMİSİ AMACIYLA ORTAYA KONULABİLECEK ETKİNLİKLER VE BUNLARIN ESKİŞEHİR ÇİMENTO FABRİKASI ÖZELİNDE TARTIŞILMASI	25
3.1. Çimento Endüstrisinde Enerji Ekonomisi Amacıyla Önerilen ve Yapılan Çalışmalar	25
3.1.1. Önkalsinasyon uygulaması	25
3.1.2. Çeşitli noktalardan atılan sıcak gazdan yararlanma	29
3.1.3. Döner fırın cidar ısısından yararlanma	34
3.1.4. Düşük kalorili yakıtların ve bazı atıkların çimento endüstrisinde kullanımı	35
3.1.5. Mevcut yaş sistem fırınların ıslahı ..	39
3.1.6. Elektrik enerjisi tüketiminde tasarruf sağlanması	40
3.1.7. Diğer bazı tasarruf önlemleri	41
3.2. Eskişehir Çimento Fabrikası Özelinde Tartışma	43

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
4. YAŞ VE KURU SİSTEMLERİN İKİSİNE BİRDEN SAHİP ESKİŞEHİR ÇİMENTO FABRİKASI'NDA ISI ENERJİSİ TASARRUFUNA YÖNELİK YAPILAN ÇALIŞMALAR	45
4.1. Önkalsinasyon Uygulaması	45
4.2. Soğutucu Çıkışıındaki Gazdan Yararlanma	47
5. ESKİŞEHİR ÇİMENTO FABRİKASI ÖZELİNDE ELEKTRİK ENERJİSİ TASARRUFUNA YÖNELİK ÇALIŞMALAR	51
5.1. Giriş	51
5.2. Ünitelerin Geçmişteki Tavırlarının İncelenmesi Suretiyle Minimum Enerji Bedelini Verecek Çalışma Kapasitesinin Belirlenmesi	52
5.2.1. Kapasiteye bağlı günlük enerji bedeli ifadesinin oluşturulması	53
5.2.1.1. Gücün kapasiteye bağımlılığı ve özgül enerji tüketimi kapasite diyagramlarının çizimi	55
5.2.1.2. Özgül enerji tüketiminin kapasiteye bağımlılığı ve özgül enerji tüketimi diyag- ramlarının çizimi	80
5.2.1.3. Dömen sayısı ve dömendeki üretimin kapasiteye bağımlılığı	81
5.2.2. Günlük enerji bedeli ifadesinin minimizasyonu	105
5.2.2.1. Sayımlama tekniği ve minimizasyon	107
5.2.2.2. Dinamik programlama ile minimizasyon	108
5.2.2.3. Günlük enerji bedeli-kapasite eğrilerinin çizilmesi	113
5.2.3. Sonuçların değerlendirilmesi	114
5.3. Üretim Talebi ve Gece-Gündüz-Puvant Enerji Bedellerine Göre Günlük Çalışma Programı	126
5.3.1. Aynı bir iş gören ama farklı özgül enerji tüketimli ünitelerde en iyi günlük çalışma programı	128
5.3.2. Tüm ünitelerin en iyi günlük çalışma programı	131
5.3.3. Sonuçların değerlendirilmesi	

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
5.4. Sözleşme Gücünün Enerji Faturasına Etkisinin İncelenmesi ve Mevcut Şartlarda Eskişehir Çimento Fabrikası'nın Sözleşme Gücünün Belirlenmesi	162
6. SONUÇ	168
EK AÇIKLAMALAR	174
A. ÇİMENTO ÜRETİM PROSESLERİ	174
A.1. Yaş Sistem Çimento Üretimi	175
A.2. Yarıyaş Sistem Çimento Üretimi	178
A.3. Kuru Sistem Çimento Üretimi	181
B. ESKİŞEHİR ÇİMENTO FABRİKASI'NIN ENERJİ ANALİZİ ...	181
B.1. Eskişehir Çimento Fabrikası'nda Isı ve Elektrik Enerjisi Tüketen Birimleri	181
B.2. Eskişehir Çimento Fabrikası'nda Birim Üretim Başına Isı Enerjisi Tüketimi ve Döner Fırın Isı Bilançosu	181
B.2.1. Yaş sistem çimento üretimi	183
B.2.2. Kuru sistem çimento üretimi	185
B.2.2.1. Klinker oluşum ısısı	187
B.2.2.2. Farinden oluşan karbondioksidin baca gazı içinde götürdüğü ısı	188
B.2.2.3. Farinde bulunan nemin buharlaşarak baca gazı içinde götürdüğü ısı	190
B.2.2.4. Soğutmadan çıkan klinkerin götürdüğü ısı	191
B.2.2.5. Farin değirmeninde kullanılan ısı	192
B.2.2.6. Önısıtıcı çıkışında baca gazının götürdüğü ısı	200
B.2.2.7. Soğutucu çıkışında multisiklondan atılan ısı ...	200
B.2.2.8. Kullanılan kömürün kurutulması için verilen ısı	202
B.2.2.9. Radyasyon, konveksiyon kayıplarıyla yanma verimi ve diğer kayıplar	203
B.2.3. Eskişehir Çimento Fabrikası'nda birim üretim başına elektrik enerjisi tüketimi ve elektrik enerjisi bilançosu	203

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
C. ESKİŞEHİR ÇİMENTO FABRİKASI'NDA ÖNKALSİNASYON UYGULAMASI	231
C.1. Önkalsinasyonun Tanıtımı ve Özellikleri	231
C.2. Çalışmakta Olan Fırınların Önkalsinasyonlu Sistemlere Dönüştürülmesine Yönelik Çalışmalar	238
C.3. Eskişehir Çimento Fabrikası'nın Kuru Sistem Fırınında % 50 Kapasite Arttırımıyla Önkalsinasyon Uygulaması	244
C.4. Önkalsinasyon Uygulanmasıyla Elde Edilebilecek Enerji Tasarrufu	254
D. ESKİŞEHİR ÇİMENTO FABRİKASI'NDA SOĞUTUCU ÇIKIŞINDAKİ GAZIN KÖMÜR KURUTMA ÜNİTESİNDE KULLANILMASI YOLUYLA ENERJİ TASARRUFU	259
D.1. Kömür Kurutma Tesisinin Tanıtımı ve Özellikleri	259
D.2. Kuru Sistem Çimento Üretiminde Soğutucu Çıkışındaki Gazın Kömür Kurutma Ünitesinde Kullanım Olanakları	262
D.2.1. Çalışmakta olan sistemin tanıtılması .	262
D.2.2. İkincil kurutma havası ihtiyacının soğutucu çıkışındaki gazdan sağlanmasıyla elde edilebilecek enerji ekonomisi	270
D.2.3. Sekonder yakma havası ihtiyacısının da soğutucu çıkışındaki gazdan sağlanmasıyla elde edilebilecek enerji ekonomisi	275
D.3. Yatırım ve amortisman süresi	276
KAYNAKLAR DİZİNİ	279

EKLER

1. Yaş Sistem Çimento Üretimi
2. Kuru Sistem Çimento Üretimi
3. E.Ç.F.'nin Genel Yerleşim Planı
4. Denklem (5.20) yi Sayımlama Yöntemiyle Minimize Eden Bilgisayar Programının Akış Diyagramı
5. Denklem (5.20)yi Sayımlama Yöntemiyle Minimize Eden Bilgisayar Programının Listesi
6. Denklem (5.20) yi Dinamik Programlama İle Minimize Eden Bilgisayar Programının Akış Diyagramı
7. Denklem (5.20) yi Dinamik Programlama İle Minimize Eden Bilgisayar Programının Listesi
8. Ek 5 ve Ek 7 deki Bilgisayar Programlarına Ait Veri Kütükleri

İÇİNDEKİLER (Devam)

EKLER

9. Ek 5 ve Ek 7.deki Bilgisayar Programlarına Ait Çıktılar
10. Aynı Üçlü Kapasite Cümleleri İçin Denklem (5.20) yi Çözen Bilgisayar Programının Akış Diyagramı
11. Ek 10 daki Akış Diyagramının Listesi
12. Ek 11 deki Programın Ek 8 deki Verilerle Çalıştırılması Durumundaki Çıktılar
13. Fabrikadaki Tüm Ünitelerin Optimum Çalışma Programını Bularak Aylık Enerji Bedelini Hesaplayan Bilgisayar Programının Akış Diyagramı
14. Fabrikadaki Tüm Ünitelerin Optimum Çalışma Programını Bularak Aylık Enerji Bedelini Hesaplayan Bilgisayar Program Listesi
15. Ek 9.daki Bilgisayar Programının Eskişehir Çimento Fabrikası'nın Ağustos 1985 Verilerine Göre Çıktısı

ÖZGEÇMİŞ

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Ana hatları ile yaş sistem çimento üretimi	11
2.2. Ana hatları ile yarıyaş sistem çimento üretimi .	12
2.3. Çeşitli çimento üretim sistemlerinde minimum ısı tüketimi	13
2.4. Yaş ve kuru sistem çimento üretiminde döner fırındaki ısıl prosesler	14
2.5. Ana hatları ile kuru sistem çimento üretimi	16
2.6. Kuru sistem döner fırında ısı enerjisi akış diyagramı	19
2.7. Yaş sistem çimento üretiminde elektrik enerjisi akış diyagramı	22
2.8. Kuru sistem çimento üretiminde elektrik enerjisi akış diyagramı	23
3.1. Döner fırın ile önısıtıcı arasına yerleştirilen kalsinatörün şematik olarak görünümü	26
3.2. Önısıtıcılı, önkalsinasyonlu kuru sistem bir fırında hammadde ve gaz akımları	27
3.3. Klinker oluşum prosesleri	28
3.4. Döner fırın gazının by-pass edilmesiyle elektrik enerjisi üretimi	30
3.5. Çimento üretiminde çeşitli noktalardan atılan ısının komple kullanıldığı bir sistem	31
3.6. Döner fırın cidar ısısından yararlanılmasına ilişkin bir düzenek	34
3.7. Döner fırın cidar ısısından yararlanılarak güç üretimi	35
3.8. Çöplerin çimento endüstrisinde yakıt olarak kullanılabilmesi için gereken önhazırlık ünitesi	37
4.1. Kömür kurutma ünitesinin mevcut durumu	49
4.2. Kömür kurutma ünitesinde enerji ekonomisi amacıyla önerilen değişiklik	50
5.1. Günlük çalışma domenleri	51
5.2. Konkasör için güç-kapasite diyagramı	57
5.3. Çamur değirmeni için güç-kapasite diyagramı	58
5.4. Farin değirmeni için güç-kapasite diyagramı	59
5.5. Döner fırın-1 için güç-kapasite diyagramı	60
5.6. Döner fırın-2 için güç-kapasite diyagramı	61

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.7. Çimento değirmeni-1 için güç-kapasite diyagramı	62
5.8. Çimento değirmeni-2 için güç-kapasite diyagramı	63
5.9. Konkasör için yürüyen ortalamalar yöntemiyle güç-kapasite diyagramı	67
5.10. Çamur değirmeni için yürüyen ortalamalar yöntemiyle güç-kapasite diyagramı	69
5.11. Farin değirmeni için yürüyen ortalamalar yöntemiyle güç-kapasite diyagramı	71
5.12. Döner fırın-1 için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış güç-kapasite diyagramı .	73
5.13. Döner fırın-2 için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış güç-kapasite diyagramı .	75
5.14. Çimento değirmeni-1 için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış güç-kapasite diyagramı .	77
5.15. Çimento değirmeni-2 için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış güç-kapasite diyagramı .	79
5.16. Konkasör için-özellik enerji tüketimi-kapasite diyagramı	82
5.17. Çamur değirmeni için özellik enerji tüketimi-kapasite diyagramı	83
5.18. Farin değirmeni için özellik enerji tüketimi-kapasite diyagramı	84
5.19. Döner fırın-1 için özellik enerji tüketimi-kapasite diyagramı	85
5.20. Döner fırın-2 için özellik enerji tüketimi-kapasite diyagramı	86
5.21. Çimento değirmeni-1 için özellik enerji tüketimi-kapasite diyagramı	87
5.22. Çimento değirmeni-2 için özellik enerji tüketimi-kapasite diyagramı	88
5.23. Konkasör için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış EH-K ₀ diyagramı	90
5.24. Çamur değirmeni için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış EH-K ₀ diyagramı	92
5.25. Farin değirmeni için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış EH-K ₀ diyagramı	94

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.26. Döner fırın-1 için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış EH-K ₀ diyagramı	96
5.27. Döner fırın-2 için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış EH-K ₀ diyagramı	98
5.28. Çimento değirmeni-1 için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış EH-K ₀ diyagramı	100
5.29. Çimento değirmeni-2 için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış EH-K ₀ diyagramı	102
5.30. Belirli bir günlük üretim için domenlerdeki çalışma saati ve üretimi tesbit eden algoritma	104
5.31. "Ağaç çizelgemi" yönteminin Dk(5.20) deki probleme uygulanışı	109
5.32. Konkasör için günlük enerji bedeli-kapasite diyagramı	115
5.33. Farin değirmeni için günlük enerji bedeli-kapasite diyagramı	116
5.34. Çamur değirmeni için günlük enerji bedeli-kapasite diyagramı	117
5.35. Döner fırın-1 için günlük enerji bedeli-kapasite diyagramı	118
5.36. Döner fırın-2 için günlük enerji bedeli-kapasite diyagramı	119
5.37. Çimento değirmeni-1 için günlük enerji bedeli-kapasite diyagramı	120
5.38. Çimento değirmeni-2 için günlük enerji bedeli-kapasite diyagramı	121
5.39. Faturadaki aylık enerji bedeli ile sağlanabilecek tasarruf arasındaki ilişki	146
5.40. Faturadaki aylık enerji tüketimi ile sağlanabilecek enerji tasarrufu arasındaki ilişki	148
5.41. Aylık klinker üretimi ile aylık parasal tasarruf arasındaki ilişki	150
5.42. Aylık klinker üretimi ile aylık enerji tasarrufu arasındaki ilişki	151
5.43. Faturadaki aylık enerji bedeli ile sağlanabilecek parasal tasarruf yüzdesi arasındaki ilişki	152

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.44. Faturadaki aylık enerji tüketimi ile aylık enerji tasarruf yüzdesi arasındaki ilişki	153
5.45. Aylık klinker üretimi ile faturadaki ve optimizasyon programındaki enerji bedeli arasındaki ilişki	154
5.46. Aylık klinker üretimi ile faturadaki ve optimizasyon programındaki enerji tüketimi arasındaki ilişki	155
5.47. Aylık klinker üretimi ile sağlanabilecek parasal tasarruf yüzdesi arasındaki ilişki ...	157
5.48. Aylık klinker üretimi ile sağlanabilecek enerji tasarruf yüzdesi arasındaki ilişki	158
5.49. Mayıs 1985 Ayı itibariyle domen başına faturadaki enerji tüketimi ile yeni durumda domenlerdeki enerji farkı arasındaki ilişki ...	159
5.50. Mayıs 1985 Ayı itibariyle domen başına ödenen enerji bedeli ile yeni durumda domenlerdeki fiyat farkı arasındaki ilişki	160
5.51. Mevcut uygulama çerçevesinde domenlerdeki güç dağılımı	164
B.1. Döner fırın ile baca arasında çeşitli noktalarda gaz sıcaklıkları	193
B.2. Konkasörün özgül elektrik enerjisi tüketimi hesabındaki adımlar ve kullanılan dönüşüm faktörleri	211
C.1. Kalsinasyon derecesi ile önısıtıcı çıkış gazı sıcaklığı arasındaki ilişki	234
C.2. Üçüncül hava borulu önkalsinasyon	236
C.3. Üçüncül hava borusuz önkalsinasyon	236
C.4. Üçüncül hava borulu ve borusuz önkalsinasyon için hammadde ve gazın sıcaklık eğrileri	237
C.5. Yaş sistem fırının önkalsinasyonlu kuru sisteme dönüştürülmesi	240
C.6. Kuru sistem fırının önkalsinasyonlu sisteme dönüştürülmesi	241
C.7. Önısıtıcılı döner fırına yeni bir önısıtıcı ve kalsinatör eklenerek yeni ve eski önısıtıcıların paralel çalıştırılması	242

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
C.8. Önısıtıcılı döner fırına eklenen yeni bir önısıtıcı ve kalsinatör grubu ile paralel çalışmanın yanısıra, yalnızca eski önısıtıcı grubunun da çalıştırılabilmesi	243
D.1. Boru tipi değirmende, değirmenin kapasitesi ve enerji tüketiminin kömürün nem miktarına bağımlılığı	260
D.2. Paralel akım prensibine göre çalışan kurutucu .	260
D.3. Çalışmakta olan sistemde sıcak hava ocağı ile kurutucunun özellikleri	263

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	<u>Sayfa</u>
1.1. Türkiye'de mevcut çimento fabrikaları ile bunların kapasite ve üretim sistemleri	2
2.1. Kuru sistem döner fırının ısı bilançosu	17
2.2. Yaş ve kuru sistem çimento üretiminde birim klinker üretimi başına harcanan elektrik enerjisi	21
3.1. Çimento üretiminde çeşitli noktalardan alınabilecek gazın karakteristik özellikleri ve muhtemel kullanım alanları	32
3.2. Çimento endüstrisinde alternatif sıvı yakıtlar	38
3.3. Çimento endüstrisinde alternatif katı yakıtlar	38
5.1. Diyagram verilerinin yürüyen ortalamalarla yumuşatılmasına ilişkin hesaplama yöntemi ...	65
5.2. Konkasörün güç-kapasite diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları	66
5.3. Çamur değirmeninin güç-kapasite diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları	68
5.4. Farin değirmeninin güç-kapasite diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları	70
5.5. Döner fırın-1 in güç-kapasite diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları	72
5.6. Döner fırın-2 nin güç-kapasite diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları	74
5.7. Çimento değirmeni-2 in güç-kapasite diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları	76
5.8. Çimento değirmeni-2 nin güç-kapasite diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları	78
5.9. Konkasörün EH-K ₀ diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları	89

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.10. Çamur değirmeninin EH-K ₀ diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları	91
5.11. Farin değirmeninin EH-K ₀ diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları	93
5.12. Döner Fırın-1 in EH-K ₀ diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları	95
5.13. Döner Fırın-2 nin EH-K ₀ diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları	97
5.14. Çimento Değirmeni-1 in EH-K ₀ diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılması yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları	99
5.15. Çimento Değirmeni 2 nin EH-K ₀ diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılması yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları	101
5.16. Ünitelerin optimum çalışma kapasiteleri ..	122
5.17. Ünitelerin kurulu kapasite ve kurulu güçleri	123
5.18. Mayıs-Ekim 1985 tarihleri arası itibariyle gerçekleşen değerlere ve optimum kapasitelerle çalışma durumuna göre birim çimento üretimi başına enerji tüketimi	125
5.19. Mayıs 1985 de domenlere göre gerçekleşen enerji tüketimi ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması	133
5.20. Haziran 1985 de domenlere göre gerçekleşen enerji tüketimi ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması	134
5.21 Temmuz 1985 de domenlere göre gerçekleşen enerji tüketimi ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması	135
5.22. Ağustos 1985 de domenlere göre gerçekleşen enerji tüketimi ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması	136
5.23. Eylül 1985 de domenlere göre gerçekleşen enerji tüketimi ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması	137

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.24. Ekim 1985 de domenlere göre gerçekleşen enerji tüketimi ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması	138
5.25. Mayıs 1985 de domenlere göre ödenen enerji bedeli ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması	139
5.26. Haziran 1985 de domenlere göre ödenen enerji bedeli ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması	140
5.27. Temmuz 1985 de domenlere göre ödenen enerji bedeli ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması	141
5.28. Ağustos 1985 de domenlere göre ödenen enerji bedeli ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması	142
5.29. Eylül 1985 de domenlere göre ödenen enerji bedeli ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması	143
5.30. Ekim 1985 de domenlere göre ödenen enerji bedeli ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması	144
5.31. Optimizasyon programı sonucu elde edilebilecek tasarruf miktarları	161
5.32. Ünitelerin tam kapasite ve Ek 4. deki optimizasyon programı çerçevesinde çalıştırılmasıyla alınan sonuçlar	167
A.1. 1985 yılı itibariyle E.Ç.F.'de ortalama farin bileşen yüzdeleri	174
A.2. Klinker oluşumundaki ısıl prosesler	176
B.1. Eskişehir Çimento Fabrikası'nda elektrik enerjisi tüketen birimlerin kurulu güç ve kurulu kapasiteleri	182
B.2. Yaş sistem döner fırında kömür kurutma enerjisi de dahil olmak üzere özgül enerji tüketimi hesabı	184
B.3. Yaş Sistem döner fırında kömür kurutma işlemi için harcanan özgül enerji tüketimi hesabı	184

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
B.4. Kuru sistem döner fırında kömür kurutma enerjisi de dahil olmak üzere özgül enerji tüketimi hesabı	186
B.5. Kuru sistem döner fırında kömür kurutma işle işlemleri için harcanan özgül enerji tüketimi hesabı	186
B.6. E.Ç.F. de 1985 yılı ortalama klinker analizi ..	188
B.7. E.Ç.F. de 1985 yılı itibariyle döner fırına verilen kömürdeki karbon, hidrojen ve kükürt yüzdeleri	194
B.8. Yanmada reaksiyona giren ve çıkan elemanların molekül ağırlıkları	195
B.9. Yanma sonu ürünlerinin kütleli miktarları	196
B.10. 1984 yılında özgül elektrik enerjisi tüketimi hesabında kullanılacak dönüşüm faktörleri	214
B.11. Konkasörde kırılan kalker ve kil esas alınarak özgül elektrik enerjisi tüketimi hesabı	215
B.12. Konkasörde kırılan alçı taşı ve tras esas alınarak özgül elektrik enerjisi tüketimi hesabı	217
B.13. Konkasörde toplam özgül elektrik enerjisi tüketimi hesabı	218
B.14. Çamur değirmeninde özgül elektrik enerjisi tüketiminin hesabı	219
B.15. Farin değirmeninde özgül elektrik enerjisi tüketiminin hesabı	220
B.16. Yaş ve kuru sistem döner fırında özgül elektrik enerjisi tüketiminin hesabı	221
B.17. Kömür değirmenlerinde özgül elektrik enerjisi tüketiminin hesabı	222
B.18. Çimento değirmenlerinde özgül elektrik enerjisi tüketiminin hesabı	223
B.19. Paketleme ünitesinde özgül elektrik enerjisi tüketiminin hesabı	224
B.20. Gezervinçte özgül elektrik enerjisi tüketiminin hesabı	225

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
B.21. Kompresörlerde özgül elektrik enerjisi tüketiminin hesabı	226
B.22. Işık ve muhtelif giderler için özgül elektrik enerjisi tüketiminin hesabı	227
B.23. Kablo zaiyatı için özgül elektrik enerjisi tüketiminin hesabı	228
B.24. Yaş ve kuru sistem çimento üretiminde birim çimento üretimi başına harcanan elektrik enerjisi	230
C.1. Kuru sistem fırında önkalsinasyon uygulanması durumunda klinker üretimi ile yakıt ve hava ihtiyacı miktarları	247
C.2. Kuru sistem fırına önkalsinasyon uygulanmasıyla mevcut ekipmanlarda yapılması gereken değişiklikler	248
C.3. Önkalsinasyondan önce ve sonra fırınların üretim durumu ile özgül ısı tüketimleri	255
C.4. E.Ç.F.'nda önkalsinasyon uygulamasını yapabilecek şirketlerin yatırım teklifleri	256
D.1. Kömür kurutma ünitesinin mevcut çalışma şartlarındaki bazı temel özellikleri	265
D.2. İkincil kurutma havasının soğutma ünitesinden sağlanması durumunda sıcak hava ocağındaki enerji tasarrufu ve bazı temel özellikler	274
D.3. Sekonder yakma havasının da soğutma ünitesinden sağlanması durumunda sıcak hava ocağındaki enerji tasarrufu ve bazı temel özellikler	277

SIMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

NOTASYONLAR

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
a,b,c	Toplam enerji tüketiminin sırasıyla gece, gündüz ve puvant domenlerindeki payı.
C_p	Sabit basınçtaki özgül ısı kapasitesi, kj/kg K.
D	Bir gündeki toplam domen sayısı.
$D_{iç}$	Döner fırın iç çapı, m.
d	Yoğunluk, kg/m ³ .
E	Elektrik enerjisi tüketimi, kwh.
e	Özgül elektrik enerjisi tüketimi, kwh/ton hammadde.
E_B	Bilgisayar çıktısına göre elektrik enerjisi tüketimi, kwh.
E_F	TEK faturasına göre günlük elektrik enerjisi tüketimi, kwh.
EDG_{D_j}	Domenlere göre günlük elektrik enerjisi tüketimi, kwh/(gün x domen).
EG	Günlük toplam elektrik enerjisi tüketimi, kwh/gün.
EH	Birim hammadde üretimi başına elektrik enerjisi tüketimi, kwh/ton hammadde.
EI	İstenilen günlük elektrik enerjisi tüketimi, kwh/gün.
F	Elektrik enerjisi tüketimi karşılığı ödenen bedel, TL.
F_B	Bilgisayar çıktısına göre elektrik enerjisi bedeli, TL.
F_F	TEK faturasına göre elektrik enerjisi bedeli, TL.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
FE_{D_j}	Domenlere göre birim elektrik enerjisi tüketiminin fiyatı, TL/kwh.
FDG_{D_j}	Domenlere göre günlük elektrik enerjisi bedeli, TL/(gün x domen).
FG	Günlük toplam enerji bedeli, TL/gün.
FGT	Günlük toplam enerji bedeli Π /gün
FGK	En küçük günlük enerji bedeli Π /gün
f	Dönüşüm faktörü .
G_o	Güç, kw, kwh/saat.
G_A	Aktif güç, kw.
G_G	Görünen güç, kw.
GF	Güç faktörü .
H	Entalpi, kj.
h	Özgül entalpi, kj/kg.
H_u	Alt ısı değer, kj/kg.
I	Kömür tüketimi, ton kömür.
I_A	Aktif akım, Amper.
I_G	Görünen akım, Amper.
I_R	Reaktif akım, Amper.
K_o	Kapasite, ton/saat.
L	Döner fırın boyu m
M	Molekül ağırlığı, kg/kmol.
m	Akışkan (hava, gaz, sıvı) miktarı, kg.
n	Mol sayısı.
P	Basınç, bar.
Q	Isı enerjisi, kj.
q	Ozgül ısı enerjisi, kj/kg.

SIMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
T	Sıcaklık, K.
R	İdeal gaz sabiti, kj/kgK.
TAEG	Fabrikanın toplam aylık enerji gideri, TL/ay.
TAET	Fabrikanın toplam aylık enerji tüketimi, kwh/ay.
TDG_{D_j}	Domenlere göre günlük çalışma saati, saat/(gün x domen).
$TEDA_{D_j}$	Domenlere göre fabrikanın aylık toplam enerji tüketimi, kwh/(ay x domen).
TG	Günlük toplam çalışma saati, saat/gün.
U	Gerilim, volt.
UDG	Domenlere göre günlük üretim, ton hammadde/(gün x domen).
UG	Günlük toplam üretim, ton hammadde/gün.
UI	İstenilen günlük üretim, ton hammadde/gün.
V	Hacim, m ³ .
W	Nem.
ALT İNDISLER	
ALT	Alçı taşı ve tras ile ilgili
B	Bilgisayar sonuçları ile ilgili.
BG	Baca gazı ile ilgili.
BÜ	Büyük.
Ç	Çıkış.
D_j	Enerji kullanım domenleri (gece, gündüz, puvant).
D_k	Çok akışlı sistemlerde ünitelerin domenlerdeki kullanım sırası

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
DF	Döner fırın ile ilgili.
F	TEK enerji faturasıyla ilgili.
FA	Farin ile ilgili.
f	Formasyon, yani oluşumla ilgili.
GE	Gece domeni ile ilgili.
GÜ	Gündüz domeni ile ilgili.
g	Giriş.
H	Hava ile ilgili.
İKH	İkincil kurutma havası ile ilgili.
i	Çok akışlı ünitelerde ünite sayısı.
K	Kuru sistem çimento üretimi ile ilgili.
KAL	Kalsinatör ile ilgili.
KAR	Karışım ile ilgili
KE	Kayıp enerji.
KK	Kömür kurutma.
KÖ	Karışımdan önce.
KS	Karışımdan sonra.
kh	Kontrol hacmi
min	Minimum.
O ₂ , min	Minimum oksijen.
PU	Puvant domeni ile ilgili.
p,r,s	Değişken sayılar.
RG	Reaksiyona giren elemanlar.
S	Soğutucu ile ilgili.
T	Sıcaklıkla ilgili.
Top	Toplam.

SIMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
t	Tasarrufla ilgili (enerji, kömür).
x, T	Herhangi bir x ve sıcaklıkla ilgili.
Y	Yaş sistem çimento üretimi ile ilgili.
YH	Yakma havası ile ilgili.
YH,min	Minimum yakma havası.
YH,P	Primer yakma havası.
YH,S	Sekonder yakma havası.
YSÜ	Yanma sonu ürünleri.

ÜST İNDİSLER

-	Molar özellik.
o	Standart şartlardaki özellik.
.	Birim zamandaki özellik.
ü	Üniteyle ilgili.

YUNAN HARFLERİ

Δ	Fark operatörü.
θ	Sıcaklık dönüştürme operatörü (T/100).
ϕ	Aktif akımla reaktif akım arasındaki faz açısı.
Σ	Toplam operatörü.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

KISALTMALAR

<u>Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
EÇF	Eskişehir Çimento Fabrikası.
MMCC	Mitsubishi Mining and Cement Co. Ltd.
OECCL	Onoda Engineering and Consulting Co. Ltd.
TEK	Türkiye Elektrik Kurumu.
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization.

BİLGİSAYAR PROGRAMINDAKİ NOTASYONLAR

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
AD	İncelenecek ünite adı.
D	Domen sayısı.
E	Enerjiyi toplama terimi.
EA,EAA	Ünitenin aylık toplam enerji tüketimi.
EA1,EA2	İki akışlı sistemlerde ünitelerin aylık toplam enerji tüketimleri.
EADZ	Domenlerdeki aylık trafo zayıyatı.
EAZ	Aylık toplam trafo zayıyatı.
EDA	Ünitenin herbir domendeki aylık enerji tüketimi.
EG,EGG	Ünitenin günlük toplam enerji tüketimi.
EG1,EG2	İki akışlı sistemlerde ünitelerin günlük toplam enerji tüketimleri.
EH	Ünitenin birim hammadde üretimi başına enerji tüketimi.
EI	Ünite için gerçekleşmesi istenilen aylık

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
	enerji tüketimi.
FA,FAA	Ünitenin aylık toplam enerji bedeli.
FA1,FA2	İki akışlı sistemlerde ünitelerin aylık toplam enerji bedelleri.
FADZ	Domenlerdeki aylık trafo zaiyatı bedeli.
FAZ	Aylık toplam trafo zaiyatı bedeli.
FDA	Ünitenin herbir domendeki aylık enerji bedeli.
FDG	Ünitenin herbir domendeki günlük enerji bedeli.
FE	Ünitenin domenlere göre birim elektrik enerjisi tüketiminin fiyatı.
FG,FGG	Ünitenin günlük toplam enerji bedeli.
FG1,FG2	İki akışlı sistemlerde ünitelerin günlük toplam enerji bedelleri.
FH	Ünitenin birim hammadde üretimi başına enerji bedeli.
GØ,G1	Güç.
IA	İncelenecek ay.
KØ,K1,K2	Bir akışlı ve iki akışlı sistemlerde kapasite.
N	İki akışlı ünitelerin çalışma sırasını belirleyen değişken.
PØ	Domenleri saydıran dizi terimi.
Q	Ünite için güç kapasite diyagramının hazırlanıp hazırlanmadığını belirleyen değişken.
R	İncelenen ünite sayısı.
RØ	Üniteleri saydıran dizi terimi.
T1	Aylık çalışma günü.




SİMGELELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
TA,TAA	Ünitenin aylık toplam çalışma saati.
TA1,TA2	İki akışlı sistemlerde ünitelerin aylık toplam çalışma saatleri.
TDA	Ünitenin herbir domendeki aylık çalışma saati.
TDG	Ünitenin herbir domendeki günlük çalışma saati.
TEDA	Fabrikadaki ünitelerin herbir domendeki aylık enerji tüketimlerini toplayan terim.
TEDG	Fabrikadaki ünitelerin herbir domendeki günlük enerji tüketimlerini toplayan terim.
TEA	Fabrikadaki ünitelerin aylık enerji tüketimlerini toplayan terim.
TEG	Fabrikadaki ünitelerin günlük enerji tüketimlerini toplayan terim.
TFA	Fabrikadaki ünitelerin aylık enerji bedellerini toplayan terim.
TFDA	Fabrikadaki ünitelerin herbir domendeki aylık enerji bedellerini toplayan terim.
TFDG	Fabrikadaki ünitelerin herbir domendeki günlük enerji bedellerini toplayan terim.
TFG	Fabrikadaki ünitelerin günlük enerji bedellerini toplayan terim.
TG,TGG	Ünitenin günlük toplam çalışma saati.
TG1,TG2	İki akışlı sistemlerde ünitelerin günlük toplam çalışma saatleri.
TİP	Üniteleri özelliklerine göre ayıran değişken.
TOPEA	Fabrikanın aylık toplam enerji tüketimi.
TOPEAD	Fabrikanın herbir domendeki aylık toplam enerji tüketimi.


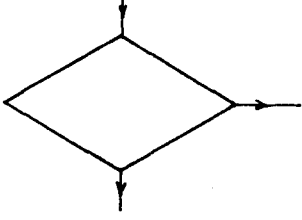
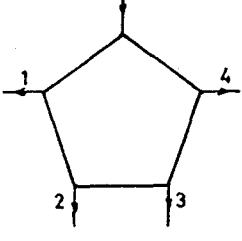

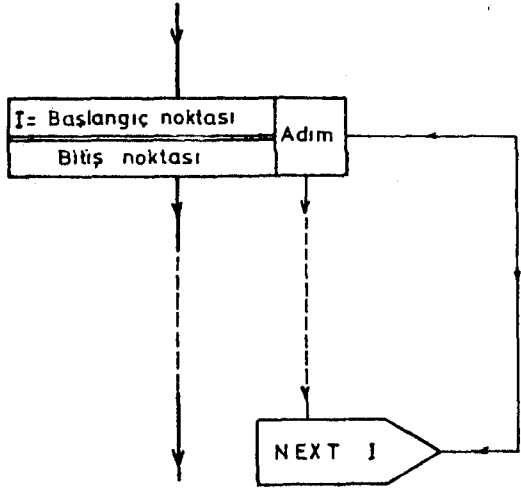
SİMGELEER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
TOPFA	Fabrikanın aylık toplam enerji bedeli.
TOPFAD	Fabrikanın herbir domendeki aylık toplam enerji bedeli.
U	Üretimi toplayan terim.
UA,UAA	Ünitenin aylık toplam üretimi.
UA1,UA2	İki akışlı sistemlerde ünitelerin aylık toplam üretimleri.
UDA	Ünitenin herbir domendeki aylık üretimi.
UDG	Ünitenin herbir domendeki günlük üretimi.
UG,UGG	Ünitenin günlük toplam üretimi.
UG1,UG2	İki akışlı sistemlerde ünitelerin günlük toplam üretimleri.
UI	Ünite için gerçekleşmesi istenilen aylık üretim.
YTZ	Gerçekleşen trafo zaiyatı yüzdesi.

AKIŞ DİYAGRAMINDAKİ SİMGELEER

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
	Başlangıç, bitiş.
	İşlem.
	Okutma.

SİMGELELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
	Yazdırma
	IF deyimi
	ON GOTO deyimi
	GOSUB deyimi
	FOR-NEXT halkası

Babama, Anneme,
Ağabeyime ve
Sevgili Eşime.

1. GİRİŞ

Bu çalışmada özgün bir yapıya sahip Eskişehir Çimento Fabrikası'nda enerji ekonomisi alanında yapılabilecek çalışmalardan önemli görülenler incelenerek sonuçlandırılmıştır.

UNIDO (1985) nun yayınladığı bir makalede, çimento endüstrisinde üretim giderlerinin % 40'ından daha fazlasının enerji girdisine harcandığı kaydedilmektedir.

Eskişehir Çimento Fabrikası'nın maliyet giderleri incelendiğinde yuvarlak % 50'lik bir payla, enerji tüketiminin ilk sırada yer aldığı görülmüştür. Isı ve elektrik enerjisinin bu kalemdeki paylarının sırasıyla % 30 ve % 70 civarında olduğu hesaplanmıştır. Bu duruma göre, E.Ç.F.'nin (Eskişehir Çimento Fabrikası) toplam giderlerinin kabaca % 35 i elektrik enerjisi, % 15 i ise ısı enerjisi tüketimine harcanmaktadır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, çimento üretim teknolojileri ile Eskişehir Çimento Fabrikası tanıtılmış ve Fabrika'nın enerji analizi çıkartılmıştır. Çimento üretim yöntemlerinin ana hatları ile tanıtıldığı bu bölümde enerji bilançosu yapılmıştır. Çimento üretim prosesleri ile ilgili ayrıntılı bilgi Ek Açıklamalar-A da, bilanço hesabının ayrıntısı ise Ek Açıklamalar-B de sunulmuştur.

Çimento üretimi temelde şu üç yöntemle gerçekleştirilmektedir: Yaş sistem, yarıyaş sistem, kuru sistem.

Biri yaş diğeri kuru iki döner fırına sahip Eskişehir Çimento Fabrikası bu haliyle özgün bir yapıya sahiptir.

Türkiye'deki mevcut çimento fabrikaları ile bunların üretim sistemlerine ilişkin bilgiler Çizelge 1.1. de verilmiştir.

Üçüncü bölümde çimento endüstrisinde enerji ekonomisi sağlayabilmek üzere ortaya konulabilecek etkinliklerle bunların Eskişehir Çimento Fabrikası özelinde tartışılması yapılmıştır.

Çizelge 1.1: Türkiye'de mevcut çimento fabrikaları ile bunların kapasite ve üretim sistemleri (Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, 1983)

Fabrika Adı	Kapasitesi (ton/yıl)	Üretim Sistemi
Çukurova Çimento Sanayii T.A.Ş.-ADANA	560000	Kuru sistem
T.Ç.S.T.A.Ş. ¹ Adıyaman Çimento Fabrikası-ADİYAMAN	560000	Önısıtıcılı kuru sistem
Afyon Çimento Sanayii T.A.Ş. AFYON	265000	Kuru sistem
Akçimento Ticaret A.Ş. İSTANBUL	1350000	Önısıtıcılı kuru sistem
Anadolu Çimentoları T.A.Ş. İSTANBUL	465000	Kuru sistem
Ankara Çimento Sanayii T.A.Ş.-ANKARA	400000	Önısıtıcılı Kuru sistem
Aslan Çimento A.Ş. ISTANBUL	1000000	Önkalsinasyonlu kuru sistem
Türkiye Çimento Sanayii A.A.Ş. Aşkale Çimento Fabrikası AŞKALE/ERZURUM	330000	Önısıtıcılı kuru sistem
Balıkesir Çimento Sanayii T.A.Ş.-BALIKESİR	265000	Önısıtıcılı Kuru sistem
Bartın Çimento Sanayii T.A.Ş.-BARTIN	150000	Yaş sistem

¹T.Ç.S.T.A.Ş.: Türkiye Çimento Sanayi T.A.Ş.

Çizelge 1.1: (Devam)

Fabrika Adı	Kapasitesi (ton/yıl)	Üretim Sistemi
Baştaş Başkan Çimento Sanayii ve T.A.Ş.-ANKARA	495000	Önısıtıcılı kuru sistem
Batı Anadolu Çimento Sanayi A.Ş.-İZMİR	840000	Önısıtıcılı kuru sistem
Bolu Çimento Sanayii A.Ş. BOLU	495000	Önısıtıcılı kuru sistem
Bursa Çimento Fabrikası A.Ş. BURSA	480000	Dopol önısıtıcılı kuru sistem
Çanakkale Çimento Sanayi A.Ş.-ÇANAKKALE	825000	Önısıtıcılı kuru sistem
Çimentaş İzmir Çimento Fabrikası T.A.Ş.-İZMİR	1060000	Kuru sistem
Çimsa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş.-MERSİN	1000000	Kuru sistem
Çorum Çimento Sanayi T.A.Ş.-ÇORUM	480000	Kuru sistem
Altınova Elazığ Çimento Sanayi T.A.Ş.-ELAZIĞ	350000	Lepol sistem (yarıyaş sistem)
Eskişehir Çimento Fabrikası T.A.Ş.	415000	Kuru sistem ve Yaş sistem
Gaziantep Çimento Sanayi T.A.Ş.-GAZİANTEP	570000	Önısıtıcılı kuru sistem

Çizelge 1.1: (Devam)

Fabrika Adı	Kapasitesi (ton/yıl)	Üretim Sistemi
Göлтаş Göller Bölgesi Çimento Sanayi ve T.A.Ş. ISPARTA	160000	Dopol kuru sistem
T.Ç.S.T.A.Ş. İskenderun Çimento Fabrikası İSKENDERUN	260000	Kuru sistem
T.Ç.S.T.A.Ş. Kars Çimento Fabrikası KARS	265000	Önısıtıcılı kuru sistem
Konya Çimento Sanayi A.Ş. KONYA	515000	Önısıtıcılı kuru sistem
T.Ç.S.T.A.Ş. Ladik Çimento Fabrikası LADİK/SAMSUN	560000	Önısıtıcılı kuru sistem
Mardin Çimento Sanayi ve T.A.Ş.-MARDİN	525000	Kuru sistem
Niğde Çimento Sanayi T.A.Ş. NİĞDE	380000	Önısıtıcılı kuru sistem
Nuh Çimento Sanayi A.Ş. HEREKE/İZMİT	790000	Önısıtıcılı kuru sistem
Trakya Çimento Sanayi T.A.Ş. Pınarhisar/KIRKLARELİ	390000	Önısıtıcılı kuru sistem
T.Ç.S.T.A.Ş. Sivas Çimento Fabrikası SİVAS	420000	Kuru sistem
Söke Çimento Sanayi T.A.Ş. SÖKE/AYDIN	190000	Kuru sistem

Çizelge 1.1: (Devam)

Fabrika Adı	Kapasitesi (ton/yıl)	Üretim Sistemi
Türkiye Çimento Sanayi T.A.Ş. TRABZON	330000	Kuru sistem
Türkiye Çimento Sanayi T.A.Ş. Van Çimento Fabrikası VAN	215000	Önisitıcılı Kuru sistem
Unye Çimento Sanayi ve T.A.Ş.-ÜNYE/ORDU	560000	Önisitıcılı kuru sistem
Yibitaş Yozgat Çimento Fab- rikası T.A.Ş.,YOZGAT	495000	Kuru sistem
Türk Çimentosu ve Kireci A.Ş. İSTANBUL	40000	Yaş sistem

Çimento endüstrisi enerji tüketiminde tasarruf sağla-
yabilmek üzere ilk bakışta ele alınabilecek konular şu bas-
lıklar altında toplanmıştır:

- Önkalsinasyon uygulaması
- Çeşitli noktalardan (önisitıcı, soğutucu çıkışı v.b.)
atılan sıcak gazdan yararlanma
- Döner fırın cidar ısısından yararlanma
- Düşük kalorili yakıtların ve bazı atıkların çimento
endüstrisinde kullanımı
- Mevcut yaş sistem döner fırınların ıslahı
- Elektrik enerjisi tüketiminde tasarruf sağlanması
- Diğer bazı tasarruf önlemleri.

Yukarıdaki tasarruf önlemlerinden elektrik enerjisi kullanımının optimizasyonu, bizim ele aldığımız şekliyle literatürde yer almamış; ancak bazı elektrik enerjisi tasarrufu önlemleri üniteler bazında önerilmiştir (Bkz. Bölüm 3.1.6).

Önkalsinasyon uygulaması ile çeşitli noktalardan atılan sıcak gazdan yararlanma konuları Eskişehir Çimento Fabrikası özelinde gözden geçirilmeye değer bulunmuştur.

Sözleşme gücünün belirlenmesi konusu da, elektrik enerjisi kullanımı optimizasyonunun bütünselliği içinde ayrı bir alt başlıkta tartışılmıştır.

Yukarıda sıralanan tasarruf önlemleri üçüncü bölümde kısaca tanıtılmış ve Eskişehir Çimento Fabrikası özelinde olarak uygulanabilecek yöntemlere ilişkin bir tartışma açılmıştır.

Ortaya çıkan tasarruf tasarıları içinde elektrik enerjisi kullanımının optimizasyonu konusu, tezin ağırlık merkezini oluşturacak nitelikte görülmüştür. Isı enerjisi tasarrufuna yönelik olarak incelemeye değer bulduğumuz iki konuya (önkalsinasyon uygulaması ile soğutucu çıkışındaki gazın kömür kurutmada kullanımı) dördüncü bölümde kısaca değinilmiş ayrıntılı çalışma Ek Açıklamalar-C ve Ek Açıklamalar-D de sunulmuştur.

Pahalı yaş sistemi devreden çıkartarak, kuru sistemin kapasitesini, yaş sistemindeki kadar arttırıp, buna önkalsinasyon uygulaması E.Ç.F.'nin özgün yapısından dolayı minimum bir yatırımla gerçekleştirilebilecektir. Önkalsinasyonlu sistemin özgül ısı tüketimi klasik ısıtıcılı kuru sistemlerinkinden de düşük olduğundan, enerji tasarrufu hem eski yaş sistemin üretiminden, hem de kuru sistemin üretiminden, sağlanabilecektir (Seki, et al., 1974; Mori, et al., 1974). Konunun ayrıntısı Ek Açıklamalar-C de verilmiştir.

Çalışmamızın ağırlık noktasını oluşturan elektrik enerjisi kullanımının optimizasyonu, tezin beşinci bölümünde yer almıştır.

Söz konusu optimizasyon iki tema üzerine oturtulmuştur. Bu iki tema beşinci bölümün iki ayrı alt başlığını oluşturmıştır.

Bölüm 5.2. de sistem ünitelerinin günlük enerji bedeli açısından en iyi çalışma kapasitesi belirlenmiştir. Bu amaçla günlük enerji bedeli ifadesi oluşturularak bunun minimizasyonu probleminin çözümü getirilmiştir.

İfade sadece kapasiteye bağlı bir fonksiyon haline getirilirken sırasıyla gücün, özgül enerji tüketiminin, domen sayısının ve domendeki üretimin kapasiteye olan bağımlılığı incelenmiştir.

Oluşturulan günlük enerji bedelinin minimizasyonu için önce sayımlama yöntemi uygulanmış, daha sonra, dinamik programlama tekniği uygulanarak problemin çözümü kolaylaştırılmıştır. Her iki yönteme ait bilgisayar programı ile çıktıları Ek lerde verilmiştir.

Bu bölümün sonunda, günlük enerji bedelinin kapasite ile olan değişimi incelenmiştir.

Bölüm 5.3. de tüm ünitelerin üretim düzeyleri ile geç-gündüz-puvant enerji bedelleri dikkate alınarak optimum bir günlük çalışma programı oluşturulmuştur. Bu amaçla, bütün üniteler için kullanılabilir bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Programda, ünitelerin önerilen "optimum kapasitelerde" çalışacağı ve teknik olarak bir engel yoksa öncelikle ucuz domenlerde işletileceği durum gözönüne alınmıştır.

Aynı bir işi gören ancak, farklı özgül enerji tüketimli ünitelerin optimum çalışma programı için ayrı bir algoritma hazırlanmış olup, Bölüm 5.3. de verilen bir alt başlıkta tanıtılmıştır.

Hazırladığımız bilgisayar programının uygulanmasıyla, gözönüne alınan altı ayda elde edilebilecek enerji tasarrufu bu bölümün sonunda verilmiştir. Söz konusu bilgisayar programına ait örnek bir çıktı ekte verilmiştir.

2. ÇİMENTO ÜRETİM PROSESİ VE ESKİŞEHİR ÇİMENTO FABRİKASI'NIN ENERJİ ANALİZİ

Eskişehir Çimento Fabrikası, Eskişehir-İstanbul yolu üzerinde ve şehir merkezinden yirmi kilometre uzaklıkta, Çukurhisar Köyü yakınlarındadır.

E.Ç.F.'da üretimi sağlayan iki döner fırından birisi yaş sistemle, diğeri kuru sistemle çalışmaktadır.

Eskişehir Çimento Fabrikası, 1957 yılında Alman MIAG firması tarafından kurulan yaş sistem döner fırınla faaliyete başlamıştır. Daha sonra, 1976 da Fabrika'da kapasite arttırımı amacıyla yeni bir döner fırın kurulması gündeme gelmiş ve değişen teknoloji gereği, kuru sistemle üretim yapan bir fırının inşasına karar verilmiştir.

Yaş sistem döner fırının kapasitesi, 550 ton klinker/gün, kuru sistem döner fırının kapasitesi ise 800 ton klinker/gün dür.

E.Ç.F.'nin genel bir yerleşim planı Ek 3 de verilmiştir.

Bu bölümde, çimento üretim teknolojisi incelenip Eskişehir Çimento Fabrikası'nın enerji analizi çıkartılacaktır.

2.1. Çimento Üretim Prosesi

Çimento üretimi temelde üç yolla gerçekleştirilmektedir: Yaş sistem, yarıyaş sistem, kuru sistem.

Yaş sistem, eski bir teknolojiye dayanmaktadır. Taş ocaklarından çıkarılan hammadde (kalsiyumkarbonat ve kil) konkasörde kırıldıktan sonra % 20-30 oranında suyla karıştırılarak çamur değirmeninde öğütülür. Buradan döner fırına giren çamur, çıkışta klinker olarak alınır. Klinker, soğutma ünitesinde soğutulduktan sonra, katkı malzemeleri ile karıştırılarak öğütüleceği çimento değirmenine gönderilir. Buradan silolara verilen çimento, paket ya da "dökme" olarak satışa sunulmaktadır (Duda, 1976).

Yaş sistem çimento üretimi ana hatları ile Şekil 2.1. de verilmiştir.

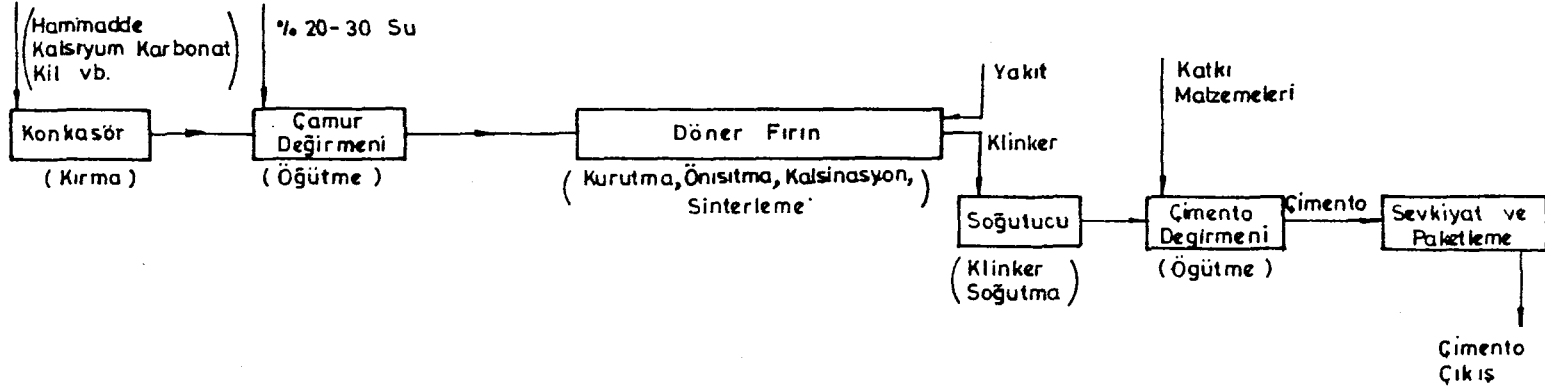
Yaş sistem çimento üretiminde döner fırın dört bölgeden oluşuyor. Bunlar sırasıyla kurutma, önısıtma, kalsinasyon ve sinterleme bölgeleridir. Hammaddeye çamur değirmeninde katılan suyun buharlaştırılarak bünyeden uzaklaştırılması, kurutma bölgesinde gerçekleştirilir. Kurutulan hammadde, önısıtma bölgesinde kalsinasyon sıcaklığına kadar ısıtılır ($750^{\circ} - 800^{\circ}\text{C}$). Kalsiyumkarbonattan karbondioksidin uzaklaştırılarak kalsiyomoksit formuna getirildiği bölge kalsinasyon bölgesidir. Bu bölgedeki hammadde sıcaklığı $750^{\circ}-950^{\circ}\text{C}$ 'dir. Hammaddenin pişirildiği son bölge olan sinterleme bölgesinde hammadde sıcaklığı $1450^{\circ}-1500^{\circ}\text{C}$ civarındadır (Özden, 1981).

Kurutma bölgesinde; hammaddeye daha önce katılan suyun buharlaştırılması ve önısıtma bölgesinde ısıtılması için ayrıca enerji harcanması bu sistemi, enerji tüketimi açısından çok külfetli hale getirmiştir. Enerji tüketiminin fazlalığı nedeniyle farine su katılmaması yolundaki çalışmalar yarıyaş ve kuru sistemi ortaya çıkarmıştır.

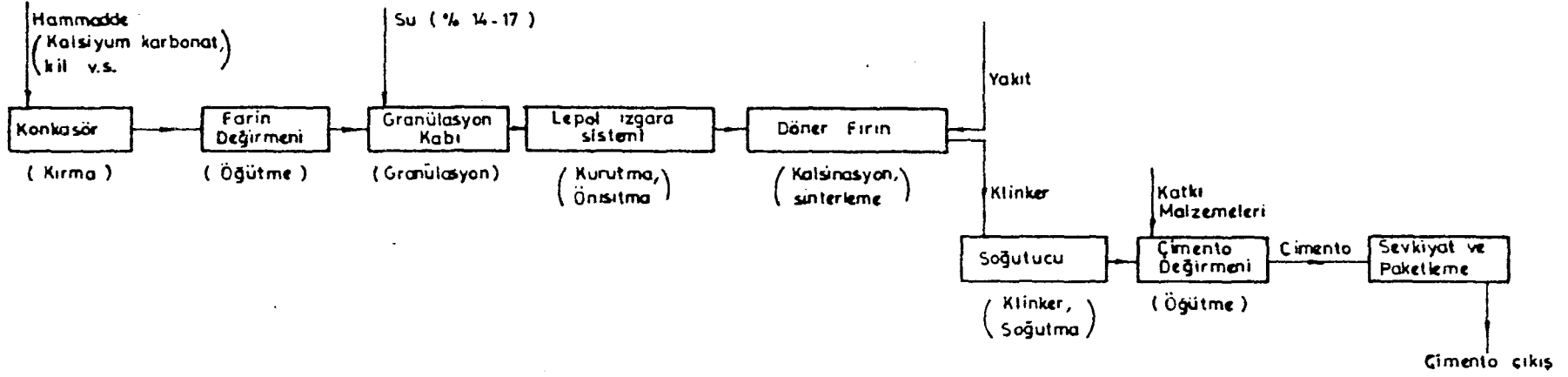
Yarıyaş sistemde; üzerine % 14-17 oranında su püskürtülen farin, leblebi büyüklüğünde tane iriliğine getirildikten sonra kurutma dolaplarında yaklaşık % 50 civarında kalsine edilerek döner fırına verilir. Yarıyaş sistemde birim klinker üretimi başına ısı tüketimi, farine katılan suyun miktarına bağlı olarak, yaş sisteminkinden daha aşağılara düşürülmüştür (Özden, 1981).

Yaşyaş sistem çimento üretimi şematik olarak Şekil 2.2. de verilmiştir.

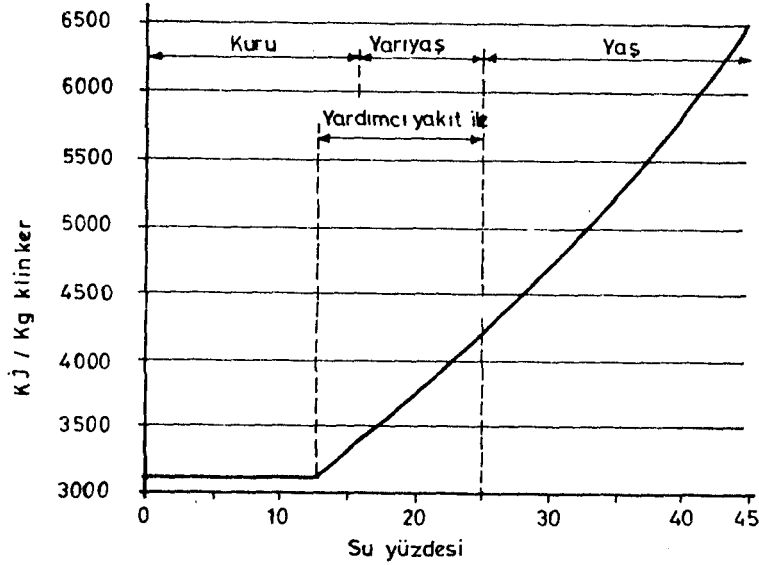
Bonn ve Lang'ın (1986) bir çalışmasında; yaş, yarıyaş, ve kuru sistem fırınlarında, farindeki nem yüzdesine bağlı olarak kilogram klinker başına harcanacak minimum ısı tüketimi için, Şekil 2.3. deki diyagram verilmiştir.



Şekil 2.1. Ana hatları ile yaş sistem çimento üretimi



Şekil 2.2. Ana hatları ile yarıyaş sistem çimento üretimi



Şekil 2.3 Çeşitli çimento üretim sistemlerinde minimum ısı tüketimi (Bonn ve Lang'dan, 1986)

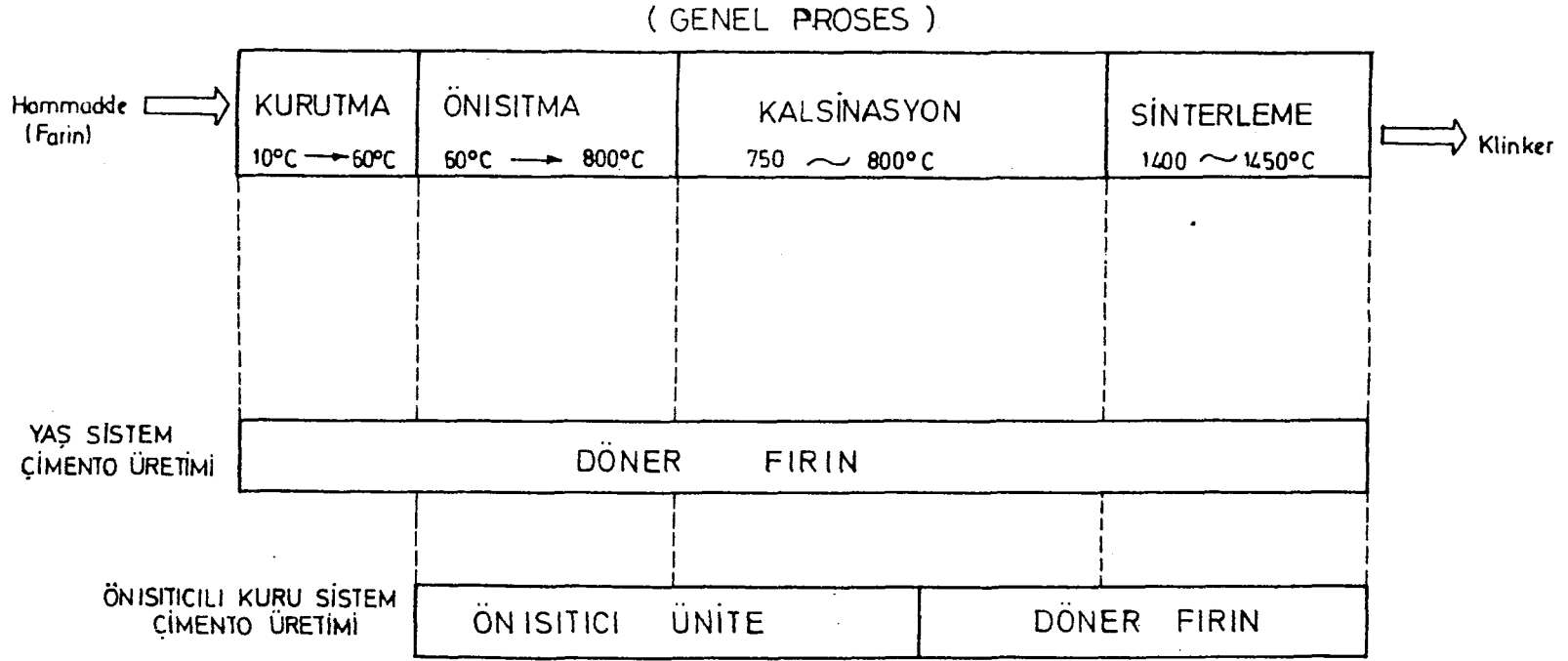
Yaş sistemden kuru sisteme geçişle, kilogram klinker başına harcanan enerji tüketiminde, kabaca, yarı yarıya bir azalma sağlanmıştır (Garrett, 1976; Anon, 1977).

Kuru sistemde konkasörde kırılan hammadde, öğütülmek üzere farin değirmenine gönderilir. Farin, değirmende öğütülmeden önce, çıkarıldığı ocağa bağlı olarak bünyesinde bulunan nemden arındırılmak için kurutuculara gönderilir. Kurutucudan çıkan farinin kalsinasyon sıcaklığına kadar ısıtılması, döner fırın öncesindeki önısıtıcı ünitesinde yapılır.

Kurutma ve önısıtma bölgelerinin döner fırın bünyesinden çıkması, kuru sistem döner fırın boyutlarının, yaş sisteme göre küçülmesini sağlamıştır (Warshawsky, 1976).

Yaş sistem ve kuru sistemle çimento üretiminde döner fırındaki ısıl prosésler karşılaştırmalı olarak Şekil 2.4. de verilmiştir.

Kuru sistemde elde edilen klinker, soğutulduktan sonra, katkı malzemeleri ile karıştırılarak öğütüleceği çimento değirmenine yollanır.



Şekil 2.4. Yaş ve kuru sistem çimento üretiminde döner fırındaki ısıl prosesler

Kuru sistemle çimento üretimi ana hatları ile Şekil 2.5. de verilmiştir.

Kuru sistemdeki kalsinasyon işlevinin buradan alınarak ayrı bir üniteye yapılması, "önkalsinasyonlu" sistemleri ortaya çıkarmıştır. Aynı bir üretim için kuru sisteme göre, fırın boyunun daha da kısaldığı önkalsinasyonlu sistemlerde, birim klinker üretimi başına ısı tüketimi daha da azaltılmıştır (Seki, et al., 1974; Mori, et al., 1974).

Hammadde hazırlama ile çimento üretim prosesleri hakkında ayrıntılı bilgi Ek Açıklamalar-A da verilmiştir.

2.2. Eskişehir Çimento Fabrikası'nın Enerji Analizi

Fabrika'da enerji; ısı ve elektrik enerjisi olarak iki kalemde tüketilmektedir. Bu yüzden enerji analizi hem ısı enerjisi, hem de elektrik enerjisi tüketimi için yapılmıştır.

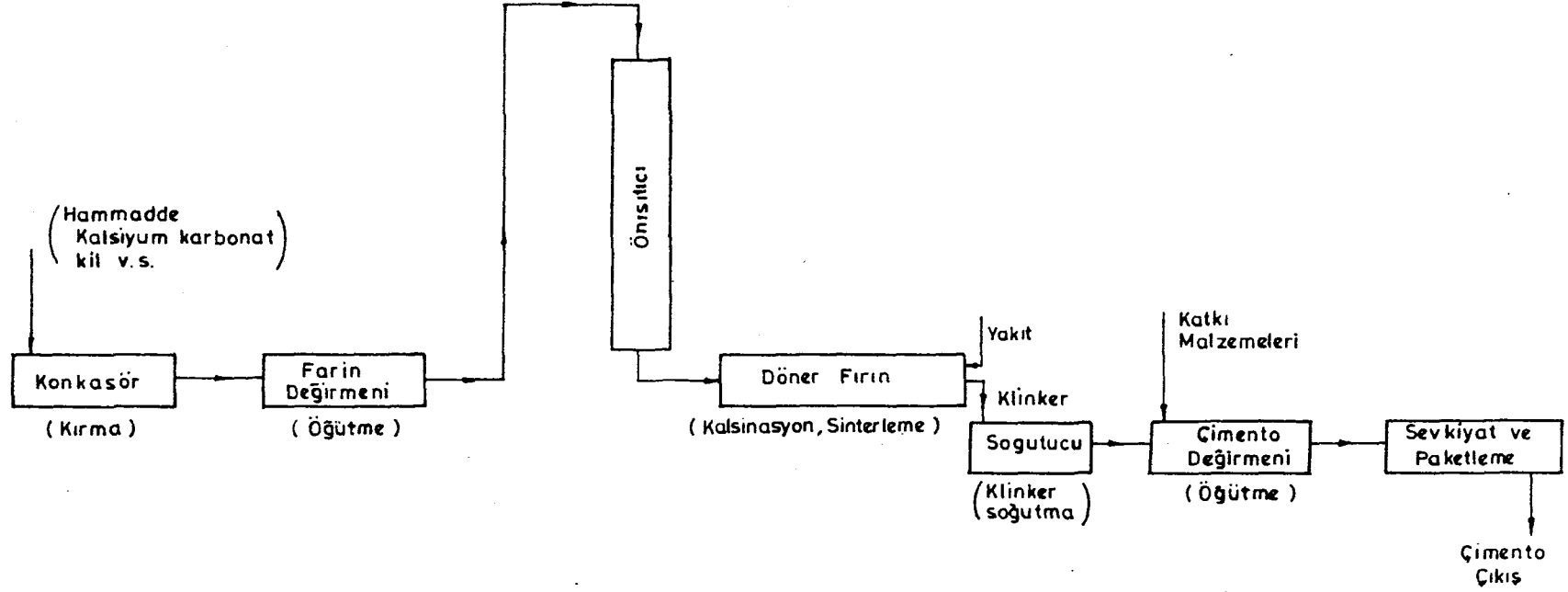
Kilogram klinker başına tüketilen ısı ve elektrik enerjisi miktarları ayrı ayrı hesaplandıktan sonra, bunların tüketim merkezlerindeki dağılımı hesaplanarak bilanço yapılmıştır.

Bilanço hesabında 1985 yılının işletme verileri esas alınmıştır (E.Ç.F. Raporları, 1985).

Yaş ve kuru sistem döner fırınlarda birim klinker üretimi başına harcanan ısı enerjisi miktarı, ayrı ayrı hesaplanmış; enerji bilançosu yalnızca kuru sistem döner fırın için ayrıntılandırılmıştır.

Kuru sistem döner fırında birim klinker üretimi başına harcanan enerjinin dağılımı, diğer bir tanımlama ile "döner fırın ısı bilançosu" tüm ayrıntıları ile Ek Açıklamalar-A da verilmiştir.

Hesap sonuçları topluca Çizelge 2.1.de görülmektedir. Çizelge 2.1. deki bilanço, Şekil 2.6. deki ısı akış diyagramı ile daha kolay izlenebilecektir.



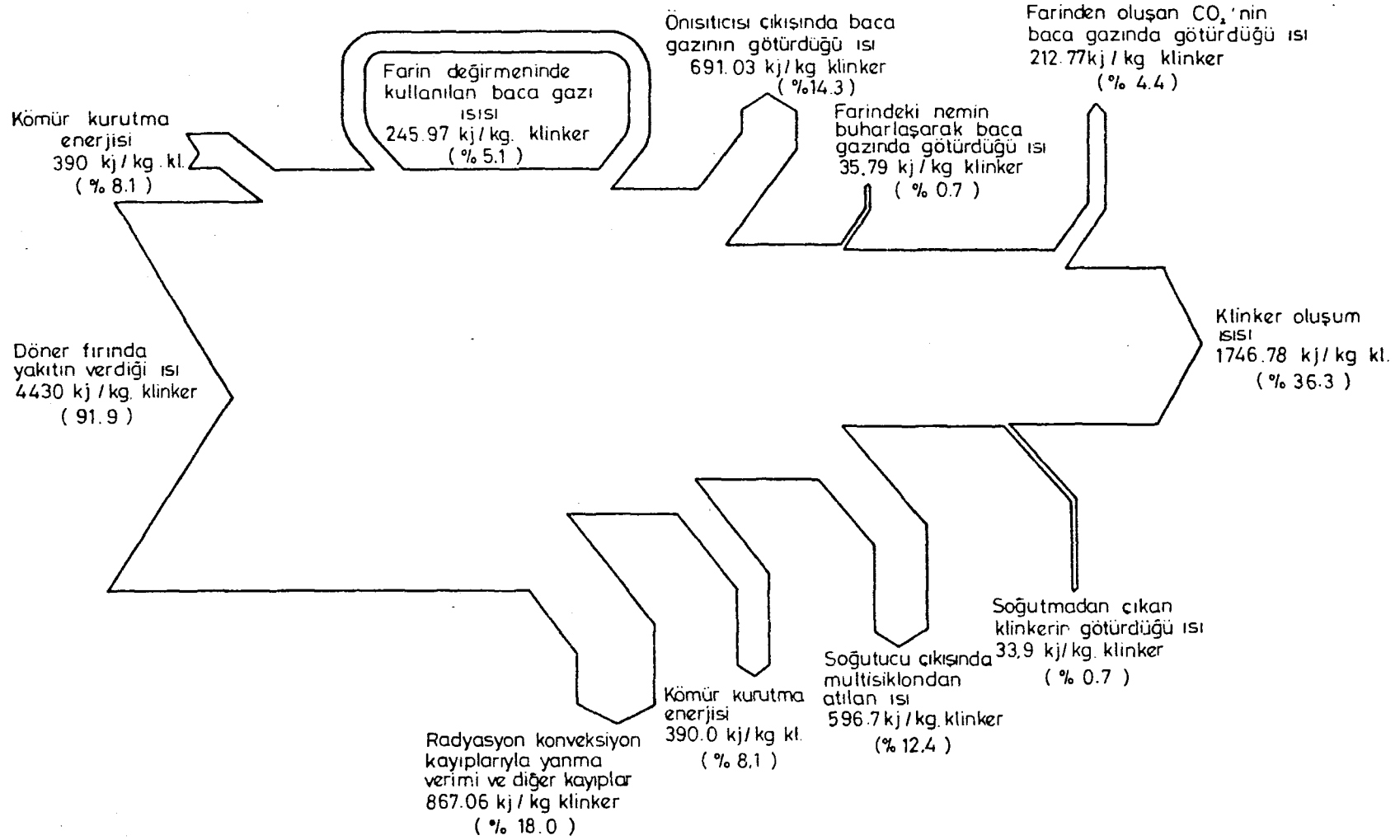
Şekil 2.5. Ana hatları ile kuru sistem çimento üretimi

Çizelge 2.1. Kuru sistem döner fırının ısı bilançosu

	Sembol	Enerji Dağılımı kj/kg klinker	Dağılım Yüzdesi (%)
Isı Girdileri			
Döner fırında yakılan kömürün verdiği ısı	$q_{DF,K}$	4430.3	91.9
Kullanılan kömürün kurutulması için verilen ısı	$q_{KK,K}$	390	8.1
Toplam	$q_{G,K}$	4820.0	100.0

Çizelge 2.1. (Devam)

	Sembol	Enerji Dağılımı kj/kg klinker	Dağılım Yüzdesi (%)
Isı Çıktıları			
Farin değirmeninde kullanılan ısı	$q_{FD,K}$	245.97	5.1
Önısıtıcı çıkışında baca gazının götürdüğü ısı	$q_{ÖG,K}$	691.03	14.3
Farinde bulunan nemin buharlaşarak baca gazı içinde götürdüğü ısı	$q_{FN,K}$	35.79	0.7
Farinde oluşan karbon-dioksidin baca gazı içinde götürdüğü ısı	$q_{FKD,K}$	212.77	4.4
Klinker oluşum ısısı	$q_{KO,K}$	1746.78	36.3
Soğutmadan çıkan klinkerin götürdüğü ısı	$q_{SK,K}$	33.9	0.7
Soğutucu çıkışında multisyklondan atılan ısı	$q_{SG,K}$	596.7	12.4
Kullanılan kömürün kurutulması için verilen ısı	$q_{KK,K}$	390.0	8.1
Radyasyon konveksiyon kayıplarıyla yanma verimi ve diğer kayıplar	$q_{RK,K}$	867.06	18.0
Toplam	$q_{Ç,K}$	4820.0	100.0



Şekil 2.6. Kuru sistem döner fırında ısı enerjisi akış diyagramı

Şekil 2.6. d'ın görüldüğü gibi "klinker oluşum ısısı", giren ısının yaklaşık % 36 sına tekabül etmektedir. Önısı- tıcı çıkışındaki baca gazı ile soğutucu çıkışındaki sıcak gazın götürdüğü toplam ısı % 26 civarındadır. Döner fırı- na verilen kömürün nemden arındırılması için harcanan ısı, giren ısının yaklaşık % 8 ine tekabül etmektedir. Giren ısının yuvarlak % 18 i, radyasyon, konveksiyon kayıplarına harcanmaktadır.

Yaş ve kuru sistem fırın için yapılan hesaplama so- nucuna göre; yaş sistem döner fırın kuru sistem döner fırı- na göre kilogram başına yaklaşık olarak iki kat daha fazla enerji tüketmektedir. 1985 yılı işletme verilerine göre, kilogram klinker başına harcanan ısı enerjisi, kömür kurut- ma dahil; yaş sistemde 8700 kj, kuru sistemde ise, 4800 kj dolayındadır(Bkz. Ek Açıklamalar B.2).

Ek Açıklamalar-B de, döner fırın ısı enerjisi bilan- çosunun ardından, Fabrika'nın elektrik enerjisi bilançosu ayrıntılandırılmıştır.

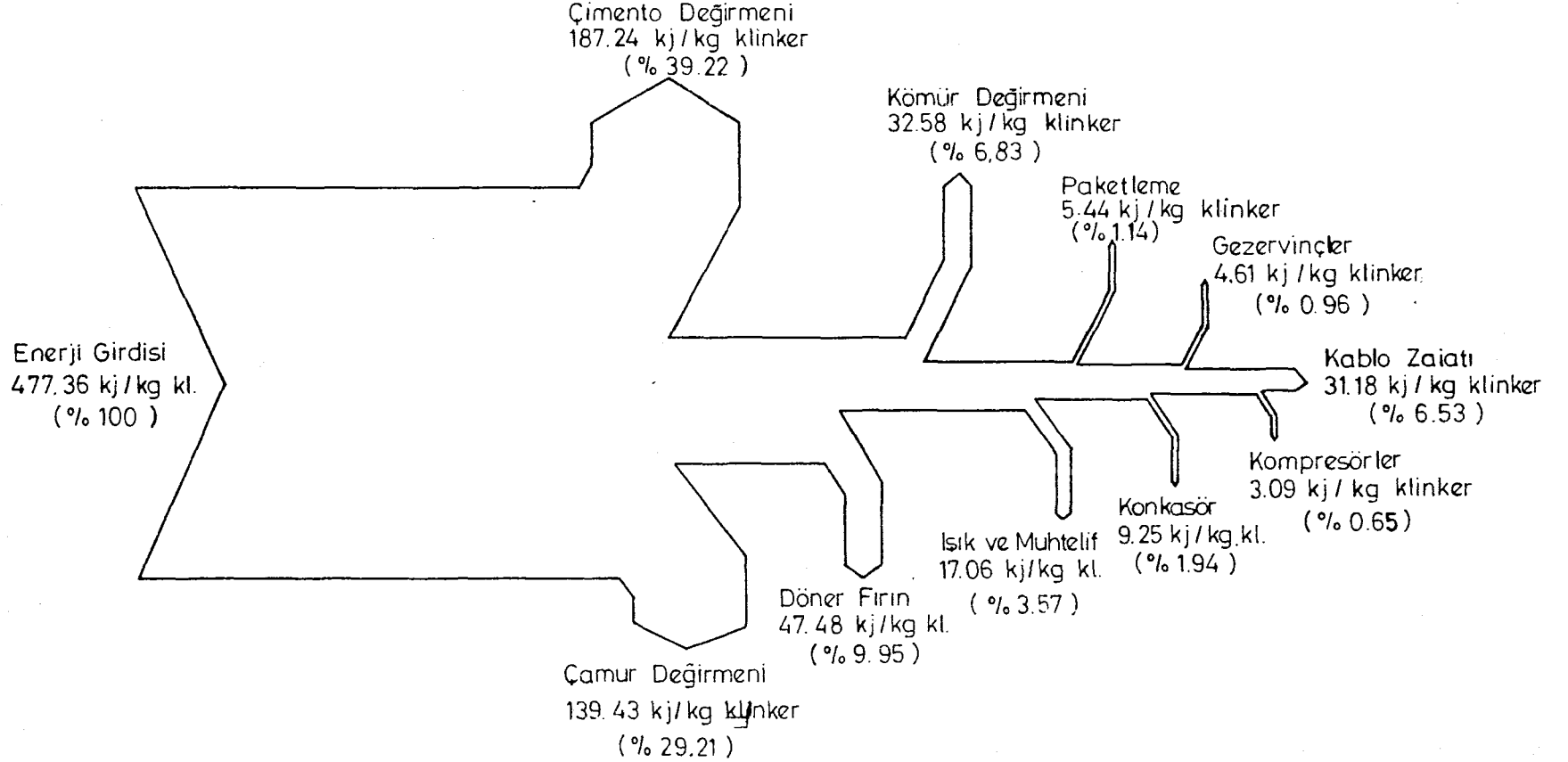
Yapılan bilanço hesabına göre; yaş ve kuru sistem çimento üretiminde birim klinker üretimi başına harcanan elektrik enerjisinin ünitelere göre dağılımı; Çizelge 2.2. de görüldüğü gibidir.

Yaş ve kuru sistem çimento üretiminde birim klinker üretimi başına harcanan elektrik enerjisinin ünitelere göre dağılımı şematik olarak sırasıyla Şekil 2.7. ve 2.8. de görülmektedir.

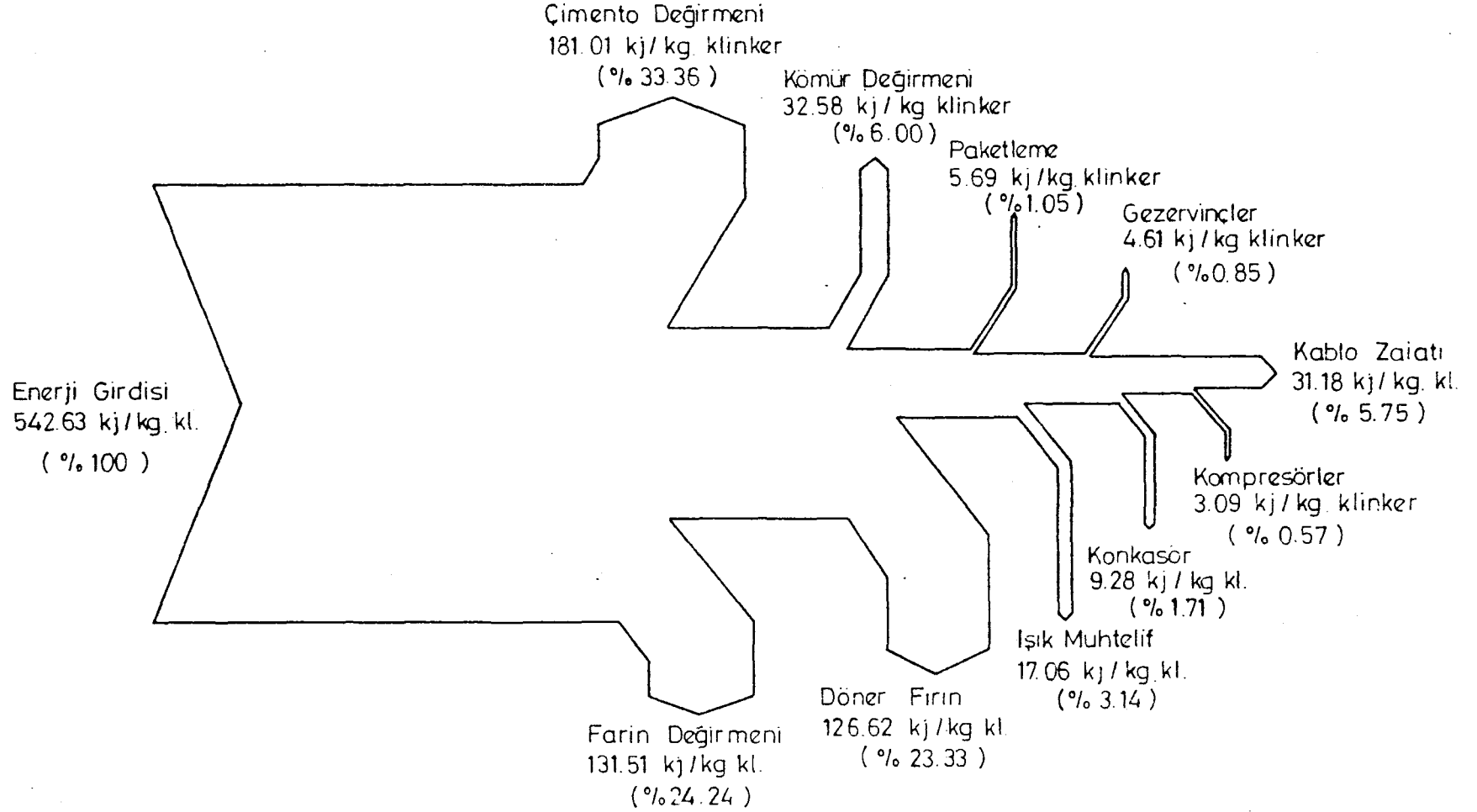
Yapılan hesaplamalar sonucunda, yaş sistem çimento ü- retiminde kilogram klinker başına 477.36 kj harcanmaktayken; bu deger kuru sistemde 542.63 kjolarak gerçekleşmiştir. Bu farklılık kuru sistem döner fırın ve bağlı ünitelerin, yaş sisteminkinden daha fazla enerji çekiyor olmasındandır (Çi- zelge 2.2).

Çizelge 2.2. Yaş ve kuru sistem çimento üretiminde birim klinker üretimi başına harcanan elektrik enerjisi (Bkz. Ek Açıklamalar B.2.3)

Enerji Çıktıları	YAŞ SİSTEM			KURU SİSTEM		
	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg klinker}}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{kg klinker} \times 10^{-3}}$	%	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg klinker}}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{kg klinker} \times 10^{-3}}$	%
Konkasör	9.25	2.57	1.94	9.28	2.58	1.71
Çamur-Farin Değirmeni	139.43	38.73	29.21	131.51	36.53	24.24
Döner Fırın	47.48	13.19	9.95	126.62	35.17	23.33
Kömür Değirmeni	32.58	9.05	6.83	32.58	9.05	6.00
Çimento Değirmeni	187.24	52.01	39.22	181.01	50.28	33.36
Gezervinçler	4.61	1.28	0.96	4.61	1.28	0.85
Kompresörler	3.09	0.86	0.65	3.09	0.86	0.57
Işık ve Muhtelif	17.06	4.74	3.57	17.06	4.74	3.14
Kablo Zaiyatı	31.18	8.66	6.53	31.18	8.66	5.75
Toplam	477.36	132.6	100.0	542.63	150.73	100.00



Şekil 2.7. Yaş sistem çimento üretiminde elektrik enerjisi akış diyagramı (Bkz. Ek Açıklamalar B.2.3).



Şekil 2.8. Kuru sistem çimento üretiminde elektrik enerjisi akış diyagramı (Bkz. Ek Açıklamalar B.2.3).

Şekil 2.7. ve 2.8. den görüldüğü gibi hem yaş sistemde hem de kuru sistemde, birim klinker başına harcanan enerji içinde, en büyük payı (% 30-35) çimento değirmenleri kullanılmaktadır. İkinci sırada, % 30 civarındaki bir oran ile; yaş sistemde çamur değirmeni, kuru sistemde ise farin değirmeni yer almaktadır.

Çimento ile klinker arasındaki dönüşüm faktörü kullanılarak, ayrıca, birim çimento üretimi başına elektrik enerjisi tüketimi de hesaplanmıştır.

Her ünite için yapılan ayrıntılı bilanço hesabı Ek Açıklamalar-B de verilmiştir.

3. ÇİMENTO ENDÜSTRİSİNDE ENERJİ EKONOMİSİ AMACIYLA ORTAYA KONULABİLECEK ETKİNLİKLER VE BUNLARIN ESKİŞEHİR ÇİMENTO FABRİKASI ÖZELİNDE TARTIŞILMASI

Bu bölümde; yapılan literatür araştırması da dikkate alınarak çimento sektöründe enerji ekonomisi amacıyla yapılabilecek çalışmaların önemlileri kısaca tanıtılmıştır. Bunlardan hangilerinin Eskişehir Çimento Fabrikası'nda uygulanabileceği hususu ise bölüm içinde ayrı bir başlık altında tanıtılmıştır.

3.1. Çimento Endüstrisinde Enerji Ekonomisi Amacıyla Önerilen ve Yapılan Çalışmalar

Çimento sektöründe enerji ekonomisi için, çeşitli alanlara dönük olarak yapılan araştırma ve incelemeler ana hatları ile bu başlık altında incelenmiştir.

3.1.1. Önkalsinasyon uygulaması

Kalsiyumkarbonattan karbondioksidin alınarak kalsiyumoksit formunun oluşturulması kısaca "kalsinasyon" olarak anılıyor (Seki, et al., 1974):

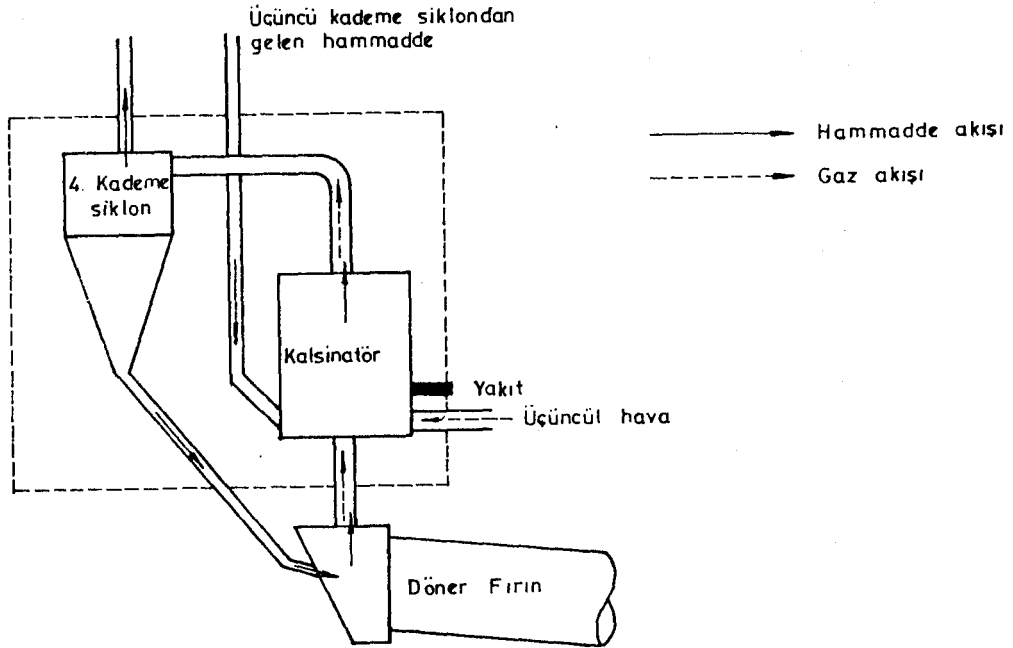


Döner fırında yapılmakta olan kalsinasyon işleminin, buradan alınarak ayrı bir üniteye gerçekleştirilmesiyle önkalsinasyonlu sistemler ortaya çıkmıştır. Endotermik (ısı alan) bir reaksiyon sürecinde gerçekleşen bu proseste gereken ısının ayrı bir üniteye verilmesi daha iyi bir yakıt kontrolü sağladığından, sistemin özgül ısı tüketiminin düşmesi sonucunu doğurmuştur (Gardeik, 1981 b).

Önısıtıcı çıkışından sonra, döner fırın girişinde meydana gelen kalsinasyon prosesi, önkalsinasyon uygulamasından sonra önısıtıcı ile döner fırın arasına yerleştirilen ayrı bir üniteye gerçekleştirilmektedir (Şekil 3.1.). Bu durumda döner fırın yalnızca sinterleme prosesinin gerçekleştirildiği bir ünite durumuna gelmiş ve sonuçta aynı

üretim için döner fırın boyu kısaltılmıştır (Seki, et al., 1974; Mori, et al., 1974).

Önısıtıcı kulesi ile birlikte olarak önkalsinasyonlu kuru sistem fırındaki hammadde ve gaz akımları Şekil 3.2. de görülmektedir.



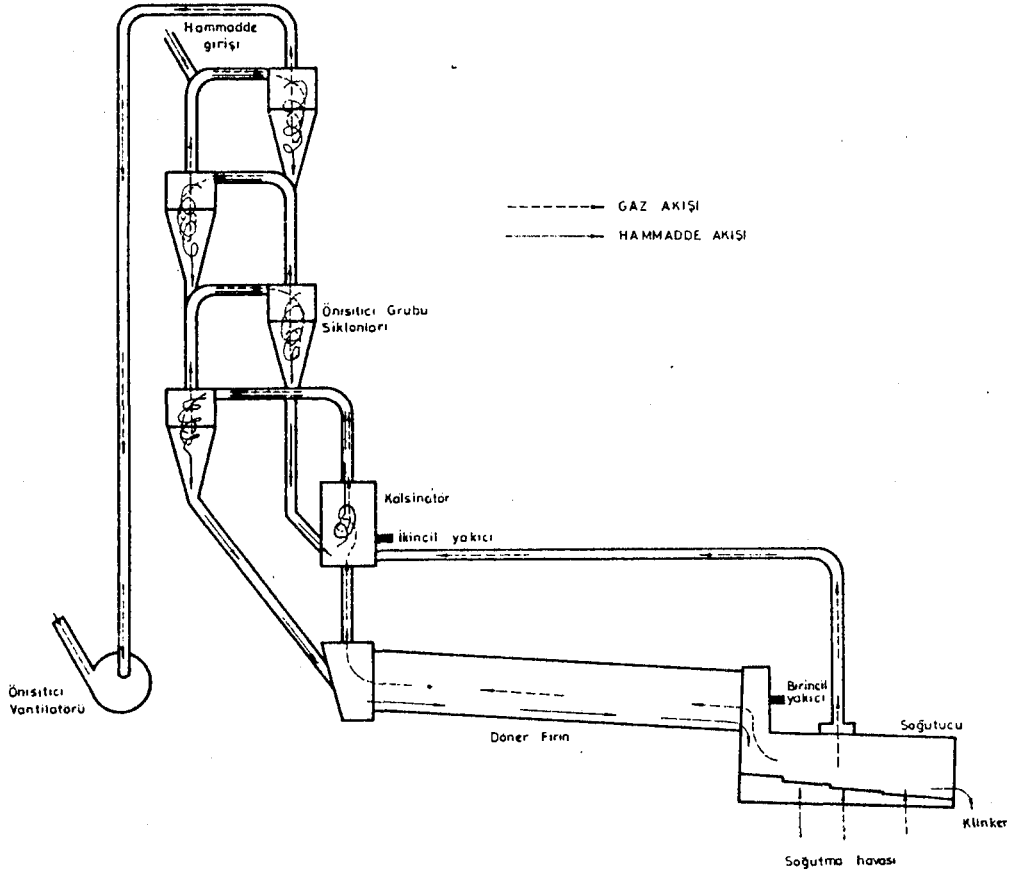
Şekil 3.1. Döner fırın ile önısıtıcı arasında yerleştirilen kalsinatörün şematik olarak görünümü

Önısıtıcılı kuru sistem ile önkalsinasyonlu sistemdeki klinker oluşum prosesleri Şekil 3.3. de görülmektedir.

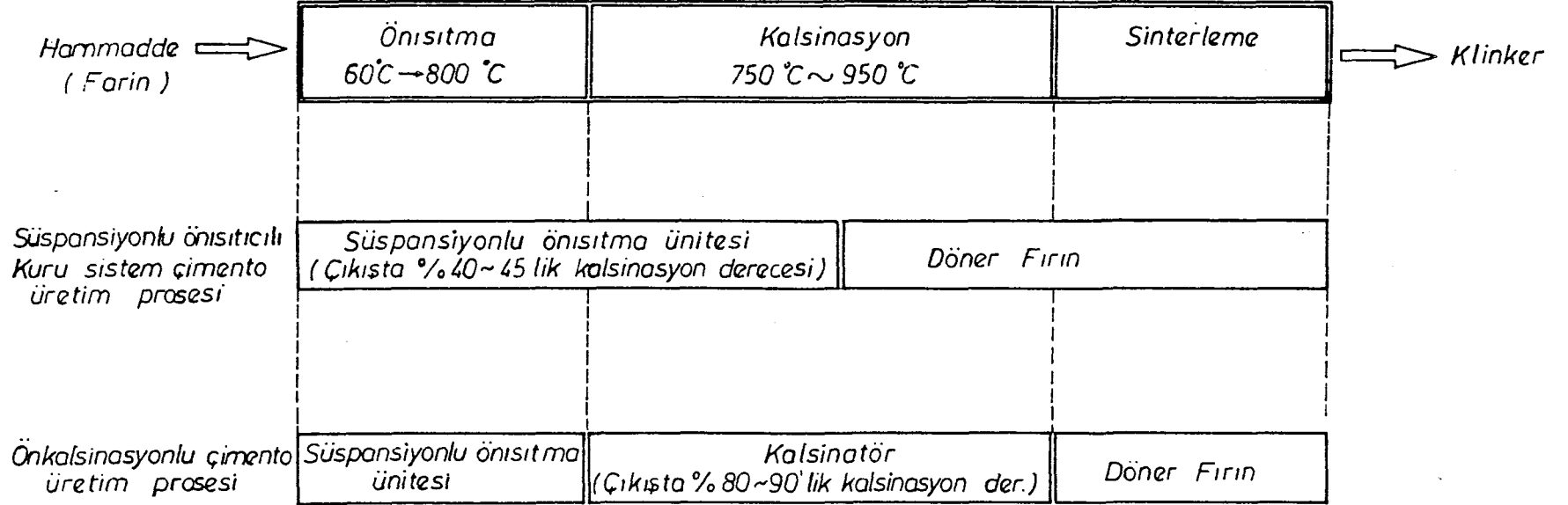
Döner fırın boyunun kısalması, bakım ve tamir masrafı fazla olan refrakter malzeme kullanımını azaltmış ve cidar ısı kayıplarının düşmesini sağlamıştır (Seki, et al., 1974; Kawai, et al., 1980).

Önkalsinasyon mevcut çalışan yaş ve kuru sistem fırın-lara da uygulanabilmektedir. Burada da, aynı fırın boyu için kapasite dört katına kadar arttırılabilmekte ve özgül ısı tüketiminde kaydadeğer bir azaltma sağlanabilmektedir (Warshawski, 1976; M.M.C.C., 1982).

Önkalsinasyonun sağladığı diğer bir avantaj, düşük kalorili yakıtların hatta çeşitli atıkların bile burada



Şekil 3.2. Önsıtıcılı, önkalsinasyonlu kuru sistem bir fırında hammadde ve gaz akımları



Şekil 3.3. Klinker oluşum prosesleri (Seki, et al.'dan, 1974)

yakıt olarak kullanılabilir olmasındır (Rosemann and Gardeik, 1983; Ueda and Suziki, 1985).

3.1.2. Çeşitli noktalardan atılan sıcak gazdan yararlanma

Çimento üretim prosesinde işlevini tamamlayarak çeşitli noktalardan atılan gazın enerjisinden yararlanılması için birçok tasarı önerilmektedir.

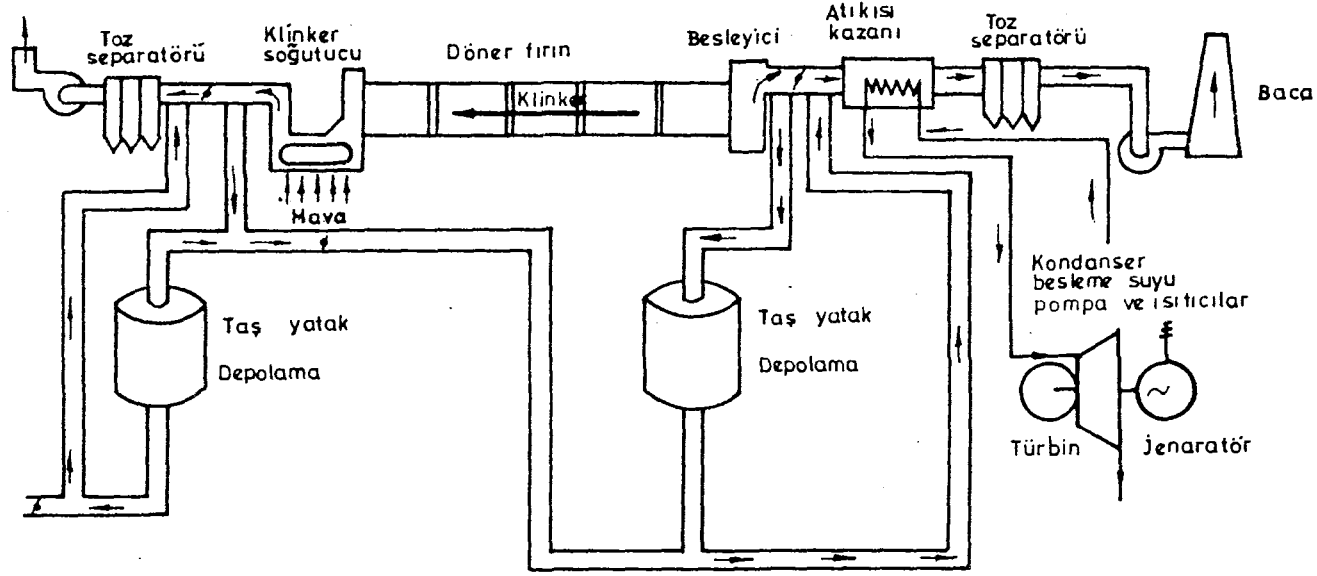
Döner fırın ve soğutucu ünite çıkışında dışarı atılmakta olan gazın enerjisinden yararlanmak için başlıca şu yollar önerilmektedir (Gartner, 1981; Lewerenz, 1981; Gyftopoulos and Widmer, 1982; Johnson, 1984):

- Elektrik enerjisi üretiminde kullanma
- Bina ısıtmada kullanma
- Hammadde ve kömür kurutmada kullanma.

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, içinde çimento tozu ihtiva etmesine rağmen, döner fırın çıkışındaki gazdan, enerjinin geri kazanılmasında yararlanılabilmektedir. Atık gaz elektrik enerjisi eldesinde kullanılacaksa, sıcaklığının en az 300°C olması gerektiği... Debinin ise -1000 ton klinker/gün lük kapasiteye karşılık olmak üzere- en az 60000 Nm³/saat değerinde olması gerektiği kaydedilmektedir (Lang and Mosimann, 1984).

Mohrenstecher (1986) tarafından yapılan bir çalışmada, döner fırın gazının by-pass edilmesiyle, elektrik enerjisi üretimi konusu incelenmiştir. Önerilen sistemde, by-pass edilen sıcak gaz bir atık ısı kazanından geçiriliyor... Buradan elde edilen buharın türbinden geçirilmesiyle de elektrik enerjisi üretiliyor (Şekil 3.4.).

Levine'nin (1983 a) bir makalesinde, Kaliforniya'daki Monolith Çimento Fabrikası'ndaki kuru sistem bir döner fırının atık ısısından yararlanarak elde edilen elektrik enerjisi ile, Fabrika'nın enerji ihtiyacının % 65 inin karşılandığı ve tahminen, yatırımın üç yılda geri ödenebileceği kaydedilmektedir.



Şekil 3.5. Çimento üretiminde çeşitli noktalardan atılan ısının komple kullanıldığı bir sistem (Jeagar'dan, 1978)

Çizelge 3.1. Çimento üretiminde çeşitli noktalardan alınabilecek gazın karakteristik özellikleri ve muhtemel kullanım alanları (Steinbisz'den, 1986)

Gazın Çıkış Noktası	Özgül Kütle (m ³ /kg) ^{1,2}	Sıcaklık (°C)	Basınç (mbar)	Toz Miktarı (g/m ³)	Muhtemel Kullanım Alanları
Önısıtıcı Çıkışı	0.6-1.8	280-600	20-80	20-100	. Hammadde kurutma . Filtre keki kurutma . Fırın curufu kurutma . Kömür kurutma . Buhar üretimi
Önısıtıcı	0.1-0.4	500-800	30-70	50-150	. Filtre keki kurutma . Kömür kurutma . Buhar üretme

¹ Standart sıcaklık ve basınç (0°C, 1.013 bar)

² Klinker esasına göre

Çizelge 3.1. (Devam)

Gazın Çıkış Noktası	Özgül Kütle (m ³ /kg) ^{1,2}	Sıcaklık (°C)	Basınc (mbar)	Toz Miktarı (g/m ³)	Muhtemel Kullanım Alanları
Döner Fırın	0.1-0.5	1000 - 1200	2-10	50-300	. Curuf kurutma . Hammadde kurutma ³ . Kömür kurutma ³ . Buhar üretimi
Soğutucudan Sıcak Hava (İkincil hava)	0.1-0.3	700-900	0.1-0.5	5-200	. Filtre keki kurutma
Soğutucudan Çıkan Hava	0.4-1.8	150-400	0.1-0.5	5-20	. Hammadde kurutma . Kömür kurutma . Petrol ya da suyun önısıtılması

¹Standart sıcaklık ve basınç (0°C, 1.013 bar)

²Klinker esasına göre

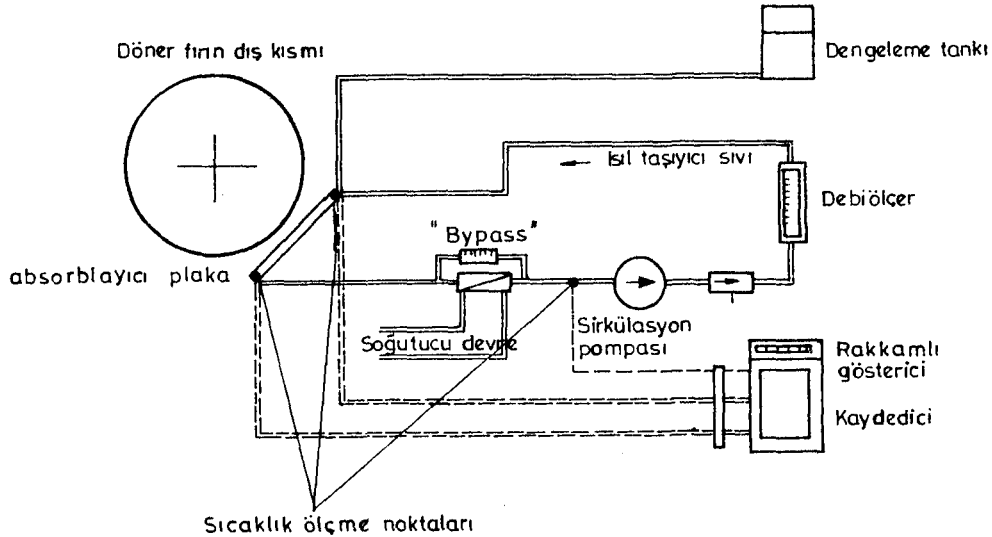
³Yalnızca toz tutucudan çıkarıldıktan sonra mümkündür

3.1.3. Döner fırın cidar ısısından yararlanma

Döner fırın cidarından radyasyon ve konveksiyonla kaçan ısınn geri kazanılmasına yönelik olarak çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

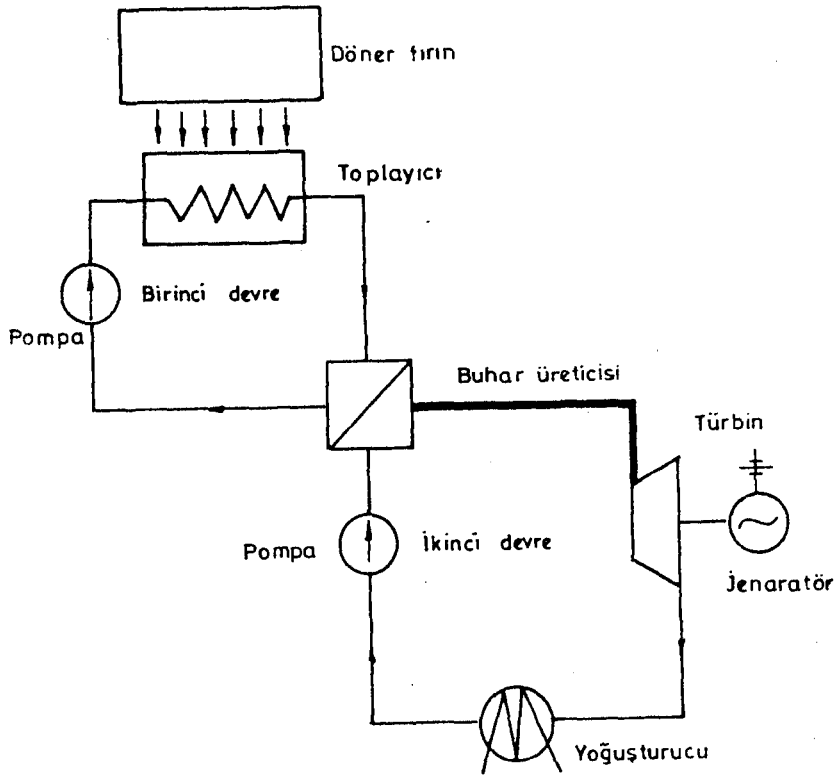
Bu konuda yapılan bir çalışma 350°C ortalama cidar sıcaklığında 3000 t/gün lük bir yarıyaş fırının geçiş kuşağı bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 7 m² toplam alanlı klasik su beslemeli panel radyatörler kullanılmıştır. Sonuçta 200 lt/saat debili ve 10°C sıcaklıklı su, 60°C sıcaklığına çıkartılabilmektedir (Gardeik 1981 a).

Döner fırın cidar ısısından yararlanılmasına ilişkin başka bir düzenleme, Breisgauer Portland Çimento Fabrikasındaki 1200 t/gün kapasiteli kuru sistem döner fırında gerçekleştirilmiştir. Buradaki uygulamaya ait şematik deney seti Şekil 3.6. da verilmiştir (Lusche, et al., 1982).



Şekil 3.6. Döner fırın cidar ısısından yararlanılmasına ilişkin bir düzenek (Lusche'den, 1982)

Döner fırın cidar ısısından yararlanarak güç üretimi için iki akışkan devreli bir çevrim öngörülmektedir. Şekil 3.7. de görüldüğü gibi, birinci devrede buhar üretilmekte, ikinci devrede ise düşük sıcaklıkta buharlaşabilen bir akışkan kullanılmaktadır (Beba, 1982).



Şekil 3.7. Döner fırın cidar ısısından yararlanılarak güç üretimi (Beba'dan, 1982)

3.1.4. Düşük kalorili yakıtların ve bazı atıkların çimento endüstrisinde kullanımı

Düşük kalorili yakıtların ve atık maddelerin çimento endüstrisinde yakıt olarak kullanılabileceği ve bu yolla yakıt tasarrufu da sağlanabileceği kaydedilmektedir (Dorn, 1977; Rechmeier, 1981; Etoc, 1984).

Özellikle önkalsinasyonlu sistemlerin ortaya çıkışından sonra, düşük kalorili yakıt kullanımı daha da cazip hale gelmiştir. Kalsinatördeki yakma işlemi, döner fırına göre düşük sıcaklıklarda gerçekleştiğinden düşük kalorili yakıtlar, burada efektif bir şekilde kullanılabilmektedir (Opitz, 1986; Nielsen and Hundeböl, 1986; Narang, 1986; Hellofs, 1986).

Ueada ve Fukuda (1983) tarafından yapılan deneylerde, düşük kaliteli kömür kullanımıyla da yanmanın ve fırındaki sıcaklık dağılımının kontrol altında tutulabileceği görülmüştür.

Çimento kalitesi üzerine kömürün kalorifik değerinin etkisi konusunda yapılan bir çalışmada, düşük kalorili kömür kullanılarak da iyi kalitede çimento üretilebileceği kaydedilmektedir (Ueda and Suziki, 1985).

Trovaag (1983), yaptığı bir çalışmada, tehlikeli madde atıklarının (hazardous waste) çimento endüstrisinde yakıt olarak kullanımıyla, yakıt maliyetlerinde azaltma yapılabileceğini belirtmiştir.

Tehlikeli madde artıklarına örnek olarak; atık petrol, boya endüstrisinin çözücüleri, aromatik çözücüler, PCB (Polychlorinated biphenyls) ve PAH (Polyaromatik hydrocarbons) gibi maddeler verilmektedir (Trovaag, 1983).

Bütümlü şist'in (oil shale) yardımcı madde olarak çimento endüstrisinde kullanımının çimento kalitesini olumsuz yönde etkilemediği ve bu yolla yakıt tüketiminde azaltma yapılabileceği kaydedilmektedir (Nakamura and Tominaga, 1983; Chen and Davis, 1986).

Nakamura ve Tominaga'nın (1983) çalışmasına göre bütümlü şist'in yardımcı madde (katkı) olarak kullanımıyla kilogram klinker başına 800 ila 2000 kj lük bir yakıt tasarruf sağlanabilmektedir.

Eski araba lastikleri ile atık lastiklerin döner fırında yakıt olarak kullanılması yönünde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Çevrede partikül kirliliği yaratmayan ve çimento kalitesini bozmayan bu tür atıkların kullanımıyla, % 25'e kadar yakıt tasarrufu da sağlandığı kaydedilmektedir (Jaschke, 1983; Kaldewey, 1985).

Çimento üretim prosesi değişik formdaki yanabilir atıkların enerjisini kullanabilen nadir endüstriyel sektörlerden birisidir. Şehir çöplerinin bile, bu sektörde

yakıt olarak kullanılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Bernard, 1985; Riemann, 1983; Lowes and Tettmar, 1982).

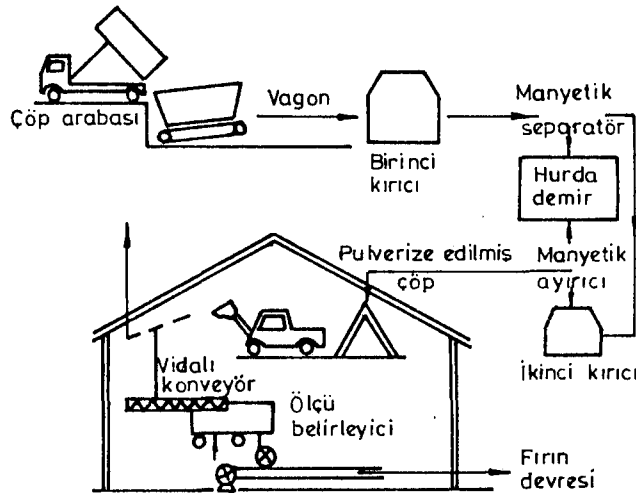
Şehir çöplerinin ve düşük kalorili çeşitli yakıtların döner fırınlarda kullanılabilmesi, yakma sistemlerinin geliştirilmesinden sonra dikkat çekici hale gelmiştir. Çöplerin yardımcı yakıt olarak direk kullanımında şu noktalar göze çarpmaktadır (Lowes and Tettmar, 1982):

. Önemli bir kalorifik değere sahip atıklar çimento üretim prosesi için yardımcı yakıt olarak ve doğrudan yakma sistemi çerçevesinde kullanılabilir.

. Çöpler uygun bir önhazırlık ünitesi (Şekil 3.8.) ve uygun bir şekilde dizayn edilmiş yakma ünitesinden geçtikten sonra fırına verilmelidir.

. Çöpün yardımcı bir yakıt olarak kullanılmasıyla da iyi kalitede çimento üretilebilecektir.

. Önhazırlık ünitesinin yatırım masrafının fazlalığı bu konunun yaygın olarak uygulanmasını engellemektedir.



Şekil 3.8. Çöplerin çimento endüstrisinde yakıt olarak kullanılabilmesi için gereken önhazırlık ünitesi (Lowes ve Tettmar'dan, 1982)

Bir İngiliz Çimento Fabrikası, çöpleri klinker üretiminde kullanan bir teknoloji geliştirmiştir. Bu çalışmada kuru ya da yaş sistemde, çöpü işleyen bir tesisin yatırım bedelinin 2.4 Milyon Sterlin olduğu... Yılda 500000 ton klinker üreten bir tesis için bir ton kömür fiyatı 50 Sterlin olmak kaydıyla, yıllık kömür tasarrufunun 1 Milyon Sterlin olduğu... Çöplerden satılan metal hurdalar da dikkate alınarak amortisman süresinin 3.1 yıl olduğu kaydedilmektedir (Anon, 1985).

Hochdahl (1986), çimento endüstrisinde katı ve sıvı olarak kullanılacak alternatif yakıtlar için Çizelge 3.2. ve 3.3. ü hazırlamıştır.

Çizelge 3.2. Çimento endüstrisinde alternatif sıvı yakıtlar (Hochdahl'dan, 1986)

Kolay ayrıştırılabilir az toksik yakıtlar	Dengeli toksik yakıtlar
Tar Asit çamuru Asfalt çamuru Atık petrol Boya endüstrisi çözücülerini Petrokimyasal artıklar (ketonlar, alkoller)	Poliaromatik hidrokarbonlar Sonradan klorlanmış bifenilen Klorlanmış aromatik maddeler

Çizelge 3.3. Çimento endüstrisinde alternatif katı yakıtlar (Hochdahl'dan, 1986)

Sentetik Maddeler	Doğal Maddeler	Diğer Maddeler
Atık ev lastikleri Grafit tozu Atık kauçuk Eski batarya (akü) kutuları Plastik artıklar Mukavva Petrol koku	Bütümlü şist (oil shale) Fındık kabukları Düşük kaliteli kömür Pirinç kabukları Hindistan cevizi kabukları	Ev çöpleri Parçalanmış artıklar

3.1.5. Mevcut yaş sistem döner fırınların ıslahı

Yaş sistem fırının özgül ısı tüketiminin kuru sistemden yaklaşık iki kat, önkalsinasyonlu sistemden ise yaklaşık iki buçuk kat daha fazla olması nedeniyle bu sistemi ıslah etmek ve yeni teknolojilere dönüştürmek için çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Alam, 1977; Rao, 1986; Bernschtein, et al., 1986).

Mevcut yaş sistem fırının pahalıya çimento üretmesi nedeniyle, tamamen devreden çıkarılması yerine, yapılacak bir değişiklikle, kuru sisteme veya önkalsinasyonlu sisteme dönüştürülmesinin ekonomik olup olmayacağı çeşitli makalelerde tartışılmıştır (Embso, 1978; Levine, 1983 b; Kreisberg and Schonbackh, 1984).

Fransa'daki Lexos Çimento Fabrikası'nın, iki yaş sistem döner fırınından birisinin önkalsinasyonlu sisteme dönüştürülmesiyle, kapasite iki kat arttırılmış özgül ısı tüketimi ise eskiye oranla yaklaşık yarıya yakın azaltılmıştır. Diğer bazı yaş sistem fırınlara uygulanan benzer dönüştürmeler de kapasite artışının yanısıra, özgül ısı tüketiminde azalma sağlayarak yukarıdaki uygulamayı doğrular sonuçlar vermiştir (Stiles, 1979; Champonnois, 1984).

Levine (1982) tarafından yapılan bir çalışmada, yaş sistemle çalışan üç döner fırının önkalsinasyonlu ve ön-ısıtıcılı kuru sisteme dönüştürülmesiyle yıllık klinker üretiminin % 70 arttığı... Aynı zamanda, kömür tüketiminin % 45, elektrik enerjisi tüketiminin % 10 azaldığı kaydedilmiştir.

Benzer kapasitelere sahip yaş ve kuru sistemli iki fabrika karşılaştırıldığında kuru sistemin özgül elektrik enerjisi tüketimi yaş sisteminkinden daha fazla almaktadır (U.N.I.D.O. 1985). E.Ç.F.'de de durum böyle olmaktadır.

Ancak, yaş sistemden kuru sisteme dönüştürme söz konusu olduğunda kapasite artışı da sağlanacağından genel masraflar

azalmakta ve dönüştürmeden öncekine göre özgül elektrik enerjisi tüketiminde azalma sağlanabilmektedir.

Temin edebildiği malzemenin çok nemli olması nedeniyle yaş sistem teknolojiyi kullanmak zorunda olan fabrikalarda ise, hammaddenin döner fırına girmeden önce daha az nemle girmesi için çeşitli önlemler alınmıştır. Çamurdaki su miktarında her % 1 lik azalma ile fırında kullanılan ısının yaklaşık % 1 oranında azaltılabileceği kaydedilmektedir (Ar, 1980).

Çamurdaki nemin azaltılması için genel olarak inceltici (thinning) maddeler kullanılmaktadır. Nem miktarının azaltılması için diğer bir yol olarak, hammaddenin döner fırına verilmeden önce, silindir ve disk filtrelerden geçirilmesi önerilmektedir. Çamurdaki nemin tamamen bertaraf edilerek döner fırına verildiği sistemler yarıyaş sistemler olarak anılmaktadır (Feddersen, 1974; Ar, 1980; Avramenko and Kopeliouich, 1982).

3.1.6. Elektrik enerjisi tüketiminde tasarruf sağlanması

Çimento fabrikalarında elektrik enerjisi tüketen birimleri daha iyi kullanarak bunların enerji tüketimlerinin azaltılması için çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmaların çoğunda, münferit ünitelerde tasarruf imkanları araştırılmış, bütün fabrikayı kapsayan bir enerji optimizasyonu programına rastlanılamamıştır.

Çimento fabrikalarında tek başına en fazla elektrik enerjisi tüketen (toplam elektrik enerjisi tüketiminin yaklaşık üçte biri) çimento değirmenlerinde, sınıflandırılmış astar plakalarının kullanımı, verimin arttırılmasını ve enerji tüketiminin azaltılmasını sağlamıştır (Slegten, et al., 1985; Scheucher, 1986). Değirmen girişinden çıkışına kadar, bilya boyutlarının azalarak gitmesi durumunda, bilyaların ideal pozisyonlarının elde edilmesi için, sınıflandırılmış astar plakaları kullanılmaktadır.

Wüstner (1986) tarafından yapılan bir çalışmada, iki kademe boyut küçültülerek yapılan öğütme ile % 20 ye yakın bir elektrik enerjisi tasarrufunun sağlanabileceği kaydedilmektedir.

Güç optimizasyonuna ilişkin bir çalışmada ise, sözleşme gücünün minimumda tutulabilmesi için, günün her saatinde, mümkün olduğunca eşit bir güç dağılımı sağlanması önerilmiştir (MacDonald, et al., 1979).

3.1.7. Diğer bazı tasarruf önlemleri

. Önısıtıcı kademe sayısının arttırılması:

Kuru sistem fırınlarda önısıtıcı kademe sayısının arttırılması, önısıtıcı çıkış gazının daha iyi kullanılmasını sağladığından, çıkış gazı sıcaklığını düşürmüştür. Bu durum özgül ısı tüketiminde de tasarruf sağlamıştır.

Önısıtıcı kademe sayısının dörtten beşe çıkartılmasıyla, önısıtıcı çıkış gazı sıcaklığında 50°C lik bir düşüşle, çıkış gazı ısısından daha fazla yararlanılması sağlanmıştır. Bu yolla, 30-118 kJ/kg klinker lik bir tasarruf sağlanabildiği kaydedilmektedir (Sasaki, et al., 1986; Fei, 1986).

Güney Kaliforniya'nın Gifford Hill Çimento Fabrikası'nda, mevcut birinci kademe siklon grubuna, üçüncü siklonu ekleyip diğer siklon gruplarının boyutlarında değişiklikler yapılarak, kapasite 1600 ton/gün den 1975 ton/gün e çıkarılmış, özgül ısı tüketimi ise, 5275 kJ/kg klinker den 4040 kJ/kg klinker e düşürülmüştür (Convay and Berry, 1986).

. Çimentoya çeşitli katkı malzemeleri eklemek:

Çimento öğütme işlemi sırasında klinkere alçı taşının yanısıra yüksek fırın curufu, uçucu kül, tras gibi katkılar eklemekle hem malzeme hem de enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Bu durum, söz konusu katkı maddelerini "atık" olarak dışarıda biriktiren sektörleri de bu külfetten kurtarmaktadır (Ar, 1980; Anon, 1982; Richartz, 1984; Haufers and Magel, 1984).

. Fırın izolasyonu:

Fırın cidarından kaçan ısının azaltılabilmesi için fırın tuğlaları üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Uzun tip kuru sistem döner fırınlarda kullanılan bir çeşit izolasyon tuğlası ile radyasyon kayıpları azaltılarak yaklaşık 200 kj/kg klinker değerinde bir tasarruf sağlanmıştır (Wilson and Iten, 1976; Gouda and Labelle, 1981).

. Hammadde seçimi:

Çimento hammaddelerinin, kolay klinkerleşebilme ve iyi kalitede klinker verebilme özellikleri dikkate alınarak seçilmesi, yakıt tüketimini önemli ölçüde etkilemektedir. Örneğin yüksek serbest silis içeren, silis ve alüminyum modülleri yüksek olan ve kolay ergiyen madde miktarı düşük olan farin; serbest silisleri ile alüminyum ve silis modülleri düşük, ancak kolay ergiyen bileşenleri yüksek olan farinlere oranla çok daha yüksek sıcaklıklarda sinterleşmektedirler (Gouda and Labelle, 1981).

Kumar ve Katari'nin (1981) bir çalışmasında, bazı özel minerallerin kullanılmasıyla, klinkerleşme sıcaklığında 100° ila 150°C lık bir azalma sağlanabileceği... Böylece; yaş sistemde, 400 ila 600 kj/kg klinker, kuru sistemde ise 250 ila 350 kj/kg klinker civarında bir enerji tasarrufu elde edilebileceği kaydedilmektedir.

. Fırın kayıplarının azaltılması:

Yapılan deneylere göre, dışarıdan fırına sızan havanın önlenmesi ve primer yakma havasının % 15 azaltılması, önkalsinasyonlu kuru sistem fırında 100 kj/kg klinker lik bir enerji tasarrufu sağlamıştır. Ayrıca fırın, önısıtıcı ve soğutucunun izole edilmesi hatırı sayılır bir ölçüde enerji tasarrufu sağlayabilecektir (Gouda and Labelle, 1981; U.N. İ.D.O., 1985).

3.2. Eskişehir Çimento Fabrikası Özelinde Tartışma

Çimento sektöründe enerji ekonomisi (enerji tüketiminde ve enerji bedelinde tasarruf) amacıyla yapılan çalışmalardan, Eskişehir Çimento Fabrikası özelinde olarak hangilerinin tez kapsamı içinde araştırmaya değer bulunduğu bu bölümde tartışılmıştır. Tez kapsamına girecek konular belirlenirken, Fabrika için uygulanabilecek durumda olmasına da dikkat edilmiştir.

Elektrik enerjisi optimizasyonu tasarısı literatürde rastlanmayan ilginç bir tasarruf yolu olarak tez kapsamına alınmıştır. İzlediğimiz özgün çözüm yolu ile hazırladığımız bilgisayar programı uygulamasından elde edilen sonuçlar, bu optimizasyon çalışmasını tezin ana teması haline getirmiştir.

Bu tasarıda, ünitelerin hem uygun işletme kapasitelerinde hem de uygun domenlerde çalıştırılmasını sağlayan bir optimizasyon programı hazırlanarak Fabrika'nın enerji tüketimi ve enerji bedelinde azaltma yapılması öngörülmüştür.

Bölüm 3.1. de tanıtılan tasarruf tedbirlerinin her biri, ayrı bir çalışma ile incelenip, değişik özellikteki fabrikalara uygulanabilir hale getirilebilir. Ancak, bunların tamamının incelenmesi bu tez kapsamına alınmamıştır.

Diğer tasarılarından, yalnızca önkalsinasyon uygulaması ile soğutucu çıkışındaki gazın kömür kurutma ünitesinde kullanımı konuları, tez kapsamı içinde kısaca tanıtılmış, ancak, ayrıntılar Ek Açıklamalarda verilerek tezin ana temasından ayrı tutulmuştur.

Kuru ve yaş sistemle üretim yapan Eskişehir Çimento Fabrikası, bu haliyle benzerlerine göre daha pahalıya çimento üretmektedir. Üretimi azaltmaksızın pahalı yaş sistemden kurtulup, kuru sistemi de ıslah edecek bir "önkalsinasyon uygulaması", birim klinker üretimi başına harcanacak enerjiyi düşürecektir. Fabrika'nın özgün yapı-

sından dolayı uygulama minimum yatırımla gerçekleştirilebilecektir.

Soğutucu çıkışından dışarı atılmakta olan sıcak gazın enerjisinden yararlanarak kömür kurutma ünitesinin enerji tüketiminde azaltma sağlanması konusu, hemen uygulamaya konulup yatırımın kısa sürede amorti edilebilirliği de dikkate alınarak, araştırma kapsamına alınmıştır (Bkz. Ek Açıklamalar D.3).

Radyasyon, konveksiyon kayıpları ile diğer kaçakların toplamı yaptığımız enerji bilançosuna göre döner fırına giren toplam enerjinin yaklaşık % 18 ine tekabül etmektedir. Bu enerjiden yararlanılması için düşünülen panel radyatörlerin verimi ve yatırım masraflarıyla buradan sağlanacak enerjinin kullanılabilirliği hususları ayrıca araştırılmak üzere tez kapsamı dışında bırakılmıştır.

Şehir çöplerinin çimento endüstrisinde yakıt olarak kullanılması, araştırma tezgahındaki konulardan birisidir. Gerekli önhazırlık ünitesinin yatırım masraflarının çokluğu nedeniyle konu henüz yaygın olarak uygulanabilme aşamasına gelememiştir.

Çeşitli noktalardan atılan sıcak gazla elektrik enerjisi üretimi konusu da henüz yaygın bir şekilde kullanıma girmiş değildir. Dahası Eskişehir Çimento Fabrikası'nın düşük kapasiteli olması, sistemin buraya uygulanma şansını azalttığından tez kapsamına alınmamıştır.

4. YAŞ VE KURU SİSTEMLERİN İKİSİNE BİRDEN SAHİP ESKİŞEHİR ÇİMENTO FABRİKASI'NDA ISI ENERJİSİ TASARRUFUNA YÖNELİK YAPILAN ÇALIŞMALAR

Döner fırın ısı tüketiminde azaltma yapabilmek için iki konuda ayrıntılı çalışma yapılmıştır.

İlk çalışmada, yaş sistem döner fırını devreden çıkartıp kuru sistem döner fırına önkalsinasyon uygulanmasının sağlayacağı tasarruf hesaplanmıştır.

İkinci çalışmada, soğutucu üniteden çıkan gazdan yararlanma imkanları incelenmiş, bu gazın kurutma ünitesinde kullanılmasıyla elde edilebilecek avantajlar araştırılmıştır.

4.1. Önkalsinasyon Uygulaması

Eskişehir Çimento Fabrikası'nın 1985 yılı işletme verilerine göre yaş sistem döner fırının özgül ısı tüketimi kömür kurutma hariç ortalama 8230 kJ/kg klinker, kuru sistem döner fırıninki ise ortalama 4430 kJ/kg klinker değerinde gerçekleşmiştir.

Çimento teknolojisindeki ilerlemelerden sonra şimdi, yaş sistem döner fırının özgül ısı tüketimi 5400 kJ/kg klinker civarında, beş kademe önisitçili kuru sistem fırının özgül ısı tüketimi ise 3400 kJ/kg klinker civarında seyretmektedir. Döner fırında gerçekleştirilen kalsinasyon işleminin buradan alınıp ayrı bir üniteye yapılmasıyla ortaya çıkan önkalsinasyonlu sistemlerde özgül ısı tüketimi 3100 kJ/kg klinker civarındadır (Bonn and Lang, 1986; O.E.C.C.L., 1985; Warshawsky, 1976; Hatano, et al., 1983).

Bu duruma göre çalışmakta olan yaş sistem döner fırının özgül ısı tüketimi 1985 verileri itibariyle benzerlerine göre 1.52; mevcut önisitçili kuru sistem fırına göre 1.85; optimize edilmiş önisitçili kuru sistem fırına göre 2.42, önkalsinasyon eklenmiş fırınlara göre ise, 2.65 kat daha fazladır.

Enerji tüketimlerinin fazlalığı ve kuru sistem fırınlardaki son gelişmelerden sonra artık, yaş sistem fırınlar ya, çok külfetli olmasına rağmen kuru sistem fırınlara dönüştürülüyor ya da tamamen devreden çıkarılıyor.

Eskişehir Çimento Fabrikası'nda şimdi olduğu gibi, yaş sistem fırınla, üretime devam etmek, rakip firmalara oranla iki hatta, iki buçuk kat daha pahalıya çimento imal etmek anlamını taşıyacaktır.

Yaş sistem döner fırının kuru sisteme dönüştürülmesi ise büyük yatırımları gerektirmektedir.

Tüm bu nedenlerden dolayı yaş sistem fırını tamamen devreden çıkarmak da, Fabrika'da üretim eksikliğine neden olacak ve taleplerin birçoğuna karşılık verilemeyecektir.

Bu duruma bir çözüm olmak üzere, kuru sistem fırında -yaş sistem fırının ekipmanlarını da kullanarak- yapılacak değişikliklerle, üretim arttırılıp, özgül enerji tüketimi azaltılabilir.

Mevcut sistemde yapılacak bir kapasite arttırımı, konkasörden itibaren soğutucuya kadar tüm ünitelerin düzenlenmesini ve tekrar elde geçirilmesini hatta bir kısmının yenilenmesini gerektirecektir. Ancak hal-i hazırdaki yaş sistemi tamamen devreden çıkarmakla yaş sistemden kalan konkasör, kömür değirmeni ve çimento değirmeni gibi ekipmanlar kuru sistemde yapılacak bir kapasite arttırımını karşılayabilecektir.

Kuru sistem fırında üretimi arttırıp, özgül ısı tüketimini azaltmanın en iyi yolu fırına bir önkalsinasyon ünitesinin eklenmesidir.

Önkalsinasyon uygulandığı bir sistemin özgül ısı tüketimini azaltırken, yeni kurulan bir tesiste, aynı kapasite için, döner fırın boyunu kısaltmakta, çalışmakta olan bir tesiste ise aynı fırın boyu için kapasiteyi iki ila dört kat arttırabilmektedir (Champonnois, 1984).

Eskişehir Çimento Fabrikası için hazırlanan proje ile yas sistem fırınının tamamen devreden çıkartılması ve kuru sistem fırına mevcut yaş sistem fırınınkı kadar üretim artışı sağlanarak önkalsinasyon uygulanması öngörülmüştür (Bkz. Ek Açıklamalar C).

Böylece, Fabrika bugünkü üretimini daha düşük özgül ısı tüketimi ile gerçekleştirecektir. Sağlanacak üretim artışı yaş sistemin üretimi kadar olduğundan, buradan kalan birçok ünite yeni sistemde kullanılabilir, dolayısıyla düzenleme minimum yatırımla yapılmış olacaktır.

Önkalsinasyon uygulamasının kısa bir tanıtımı Bölüm 3.1. de yapılmıştır.

Önkalsinasyonun, Eskişehir Çimento Fabrikası'nda uygulanması ile Fabrika'da yapılması gereken değişiklikler ve yatırım masrafı ile bu yolla elde edilebilecek enerji tasarrufu Ek Açıklamalar-C de hesaplanmıştır.

Uygulanacak önkalsinasyon için gereken yatırım bedelinin günümüz fiyatlarıyla 1.5 Milyar TL (1985) civarında. Sağlanacak enerji tasarrufunun parasal karşılığının ise şimdiki şartlarda 2.9 Milyon TL (1985)/gün civarında olacağı hesaplanmıştır.

Bu duruma göre sağlanan tasarrufla, yatırım kendini kabaca bir buçuk yılda amorti edilebilecektir.

4.2. Soğutucu Çıkışındaki Gazdan Yararlanma

Yapılan enerji bilançosuna göre, (Bkz. Çizelge 2.1.) kuru sistem fırında giren enerjinin % 14.3 ü önısıtıcı çıkışından dışarı atılmaktadır. Daha önce yanma olayına girmemiş ve yaklaşık 200°C sıcaklığındaki bu gazın Fabrika'da başka bir ünitenin enerji tüketimini azaltmada kullanılabilirliği düşünülmüştür. Konu ile ilgili ayrıntılı bilgi ve hesaplamalar Ek Açıklamalar-D de verilmiştir.

Döner fırına yakıt olarak verilecek kömür, bünyesinde bulunan nemden arındırılmak üzere bir kömür kurutma ünitesinden geçmektedir. Kurutmayı sağlayacak sıcak gaz, mev-

cut sistemde ayrı bir "sıcak hava ocağından" elde edilmektedir. Kömür yakan sıcak hava ocağında yanmayı sağlayan hava birincil ve ikincilhava vantilatörlerinden verilmektedir. Kurutma işlemini sağlamak üzere ayrıca bir "ikincil kurutma havası" emilmektedir. Mevcut sistemde sıcak hava ocağına hava sağlayan yakma havası ve kurutma havası atmosfer şartlarından temin edilmektedir.

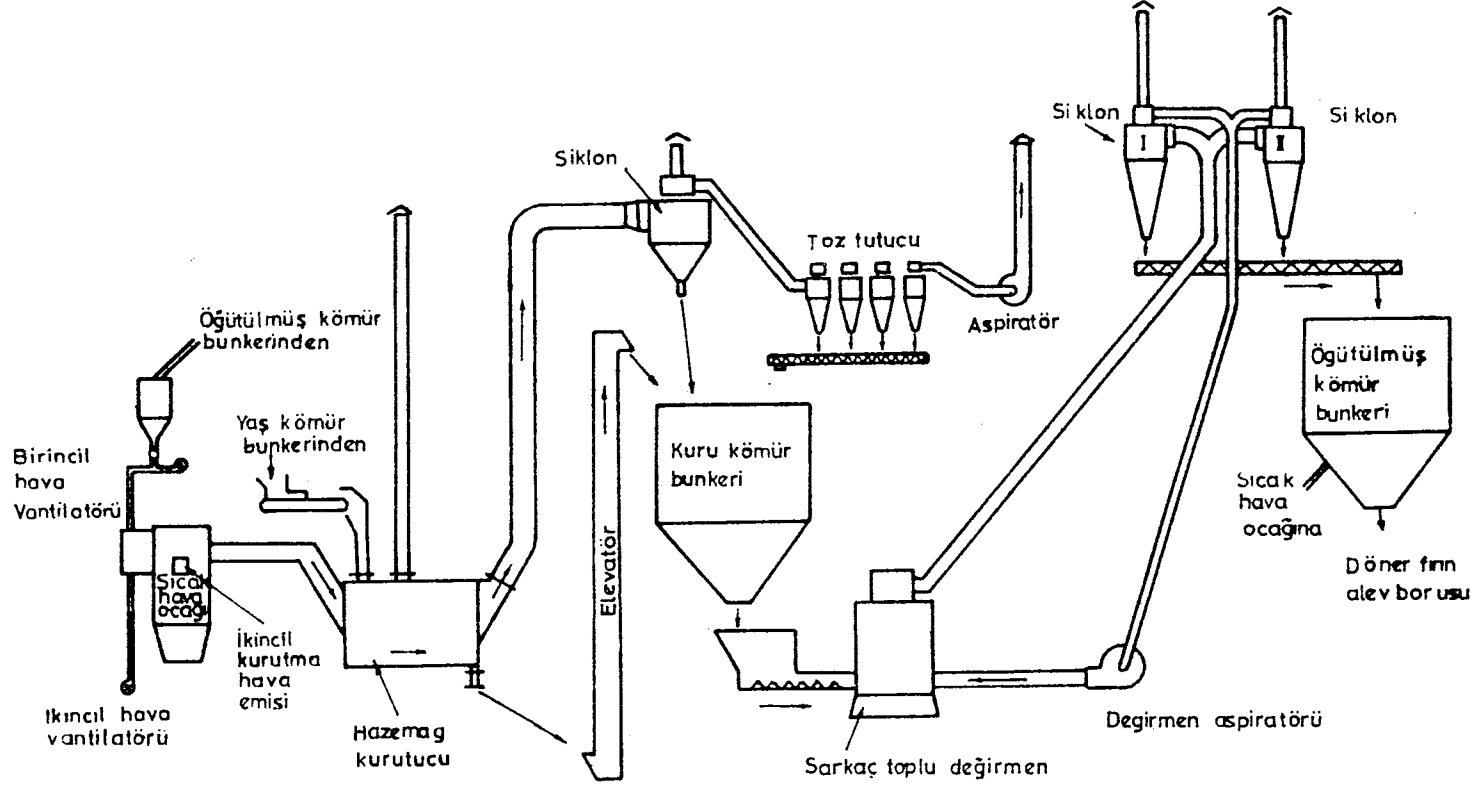
Hesaplamalar sonucunda, yalnızca ikincil kurutma havasının, soğutucudan temin edilmesiyle, kömür tüketimi 500 kg kömür/saat den 350 kg kömür/saat e düşürülerek % 30 luk bir kömür tasarrufu sağlanabileceği görülmüştür. Bu oran yaklaşık 770 ton kömür/yıl lık bir tasarrufu işaret etmektedir.

İkincil kurutma havası ile birlikte, ikincil yakma havası girişinin de soğutma ünitesi çıkış gazı hattına bağlanmasıyla, kömür tüketimi 325 kg kömür/saat e düşmekte ve kömür tüketimindeki tasarruf % 35 e çıkmaktadır. Bu durumdaki yıllık kazanç ise yaklaşık 890 ton kömür/yıl olmaktadır.

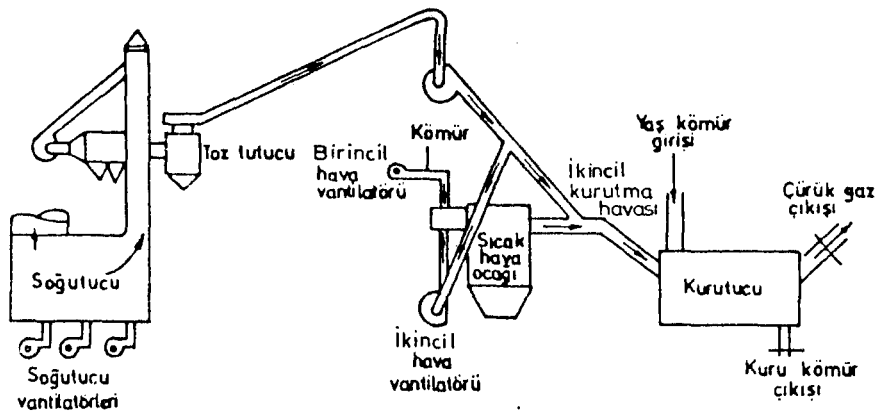
Kurutma ünitesinin, değişiklikten önceki durumu Şekil 4.1. de, değişiklikten sonraki durumu ise Şekil 4.2. de verilmiştir.

Bu proje için 22 kw lık bir vantilatörün, soğutucu ile kurutucu arasına çekilecek bir boru hattına yerleştirilmesi yeterli olacaktır. Yıllık tasarrufun kullanılan kömürün günümüz şartlarındaki fiyatıyla 17.8 Milyon TL (1985) olacağı bulunmuştur.

Yapılan piyasa araştırması sonucu kabaca 1.5 Milyon TL (1985) lik bir yatırım yapılması gerektiği ve elde edilen tasarrufun bu yatırımı bir ayda karşılayabileceği belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Kömür kurutma ünitesinin mevcut durumu



Şekil 4.2. Kömür kurutma ünitesinde enerji ekonomisi amacıyla önerilen değişiklik

5. ESKİŞEHİR ÇİMENTO FABRİKASI ÖZELİNDE ELEKTRİK ENERJİSİ TASARRUFUNA YÖNELİK ÇALIŞMALAR

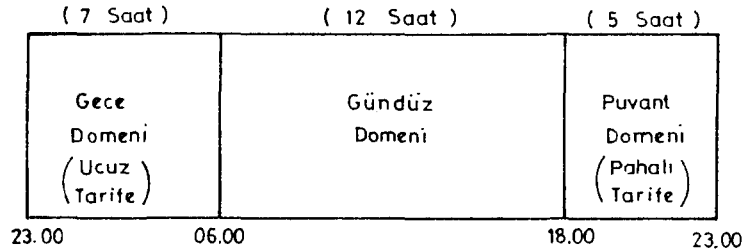
5.1. Giriş

Bu bölümde elektrik enerjisi kullanımında yapılacak bir optimizasyonla, enerji tüketiminde ve buna ödenen meblağda azaltma imkanları araştırılmıştır.

Eskişehir Çimento Fabrikası'na gelen elektrik enerjisi faturasında, toplam enerji bedelini iki faktör etkilemektedir.

Birincisi, ünitelerin çektiği toplam elektrik enerjisi miktarı, ikincisi ise, dönem başında fabrika tarafından TEK'e bildirilen "Sözleşme Gücü" dür.

İlki, yani ünitelerin çektiği elektrik enerjisi kwh olarak verilmekte olup; gece, gündüz ve puvant saatlerine göre, kwh başına farklı fiyat uygulanmaktadır. "Gece"; 23.00-06.00 saatleri arasını, "Gündüz"; 06.00-18.00 arasını, "Puvant" ise 18.00-23.00 arasını kapsamaktadır (Şekil 5.1.). Enerji kullanımının en yoğun olduğu puvant döneminde pahalı tarife, en az enerji kullanılan gece döneminde ise ucuz tarife uygulanmaktadır.



Şekil 5.1. Günlük çalışma domenleri

Enerji faturasını etkileyen ikinci faktör "Sözleşme Gücü", fabrikanın herhangi bir anda talep edilebileceği maksimum güç olup, bu gücün her kw ı için bir fiyat belirlenmiştir. Fabrika, Türkiye Elektrik Kurumu'na, bu konudaki bildirimini yaptıktan sonra, sözleşme gücünü aştığı takdirde,

gücün her kw ı için "cezalı" bir ücret ödemek durumundadır.

Elektrik enerjisi bedelinde azaltma yapabilmek için öncelikle bütünleşik iki tema üzerinde çalışılmıştır.

İlk çalışmada, sistem ünitelerinin geçmisteki tavarları incelenerek, günlük enerji bedeli açısından en iyi işletme kapasitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Optimum kapasite belirlenmesinde sayımlama ve dinamik programlama teknikleri kullanılmıştır.

Diğer optimizasyon çalışması elektrik enerjisi faturasındaki temel faktörlerden ilki üzerinde yapılmıştır. Burada, enerji bedelinde azaltma yapılması hedeflenmiştir. Elektrik enerjisi birim fiyatı, günün üç farklı domenine göre, farklı ücrete tabii tutulmaktadır. Devamlı çalışması gereken üniteleri (döner fırın ve buna bağlı birimler) bir tarafa bırakırsak, günün farklı saatlerinde çalıştırılabilme esnekliğine sahip diğer ünitelerin (çimento değirmenleri, farin değirmeni, kömür hazırlama ünitesi v.b.) çalışmalarını, ucuz fiyatın uygulandığı domenlere kaydırarak enerji tüketim miktarı eskisiyle aynı olsa bile, buna ödenen bedelde azaltma sağlanabileceği görülmüştür.

Bu bölümdeki son çalışma, elektrik enerjisi tüketimindeki ikinci faktör olan sözleşme gücü üzerinde yapılmıştır.

5.2. Ünitelerin Geçmisteki Tavırlarının İncelenmesi Suretiyle Minimum Enerji Bedelini Verecek Çalışma Kapasitesinin Belirlenmesi

Günlük enerji bedeli açısından en uygun çalışma kapasitesinin belirlenmesi için, önce konunun matematiksel olarak tanıtımı yapılacaktır.

Günlük enerji bedeline adım adım ve aradaki kavramlar açıklanarak gelinecektir.

Güce karşı kapasite ve özgül enerji tüketimine karşı kapasite eğrileri çizildikten sonra, oluşturulan günlük enerji bedeli ifadesinin minimizasyonu yapılacaktır.

5.2.1. Kapasiteye bağılı günlük enerji bedeli ifadesinin oluşturulması

Birim enerji tüketimi başına enerji bedeli, seçilen ücret tarifesine göre değişiklik arz etmektedir. "Tek terimli" tarifede, enerji bedeli, günün her saati için sabittir. "Çift terimli" tarifede ise enerjinin yoğun kullanıldığı saatlerle, az kullanıldığı saatler ayrı fiyatlandırılarak, kullanıcının ucuz saatlerde çalışması özendirilmiştir.

Birim enerji tüketimine ödenen fiyat FE_{D_j} ; gece, gündüz ve puvant saatlerindeki üç kullanım domenine göre; sırasıyla FE_{GE} , $FE_{GÜ}$, FE_{PU} ile gösterilirse, bu üç değer arasında, seçtiğimiz simgeler itibariyle

$$FE_{GE} < FE_{GÜ} < FE_{PU} \quad (5.1)$$

bağıntısı yazılmaktadır.

Çift terimli tarifeyi kullanan Eskişehir Çimento Fabrikası'nda, minimum enerji bedeli için bir ünite istenilen günlük üretim UI sağlanana kadar, teknik olarak bir sakınca bulunmaktaysa öncelikle gece, daha sonra gündüz, en son puvant domeninde çalıştırılmak durumundadır.

İstenilen günlük üretim, domenlerdeki üretimler toplamına, günlük toplam çalışma saati ise TG ise, domenlerdeki çalışma saati toplamına eşit olarak, simgelerimiz çerçevesinde,

$$UI = \sum_{D_j=1}^D UI_{D_j} \quad (5.2)$$

$$TG = \sum_{D_j=1}^D TDG_{D_j} \quad (5.3)$$

bağıntıları yazılmaktadır.

Ünitenin D_j domenindeki günlük üretimi UDG_{D_j} ile gösterilirse, istenilen günlük üretimin K_o kapasitesinde çalışma ile kaç saatte karşılanacağı;

$$TG = \frac{UI}{K_o} \quad (5.4)$$

$$\sum_{D_j=1}^D TDG_{D_j} = \frac{\sum_{D_j=1}^D UDG_{D_j}}{K_o} \quad (5.5)$$

bağıntılarından bulunacaktır.

Domenlerdeki çalışma saatleri;

$$TDG_{GE} = 7 \text{ saat}$$

$$TDG_{GÜ} = 12 \text{ saat}$$

$$TDG_{PU} = 5 \text{ saat}$$

olmaktadır.

Ünite; yukarıda tanımlanan öncelikli sıra ile TG ye ulaşılanaya kadar çalıştırılacaktır.

Denklem (5.4) den günlük toplam çalışma saati hesaplandıktan sonra, ünitenin çalıştırılacağı domenler ile bu domenlerdeki çalışma saatleri belirlenebilecektir.

ü. ünitenin hesabı yapılan D_j domenindeki günlük elektrik enerjisi tüketimi $EDG_{D_j}^ü$, ünitenin çalışma kapasitesine karşılık gelen ortalama güç değeri $G_o^ü$ ile, o domendeki çalışma saati $TDG_{D_j}^ü$ nin çarpımı olmaktadır.

$$EDG_{D_j}^ü = G_o^ü \times TDG_{D_j}^ü \quad (5.6)$$

Denklem (5.6) dan itibaren günlük toplam enerji tüketimi $EG^ü$ ye ilişkin olarak,

$$EG^ü = \sum_{D_j=1}^D G_o^ü \times TDG \quad (5.7)$$

ifadesi yazılmaktadır. Buradan da günlük enerji bedelini veren eşitliğe varacağız.

ü. ünitenin hesabı yapılan D_j domenindeki günlük enerji bedeli $FDG_{D_j}^ü$, ünitenin o domendeki elektrik enerjisi tüketimi $EDG_{D_j}^ü$ ile, söz konusu domendeki birim elektrik enerjisi tüketiminin fiyatı FE_{D_j} nin çarpımına eşit olmaktadır:

$$FDG_{D_j}^ü = EDG_{D_j}^ü \times FE_{D_j} \quad (5.8)$$

Ünitenin günlük toplam enerji bedeli $FG^{\ddot{u}}$ için Denklem (5.6), (5.7) ve (5.8) den yararlanarak,

$$FG_{D_j}^{\ddot{u}} = \sum_{D_j=1}^D G_o^{\ddot{u}} \times TDG_{D_j}^{\ddot{u}} \times FE_{D_j} \quad (5.9)$$

ifadesi yazılabilecektir.

Minimum enerji bedelini sağlayacak çalışma kapasitesinin tesbitine dönük olarak Denklem (5.9) daki ifadeyi kapasiteye bağlı bir fonksiyon haline getirelim.

Denklem (5.5) i Denklem (5.9) da kullanarak, $FG^{\ddot{u}}$ için,

$$FG_{D_j}^{\ddot{u}} = \sum_{D_j=1}^D \frac{G_o^{\ddot{u}}}{K_o^{\ddot{u}}} UDG_{D_j}^{\ddot{u}} \times FE_{D_j} \quad (5.10)$$

ifadesine gelinecektir.

5.2.1.1. Gücün kapasiteye bağımlılığı ve güç-kapasite diyagramlarının çizimi

Minimum günlük enerji bedelini verecek kapasiteyi tesbit etmek için, Denklem (5.10) da oluşturulan enerji bedeli ifadesindeki elemanların kapasiteye olan bağımlılıkları incelenmelidir.

Denklem (5.10) daki güç $G_o^{\ddot{u}}$, kapasite $K_o^{\ddot{u}}$ ye bağımlı bir değer olup, ünite, belirli bir kapasite değerinde, belirli bir güç tüketmek durumundadır.

Her ünite için,

$$G_o^{\ddot{u}} = f(K_o^{\ddot{u}}) \quad (5.11)$$

ilişkisini görebilmek üzere, bunların geriye doğru iki ila beş yıllık işletme verilerine girilmiş... İlgili dökümler yapılmış... Nihayet amaçlanan eğriler çizilmiştir.

Buna göre, üretim, enerji tüketimi ve çalışma saati sürekli olarak rapor edilmiş yedi ünitenin işletme raporları incelenmiştir.

Diyagramın absisini oluşturacak çalışma kapasitesi (ton/saat) değerleri için ton birimindeki aylık hammadde

üretimi, aylık çalışma saatine bölünmüş... Diyagramın ordinatını oluşturacak güç (kwh/saat) değerleri için ise kwh birimindeki aylık enerji tüketimi, aylık çalışma saatine bölünmüştür.

Veriler güç-kapasite diyagramında yerleştirildiğinde, belirli bir kapasite değerine karşılık, birden fazla güç değeri olduğu görülmüştür. Bu durumda kapasite ekseninde çalışma şartları itibariyle en küçük kapasite değerinden en büyük kapasite değerine doğru gidilirken, maksimum ve minimum güç noktaları, ayrı iki cümle olarak kendi içlerinde birleştirilerek, incelenen her ünite için, bir çalışma kuşağı oluşturulmuştur. Bu kuşağın ortasından geçirdiğimiz eğri ise uygulamada "ortalama bir çalışma eğrisini" meydana getirmiş sayılabilecektir.

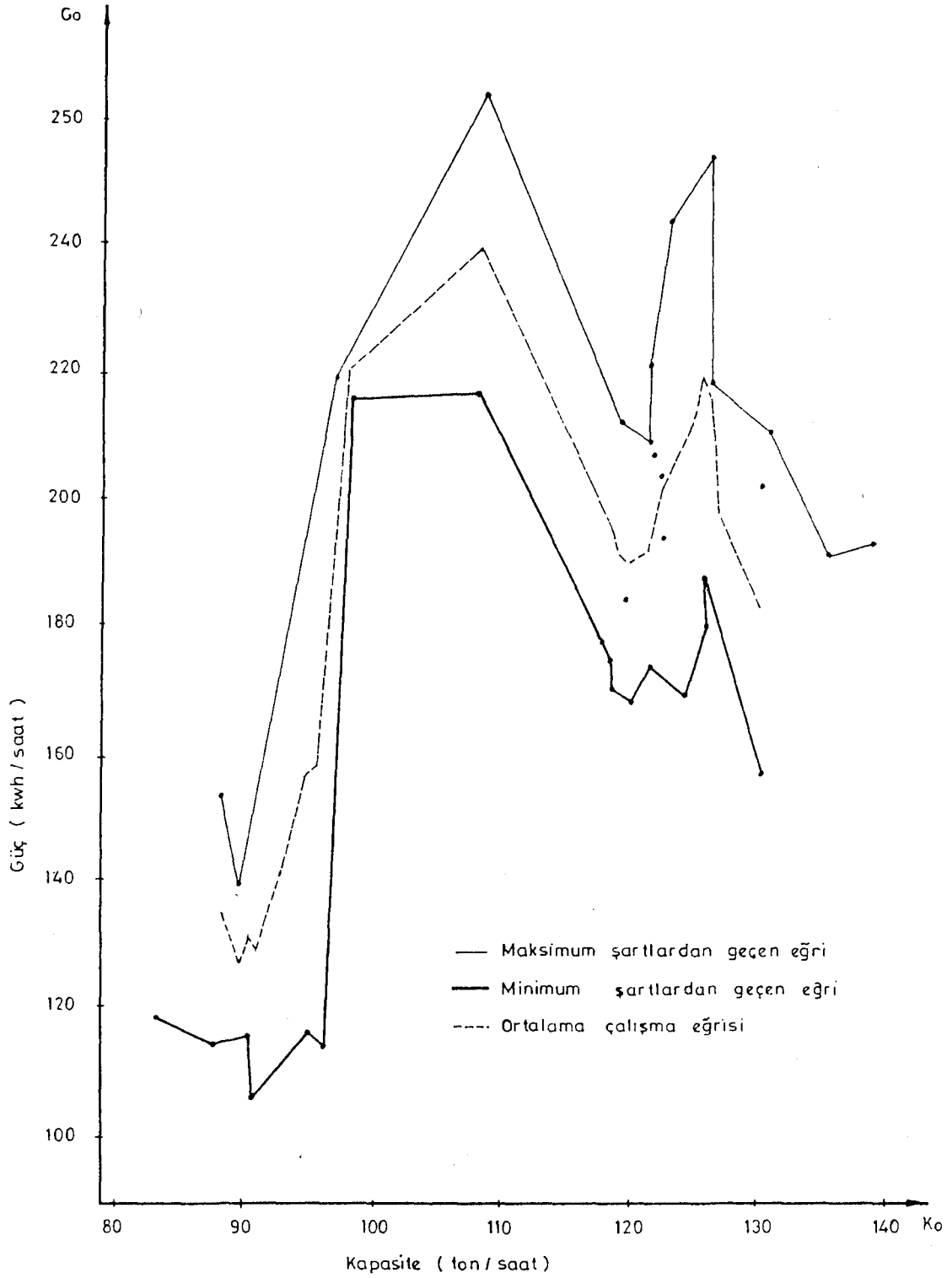
Ortaya çıkan eğri, çalışmamızın önemli bir aşaması olarak (geçmişteki çalışma verileri itibariyle), ünitenin, bir anlamda "çalışma karakterini" sergilemektedir.

Bu eğriler, ünitenin hangi kapasitede ne düzeyde güç çekeceği hakkında bir bilgi sağlamakta; ancak, günlük enerji bedeli açısından hangi çalışma kapasitesinden daha uygun olduğu konusunda ilk bakışta fikir verememektedir.

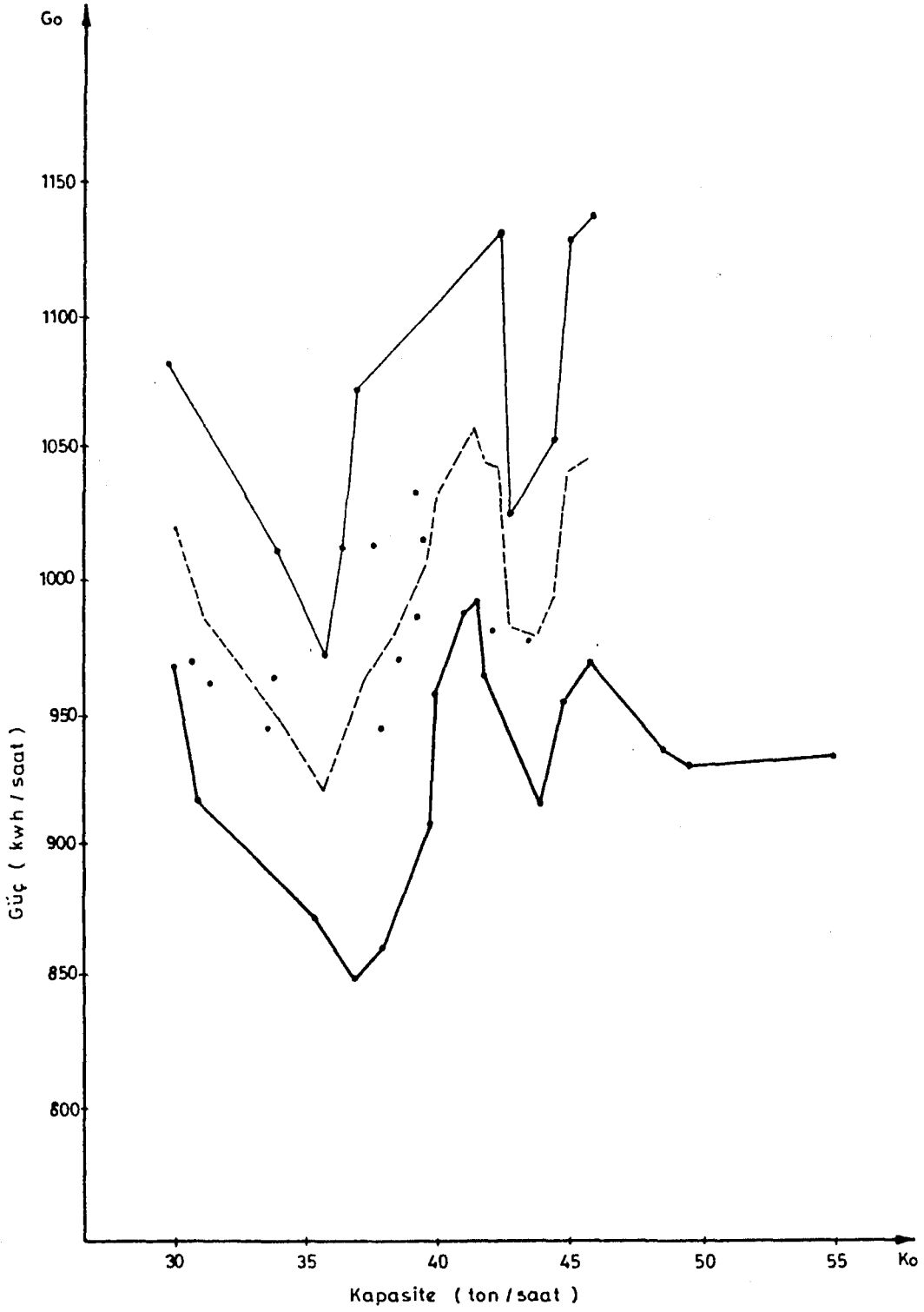
Konkasör, çamur değirmeni, farin değirmeni, döner fırın-1, döner fırın-2, çimento değirmeni-1 ve çimento değirmeni-2 için hazırlanan kapasiteye karşı güç diyagramları Şekil 5.2. ile 5.8. arasında verilmiştir.

Güç-kapasite diyagramlarındaki ortalama çalışma eğri-lerinde hammaddenin yapısından ve diğer işletme özelliklerinden kaynaklanan "zik-zak"lı gidişatın "yumuşatılması" için "yürüyen ortalamalar" (moving average) metodu kullanılmıştır.

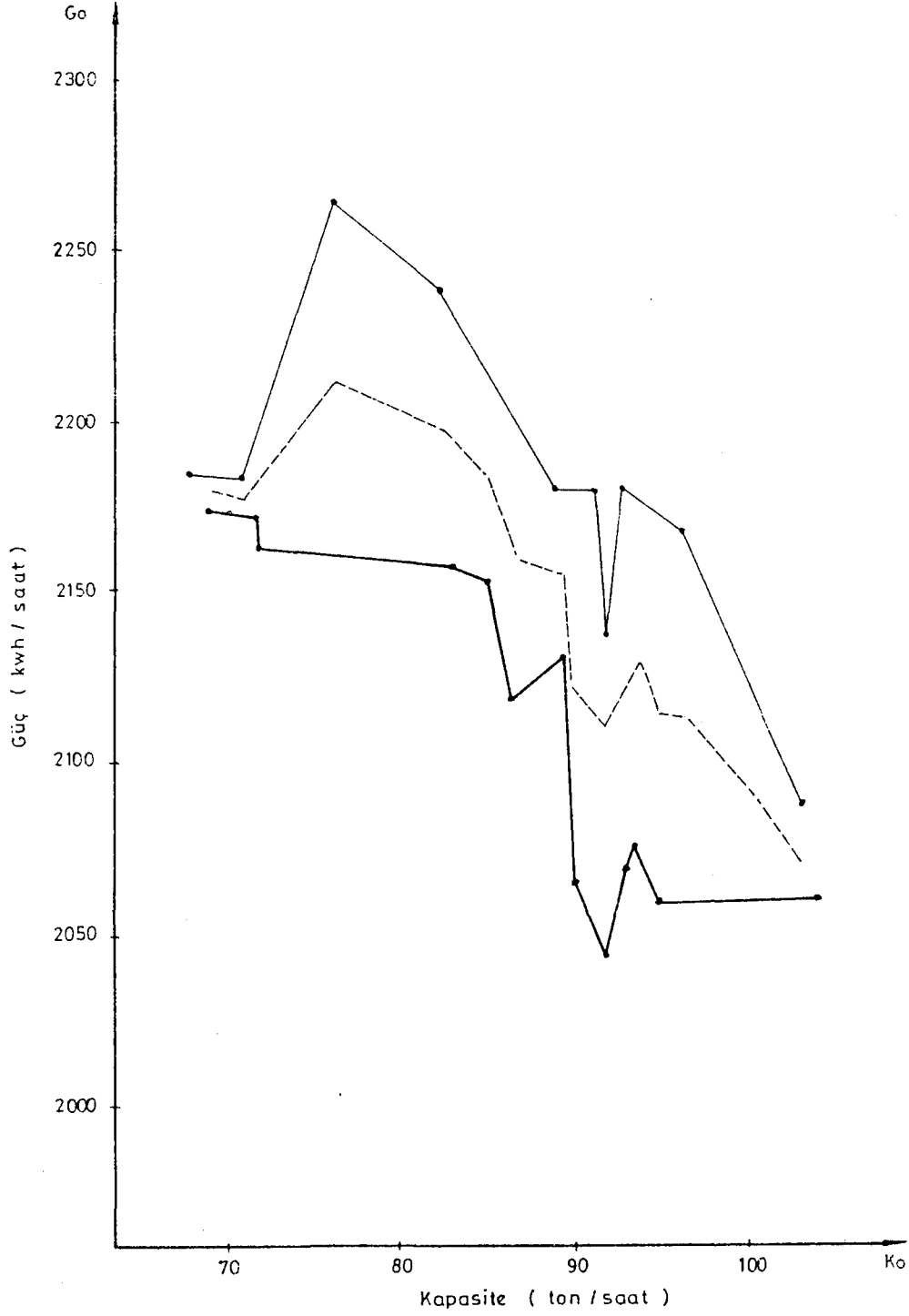
Bu metod esas olarak iki amaca yönelik olarak kullanılmaktadır. Birincisi, eğrinin genel eğiliminin belirlenmesiyle geleceğe yönelik tahminlerde bulunulmasıdır. İkincisi



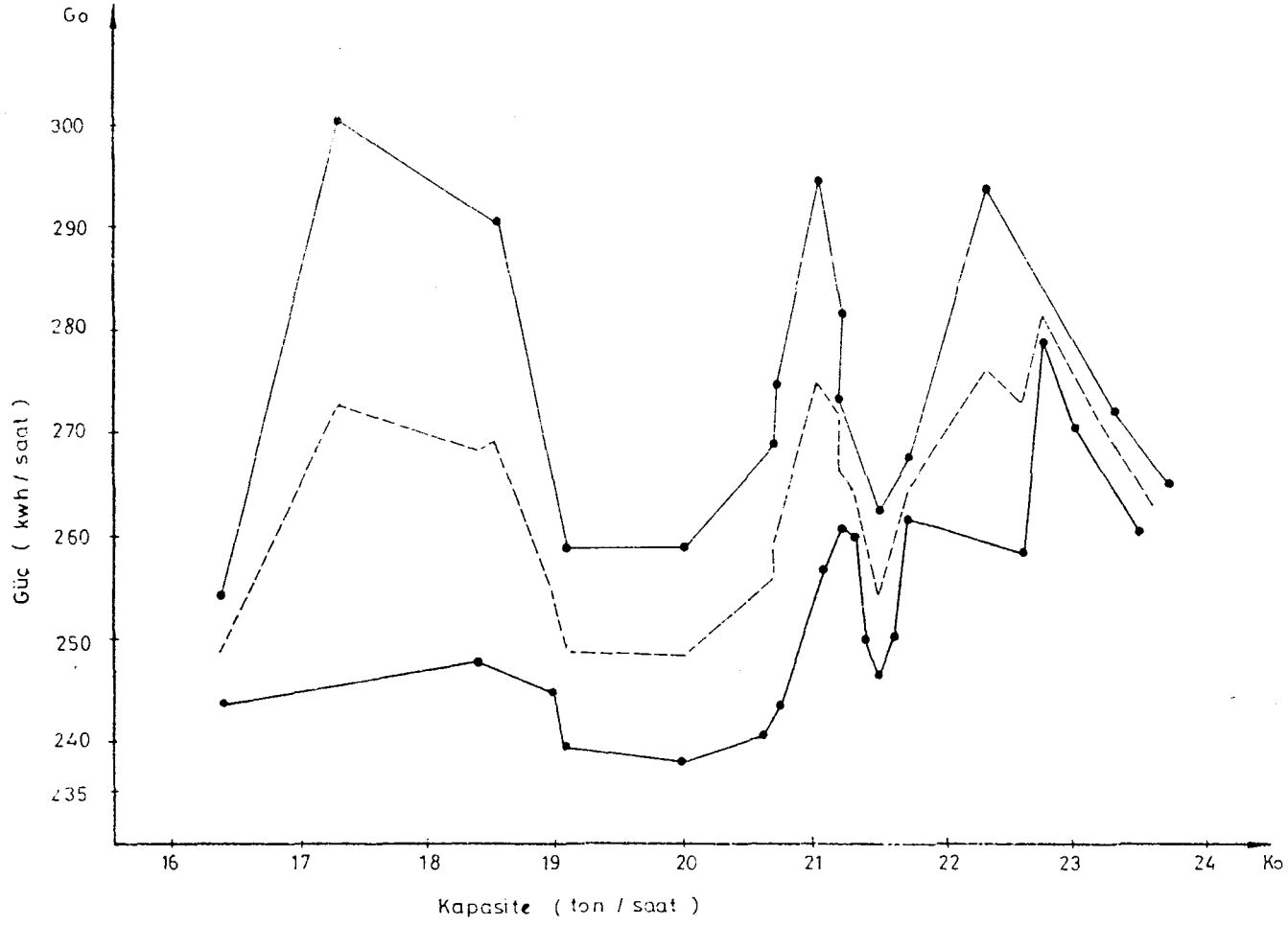
Şekil 5.2. Konkasör için güç-kapasite diyagramı



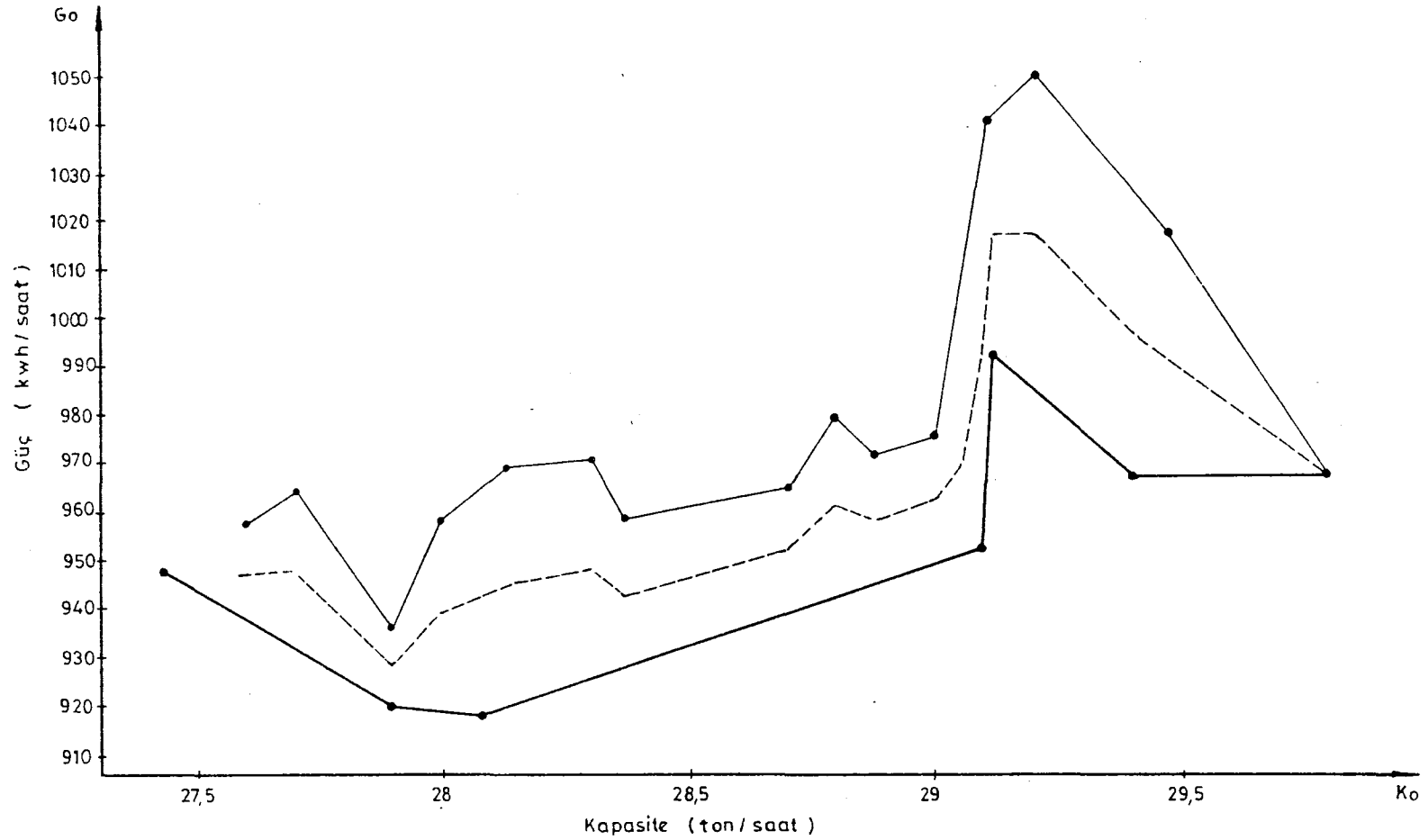
Şekil 5.3. Çamur değirmeni için güç-kapasite diyagramı



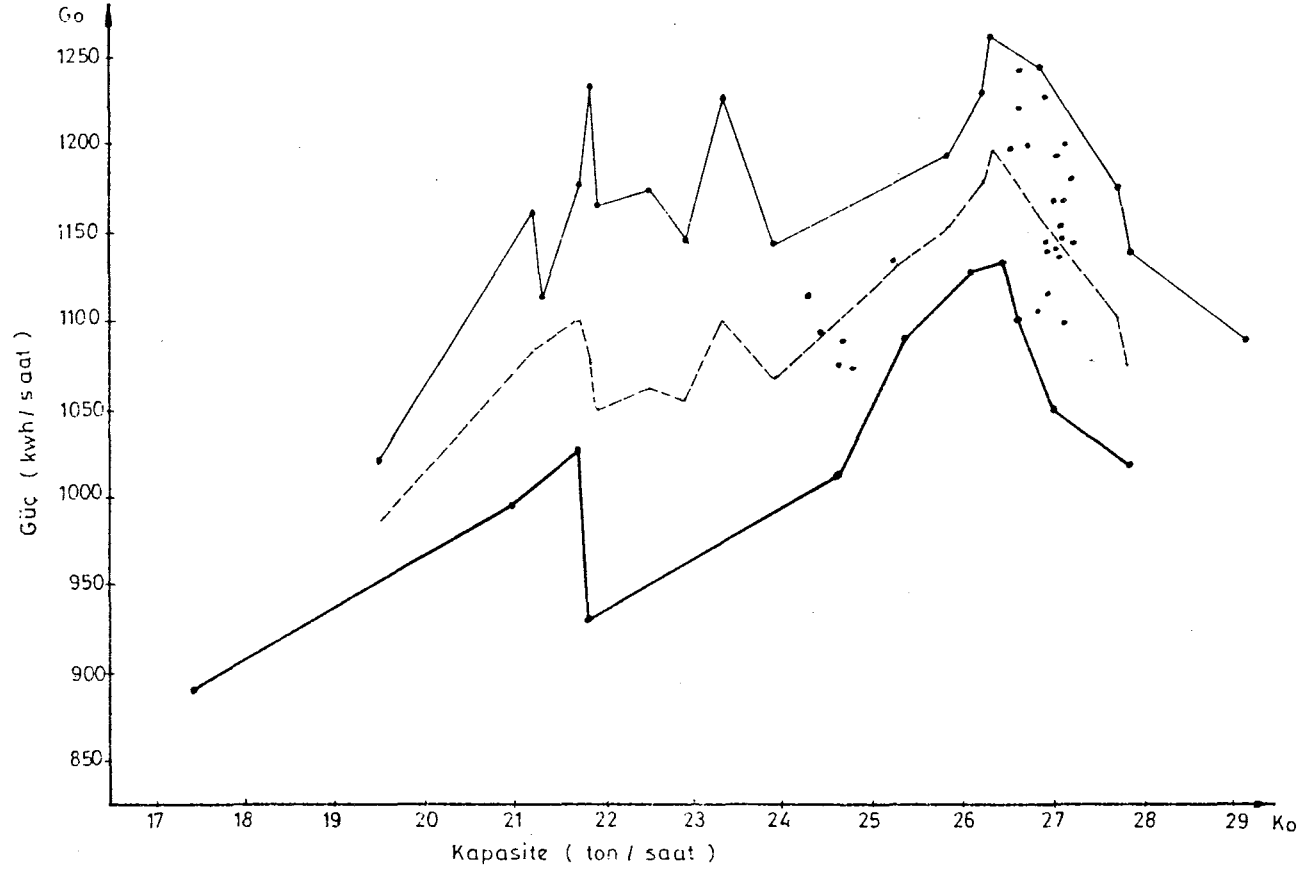
Şekil 5.4. Farin değirmeni için güç-kapasite diyagramı



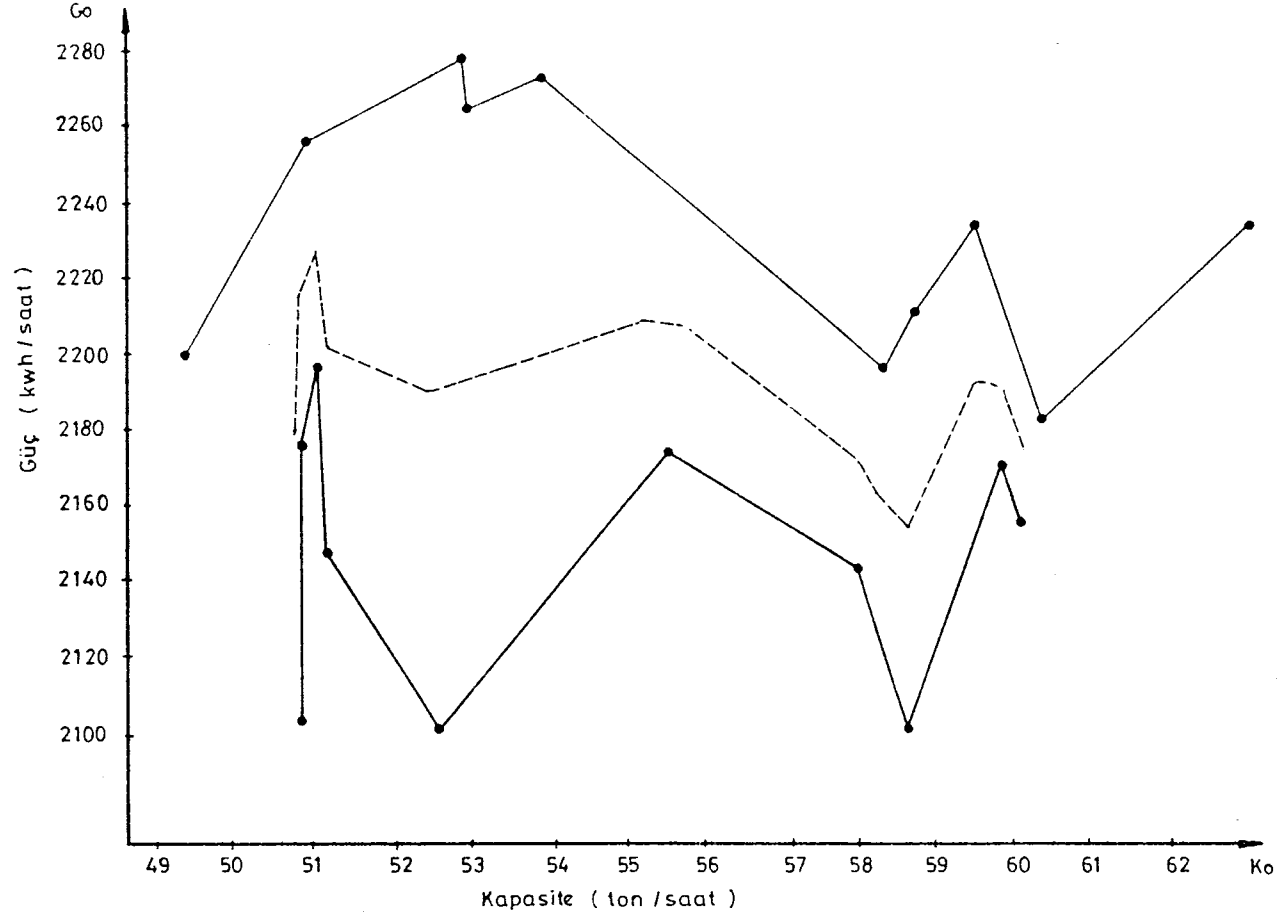
Şekil 5.5. Döner fırın-1 için güç-kapasite diyagramı



Şekil 5.6. Döner fırın-2 için güç-kapasite diyagramı



Şekil 5.7. Çimento değirmeni-1 için güç-kapasite diyagramı



Şekil 5.8. Çimento değirmeni-2 için güç-kapasite diyagramı

ise, eğrilerde genel gidişata uymayan düzensiz noktaların ortadan kaldırılmasıdır (Makridas and Whellwright, 1978).

Bu metodda, ortalaması alınacak nokta sayısı eğrinin özelliğine göre 2,3,4,6 veya 12 olabilir. Buradaki hesaplamalarda üç noktanın ortalaması alınmıştır.

Çizelge 5.1 de, diyagram verilerinin yürüyen ortalamalarla yumuşatılmasına ilişkin hesaplama yöntemi verilmiştir (Makridas and Whellwright, 1978; Serper, 1986).

Bu yöntemde, birinci, ikinci ve üçüncü noktaya ait değerlerin ortalaması alındıktan sonra bulunan değer ikinci noktaya ait düzeltilmiş değer olarak kaydedilmektedir. Benzer şekilde, üçüncü noktaya ait düzeltilmiş değer için ise, ikinci, üçüncü ve dördüncü noktaya ait değerlerin ortalaması hesaplanmaktadır.

Hesaplama yönteminden dolayı bastaki ve sondaki birer nokta ortadan kalkmaktadır. Ancak, buradaki uygulamada maksimum ve minimum kapasiteli noktalar da dahil olmak üzere muhtemel bütün çalışma kapasiteleri dikkate alınmalıdır. Bu yüzden ara değerler yürüyen ortalamalar yöntemiyle düzgünleştirildikten sonra bastaki ve sondaki çalışma kapasitesi ve güç değerleri muhafaza edilmiştir.

Bu yöntem, güç-kapasite diyagramlarının ortalama şartlarına tekabül eden eğrileri için uygulanmıştır.

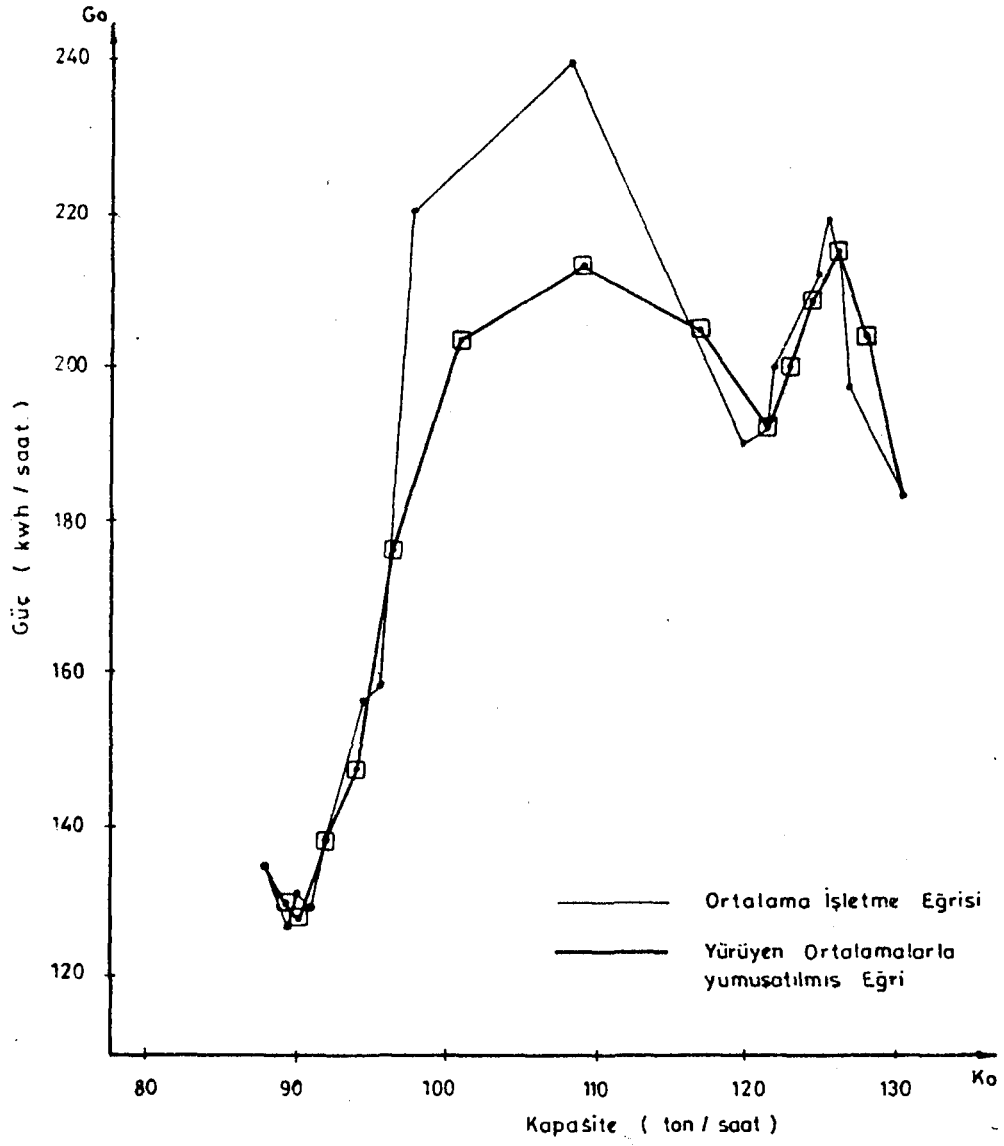
Yürüyen ortalamalar metodu ile yumuşatılmış güç-kapasite diyagramları Şekil 5.9. ile 5.15. arasında verilmiştir. Her diyagram için, mevcut verilerin yürüyen ortalamalarla yumuşatılmasına ilişkin hesaplama değerleri ise Çizelge 5.2. ile 5.8. arasında verilmiştir.

Çizelge 5.1. Diyagram verilerinin yürüyen ortalamalarla yumuşatılmasına ilişkin hesaplama yöntemi (Makridas and Whellwright; Serper 1986)

Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar
G_1	-
G_2	$G'_2 = \frac{G_1 + G_2 + G_3}{3}$
G_3	$G'_3 = \frac{G_2 + G_3 + G_4}{3}$
G_4	$G'_4 = \frac{G_3 + G_4 + G_5}{3}$
⋮	⋮
G_{n-2}	$G'_{n-2} = \frac{G_{n-3} + G_{n-2} + G_{n-1}}{3}$
G_{n-1}	$G'_{n-1} = \frac{G_{n-2} + G_{n-1} + G_n}{3}$
G_n	-

Çizelge 5.2. Konkasörün güç-kapasite diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları

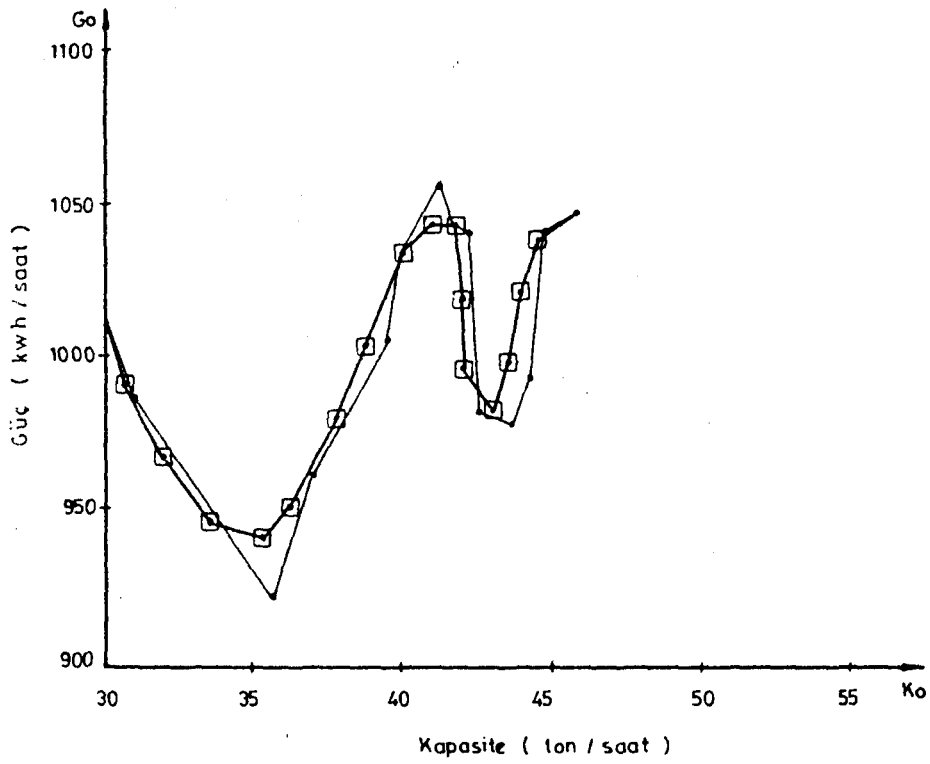
Güç (G_o)		Kapasite (K_o)	
Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar	Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar
135		88.5	
126	130	89.5	89.4
130	128	90.2	90.13
128	138	90.7	91.96
156	147.3	95	93.9
158	176.1	96	96.66
214.5	203.5	99	101.33
238	213.5	109	109.33
188	205.3	120	117
190	192	122	121.66
198	200.1	123	123.33
212.5	109.1	125	124.66
217	214.8	126	126
215	204.6	127	128
182		131	



Şekil 5.9. Konkasör için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış güç-kapasite diyagramı

Çizelge 5.3. Çamur değirmeninin güç-kapasite diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları

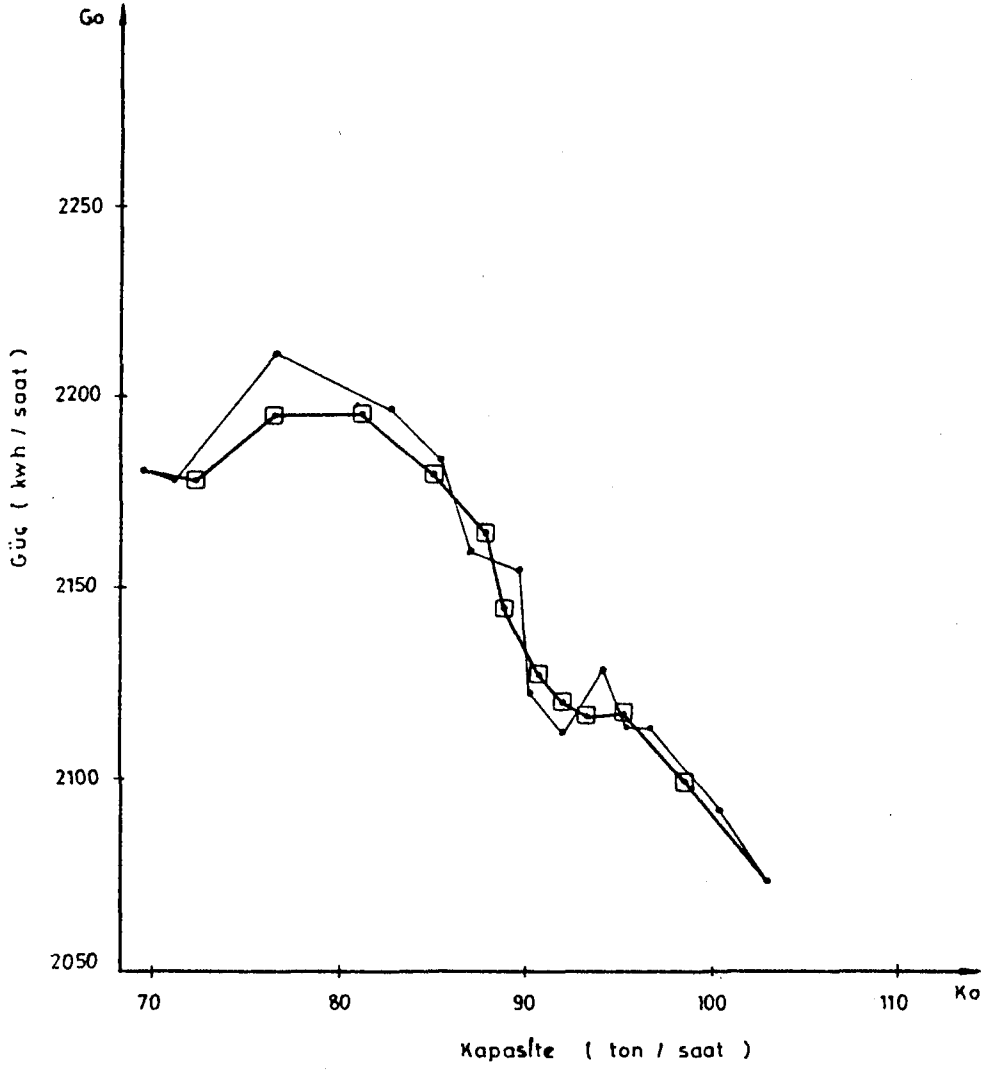
Güç (G_o)		Kapasite (K_o)	
Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar	Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar
1020		29.75	
985	993.0	30.75	30.66
975	969.3	31.5	32
948	947.6	33.75	33.4
920	943.3	33.05	35.18
962	952.3	36.75	36.26
975	982.3	37	37.75
1010	1006.6	39.5	38.75
1035	1034.3	39.75	40.17
1058	1044.5	11.25	40.92
1040.5	1043.8	41.75	41.75
1033	1018.8	42.25	42.18
983	997.66	42.5	42.7
977	984	43.25	43.16
992	1001.3	43.75	43.67
1035	1023	44	44
1042	1041.6	44.25	44.58
1048		45.5	



Şekil 5.10. Çamur değirmeni için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış güç-kapasite diyagramı

Çizelge 5.4. Farindeğirmeninin güç-kapasite diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları

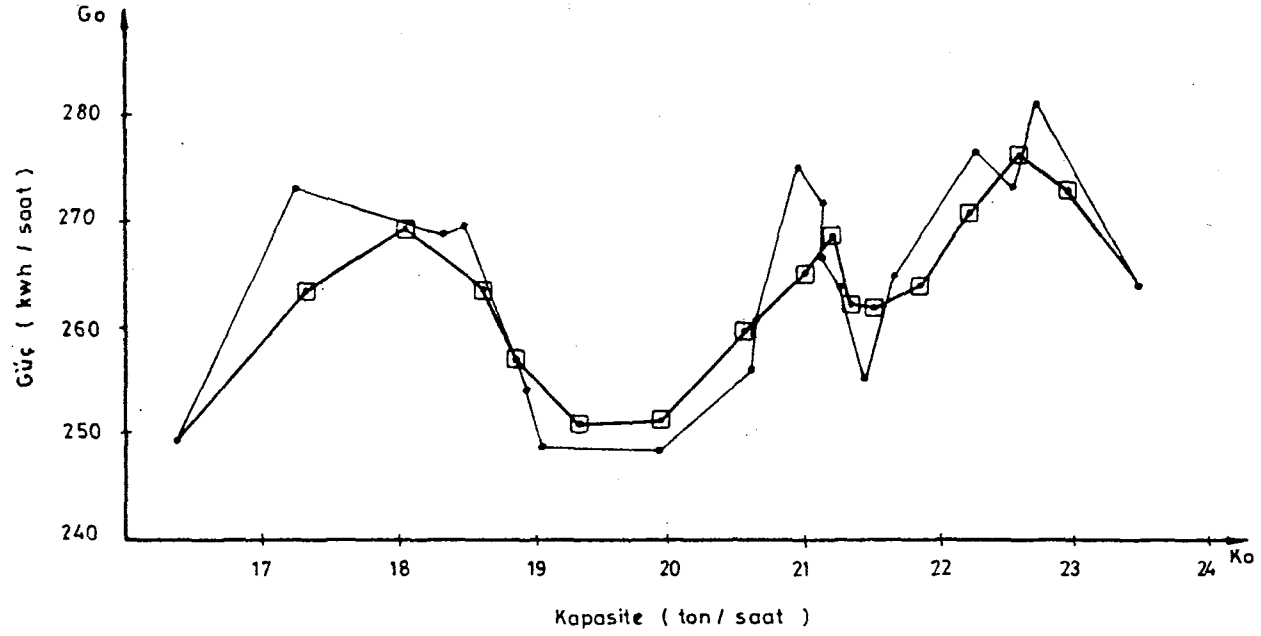
Güç (G_o)		Kapasite (K_o)	
Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar	Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar
2176		69	
2178	2188	71.3	72.1
2210	2915	76	76.6
2197	2196.6	82.5	81.3
2183	2179.3	85.5	85
2158	2164.6	87	87.3
2153	2144.3	89.5	88.8
2122	2128.3	90	90.5
2110	2120.3	92	92
2129	2117.3	94	93.6
2113	2118.6	95	95.3
2115	2099.3	97	98.3
2071		103	



Şekil 5.11. Farın değirmeni için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış güç-kapasite diyagramı

Çizelge 5.5. Döner Fırın-1 in güç-kapasite diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları

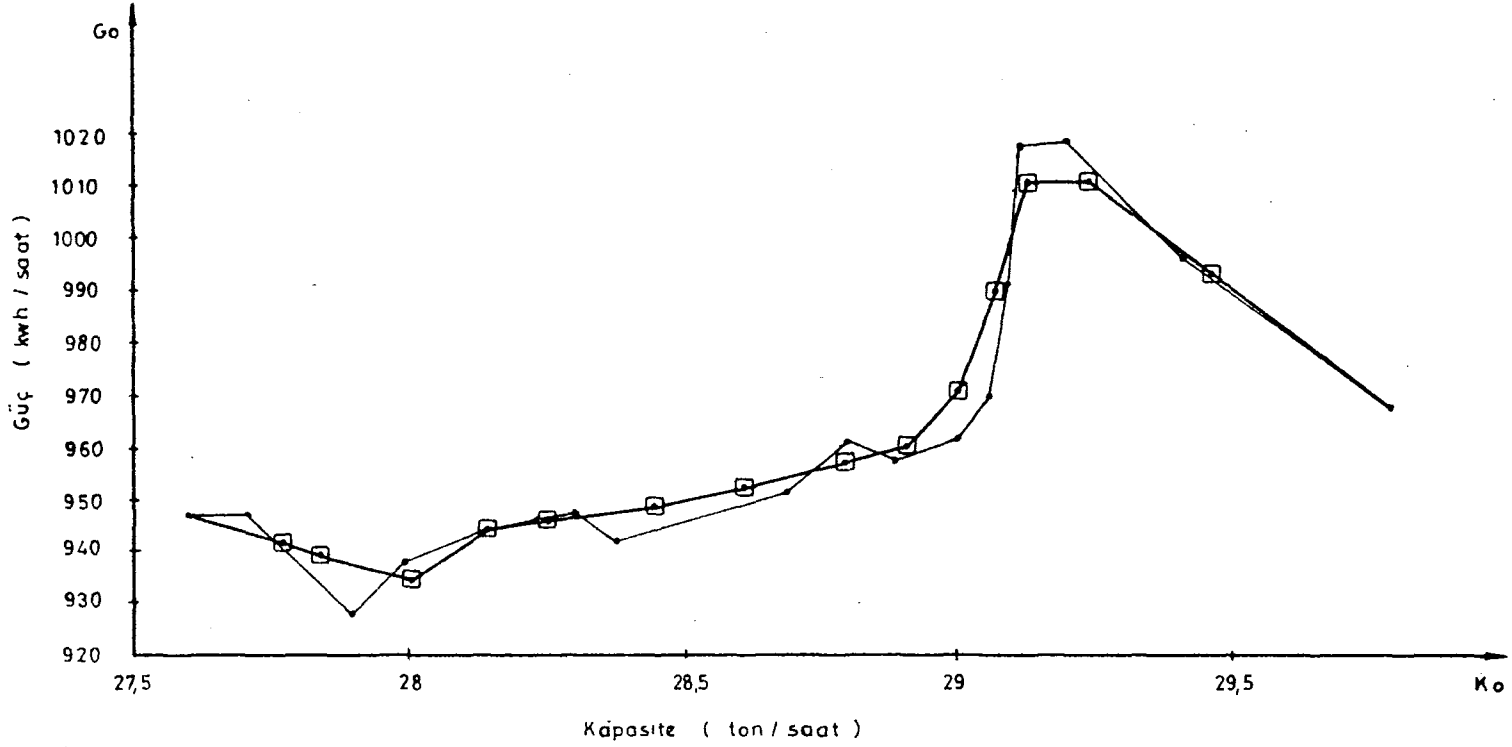
Güç(G_o)		Kapasite(K_o)	
Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar	Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar
249		16.4	
272.5	260	17.27	17.35
267.5	269.3	18.4	18.05
268	260.3	18.5	18.63
254.5	257.1	19	18.86
249	250.8	19.1	19.36
249	251.6	20	19.93
255.5	259.76	20.7	20.58
274.8	265.6	21.05	20.99
266.5	268.6	21.22	21.19
264.5	261.6	21.32	21.34
254	261	21.5	21.52
268.5	264	21.75	21.85
275.5	271.6	22.32	22.22
270	276.6	22.6	22.57
280.5	273	22.8	22.96
264.5		23.5	



Şekil 5.12. Döner fırın-1 için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış güç-kapasite diyagramı

Çizelge 5.6. Döner Fırın-2 nin güç-kapasite diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları

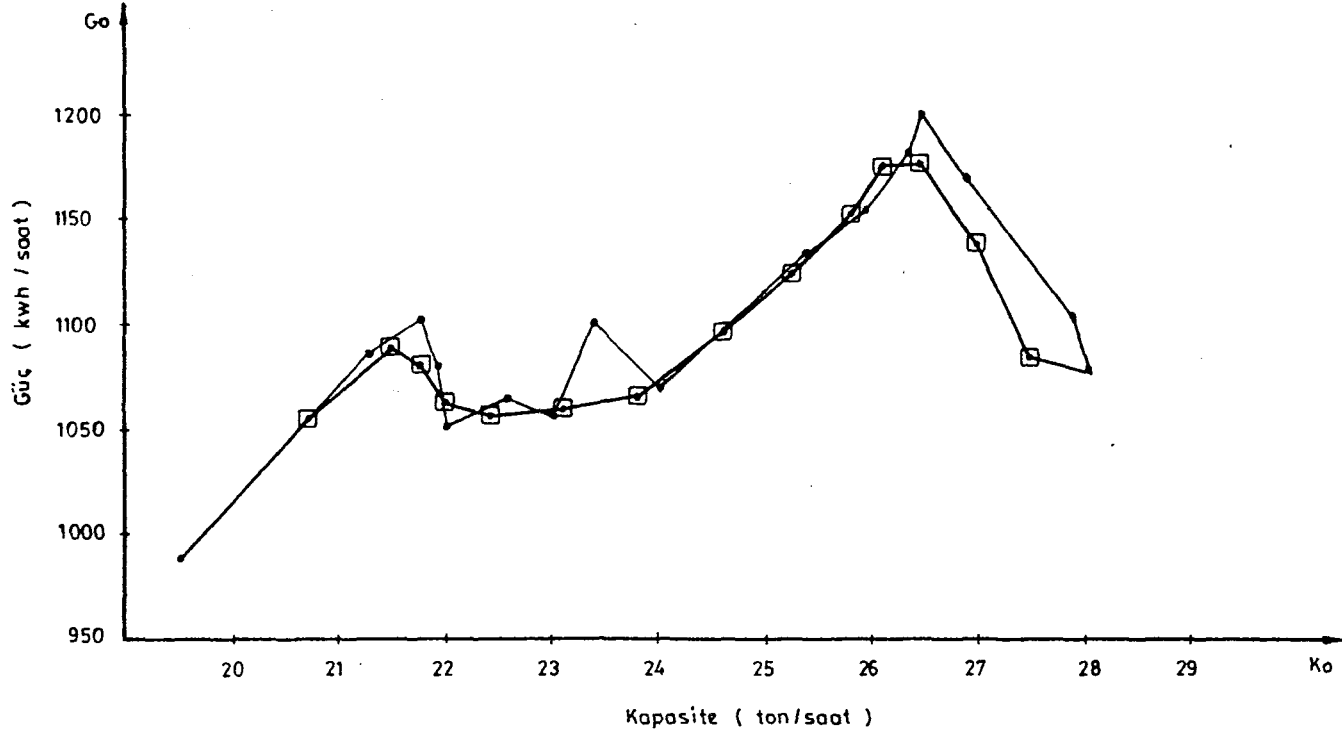
Güç (G _o)		Kapasite (K _o)	
Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar	Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar
947.5		27.6	
949	941.83	27.7	27.73
929	939	27.9	27.86
939	937.6	27.99	28.01
945	944.3	28.14	28.14
949	945.6	28.3	28.27
943	948.3	28.38	28.46
953	952.3	28.7	28.62
961	957	28.79	28.79
957	960.3	28.88	28.89
963	971	29	28.99
993	991.3	29.1	29.07
1018	1009.6	29.12	29.12
1018	1018	29.25	29.15
1018	1011	29.2	29.24
997	993.6	29.39	29.46
966		29.8	



Şekil 5.13. Döner fırın-2 için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış güç-kapasite diyagramı

Çizelge 5.7. Çimento değirmeni-1 in güç-kapasite diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları

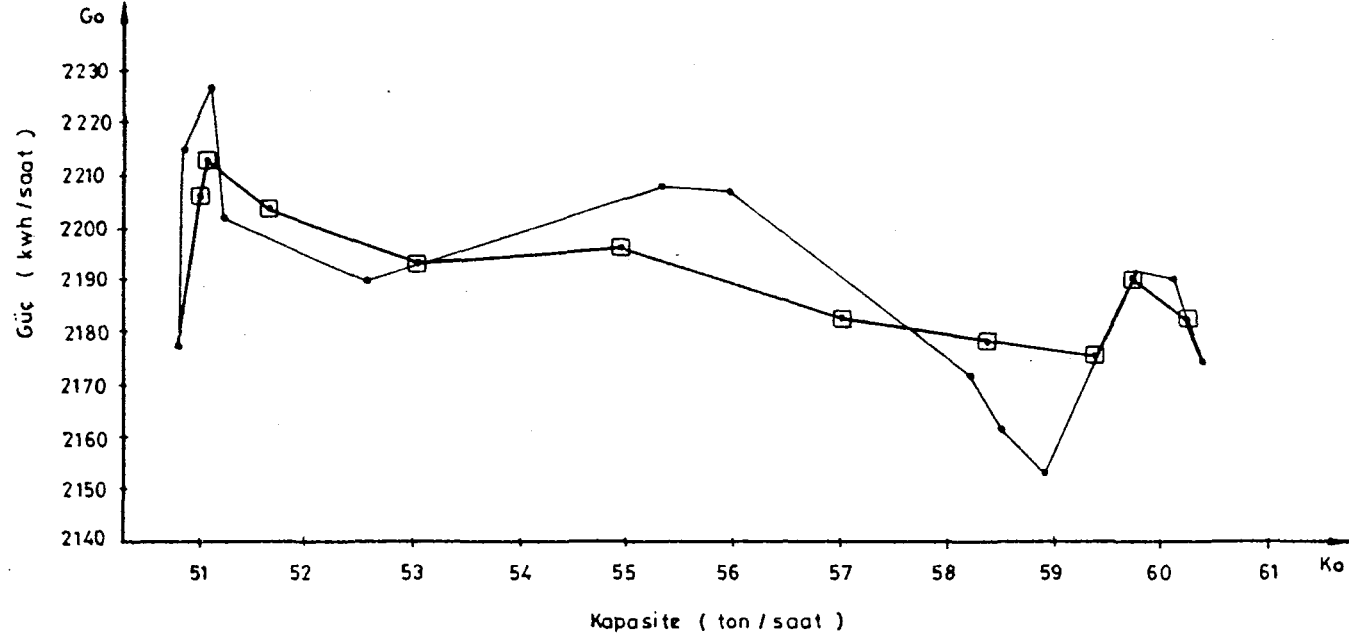
Güç(G_o)		Kapasite(K_o)	
Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar	Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar
985		19.5	
1082.5	1057.5	21.2	10.8
1105	1089.1	21.7	21.56
1080	1078.3	21.8	21.8
1050	1064	21.9	22.06
1062.5	1055	22.5	22.43
1052.5	1060.8	22.9	23.1
1067.5	1060	23.9	23.8
1090	1097.3	24.6	24.6
1135	1125.8	25.3	25.25
1152.5	1154.8	25.85	25.78
1177	1174.8	26.2	26.11
1195	1177.3	26.3	26.40
1160	1138.3	26.8	26.93
1160	1085	27.7	27.45
1035		27.85	



Şekil 5.14. Çimento değirmeni-1 için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yöntemiyle yumuşatılmış güç-kapasite diyagramı

Çizelge 5.8. Çimento değirmeni-2 nin güç kapasite diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları

Güç (G_o)		Kapasite (K_o)	
Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar	Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar
2178		50.85	
2215	2206.3	80.9	50.95
2226	2214.3	51.1	51.06
2202	2205.6	51.2	51.6
2189	2199.6	52.5	53.01
2208	2196.0	55.35	54.88
2192	2217	56.8	56.93
2151	2211.6	58.65	58.35
2192	2178.1	59.6	53.33
2191.5	2190.8	59.75	59.76
2189	2184.8	59.95	59.91
2174		60.05	



Şekil 5.15. Çimento değirmeni-2 için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış güç-kapasite diyagramı

5.2.1.2. Özgül enerji tüketiminin kapasiteye bağımlılığı ve özgül enerji tüketimi-kapasite diyagramlarının çizimi

Denklem (5.11) in Denklem (5.10) da yerine koyulmasından, toplam günlük enerji bedeli için,

$$FG^{\bar{u}} = \sum_{D_j=1}^D \frac{f(K_o^{\bar{u}})}{K_o^{\bar{u}}} UDG_{D_j}^{\bar{u}} \times FE_{D_j} \quad (5.12)$$

ifadesi elde edilecektir.

Denklem (5.12) deki $\frac{f(K_o^{\bar{u}})}{K_o^{\bar{u}}}$ oranı, yeni bir kavramı işaret etmektedir. Birim hammadde üretimi başına enerji tüketimi olarak tanımlanan ve \bar{u} . ünite için $EH^{\bar{u}}$ notasyonu ile gösterdiğimiz bu kavram için,

$$EH^{\bar{u}} = \frac{G_o^{\bar{u}}}{K_o^{\bar{u}}} \quad (5.13)$$

ya da

$$EH^{\bar{u}} = \frac{f(K_o^{\bar{u}})}{K_o^{\bar{u}}} \quad (5.14)$$

ifadesini yazıyoruz.

Bu ifade, bize yeni bir fonksiyon oluşturulması gerektiğini telkin etmektedir:

$$EH^{\bar{u}} = F(K_o^{\bar{u}}) \quad (5.15)$$

Toplam günlük enerji bedeli ifadesi bu durumda,

$$EH^{\bar{u}} = \sum_{D_j=1}^D F(K_o^{\bar{u}}) \times UDG_{D_j}^{\bar{u}} \times FG_{D_j}^{\bar{u}} \quad (5.16)$$

şekline girecektir.

Günlük enerji bedelini etkileyen, özgül enerji tüketim $EH^{\bar{u}}$ nün kapasiteye olan bağımlılığını görmek için her üni-

teye ait $EH^{\ddot{u}} - K_o^{\ddot{u}}$ grafikleri hazırlanmıştır.

Konkasör, çamur değirmeni, farin değirmeni, döner fırın-1, döner fırın-2, çimento değirmeni-1 ve çimento değirmeni-2 için hazırlanan $F(K_o^{\ddot{u}})$ eğrileri Şekil 5.16. ile 5.22. arasında verilmiştir.

Ünitelerin $EH^{\ddot{u}} - K_o^{\ddot{u}}$ diyagramları çizilirken bunların $G_o^{\ddot{u}} - K_o^{\ddot{u}}$ diyagramlarındaki ortalama çalışma eğrileri üzerindeki verileri dikkate alınmıştır. Yani oluşturulan $EH^{\ddot{u}} - K_o^{\ddot{u}}$ diyagramları, ünitelerin ortalama şartlar itibariyle çalışma karakterlerini göstermektedir.

Güç-kapasite diyagramlarında olduğu gibi, özgül enerji tüketimi-kapasite diyagramlarında da "yürüyen ortalamalar" metodu ile eğrilerdeki "zik-zak"lı gidişat yumuşatılmıştır. Bu diyagramlar Şekli 5.23. ile 5.29. arasında verilmiştir. Her diyagram için mevcut verilerin yürüyen ortalamalarla yumuşatılmasına ilişkin hesaplanan değerler ise Çizelge 5.9. ile 5.15. arasında verilmiştir.

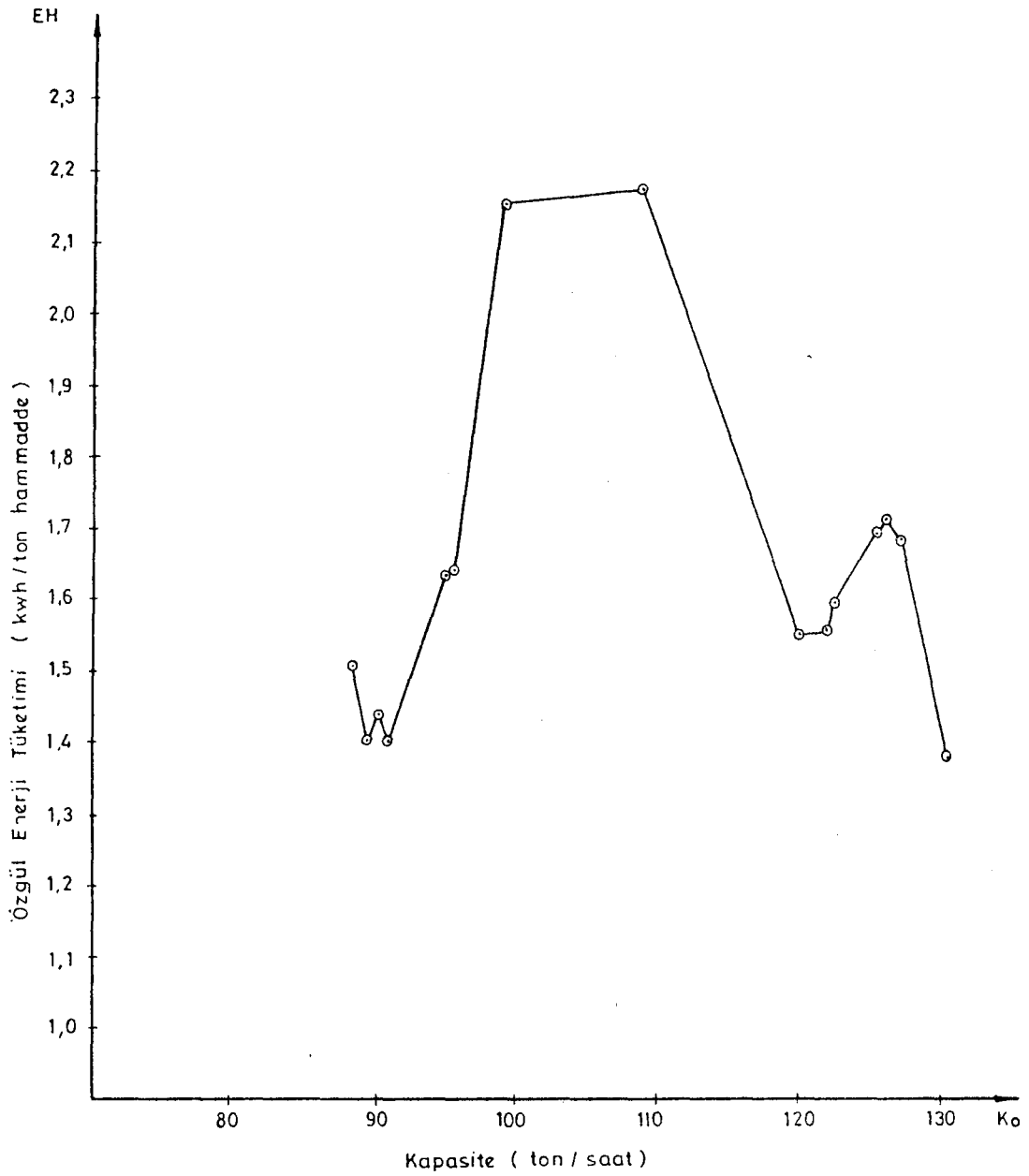
Ünitelerin özgül enerji tüketimi kapasite diyagramlarının genel gidişatına göre, minimum özgül enerji tüketimi maksimum kapasitede gerçekleşmektedir. Kapasite kurulu maksimum kapasiteye doğru yaklaştıkça ünitenin özgül enerji tüketimi düşmektedir.

Bu durum minimum günlük enerji bedelinin de maksimum kapasitede gerçekleşeceği izlenimini veriyorsa da, Denklem (5.16) gereği domen sayısı ve domendeki üretim miktarı da günlük enerji bedelini etkilemektedir.

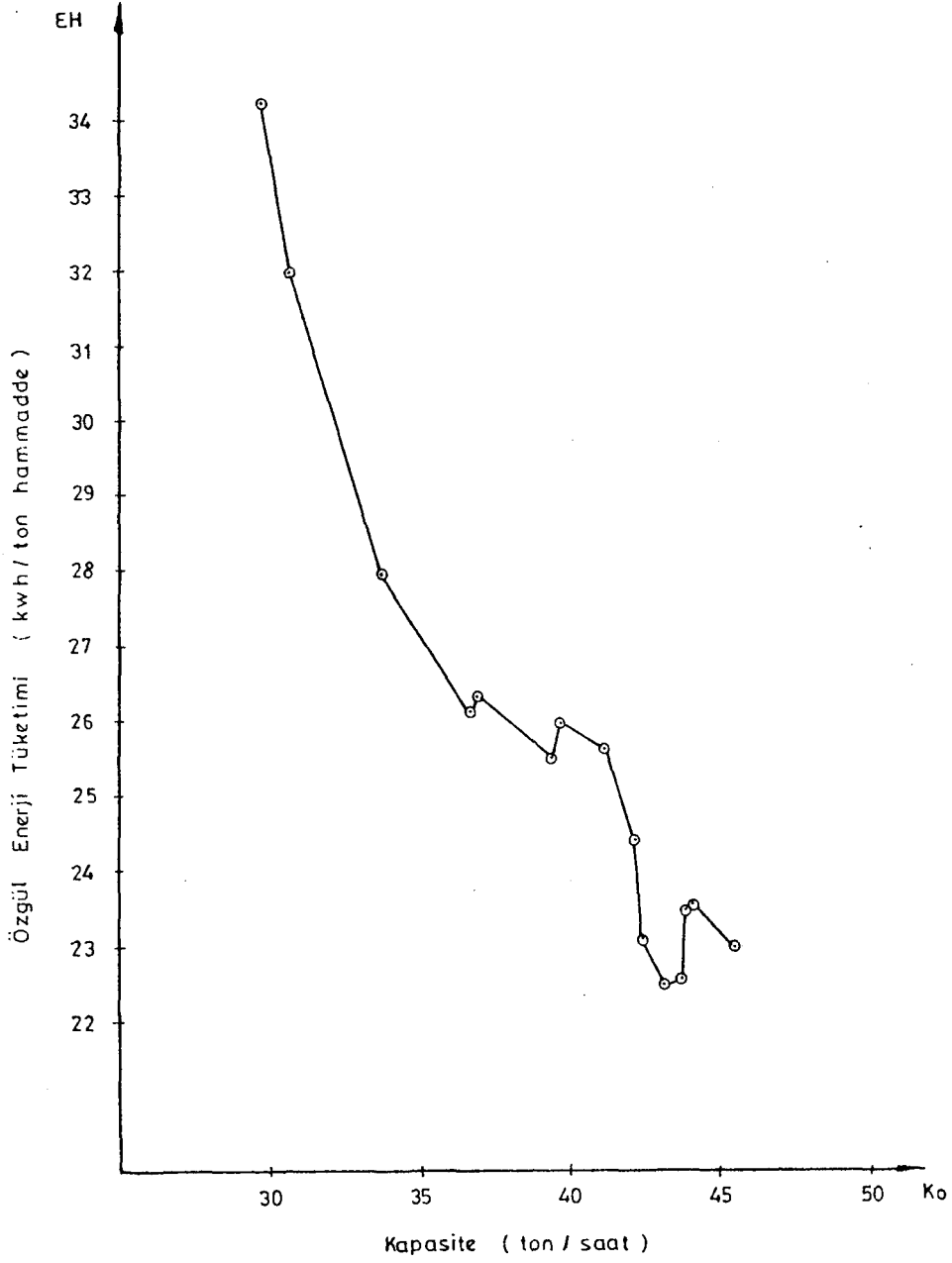
Domendeki enerji bedeli ise FE_D , sabit bir değere sahiptir.

5.2.1.3. Domen sayısı ve domendeki üretimin kapasiteye bağımlılığı

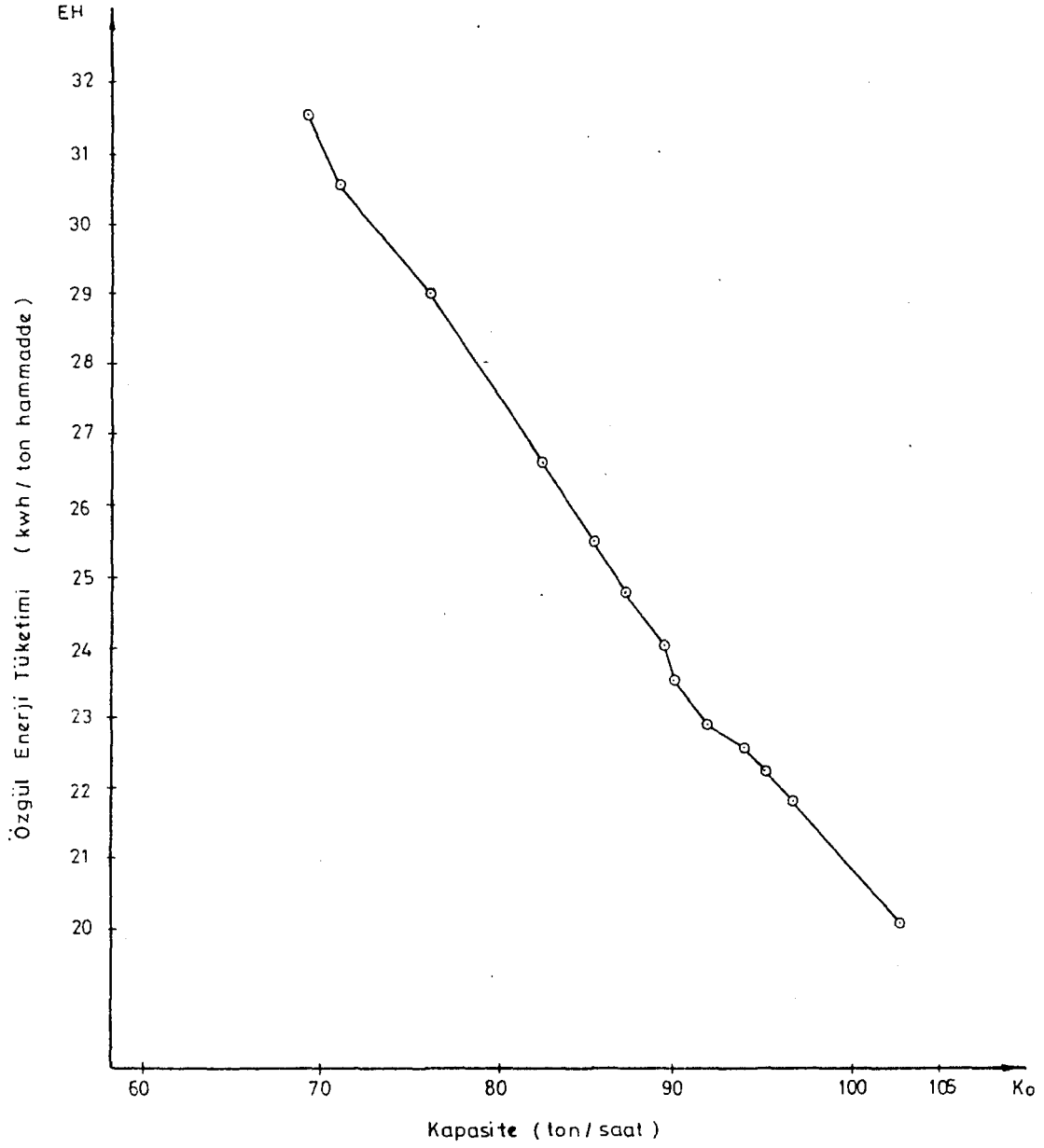
Denklem (5.4) den görüldüğü gibi toplam çalışma saati dolayısıyla da domen sayısı belirli bir günlük üretim için kapasiteye bağlıdır:



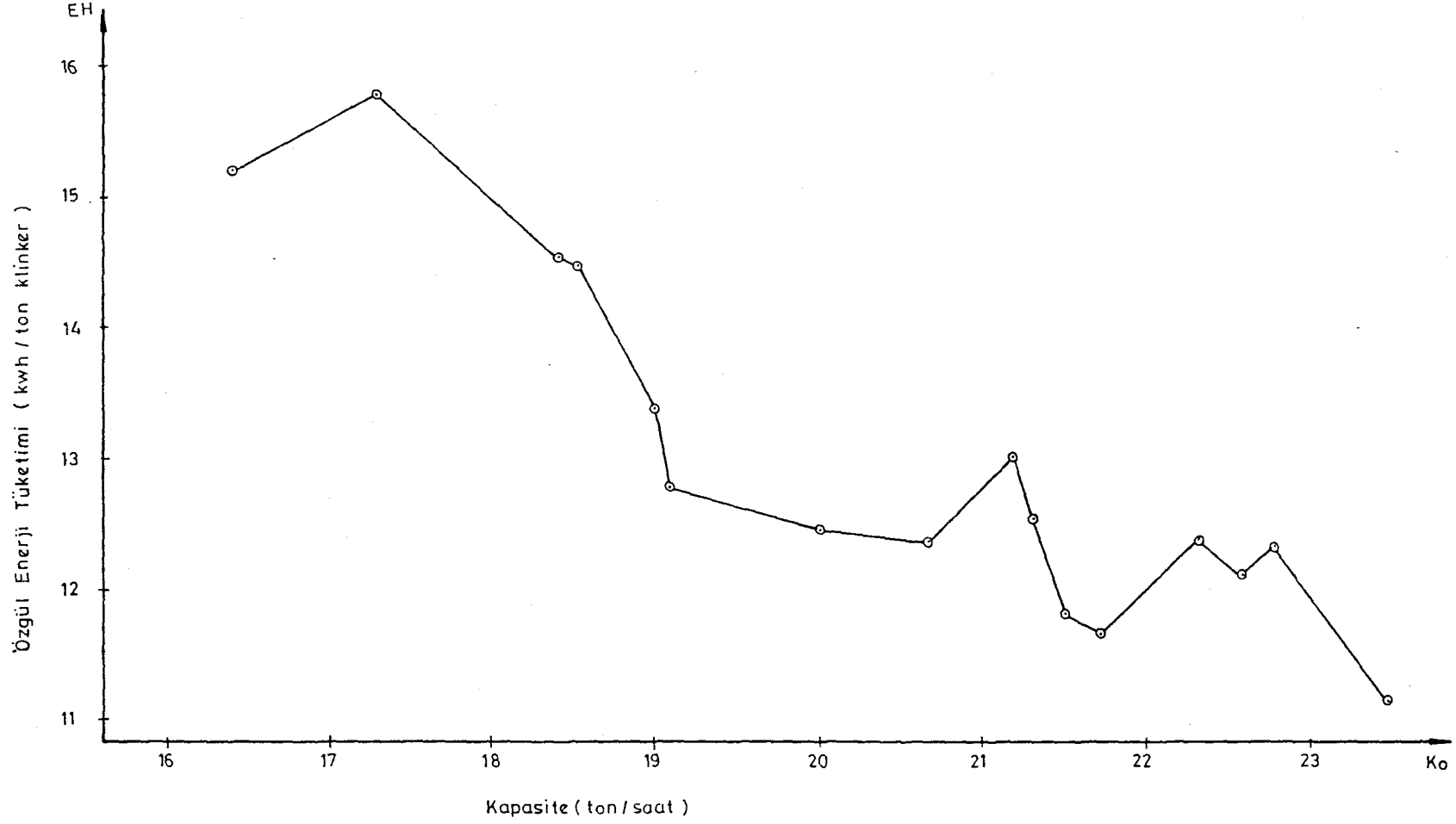
Şekil 5.16. Konkasör için özgül enerji tüketimi-kapasite diyagramı



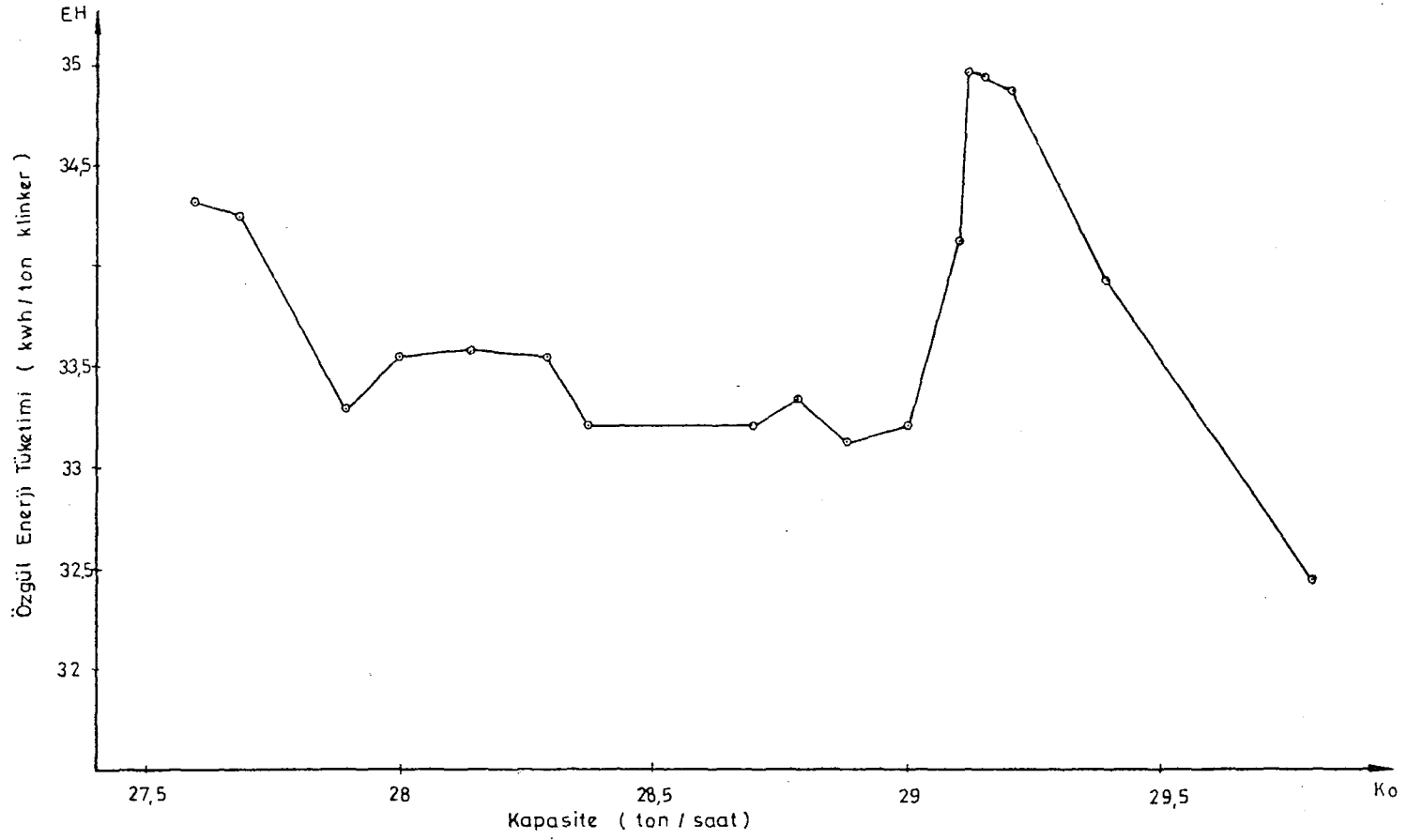
Şekil 5.17. Çamur değirmeni için özgül enerji tüketimi-kapasite diyagramı



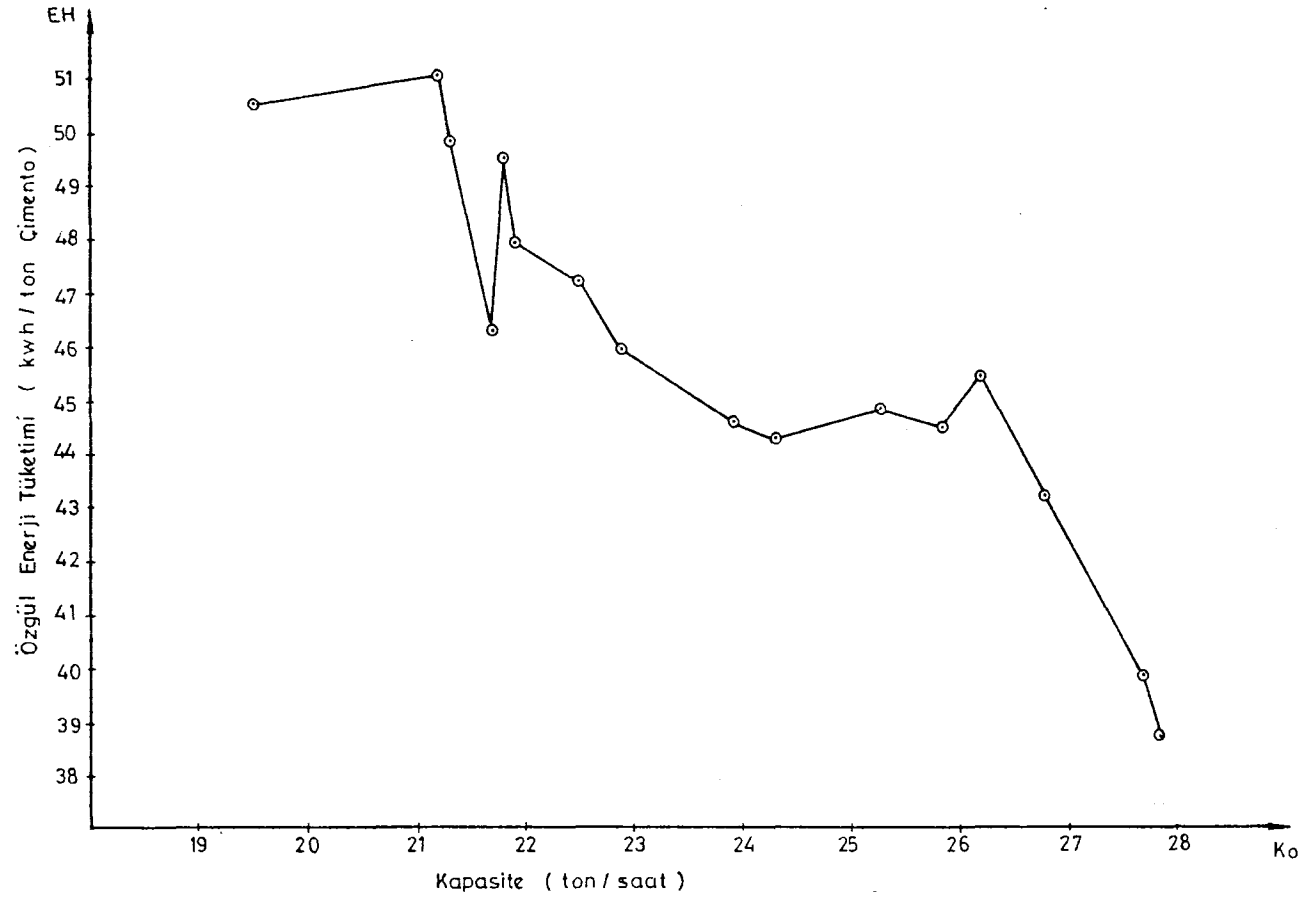
Şekil 5.18. Farin değırmeni için özgül enerji tüketimi-kapasite diyagramı



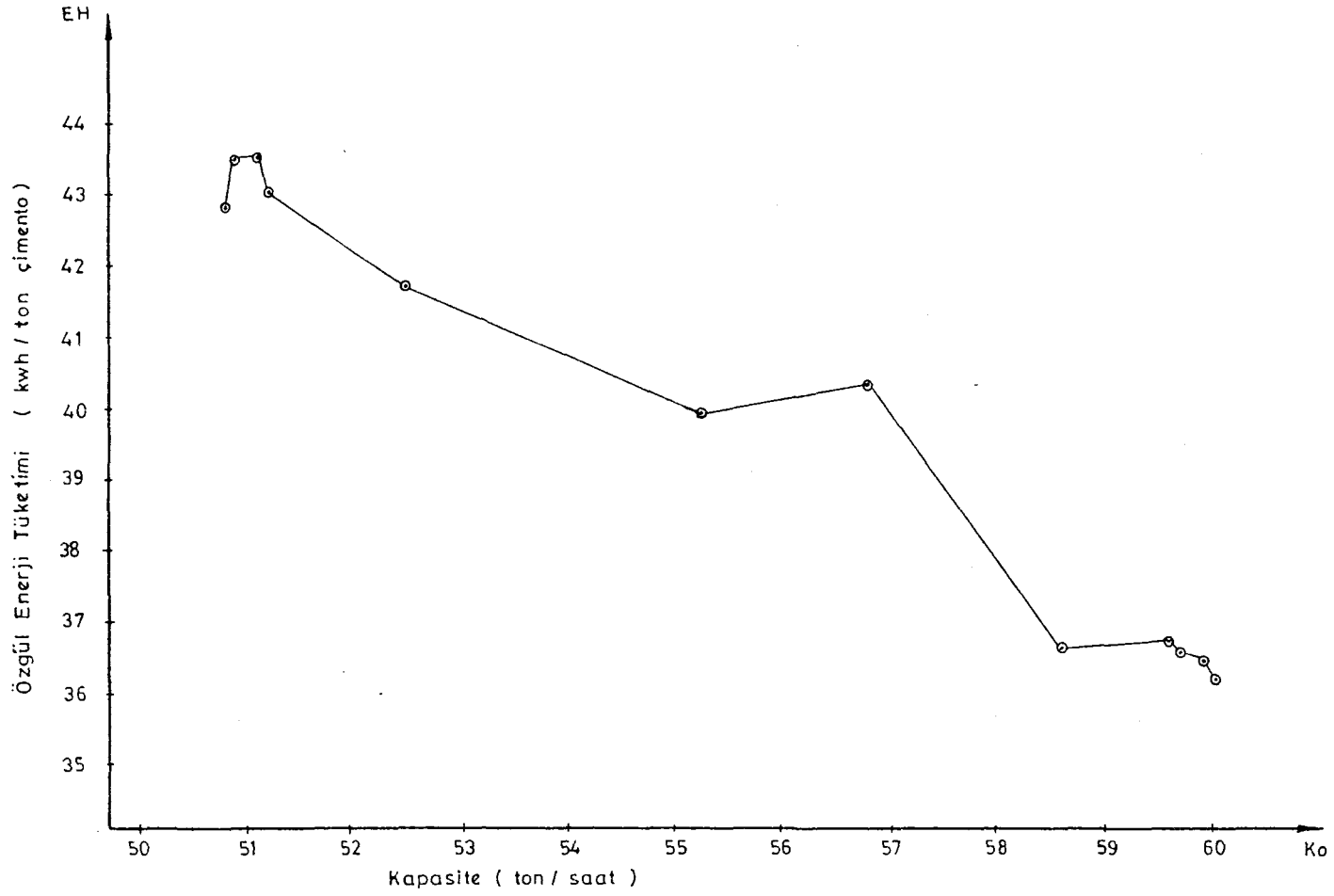
Şekil 5.19. Döner fırın-1 için özgül enerji tüketimi-kapasite diyagramı



Şekil 5.20. Döner fırın-2 için özgöl enerji tüketimi-kapasite diyagramı



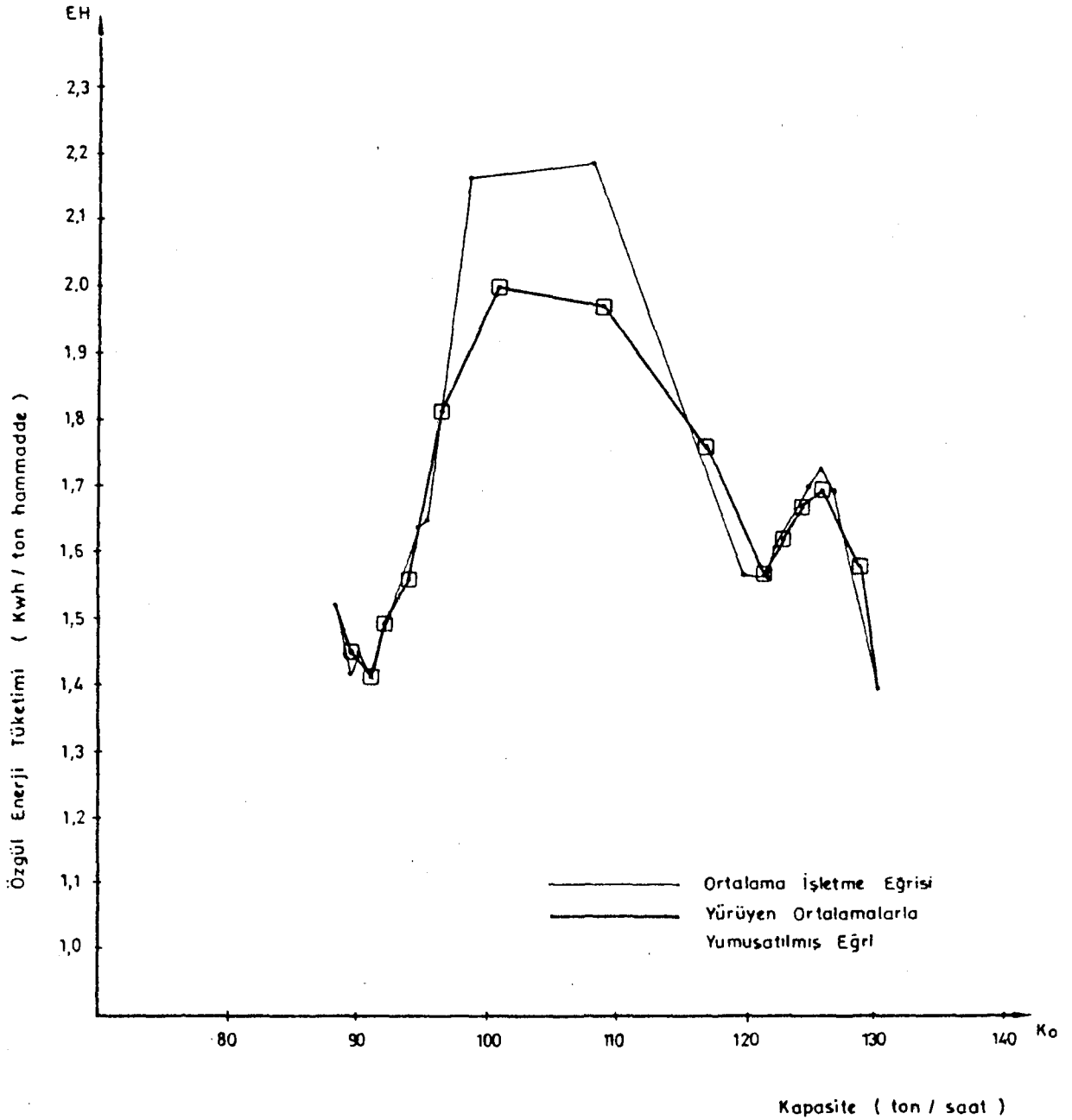
Şekil 5.21. Çimento değirmeni-1 için özgöl enerji tüketimi-kapasite diyagramı



Şekil 5.22. Çimento değirmeni-2 için özgül enerji tüketimi-kapasite diyagramı

Çizelge 5.9. Konkasörün özgül enerji tüketimi-kapasite diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları

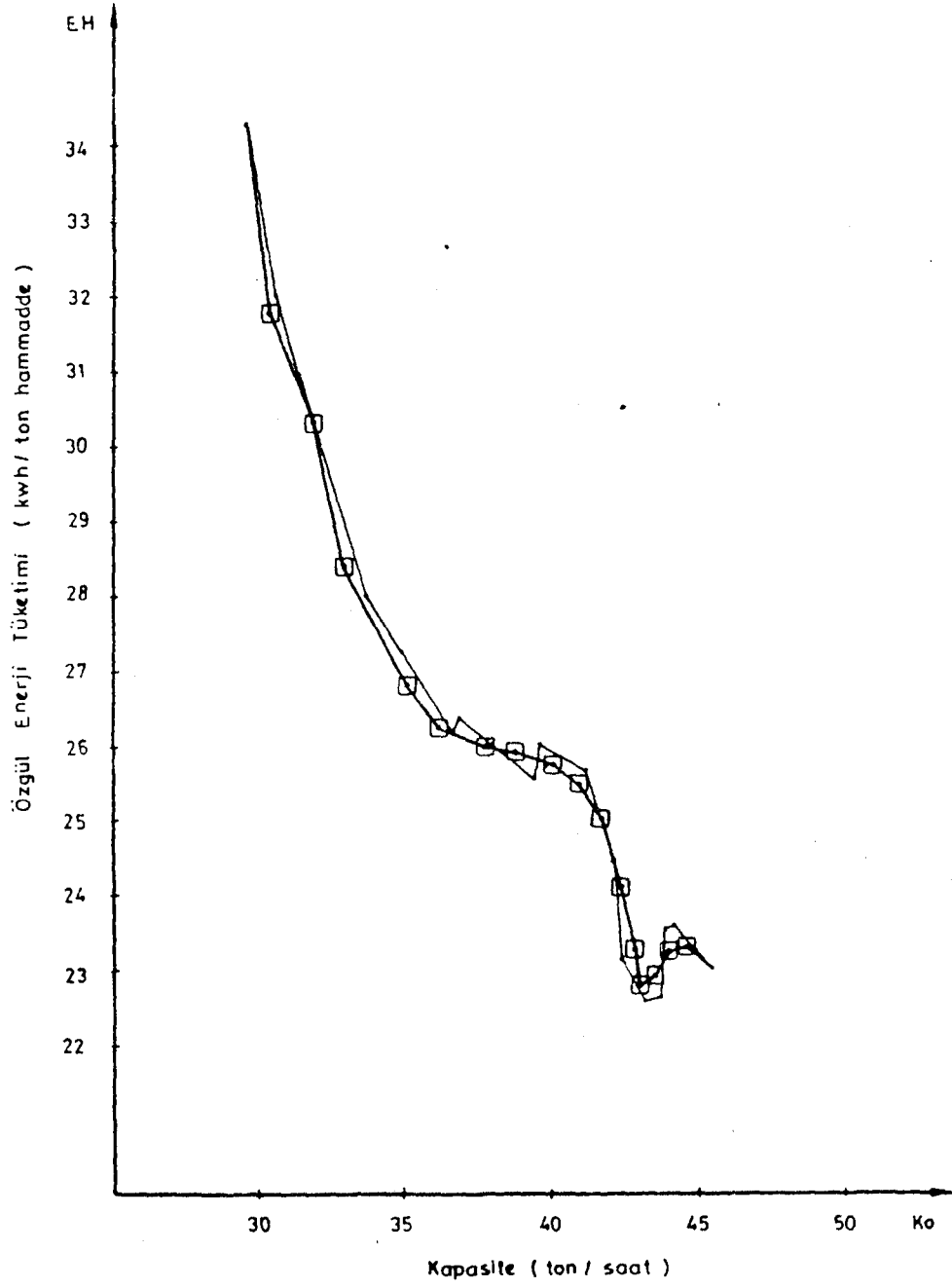
Özgül Enerji Tüketimi(EH)		Kapasite (K _o)	
Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar	Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar
1.514		88.5	
1.407	1.45	89.5	89.4
1.441	1.41	90.2	90.13
1.411	1.49	90.7	91.96
1.642	1.56	95	93.9
1.645	1.81	96	96.66
2.166	1.99	99	101.33
2.183	1.97	109	109.33
1.566	1.76	120	117
1.557	1.57	122	121.66
1.609	1.62	123	123.33
1.7	1.67	125	124.66
1.72	1.70	126	126
1.69	1.59	127	128
1.389		131	



Şekil 5.23. Konkasör için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış EH- K_o diyagramı

Çizelge 5.10. Çamur Değirmeninin özgül enerji tüketimi-kapasite diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları

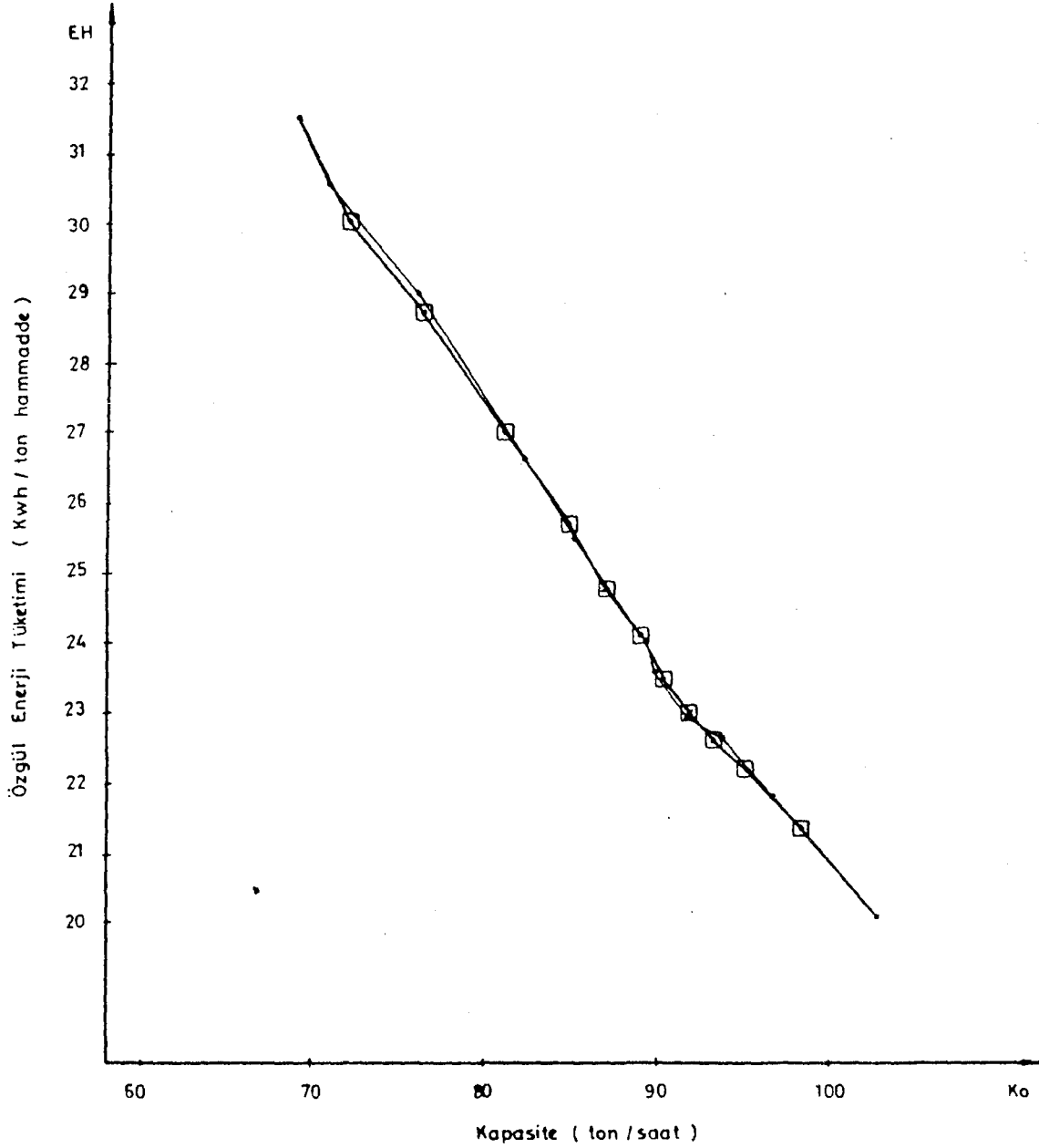
Ozgül Enerji Tüketimi(EH)		Kapasite (K _o)	
Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar	Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar
34.28		29.75	
32	31.81	30.75	30.66
30.95	30.32	31.5	32
28	28.40	33.75	33.4
26.24	26.80	35.05	35.18
26.17	26.25	36.75	36.26
26.25	26.02	37	37.75
25.56	25.98	39.5	38.75
26.03	25.74	39.75	40.17
25.64	25.53	41.25	40.92
24.92	25.60	41.75	41.75
24.45	24.16	42.25	42.18
23.12	23.38	42.5	42.7
22.58	22.79	43.25	43.16
22.67	22.92	43.75	43.67
23.52	23.24	44	44
23.54	23.36	44.25	44.58
23.03		45.5	



Şekil 5.24. Çamur değirmeni için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış EH-K₀ diyagramı

Çizelge 5.11. Farin değirmenini özgül enerji tüketimi-kapasite diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları

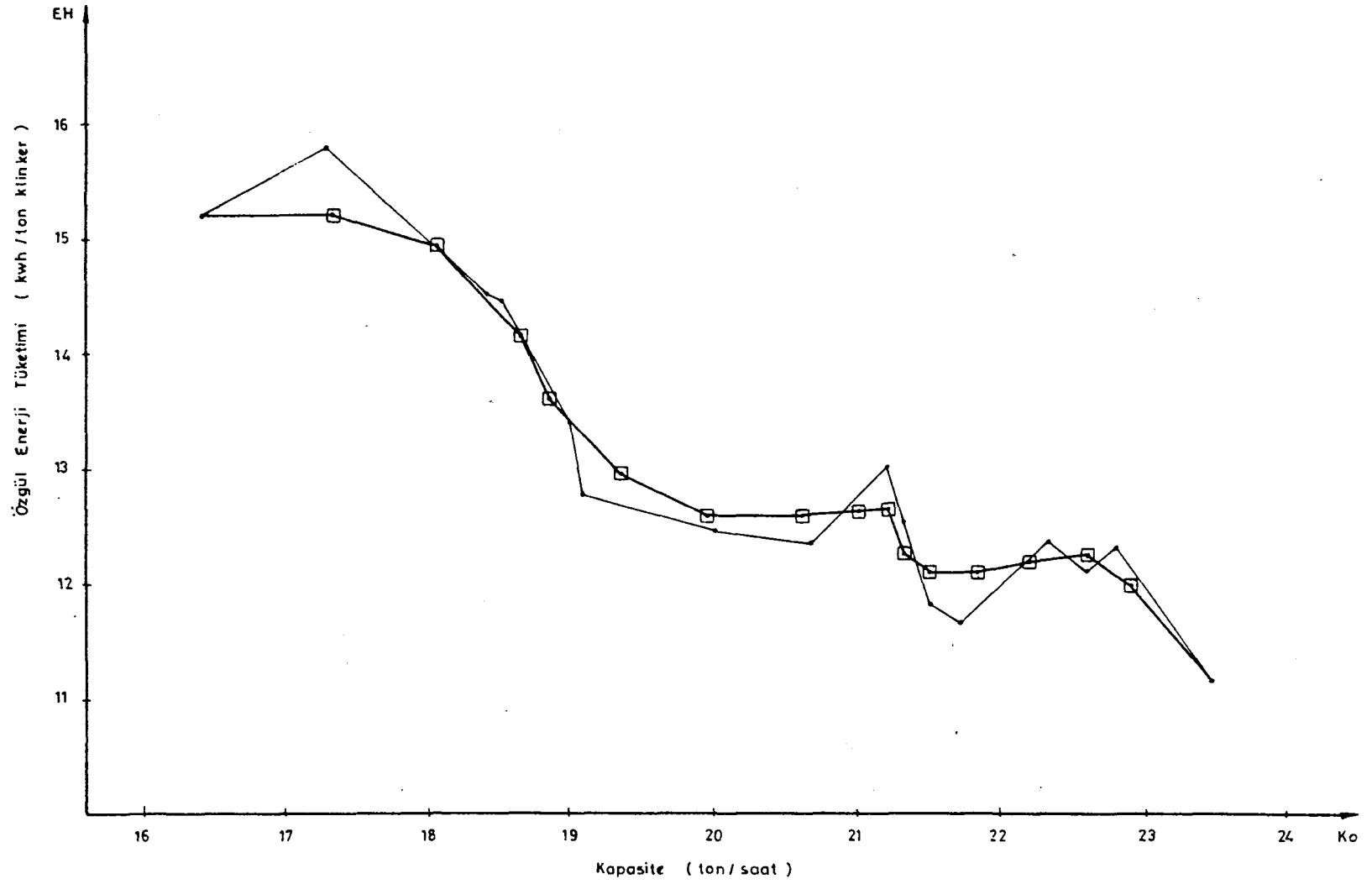
Özgül Enerji Tüketimi(EH)		Kapasite (K_o)	
Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar	Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar
31.5		69	
30.54	30.37	71.3	72.1
29.07	28.74	76	81.3
26.63	27.07	82.5	81.3
25.53	25.65	85.5	85
24.8	24.79	87	87.3
24.05	24.14	89.5	88.8
23.57	23.51	90	90.5
22.93	23.04	92	92
22.64	22.60	94	93.6
22.24	22.22	95	95.3
21.79	21.37	97	98.3
20.1x		103	



Şekil 5.25. Farin değirmeni için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış EH-K₀ diyagramı

Çizelge 5.12. Döner fırın-1 in özgül enerji tüketimi- kapasite diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları

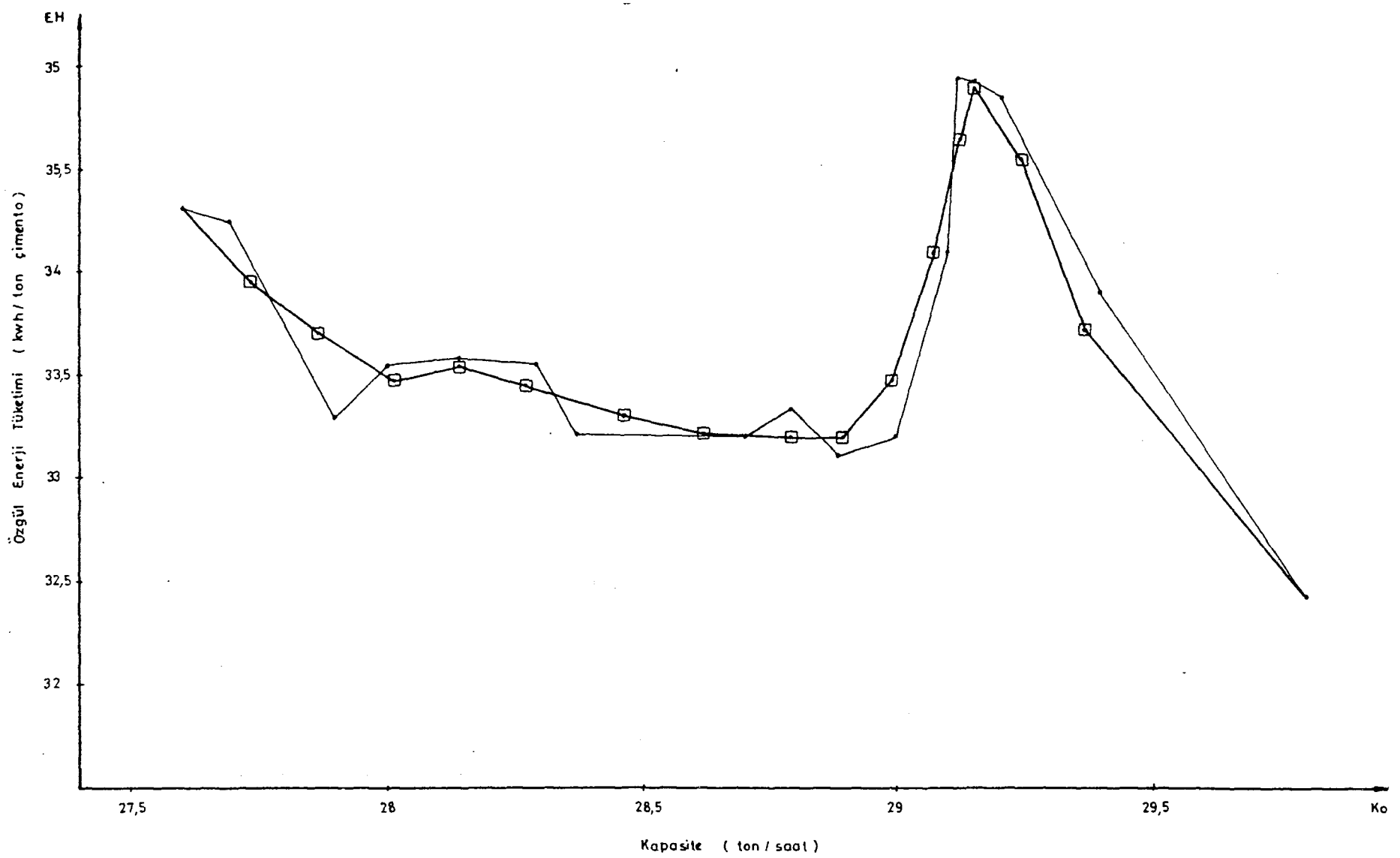
Özgül Enerji Tüketimi(EH)		Kapasite (K _o)	
Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar	Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar
15.18		16.4	
15.77	15.17	17.27	17.35
14.58	14.94	18.4	18.05
14.48	14.15	18.5	18.63
13.39	13.63	19	18.86
13.03	12.95	19.1	19.93
12.34	12.59	20.7	20.58
13	12.60	21.05	20.99
12.55	12.65	21.22	21.19
12.4	12.25	21.32	21.34
11.81	12.12	21.5	21.52
12.16	12.10	21.75	21.85
12.34	12.20	22.32	22.22
12.12	12.25	22.6	22.57
12.3	11.89	22.8	22.96
11.25		23.5	



Şekil 5.26. Döner fırın-1 için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış EH-K₀ diyagramı

Çizelge 5.13. Döner fırın-2 nin özgül enerji tüketimi-kapasite diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları

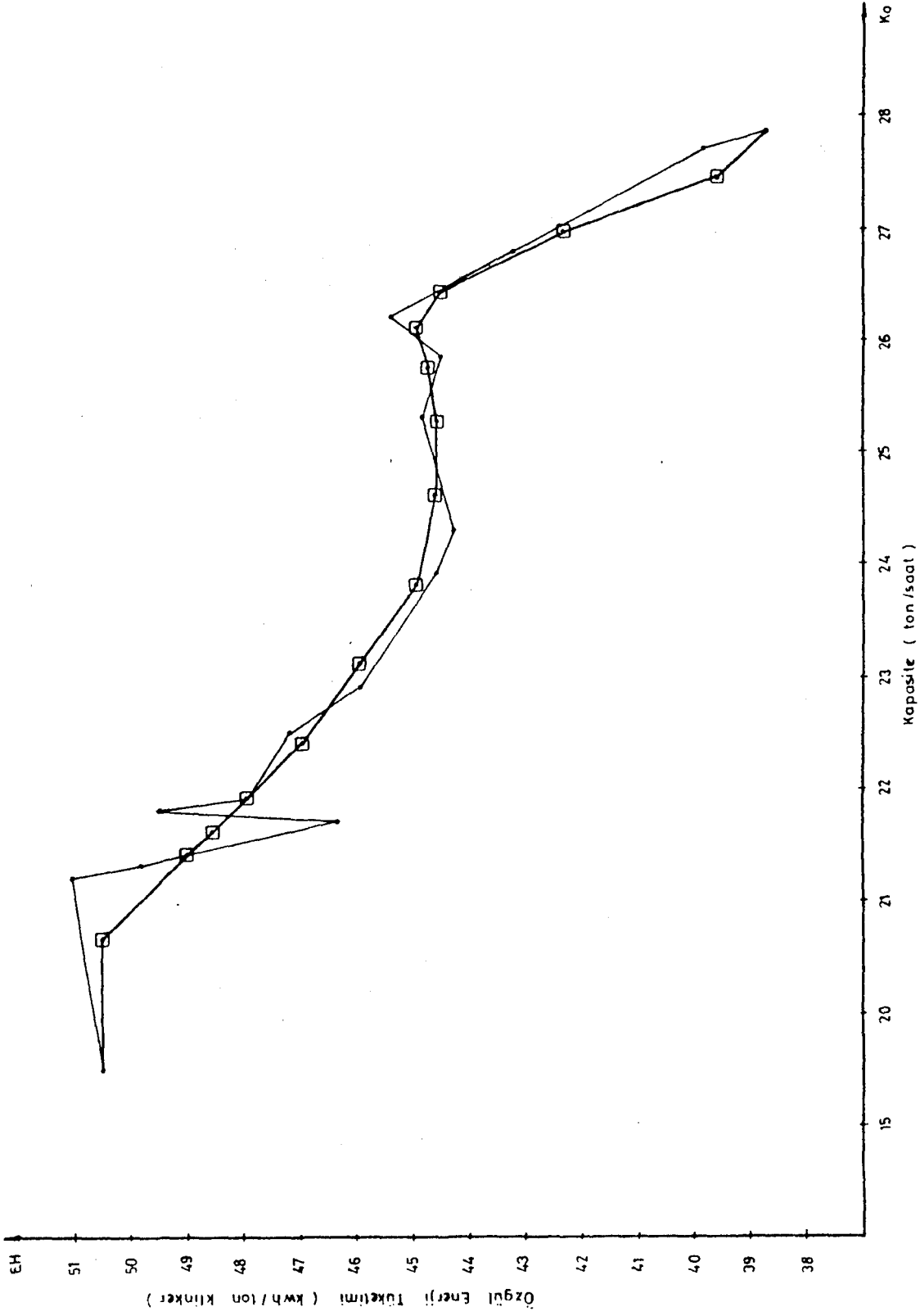
Özgül Enerji Tüketimi(EH)		Kapasite (K_o)	
Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar	Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar
34.33		27.6	
34.26	33.96	27.7	27.73
33.29	33.69	27.9	27.86
33.54	33.47	27.99	28.01
33.58	33.55	28.14	28.14
33.53	33.44	28.3	28.27
33.22	33.31	28.38	28.46
33.20	33.23	28.7	28.62
33.27	33.20	38.79	28.79
33.13	33.20	28.88	28.89
33.20	33.48	29	28.99
34.12	34.09	29.1	29.07
34.95	34.66	29.12	29.12
34.92	34.56	29.2	29.24
33.92	33.73	29.39	29.46
32.41		29.8	



Şekil 5.27. Döner fırın-2 için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış EH-K₀ diyagramı

Çizelge 5.14. Çimento değirmeni-1 in özgül enerji tüketimi-kapasite diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları

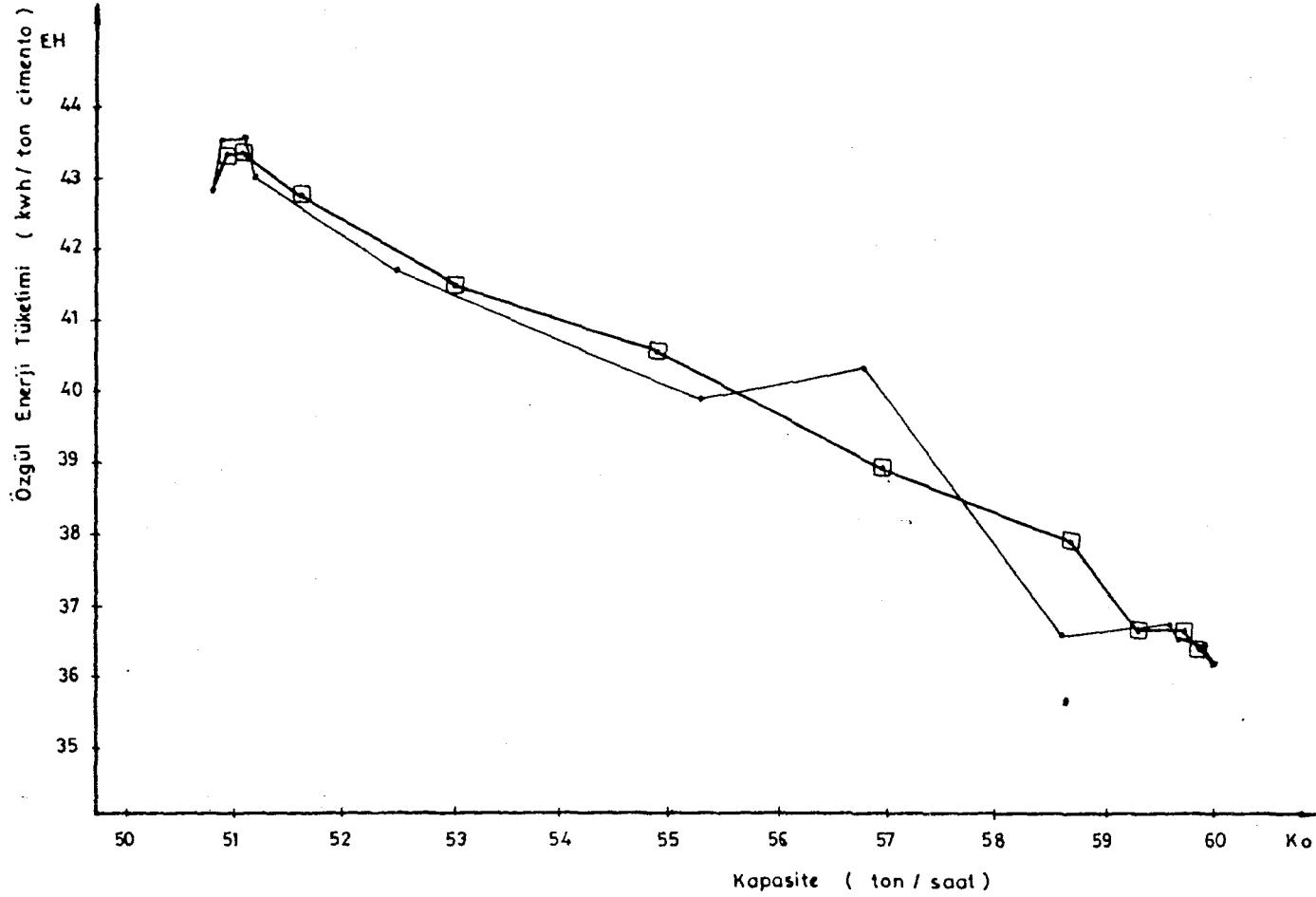
Özgül Enerji Tüketimi(EH)		Kapasite(K_0)	
Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar	Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar
50.51		19.5	
51.06	49.29	21.2	20.8
46.31	48.97	21.7	21.56
49.54	47.93	21.8	21.8
47.94	48.23	21.9	22.06
47.22	47.04	22.5	22.43
45.96	45.95	22.9	23.1
44.66	44.97	23.9	23.8
44.3	44.61	24.6	24.6
44.86	44.58	25.3	25.25
44.58	44.78	25.85	25.78
44.9	44.97	26.2	26.11
45.43	44.54	26.3	26.43
43.28	42.32	26.8	26.93
38.26	39.57	27.7	27.45
37.16		27.85	



Şekil 5.28. Çimento değirmeni-1 için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış EH-K₀ diyagramı

Çizelge 5.15. Çimento değirmeni-2 nin özgül enerji tüketimi kapasite diyagramının yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmasına ilişkin hesap sonuçları

Özgül Enerji Tüketimi(EH)		Kapasite (K_o)	
Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar	Diyagram Verileri	Yürüyen Ortalamalar
42.83		50.85	
43.51	43.3	50.9	50.95
43.56	43.35	50.9	50.95
43.56	43.35	51.1	51.06
43	42.75	51.2	51.6
41.69	41.52	52.5	53.01
39.89	40.64	55.35	54.88
50.35	38.94	56.8	56.93
36.6	37.90	38.65	58.35
36.77	36.68	59.6	59.30
36.67	36.64	59.75	59.76
36.5	36.45	59.95	59.9
36.2		60.05	



Şekil 5.29. Çimento değirmeni-2 için yürüyen ortalamalar yöntemiyle yumuşatılmış EH-K₀ diyagramı

$$TG = UI/K_0$$

Eğer toplam çalışma saati TG, beşten küçükse domen sayısı birdir (gece). TG, beş ile ondokuz arasında ise domen sayısı ikidir (gece ve gündüz). Söz konusu değer ondokuzdan büyük ise domen sayısı üçtür (gece, gündüz ve puvant).

Toplam çalışma saati ve domen sayısı belli olunca domenlerdeki çalışma saatleri de tesbit edilebileceğinden, Denklem (5.5) gereği, domendeki üretim de sadece kapasiteye bağlı olmaktadır:

$$\sum_{D_j=1}^D UDG_{D_j} = \sum_{D_j=1}^D TDG_{D_j} \times K_0 \quad (5.17)$$

Belirli bir günlük üretim değerinin karşılanıp karşılanamayacağı, domendeki üretim miktarları ve domendeki çalışma saatlerinin tesbiti için Şekil 5.30 da verilen algoritma oluşturulmuştur.

Denklem (5.17) ve Şekil 5.30 dan görüldüğü gibi verilen belirli bir günlük üretim (UI) ve domen başına tanımlanmış çalışma saatleri ($TDG_{GE} = 7$, $TDG_{GU} = 12$, $TDG_{PU} = 5$) için domenlerdeki üretim miktarları (UDG_{D_j}), yalnızca kapasiteye bağlı olarak değişmektedirler. Bunu sembolize etmek üzere,

$$UDG_{D_j} = UDG_{D_j}(K_0) \quad (5.18)$$

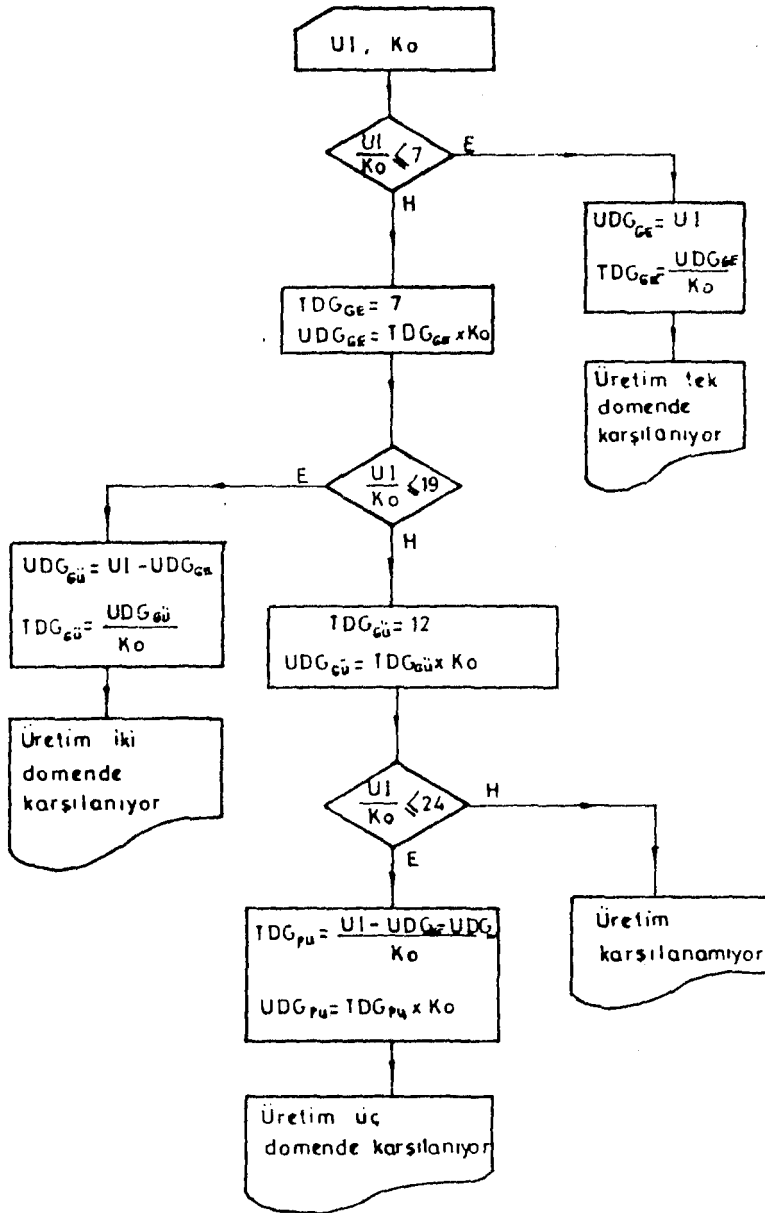
ifadesini tanımlayabiliriz. Bu değişikliklikle Denklem (5.16)

$$FG = \sum_{D_j=1}^D F(K_0) \times UDG_{D_j}(K_0) \times FE_{D_j} \quad (5.19)$$

şekline girecektir.

Denklem (5.19) dan görüldüğü gibi günlük enerji bedeli yalnızca kapasitenin fonksiyonu olarak değişmektedir.

Denklem (5.17) den domendeki üretim UDG nin minimizasyonu için kapasitenin minimizasyonu gerekli olduğu gö-



Şekil 5.30. Belirli bir günlük üretim için domenlerdeki çalışma saati ve üretimi tesbit eden algoritma

rülmektedir. Ancak kapasitenin azalması Denklem (5.4) gereği (belirli bir günlük üretim için) toplam çalışma saatini dolayısıyla da çalışılacak domen sayısını arttırmaktadır. Bu durum günlük enerji bedeli değerinin artmasına sebep olacaktır.

Denklem (5.19) daki günlük enerji bedeli ifadesi D adet toplandan oluşuyor olup, toplamın minimizasyonu söz konusudur. Toplam domen sayısının azaltılabilmesi, Denklem (5.4) gereği kapasitenin maksimizasyonunu gerektirmektedir.

Bu yüzden herhangi bir domendeki üretimi azaltarak o domendeki enerji bedelini minimize etmek yerine, toplam günlük enerji bedelinin minimizasyonu aranmalıdır.

5.2.2. Günlük enerji bedeli ifadesinin minimizasyonu

Enerji bedeli ifadesine genel olarak bakıldığında, matematiksel olarak toplam operatörünün işaret ettiği her bir domen içerisinde farklı bir kapasite değerini kullanılabilecektir

nitenin işletme verileri itibariyle domenlere göre çalıştırılabileceği her üç kapasite değerini bir "kapasite cümlesi" olarak tanımlanabilir. Üç elemanlı söz konusu her kapasite cümlesi tabanında bir enerji bedeli ifadesi oluşturulabilmektedir.

Kapasite cümlelerini oluşturan elemanların  birden, kapasite ekseninden herhangi bir değer alabileceği gibi; bunlardan biri ya da ikisi ayrıca sıfır değerine sahip olabilecektir. Genelde kapasite değerlerinin birli, ikili veya l kombinezonlarıyla, üçer elemanlı kapasite cümleleri meydana getirilmesi söz konusu olmaktadır.

Böylece oluşturulacak kombinezonlarla, ilk bakışta, sonsuz sayıda kapasite cümlesi oluşturulabilecek... Bunlar kullanılarak da sonsuz sayıda FG ifadesi elde edilebilecektir.

Her çalışma domeni için ayrı bir kapasite değeri atanırsa, üç elemanlı kapasite cümleleri,

$$(K_{o,i}, K_{o,j}, K_{o,k})$$

şeklinde oluşturulurken; i, j ve k değerleri, kapasite ekseninden alınan n adet nokta sayısı kadar değişen değerlere sahip olabileceklerdir:

$$i = 0, 1, 2, \dots, n,$$

$$j = 0, 1, 2, \dots, n,$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, n.$$

Burada cümlenin birinci, ikinci ve üçüncü elemanı, sırasıyla ünitenin gece, gündüz ve puvant domenindeki çalışma kapasitelerine karşılık gelmektedir.

Özgül enerji tüketimi ($F(K_o)$) değerlerinden oluşan her üç elemanlı cümle bir satır matrisi... Domenlerdeki üretim ($UDG_{D_j}^ü(K_o)$) ve birim enerji bedelinin (FE_{D_j}) çarpımından oluşan her üç elemanlı cümle de bir sütun matrisi olarak düşünülüp bunların çarpımı yazılırsa, Denklem (5.19) şu şekli girecektir:

$$FG = F(K_{o,i}), F(K_{o,j}), F(K_{o,k}) \begin{bmatrix} UDG_{GE}(K_{o,i}) \times FE_{GE} \\ UDG_{GÜ}(K_{o,j}) \times FE_{GÜ} \\ UDG_{PU}(K_{o,k}) \times FE_{PU} \end{bmatrix} \quad (5.20)$$

FG nin minimizasyonu için, her domende değişen mümkün kapasite değerlerinin verilmesi ve bulunan sonuçların birbirleriyle karşılaştırılması gerekmektedir.

Her üçlü kapasite cümlesi muhtemel bir en iyi enerji bedelini verebileceğinden her olasılığın gözden geçirilebileceği bir optimizasyon yöntemi ve bir bilgisayar programı hazırlanması gerekmektedir. Bu özelliği verebilecek en iyi yöntem "sayımlamadır" (enumeration).

5.2.2.1. Sayımlama tekniği ile minimizasyon

Bu yöntemde mümkün bütün çözümler ele alınarak hepsi tek tek hesaplanmakta ve bunlardan en iyisi bulunmaktadır.

İncelenecek ünitelerde özgül enerji tüketimi-kapasite diyagramları çizildiğinden, belirli bir adımla seçilecek her kapasite değerine karşılık özgül enerji tüketimi değerleri buradan alınabilecektir.

Değişen kapasite değerlerine karşılık çalışılacak domen sayısı ile domendeki üretim miktarları ise Denklem(5.4) ve (5.17) vasıtasıyla bulunabilecektir.

Sayımlama tekniğini, Denklem (5.20) nin minimizasyonuna uygulayacak bilgisayar programının akış diyagramı Ek 4 de, listesi ise Ek 5 de verilmiştir.

Programın başında; istenilen günlük üretim miktarı, diyagramın gidişatına göre tesbit edilen inceleme öznesi yapılacak kapasite noktalarının sayısı ve domenlere göre değişen birim enerji tüketiminin fiyatı, girdi olarak verilmiştir.

Belirli bir adımla seçilen kapasite değerlerine karşılık özgül enerji tüketimi değerleri her ünite için diyagramlardan bakılarak girdi olarak verilmiştir.

Verilen kapasite değerlerinin mümkün bütün üçlü cümleleri için domenlerdeki enerji bedeli değerleri ayrı ayrı hesaplanmış... Buradan da günlük enerji bedeli değerleri bulunmuştur. Bulunan enerji bedeli değerleri sürekli olarak bir önceki adımda bulunanı ile karşılaştırılıp, minimum enerji bedeli ile bunun hesabında kullanılan üçlü kapasite cümlesi tesbit edilmiştir.

Herhangi bir üçlü kapasite cümlesi ($K_{o,i}$, $K_{o,j}$, $K_{o,k}$) için, ünitenin öncelikle gece domenindeki çalışması gözönüne alınmış... $K_{o,i}$ ile istenilen günlük üretim karşılanıyorsa diğer kapasitelere ($K_{o,j}$, $K_{o,k}$) yeni domenlere geçilmeksizin günlük enerji bedeli hesaplanmıştır. Bu kapasite ile gün-

lük üretim sağlanamıyorsa ünite gündüz domeninde de ($K_{o,j}$ kapasitesi ile) çalıştırılarak istenilen günlük üretimin sağlanıp sağlanamadığına bakılmıştır. Ünite gece ve gündüz çalışmalarıyla günlük üretimini sağlayamıyorsa puvant domeninde çalıştırılmış ve günlük enerji bedeli değeri hesaplanmıştır. Her üç domendeki çalışmayla günlük üretim karşılanamıyorsa, bu üçlü kapasite cümlesi için enerji bedeli ifadesi hesaplanmamıştır.

5.2.2.2. Dinamik programlama ile minimizasyon

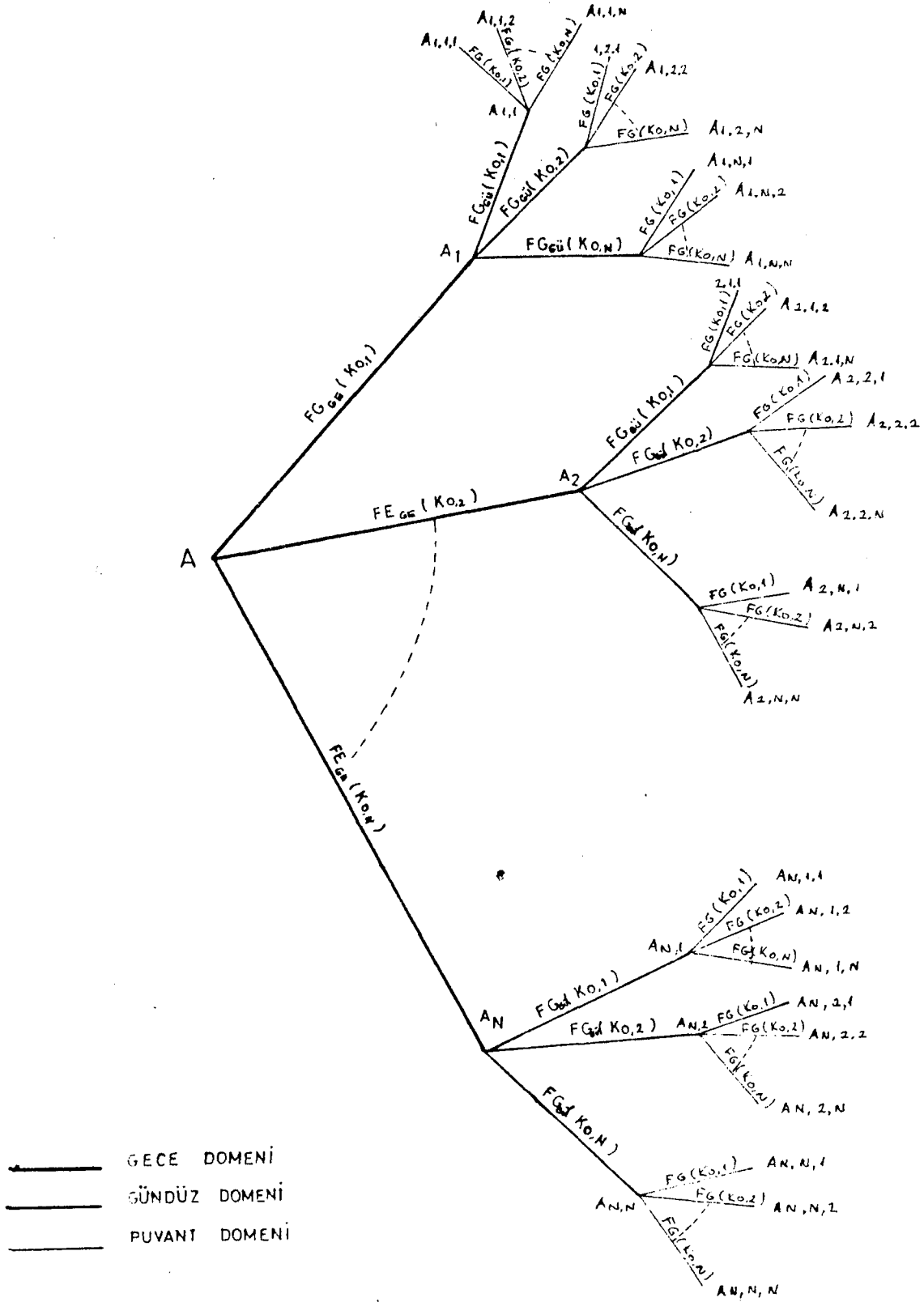
Dinamik programlama; ele alınan problem, biri diğeriyle ilişkili alt problemlere ayrılabilme özelliği göstermesi ya da bir problem için geliştirilen karar modelinin birbirine bağlı karar modelleri haline dönüştürülebilmesi durumunda uygulanan bir teknik olarak bilinmektedir (Kara, 1986).

Denklem (5.20) de görüldüğü şekliyle, enerji bedelinin minimizasyonu problemi, biri diğeriyle bağlı ve onunla ilişkili olan üç domendeki enerji bedeli değerleri toplamının minimizasyonudur. Bu haliyle problem dinamik programlamanın temel özelliklerini taşımaktadır.

Dinamik programlamada da, sayılamada olduğu gibi, mümkün bütün kapasite cümlelerinin içinden en iyisi seçilmektedir. Ancak, günlük enerji bedeli hesabı, sayılamada olduğu gibi mümkün her üçlü kapasite cümlesi için yapılmamaktadır. Problemin en kısa yoldan çözülmesi amaçlandığından işlem sayısı azaltılarak program çözümü çabuklaştırılmaktadır.

Dinamik programlamaya geçişte konunun daha iyi açıklanmasını sağlamak üzere, Şekli 5.31. de problemin, ağaç çizelgemiyle gösterilmesi için bir şema verilmiştir.

Ağaç çizelgemi, bir başlangıç noktasından itibaren karşılaşılabılır durumları bu noktanın dalları olarak gösterip daha sonra her bir dalın uzantısıyla erişilen durumu yeni bir nokta kabul ederek buna bağlı durumları tekrar dallan-



Şekil 5.31. "Ağaç çizelgesi" yönteminin Dk.(5.20) deki probleme uygulanışı

dırıp karşılaşılabılır tüm ardışık durumları bir ağacın dalları biçiminde gösterilmesiyle elde edilen şekildir (Kara, 1986).

Üniteler her bir domende N adet değişik kapasitede çalıştırılabilir ve Şekil 5.31.de görüldüğü gibi, değişik yollardan gidilerek farklı üçlü kapasite cümleleri oluşturulabilir. Buna bağlı olarak da üç dömen için farklı enerji bedeli değerleri oluşturulabilir.

Günlük enerji bedeli üç domendeki enerji bedeli değerlerinin toplamından oluşmaktadır:

$$FG = FG_{GE}(K_{o,i}) + FG_{GÜ}(K_{o,j}) + FG_{PU}(K_{o,k}) \quad (5.21)$$

Çok farklı yollardan gidilerek farklı günlük enerji bedeli değerine ulaşılabılacaktır.

Dinamik programlama için çözüm tekniği olarak problemin son kademesinden başlanılarak her adımda bir önceki kademeye geçilen "Geriye Doğru Eniyileme" yöntemi uygulanacaktır.

Ele alınan karar probleminde her bir karar noktası kademe olarak tanımlanmaktadır. Şekil 5.31.de ağaç çizelgesiyle gösterilen problemde üç çalışma domenine karşılık olmak üzere üç kademe söz konusudur.

Her bir kademede N adet seçenek vardır. Problemin son kademesinde (puvant domeninde) N adet seçenek içerisinde minimumu (puvant domenindeki en küçük enerji bedeli) veren yol (puvant domenindeki çalışma kapasitesi) belirlendikten sonra, ikinci kademede (gündüz domeninde) N adet seçeneğe bir önceki adımda bulunan minimum değer eklenerek bunların toplamının minimumunu (puvant ve gündüz domenindeki toplam en küçük enerji bedeli) veren yol (puvant ve gündüz domenlerindeki çalışma kapasiteleri) bulunur. Nihayet birinci kademede (gece domeninde) N adet seçeneğe bundan önceki adımda bulunan minimum değer eklenerek tamamının minimumunu (gece, gündüz ve puvant domenlerindeki toplam en küçük enerji bedeli) veren en kısa yol (gün boyunca çalışma kapasiteleri) bulunur.

Yani, herhangi bir adımdaki minimum enerji bedeli için önceki adımların minimum enerji bedeli ile bu adımdaki her bir kapasiteye karşılık gelen enerji bedeli değeri toplanarak bunların minimumu bulunur:

$$\left[\begin{array}{l} \text{Toplam minimum} \\ \text{enerji bedeli} \\ \text{(i. adımda)} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{i. adımdaki her} \\ \text{seçeneğe karşı-} \\ \text{lık enerji be-} \\ \text{deli} \end{array} + \left[\begin{array}{l} \text{Önceki adımla-} \\ \text{rın minimum} \\ \text{enerji bedeli} \end{array} \right]_{\min}$$

Denklem (5.20) ile gösterilen minimum enerji bedeli problemine dinamik programlama uygulanması için hazırlanan bilgisayar programının akış diyagramı Ek. 6. da, listesi ise Ek 7 de verilmiştir.

Dinamik programının girdi satırları aynen sayılamada olduğu gibi verilmiştir. Yani, diyagramın özelliğine göre kapasite eksenini 8 ile 20 ye bölünmüş ve her kapasite değerine karşılık gelen özgül enerji tüketimi değerine bakılmıştır.

Dinamik programlamanın Denklem (5.20) ile verilen günlük enerji bedeli ifadesinin minimizasyonu problemine uygulanış şekli kısaca aşağıda açıklanmıştır.

Geriye doğru eniyileme yöntemi gereği, minimizasyon işlemine puvant domeninden başlanmıştır.

Puvant domenindeki N adet kapasite seçeneği için UDG üretimine karşılık olmak üzere bu domendeki enerji bedeli FG

$$FG_{PU} = EH(K_{o,k}) \times UDG_{PU}(K_{o,k}) \times FE_{PU} \quad (5.22)$$

(k = 1...N)

eşitliğinden hesaplanmış ve bunlar içinden minimum olan $(FG_{PU})_{\min}$ değeri bulunarak buna tekabül eden kapasite değeri tesbit edilmiştir.

Gündüz domenine gelindiğinde, yine N adet kapasite seçeneği için ve $UDG_{GÜ}$ üretimine karşılık olmak üzere bu do-

mendeki enerji bedeli $FG_{GÜ}$

$$FG_{GÜ} = EH(K_{o,j}) \times UDG_{GE}(K_{o,j}) \times FE_{GÜ} \quad (5.23)$$

(j = 1...N)

eşitliğinden hesaplanmıştır. Her j kapasitesi için hesaplanan enerji bedeli değeri $FG_{GÜ}$ ye puvant domeninin minimum enerji bedeli olan ($FG_{PU_{min}}$) eklenerek bu adımdaki muhtemel her kapasite için toplam (puvant ve gündüz) enerji bedeli değerleri,

$$FG_{GÜ+PU} = FG_{GÜ} + (FG_{PU_{min}}) \quad (5.24)$$

ifadesi ile hesaplanmış ve muhtemel $FG_{GÜ+PU}$ lar içinden minimumu olan ($FG_{GÜ+PU_{min}}$) ile buna tekabül eden puvant ve gündüz işletme kapasitesi değerleri tesbit edilmiştir.

Son adamda ise, gece domeninin her kapasitesine karşılık gelen enerji bedeli değeri FE_{GE} ,

$$FG_{GE} = EH(K_{o,i}) \times UDG_{GE}(K_{o,i}) \times FE_{GE} \quad (5.25)$$

(i = 1...N)

ifadesi ile hesaplanmış... Her FG_{GE} değeri ile önceki domendeki (puvant ve gündüz) minimum enerji bedeli değerleri

$$FGT = FG_{GE} + (FG_{GÜ+PU_{min}}) \quad (5.26)$$

ifadesi ile toplanmış... Ve nihayet FGT değerlerinin minimumu FGK ile buna tekabül eden puvant, gündüz ve gece işletme kapasitesi değerleri tesbit edilmiştir.

Eğer günlük üretim puvant domenine taşılmadan karşılanabiliyorsa bu kez geriye doğru eniyilemeye gündüz domeninden başlanılarak geceye gelinmiştir.

Hatta günlük üretim; bazı üçlü kapasite cümleleri için üç domende, bazılarında ise iki domende karşılanabilmektedir. Bu durumda da üç domen için Denklem (5.22) ve (5.23) ve (5.24) uygulandıktan sonra, iki domen için Denklem (5.23) uygulanmış ve Denklem (5.24) ile Denklem (5.25) in sonucu

karşılaştırılarak minimumu bulunmuştur. Buradan sonra benzer yollarla gece domenindeki enerji bedeli ile toplam günlük enerji bedeline geçilmiştir.

Aynı günlük üretimin farklı üçlü kapasite cümleleri için bir ve iki, hatta bir, iki ve üç domende karşılandığı durumlar için de benzer yol izlenmiştir.

Hazırlanan bilgisayar programı; Ek 8 de verilen girdiler için çalıştırılmış ve alınan sonuçlar Ek 9 da sergilenmiştir.

Sayımlama yöntemi için de Ek 8 deki girdiler verildiğinde yine Ek 9 da görülen sonuçlar alınmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre üniteler gün boyu (bütün domenler için) aynı ve kurulu maksimum kapasitelerine yakın noktalara çalıştırılmalıdır.

Yedi ünite (Konkasör çamur değirmeni, farin değirmeni, döner fırın-1,2, çimento değirmeni-1,2) için alınan sonuçlar Çizelge 5.16 da verilmiştir. Çizelge 5.16 da ünitelerin optimum çalışma kapasiteleri ve buna tekabül eden özgül enerji tüketimleriyle güç değerleri de yer almıştır. Karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla aynı ünitelerin kurulu güç ve kurulu kapasiteleri ise Çizelge 5.17 de verilmiştir. Sonuçların değerlendirilmesi bölümün sonunda verilmiştir.

5.2.2.3. Günlük enerji bedeli-kapasite diyagramlarının çizilmesi

Gün boyu aynı kapasite çalışmak kaydıyla, belirli bir günlük üretim için, değişik kapasite değerlerine karşılık günlük enerji tüketiminin değişimi için her üniteye ait bir diyagram hazırlanmıştır.

Değişen kapasite değerleri için günlük enerji tüketimini hesaplayan bilgisayar programının akış diyagramı Ek 10 da, listesi ise Ek 11 de verilmiştir.

Söz konusu program yine Ek 8 deki veriler için çalıştırılmıştır.

Programın çalıştırıldığı yedi üniteye (konkasör, çamur değirmeni, farin değirmeni, döner fırın-1,2 ve çimento değirmeni-1,2) ait bilgisayar çıktıları Ek 12 de, bu sonuçlar kullanılarak çizilen kapasiteye karşı günlük enerji bedeli diyagramları ise Şekil 5.32 ile 5.38 arasında verilmiştir.

5.2.3. Sonuçların değerlendirilmesi

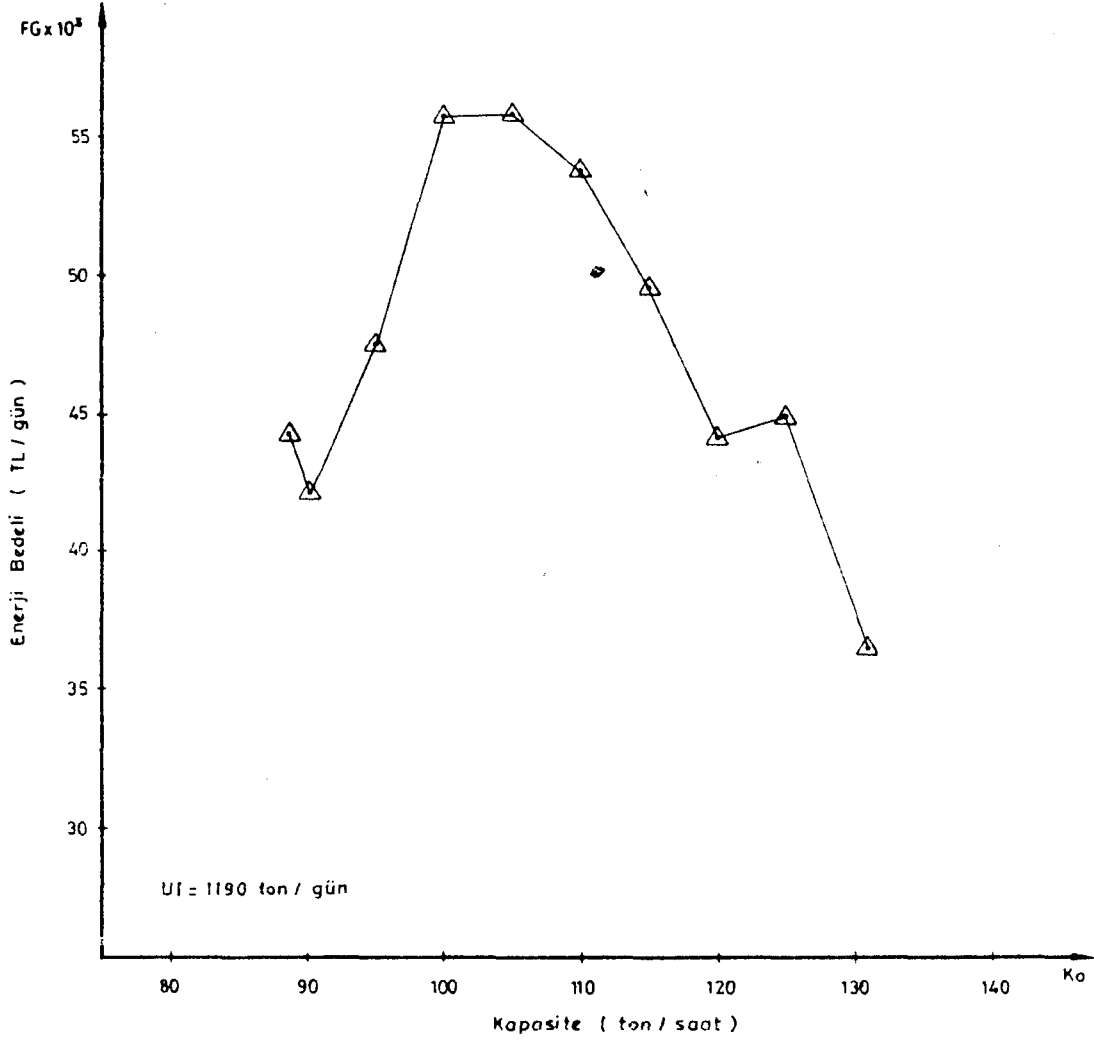
Çizelge 5.9 ile 5.15 ve Şekli 5.32. ile 5.38. den görüldüğü gibi kapasitenin artışı ile, özgül enerji tüketiminin ve günlük enerji bedelinin düştüğü görülmektedir.

Denklem (5.20) de görüldüğü gibi günlük enerji bedeli ifadesi, kapasiteye bağlı bir fonksiyon haline gelmektedir. Bu ifadedeki özgül enerji tüketimi, domen sayısı ve domendeki üretim miktarı kapasiteye bağlı olarak değişmektedir.

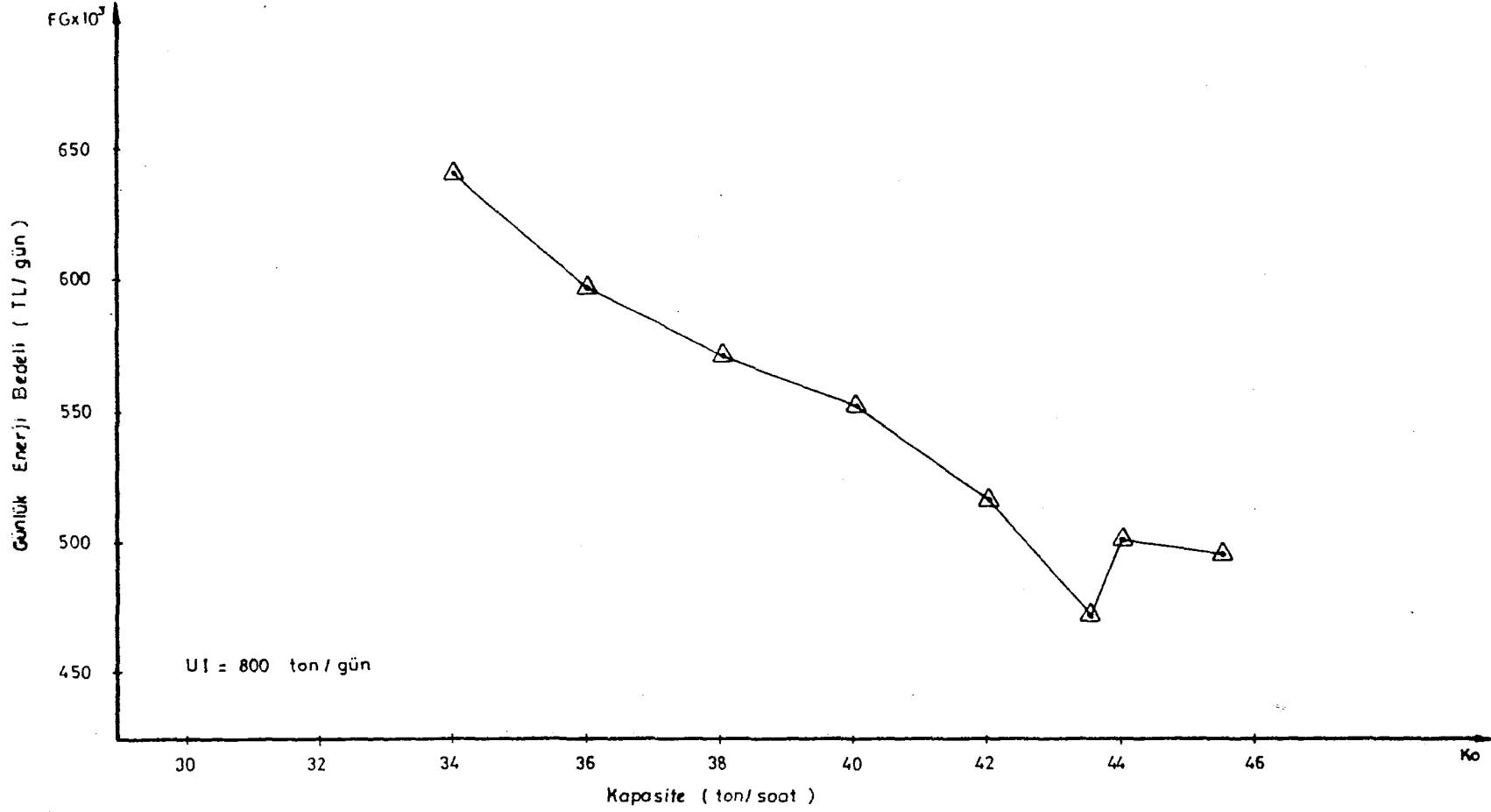
Kapasite arttıkça, aynı günlük üretim, daha kısa bir çalışma zamanı içinde dolayısıyla da daha az bir domende karşılanmaktadır. Domen sayısının artması, üretimi pahalı domene kaydırıldığından, günlük enerji bedelini arttırmaktadır.

Kapasitenin artışı ile birlikte özgül enerji tüketiminin düşmesi ise, üniteyi tahrik eden elektrik motorunun "güç faktöründen" kaynaklanmaktadır. Güç faktörü kısaca "aktif gücün", "görünen güce" oranı olarak tanımlanmaktadır.

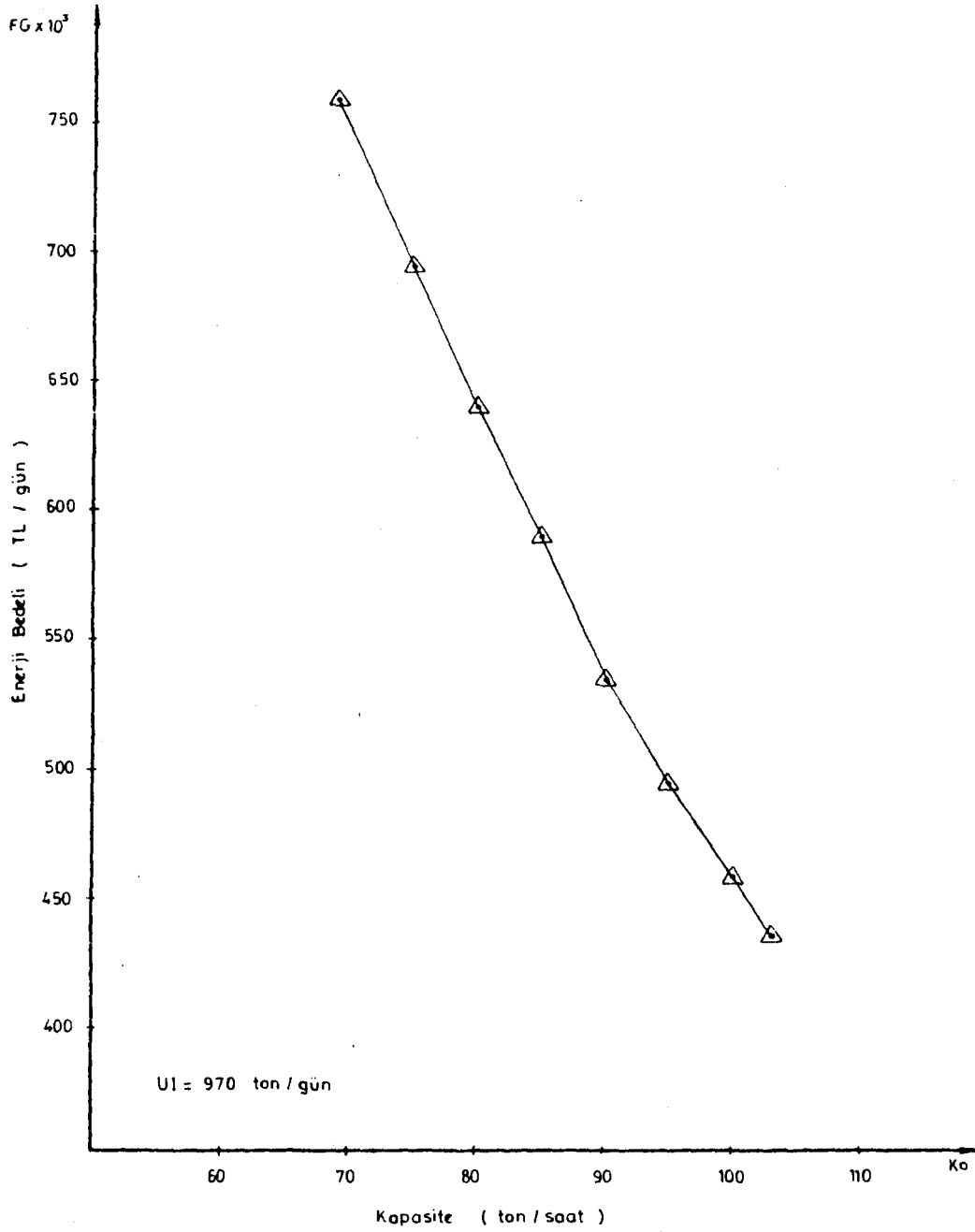
Çizelge 5.16. dan görüldüğü gibi, bazı ünitelerin optimum çalışma kapasiteleri Çizelge 5.17. de verilen kurulu kapasitelerden büyük çıkmıştır. Bunun nedeni, ünitelerin, zaman zaman - bunları çalıştıran elektrik motorlarının gücü yettiğince - kapasite üstü çalıştırılmalarıdır. Yani başlangıçta ünite için belirli bir kurulu kapasite değeri tanımlanmış olmasına rağmen, bu değer in çalışma sırasında, elektrik motorunun gücüne bağlı olarak, aşılmış olmasıdır. Bu durumda eğer kullanılan elektrik motorunun gücü bu yeni



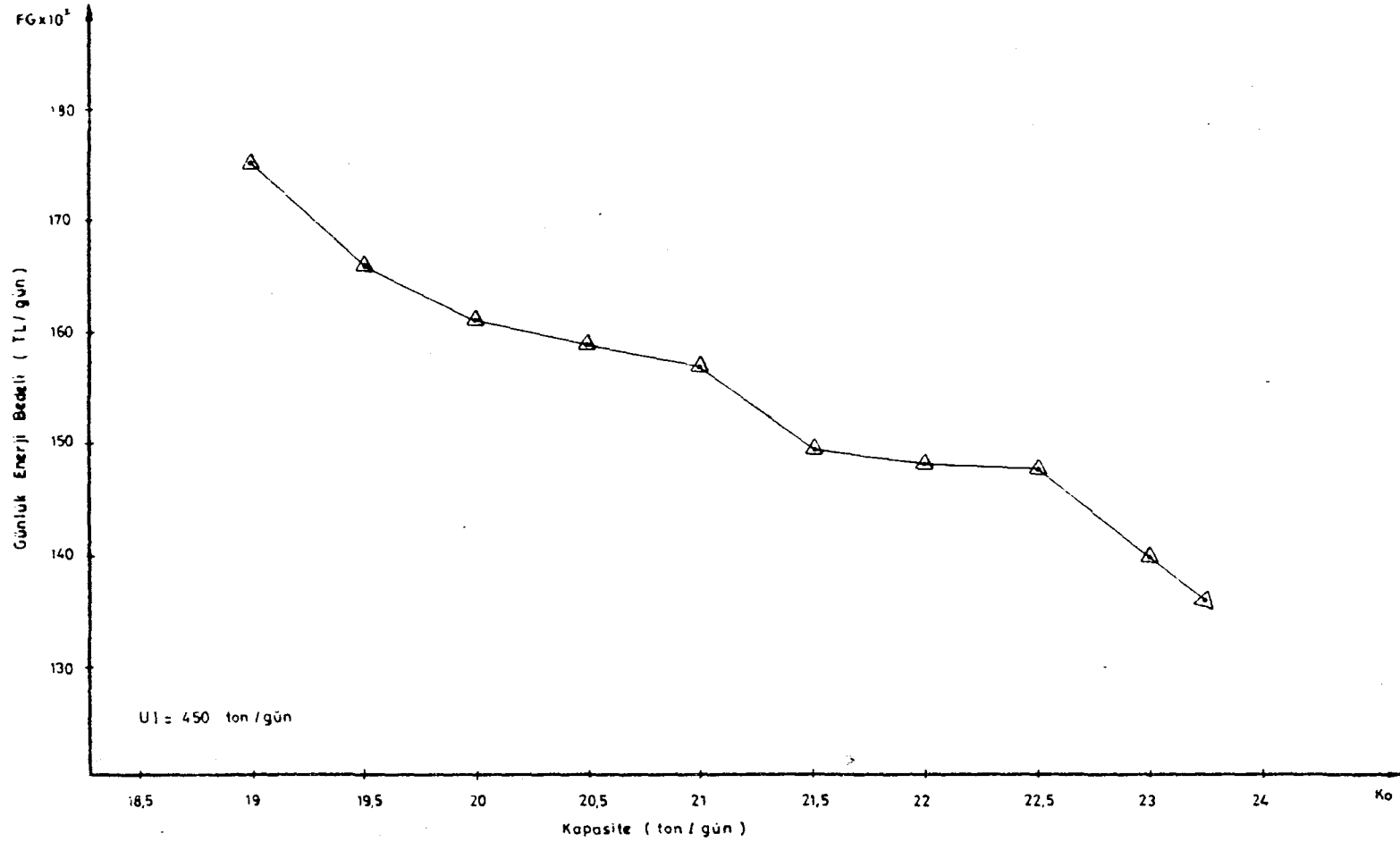
Şekil 5.32. Konkasör için günlük enerji bedeli-kapasite diyagramı



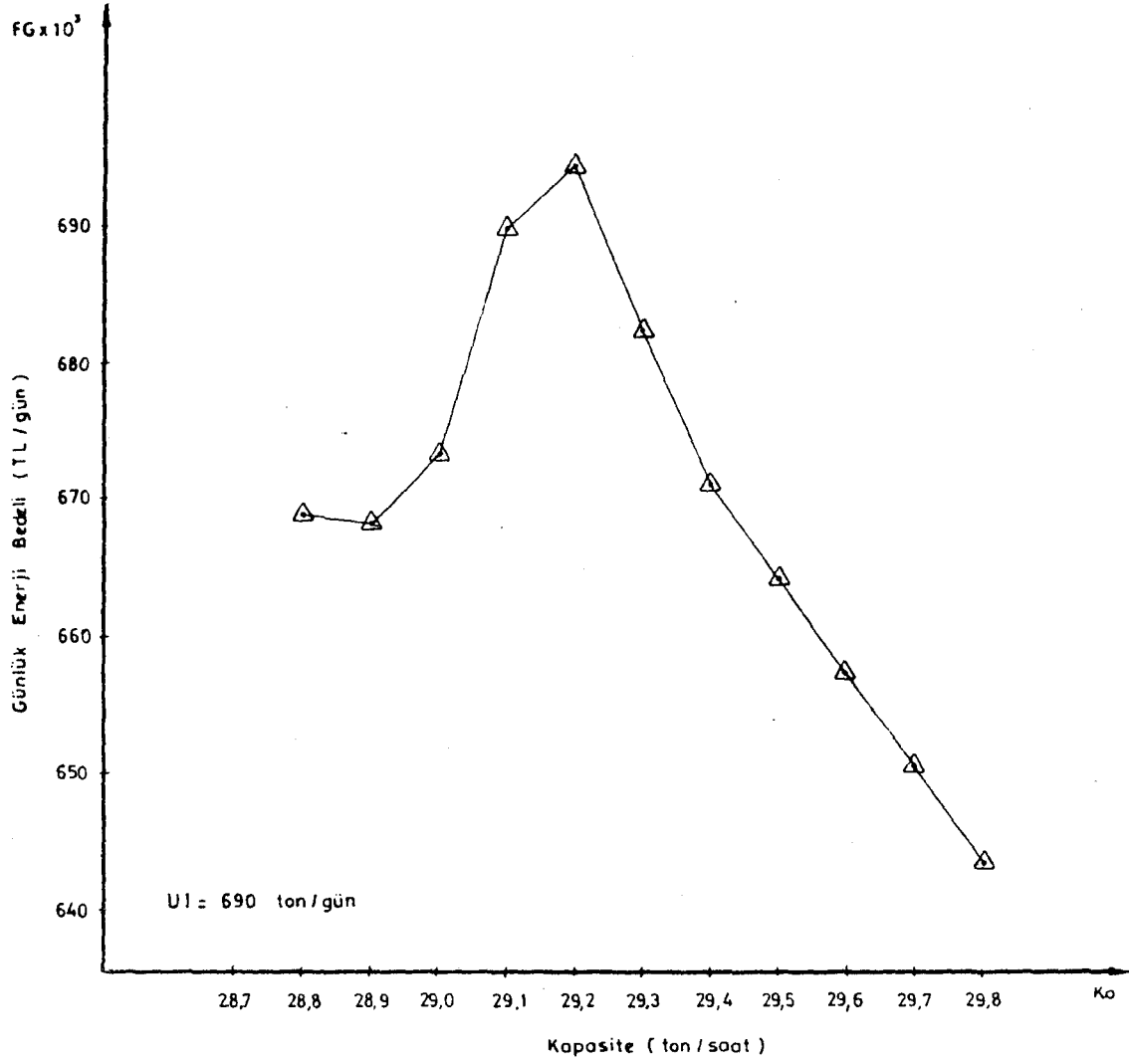
Şekil 5.33. Çamur değirmeni için günlük enerji bedeli-kapasite diyagramı



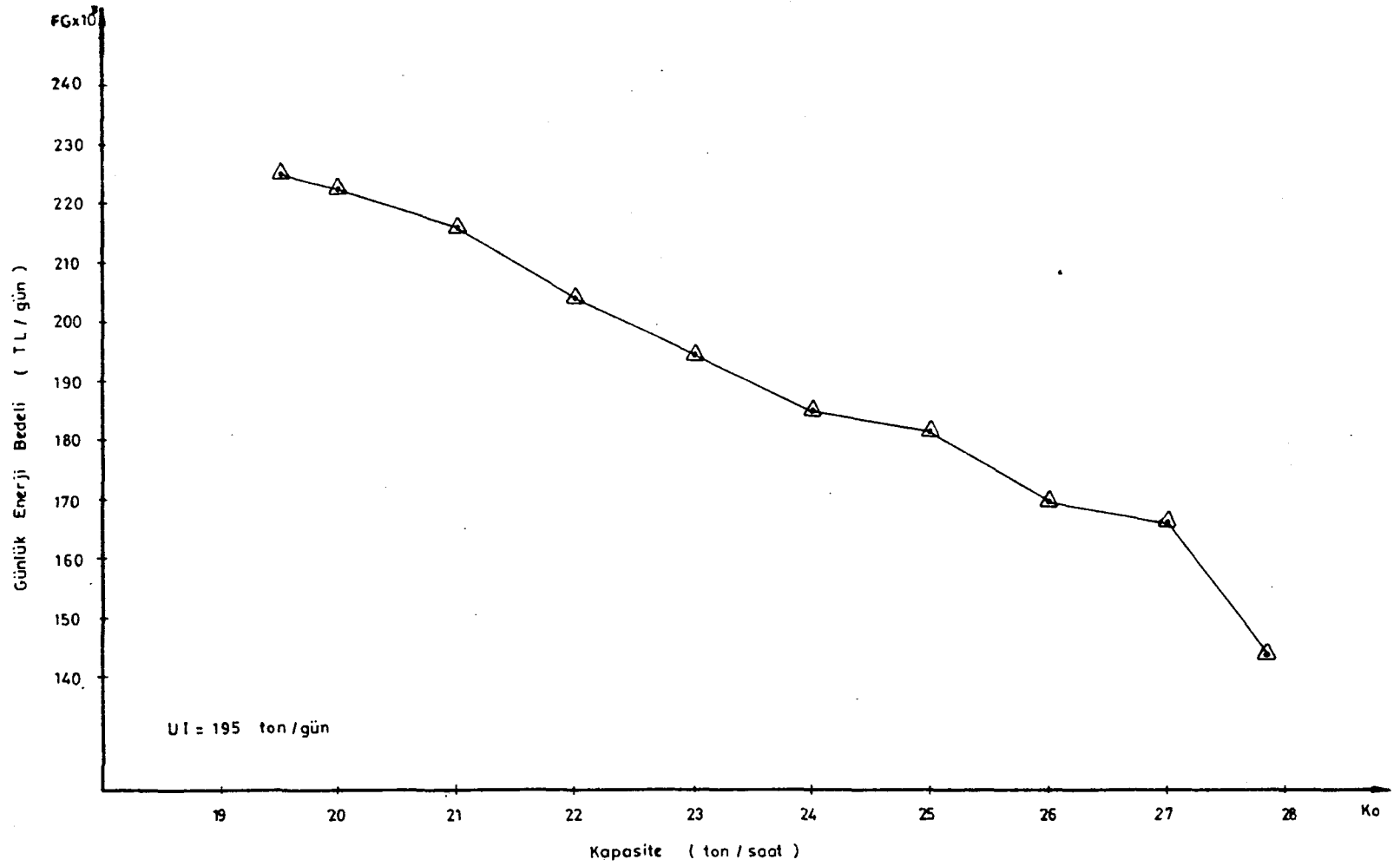
Şekil 5.34. Farin değirmeni için günlük enerji bedeli-kapasite diyagramı



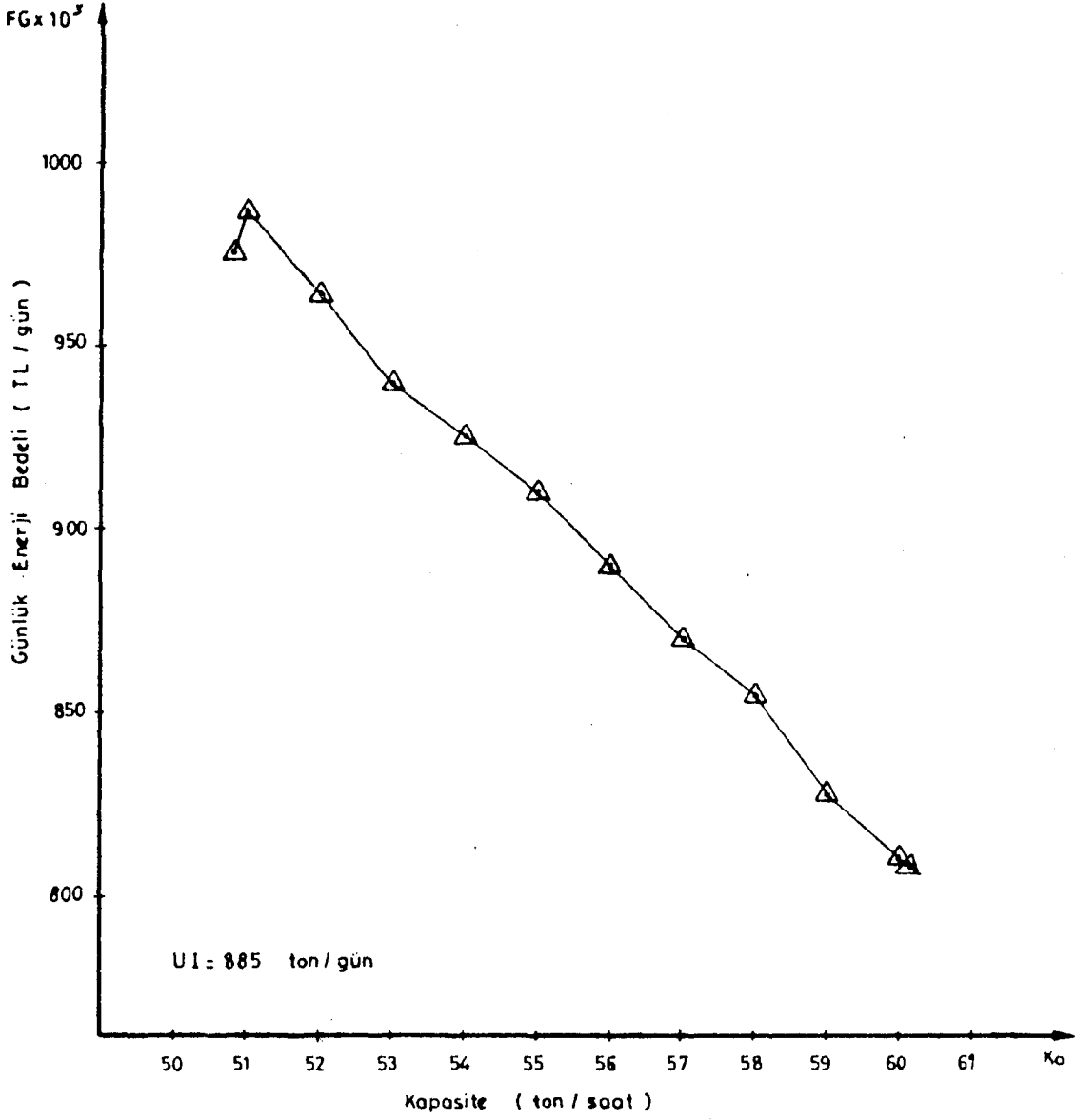
Şekil 5.35. Döner fırın-1 için günlük enerji bedeli-kapasite diyagramı



Şekil 5.36. Döner fırın-2 için günlük enerji bedeli-kapasite diyagramı



Şekil 5.37. Çimento değirmeni-1 için günlük enerji bedeli-kapasite diyagramı



Şekil 5.38. Çimento değirmeni-2 için günlük enerji bedeli-kapasite diyagramı

Çizelge 5.16. Ünitelerin optimum çalışma kapasiteleri

ÜNİTE	Kapasite ton hammadde/ saat	Ort.Özgül Ener- ji Tüketimi (kwh/ton hammadde)	Maximum Güç (Kwh/saat)	Minimum Güç (Kwh/saat)	Ortalama Güç (Kwh/saat)
Konkasör	131	1.42	212	160	186
Çamur Değirmeni	43.5	22.52	1042	917	979
Farin Değirmeni	103	20.13	1087	2060	2073.5
Döner Fırın-1	23.5	11.26	268	261	264.5
Döner Fırın-2	29.8	32.42	966	966	966
Çimento Değ.-1	27.85	38.78	1140	1020	1080
Çimento Değ.-2	60.05	36.19	2191	2155	2173

Çizelge 5.17. Ünitelerin kurulu kapasite ve kurulu güçleri

Ünite	Kurulu Kapasite (<u>ton hammadde</u>) saat	Kurul Güç (kw)
Konkasör	100	360
Çamur Değirmeni	41	1290
Farin Değirmeni	65	2855
Döner Fırın-1	23	640
Döner Fırın-2	33	2085
Çimento Değirmeni-1	27	1330
Çimento Değirmeni-2	60	2865

arttırılmış kapasiteyi karşılıyorsa, haliyle motor daha verimli çalışacak, sonuçta, özgül enerji tüketimi düşecektir.

Farin değirmeni için kurulu kapasite 65 ton/saat kurulu güç 2855 kw olarak verilmiştir (Bkz. Çizelge 5.17) Şekil 5.4. deki güç-kapasite diyagramına göre farin değirmeninin kapasitesi 103 ton/saat e çıkarıldığında, güç azalarak, ortalama şartlar itibariyle, 2073 kw değerini almıştır. Özgül enerji tüketimi ise, kurulu kapasite civarında, 31.5 kwh/ton hammadde iken, 103 ton hammadde/saat lik kapasite için 20 kwh/ton hammadde ye düşmektedir. Ancak farin değirmeninin mevcut elektrik motoru bu şartlarda düşük yükte çalışmaktadır. Başka bir deyişle, farin değirmeni, eldeki motor itibariyle, daha yüksek kapasitede çalışabilecek durumdadır.

Bu durumdaki ünitelerde, kapasite son sınıra geldiği halde bunu tahrik eden elektrik motoru hala tam güçte çalışmıyorsa, yani elektrik motoru düşük yükte çalışıyorsa, sistem sürekli olarak düşük yükte çalışacak; özgül enerji tüketimi, sürekli yüksek olacaktır. Bunun için, ya bu ünitenin elektrik motoru değiştirilmeli; ya da, bu motora uyacak kapasite artırımı için gerekli önlem alınmalıdır.

Bu yüzden daha başlangıçta, ünitenin elektrik motoru seçilirken, gücünün, kurulu kapasiteye uygun olmasına dikkat edilmeli... Gereğinden yüksek güçlü elektrik motorları kullanılmamasına özen gösterilmelidir.

Optimum kapasite araştırması yapılan altı ayda; gerçekleşen değerlere göre ve optimum kapasitelerle çalışma durumuna göre, ton çimento üretimi başına enerji tüketimi değerleri karşılaştırmalı olarak Çizelge 5.18. de verilmiştir.

1985 yılının söz konusu altı ayında ünitelerin ortalama özgül enerji tüketiminin (ton çimento üretimi başına) hesabı için Ek Açıklamalar-B de verilen yöntem izlenmiştir.

Çizelge 5.16. da ünitelerin optimum kapasitelerle çalışma durumu için verilen özgül enerji tüketimi ton hammadde üre-

Çizelge 5.18. Mayıs-Ekim 1985 tarihleri arası itibariyle gerçekleşen değerlere ve optimum kapasitelerle çalışma durumuna göre birim çimento üretimi başına enerji tüketimi

	Yaş Sistem		Kuru Sistem	
	Gerçekleşen değerler	Optimum kapasitelerle çalışma	Gerçekleşen değerler	Optimum kapasitelerle çalışma
	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton çimento}}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton çimento}}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton çimento}}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton çimento}}$
Konkasör	2.96	1.74	2.86	1.67
Çamur Değirmeni	34.15	34.15	-	-
Farin Değirmeni	-	-	29.42	27.24
Döner fırın	11.54	10.67	28.65	27.42
Kömür değirmeni	8.84	8.84	7.89	7.89
Çimento değirmeni	42.30	38.78	38.09	31.19
Paketleme	1.1	1.1	1.1	1.1
Gezer vinç	1.11	1.11	0.99	0.99
Kompresörler	0.85	0.85	0.76	0.76
Işık muhtelif	3.36	3.36	3.0	3.0
Trafo zayıatı	8.56	8.56	7.64	7.64
Toplam	114.77	109.16	120.4	113.9
Tasarruf	5.61		6.5	

timi için hesaplanmıştır. Bu değerler dönüşüm faktörleri yardımıyla ton çimento üretimi cinsine dönüştürülmüştür.

Optimum kapasite araştırması yapılmamış ünitelerdeki özgül enerji tüketimi için her iki durumda da "gerçekleşen değerler" esas alınmıştır.

Çizelge 5.18.in sonucuna göre ton çimento üretimi başına; yaş sistemde 5.61 kwh lik, kuru sistemde ise 6.5 kwh lik bir tasarruf yapılabileceği hesaplanmıştır. İncelenen altı ay için yaş ve kuru sistemin çimento üretimleri dikkate alındığında, aylık ortalama enerji tasarrufu ise 200000 kwh civarında olabileceği hesaplanmıştır.

5.3. Üretim Talebi ve Gece-Gündüz-Puvant Enerji Bedellerine Göre Günlük Çalışma Programı

Bu bölümde Eskişehir Çimento Fabrikası'ndaki tüm ünitelerin optimum kapasitelerle ve uygun çalışma domenlerinde çalışması durumunda, aylık enerji bedelini belirleyecek bir bilgisayar programı hazırlanmıştır.

Önce, aynı işlevi yapan ancak farklı özgül enerji tüketimli ünitelerin çalışma programını hazırlayan algoritma oluşturulmuştur.

Fabrika'daki tüm ünitelerin örnek alınan altı ay itibariyle belirlenen optimizasyon programıyla çalışması halinde, her ay için elde edilebilecek tasarruf hesaplanmış, sonuçlar diyagramlar üzerine yerleştirilerek yorumlanması yapılmıştır.

5.3.1. Aynı bir iş gören ama farklı özgül enerji tüketimli ünitelerde en iyi günlük çalışma programı

Hem yaş hem de kuru sistemle üretim yapan Eskişehir Çimento Fabrikası'nda aynı görevi yapan ancak, farklı "özgül enerji tüketimine" (birim hammadde üretimi başına enerji tüketimi) sahip iki çimento değirmeni vardır. Farklı zamanlarda alınan bu değirmenlerden ikincisinin özgül enerji tüketimi daha düşüktür. Çalışma domenlerindeki farklı

enerji bedelleri ve uygun çalışma kapasiteleri de dikkate alınarak, iki çimento değirmeninin optimum bir biçimde çalıştırılması düşünülmüştür. Bu tip özelliğe sahip üniteler için, o açıdan, ayrı bir matematik model kurulmuştur.

Üretimini tek bir ünite ile yapan sistemler "tek akışlı"; birden fazla ünite ile yapan sistemler ise, "iki akışlı ya da çok akışlı" sistemler olarak adlandırılmıştır. Çok akışlı sistemlerde aynı işi yapan ünitelerin sayısı i indisi ile gösterilmiştir.

Özgül enerji tüketimi EH_i ile, domenlere göre enerji bedeli FE_{D_j} nin çarpımı, her kullanım domeni için, çok akışlı ünitelerin birim hammadde üretimi başına enerji bedeli FH_{D_k} yı verecektir.

D_j kullanım domeni için, i akışlı bir sistemde, domendeki birim hammadde üretimi başına enerji bedeli FH_{D_k}

$$FH_{D_k} = (EH_i \times FE_{D_j}) \quad D_k = 1, 2, \dots, (n \times D) \quad (5.27)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

$$D_j = 1, 2, \dots, D$$

denklemleri ile ifade edilebilecektir. Denklem (5.13) ve (5.27) den yararlanılarak

$$FH_{D_k} = [(G_{o,i} / K_{o,i}) \times FE_{D_j}] \quad (5.28)$$

eşitliğine ulaşılabilecektir.

Denklem (5.28) ile iki veya çok akışlı sistemlerde ünitelerin domenler içinde hangi öncelikli sıra ile çalıştırılacağı tesbit edilecektir. Bunun için de ünitelerin birim hammadde başına enerji gideri FH_{D_k} değerlerinin, küçükten büyüğe sıralanması yapılarak ünitelerin bu öncelikli sıra ile çalıştırılması sağlanmıştır.

FH_{D_k} yı, ünitelere göre değişen özgül enerji tüketimi (EH_i) ile k domenlere göre değişen birim enerji bedeli FE_{D_j} etkilemektedir. Bu iki değişken değerlerin çarpılmasıyla çok akışlı ünitelerin "kullanım sırası" tesbit edilecektir.

Çok akışlı sistemlerde domendeki enerji tüketimi ve enerji bedeli için Denklem (5.6) ve (5.8) e benzer olarak

$$EDG_{D_k} = (G_{o,i} \times TDG_{D_j}) \quad (5.29)$$

ve

$$FDG_{D_k} = (EDG_{D_k} \times FE_{D_j}) \quad (5.30)$$

denklemleri yazılacaktır.

Denklem (5.5), (5.6) ve (5.13) den yararlanarak domendeki günlük üretim UDG için özgül enerji tüketimi EH_i yi de içine alan,

$$UDG_{D_k} = (EDG_{D_k} / EH_i) \quad (5.31)$$

ifadesi tanımlanabilecektir.

Eskişehir Çimento Fabrikası'nda, çimento üretimi iki akışlı sistemle gerçekleştirilmektedir. Fabrika'nın aylık toplam çimento üretimi belirlendikten sonra; üniteler, tesbit edilen kullanım sırası bazında, arzu edilen üretim düzeyine ulaşılan kadar çalıştırılacaktır. Her iki ünitenin domenlerdeki çalışma süreleri, üretimleri, enerji tüketimleri, enerji bedelleri ayrı ayrı toplanarak günlük program elde edilmiştir.

5.3.2. Tüm ünitelerin en iyi günlük çalışma programı

Hazırlanan bilgisayar programıyla, Eskişehir Çimento Fabrikası'nda, bütün ünitelerin istenilen üretim düzeyinde ve önceki bölümlerde açıkladığımız optimizasyon programı çerçevesinde - uygun domenlerde ve uygun kapasitelerde - çalıştırıldığında, Fabrika'nın enerji faturasının ne olacağı belirlenmiştir.

Programın ortaya koyacağı tasarrufun tesbiti amacıyla, incelenen aydaki bilgisayar programı sonuçlarıyla, Fabrika'nın ödediği enerji bedeli, karşılaştırılmıştır.

Fabrika'nın enerji raporlarında (E.Ç.F. Raporları, 1985) toplam onüç tüketim merkezi olduğu kaydedilmektedir.

Hazırlanan bilgisayar programında; verilerin ve tüketim merkezinin özelliğine göre, dört ayrı yol izlenmiştir. Hangi yolun izleneceği, "Araştırma Tipi" girdisiyle programın başında tesbit edilmektedir. Bu programın akış diyagramı Ek 13. de, program listesi ise Ek 14. de verilmiştir.

Tüketim merkezlerinden yedi tanesi için (konkasör, çamur değirmeni, farin değirmeni, döner fırın-1, döner fırın-2, çimento değirmeni 1-2), güç kapasite diyagramı çizilmiş ve herbiri için optimum çalışma kapasitesi ile buna karşılık gelen maksimum ve minimum güç değerleri belirlenmiştir (Bkz. Çizelge 5.16). Bu ünitelerin günlük ve aylık çalışma programı (çalışma saati, üretimi, enerji tüketimi, enerji bedeli) domenlerdeki farklı enerji bedelleri ve optimum çalışma şartları (kapasite, güç) dikkate alınarak bulunmuştur.

Bu gruptaki ünitelerin aylık enerji bedeli hesabında eldeki çalışma verileri itibariyle en uygun kapasite değerleri dikkate alınmıştır. Bu yüzden mevcut duruma göre daha az enerji tüketimi olacağı hesaplanmıştır. Ayrıca, ünitelerin, ucuz domende maksimum sürelerle çalıştığı durum gözönüne alındığından enerji bedelinde ek bir tasarruf daha olacağı hesaplanmıştır.

Ünitelerin önerilen işletme kapasiteleri, sürekli olarak çalıştırılabilmesi için uygun durumdadır. Ünitelerin gece domeninde sürekli olarak yüksek kapasitede çalışması durumunda, yeterli stoklama yeri bulunduğundan depolama problemi ortaya çıkmayacaktır. Fabrikada vardiyalı çalışma uygulandığından, kapasite artışı durumunda gece domenindeki işçi sayısında bir değişiklik olmayacaktır.

Günlük üretim olarak, fabrikaca istenilen değerler gözönüne alındığından, bir gün itibariyle stok ve talep problemleri ortaya çıkmayacaktır.

İncelenen yedi üniteden, çimento değirmenleri iki akışlı, diğerleri ise tek akışlı ünite olarak değerlendirilmiş-

tir. İstenilen günlük üretim, işletme kapasitesi ile buna tekabül eden güç değerleri girdi olarak verilmiştir.

Optimum kapasite araştırması yapılan bu ünitelerde "çalışma programı" maksimum, minimum ve ortalama şartlar için ayrı ayrı bulunmuştur. Bu özellikteki üniteleri belirlemek için programa ayrı bir girdi satırı eklenmiştir.

Çalışma saatleri ile üretimleri sürekli olarak rapor edilmemiş ünitelerin (kömür hazırlama, paketleme, gezer vinç, kompresörler), optimum çalışma şartları belirlenemediğinden hesaplamalarda bunların incelenen aydaki elektrik enerjisi tüketimleri esas alınmıştır. Bu gruptaki ünitelerin toplam elektrik enerjisi tüketimindeki payı yaklaşık % 10 civarında bulunmaktadır. Bu tip ünitelerde elektrik enerjisi tüketiminde değil, fakat ünitenin uygun domenlerde çalıştırıldığı durum itibariyle- aylık enerji bedelinin azaltılması söz konusu olabilecektir.

Bu tipteki üniteler için, birim hammadde üretimi başına enerji tüketimi EH, ünitenin günlük enerji tüketimi EI nin günlük üretim UI ye bölünmesiyle bulunmuştur:

$$EH = EI/UI \quad (5.32)$$

Günlük enerji tüketimi ve enerji bedeli için Denklem (5.6) ve Denklem (5.8) deki ifadelerden yararlanılmıştır.

Işık ve muhtelif giderler başlığı altında verilen tüketim grubu diğer bir araştırma tipini oluşturacaktır. Bu gruptaki günlük enerji tüketiminin günün 24 saatinde eşit dağıldığı kabul edilmiş ve güç için,

$$G_0 = EI/24 \quad (5.33)$$

denklemleri verilmiştir.

Dört ayrı araştırma tipi ile bütün ünitelerin enerji tüketimleri ve buna karşılık gelen enerji bedeli her kullanım domeni için ayrı ayrı belirlenip toplandıktan sonra, kablo ve trafo zaiyatı bu toplama, incelenen aydaki yüzdesi ile eklenmiştir.

Sonuçta, bulunan toplam elektrik enerjisi tüketimi miktarı, optimum çalışma şartlarında, fabrikanın o ayki enerji tüketimi olmaktadır. Bulunan parasal meblağ ise, enerji tüketimi karşılığı ödenecek bedel olmaktadır.

Aylık toplam enerji giderini hesaplamak için, yukarıda bulunan değere sözleşme gücü karşılığı ödenecek para ile genel toplama tekabül eden meblağa, katma değer vergisi dahil edilmektedir.

5.3.3. Sonuçların değerlendirilmesi

Hazırlanan bilgisayar programı 1985 yılına ait altı ay için çalıştırılmıştır. İncelenen süreler zarfında birim enerji tüketiminin bedeli, gece domeninde 19.9 TL/kwh , gündüz domeninde 29.7 TL/kwh , puvant domeninde ise 41 TL/kwh değerindedir.

Program çıktısında ünitelerin her domendeki, çalışma süresi, üretimi, enerji tüketimi ve enerji bedeli gösterilmiştir. Bunlar kendi aralarında toplanarak bir ay boyunca her domendeki toplam enerji tüketimi ve enerji bedeli hesaplanmıştır.

Ayrıca, her ünitenin günlük ve aylık programları da (çalışma süresi, üretimi, enerji tüketimi, enerji bedeli) belirlenmiştir.

Güç-kapasite diyagramları çıkartılarak, optimum kapasite çalışması yapılan ünitelerde, yukarıda sözü edilen çıktılar, maksimum, minimum ve ortalama şartlar için ayrı ayrı gösterilmiştir.

İncelenen bütün üniteler için sonuçların genel toplamı, yine maksimum, minimum ve ortalama şartlar başlığı altında ayrı ayrı verilmiştir. Bu başlık altında Fabrika'nın o ayki toplam enerji tüketimi ile toplam enerji bedelinin yanısıra, her domendeki aylık enerji tüketimi ile enerji bedeline de yer verilmiştir.

İncelenen altı ay için Fabrika'nın gerçekleşen enerji tüketimi ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması için çizelgeler hazırlanmıştır. 1985 in Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarına ait söz konusu karşılaştırmalar Çizelge 5.19. ile Çizelge 5.24. arasındaki çizelgelerde sergilenmiştir.

Fabrika'nın-TEK tarafından gönderilen faturaya göre aylık (domenlere göre ve toplam) elektrik enerjisi tüketimi E_F ile, hazırlanan bilgisayar programı sonucu maksimum, ortalama ve minimum şartlarda aylık (domenlere göre ve toplam) elektrik enerjisi tüketimi E_B ile sembolize edilmiştir.

Faturada gerçekleşen tüketim ile, öngörülen program sonucu gerçekleşecek tüketim arasında, domenlerdeki tüketim ve toplam tüketim itibariyle, görülen farklar ΔE sütunu altında verilmiştir.

ΔE farkının, E_F ye oranı ($\Delta E/E_F$) yine domenlere göre ve toplam değere göre ayrı ayrı verilmiştir. Bu oran, önerilen programın uygulanması halinde, incelenen aydaki "enerji tasarruf yüzdesini" göstermektedir.

Enerji tasarruf yüzdesi faturada gerçekleşen enerji tüketimi miktarında yapılacak tasarrufu göstermektedir.

Aylık toplam elektrik enerjisi tüketimi farkı ΔE , ünitelerin uygun kapasitelerle çalıştırılması sonucu elde edilebilecek enerji tasarrufunu göstermektedir.

İncelenen altı ay için, Fabrika'nın ödediği enerji bedeli ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması amacıyla da çizelgeler düzenlenmiştir. 1985 in Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim aylarına ait karşılaştırmalı değerler, sırasıyla Çizelge 5.25. ile 5.30. arasındaki çizelgelerde verilmiştir.

TEK tarafından gönderilen faturaya göre, aylık (domenlere göre ve toplam) elektrik enerjisi bedeli F_F ile, hazırlanan bilgisayar programı sonucu maksimum, ortalama ve

Çizelge 5.19. Mayıs 1985 de domenlere göre gerçekleşen enerji tüketimi ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması

	$E_F \times 10^6$ (kwh/ay)	$E_B \times 10^6$ (kwh/ay)	$\Delta E = (E_F - E_B) \times 10^3$ (kwh/ay)	$\Delta E / E_F$ (%)	
GECE	1.355	1.749	-394	-29	Maksimum
		1.722	-367	-27	Ortalama
		1.694	-339	-25	Minimum
GÜNDÜZ	1.654	1.46	194	11.7	Maksimum
		1.45	204	12.3	Ortalama
		1.439	215	12.9	Minimum
PUVANT	0.580	0.143	437	75.3	Maksimum
		0.143	437	75.3	Ortalama
		0.143	437	75.3	Minimum
TOPLAM	3.589	3.353	236	6.5	Maksimum
		3.315	274	7.6	Ortalama
		3.278	311	8.6	Minimum

Çizelge.5.20. Haziran 1985 de domenlere göre gerçekleşen enerji tüketimi ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması

	$E_F \times 10^6$ (kwh/ay)	$E_B \times 10^6$ (kwh/ay)	$\Delta E = (E_F - E_B) \times 10^3$ (kwh/ay)	$\Delta E / E_F$ (%) _F	
GECE	1.233	1.735	-502	-40.7	Maksimum
		1.709	-476	-38.6	Ortalama
		1.682	-499	-36.4	Minimum
GÜNDÜZ	1.498	1.039	459	30.6	Maksimum
		1.034	464	30.9	Ortalama
		1.029	470	31.3	Minimum
PUVANT	0.424	0.132	292	68.8	Maksimum
		0.132	292	68.8	Ortalama
		0.132	292	68.8	Minimum
TOPLAM	3.155	2.907	248	7.8	Maksimum
		2.875	280	8.8	Ortalama
		2.844	311	9.8	Minimum

Çizelge 5.22. Ağustos 1985 de domenlere göre gerçekleşen enerji tüketimi ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması

	$E_F \times 10^6$ (kwh/ay)	$E_B \times 10^6$ (kwh/ay)	$\Delta E = (E_F - E_B) \times 10^3$ (kwh/ay)	$\Delta E / E_F$ (%)	
GECE	1.380	1.858	-478	-34.6	Maksimum
		1.822	-442	-32	Ortalama
		1.786	-406	-29.4	Minimum
GÜNDÜZ	1.803	1.614	189	10.4	Maksimum
		1.592	211	11.7	Ortalama
		1.570	233	12.9	Minimum
PUVANT	0.685	0.181	504	73.5	Maksimum
		0.180	505	73.7	Ortalama
		0.180	505	73.7	Minimum
TOPLAM	3.869	3.653	216	5.5	Maksimum
		3.595	274	7	Ortalama
		3.537	332	8.5	Minimum

Çizelge 5.23. Eylül 1985 de domenlere göre gerçekleşen enerji tüketimi ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması

	$E_F \times 10^6$ (kwh/ay)	$E_B \times 10^6$ (kwh/ay)	$\Delta E = (E_F - E_B) \times 10^3$ (kwh/ay)	$\Delta E / E_F$ (%)	
GECE	1.380	1.688	-308	-22.3	Maksimum
		1.661	-281	-20.3	Ortalama
		1.634	-254	-18.4	Minimum
GÜNDÜZ	1.804	1.764	40	2.2	Maksimum
		1.744	60	3.3	Ortalama
		1.724	80	4.4	Minimum
PUVANT	0.512	0.171	341	66.6	Maksimum
		0.170	342	66.7	Ortalama
		0.169	343	66.9	Minimum
TOPLAM	3.698	3.624	74	2	Maksimum
		3.576	122	3.2	Ortalama
		3.528	170	4.5	Minimum

Çizelge 5.24. Ekim 1985 de domenlere göre gerçekleşen enerji tüketimi ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması

	$E_F \times 10^6$ (kwh/ay)	$E_B \times 10^6$ (kwh/ay)	$\Delta E = (E_F - E_B) \times 10^3$ (kwh/ay)	$\Delta E / E_F$ (%)	
GECE	1.357	1.774	-417	-30.7	Maksimum
		1.743	-386	-28.4	Ortalama
		1.713	-356	-26.2	Minimum
GÜNDÜZ	1.791	1.652	139	7.7	Maksimum
		1.538	153	8.5	Ortalama
		1.625	166	9.2	Minimum
PUVANT	0.581	0.223	358	61.6	Maksimum
		0.221	360	61.9	Ortalama
		0.219	362	62.3	Minimum
TOPLAM	3.730	3.650	80	2.1	Maksimum
		3.604	126	3.3	Ortalama
		3.558	172	4.6	Minimum

Çizelge 5.25. Mayıs 1985 de domenlere göre ödenen enerji bedeli ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması

	$F_F \times 10^6$ (TL/ay)	$F_B \times 10^6$ (TL/ay)	$\Delta E = (F_F - F_B) \times 10^6$ (TL/ay)	$\Delta F / F_F$ (%)	
GECE	26.2	34.8	-8.6	-32.8	Maksimum
		34.2	-8	-30.5	Ortalama
		33.7	-7.5	-28.6	Minimum
GÜNDÜZ	48.30	43.3	5	10.3	Maksimum
		43.0	5.3	10.9	Ortalama
		42.7	5.6	11.6	Minimum
PUVANT	23.51	5.8	17.7	75.3	Maksimum
		5.8	17.7	75.3	Ortalama
		5.8	17.7	75.3	Minimum
TOPLAM	98.1	84	14.1	14.3	Maksimum
		83.2	14.9	15.1	Ortalama
		82.3	15.8	16.1	Minimum

Çizelge 5.26. Haziran 1985 de domenlere göre ödenen enerji bedeli ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması

	$F_F \times 10^6$ (TL/ay)	$F_B \times 10^6$ (TL/ay)	$\Delta E = (F_F - F_B) \times 10^6$ (TL/ay)	$\Delta F / F_F$ (%)	
GECE	24.5	34.5	-10	-40.8	Maksimum
		34.0	- 9.5	-38.7	Ortalama
		33.4	- 8.9	-36.7	Minimum
GÜNDÜZ	44.5	30.8	13.7	30.7	Maksimum
		30.7	13.8	31.0	Ortalama
		30.5	14.0	31.4	Minimum
PUVANT	17.4	5.4	12	68.9	Maksimum
		5.4	12	68.9	Ortalama
		5.4	12	68.9	Minimum
TOPLAM	86.4	70.8	15.6	18.0	Maksimum
		70.1	16.3	18.8	Ortalama
		79.4	17.0	19.6	Minimum

Çizelge 5.27. Temmuz 1985 de domenlere göre ödenen enerji bedeli ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması

	$F_F \times 10^6$ (TL/ay)	$F_B \times 10^6$ (TL/ay)	$\Delta E = (F_F - F_B) \times 10^6$ (TL/ay)	$\Delta F / F_F$ (%)	
GECE	30.6	37.0	-6.4	-20.9	Maksimum
		36.4	-5.8	-18.9	Ortalama
		35.7	-5.1	-16.6	Minimum
GÜNDÜZ	57.8	59.2	-1.4	- 2.4	Maksimum
		58.4	-0.6	- 1.0	Ortalama
		57.7	0.1	0.1	Minimum
PUVANT	27.4	10.6	16.8	61.3	Maksimum
		10.4	17	62.0	Ortalama
		10.2	17.2	62.7	Minimum
TOPLAM	115.9	106.9	9	7.7	Maksimum
		105.3	10.6	9.1	Ortalama
		103.7	12.2	10.5	Minimum

Çizelge 5.28. Ağustos 1985 de domenlere göre ödenen enerji bedeli ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması

	$F_F \times 10^6$ (TL/ay)	$F_B \times 10^6$ (TL/ay)	$\Delta F = (E_F - F_B) \times 10^6$ (TL/ay)	$\Delta F / F_F$ (%)	
GECE	27.4	36.9	-9.5	-34.6	Maksimum
		36.2	-8.8	-32.1	Ortalama
		35.5	-8.1	-29.5	Minimum
GÜNDÜZ	53.5	47.9	5.6	10.4	Maksimum
		47.3	6.2	11.5	Ortalama
		46.6	6.9	12.8	Minimum
PUVANT	28.0	7.42	20.5	73.5	Maksimum
		7.4	20.6	73.5	Ortalama
		7.39	20.6	73.6	Minimum
TOPLAM	109.1	92.3	16.8	15.3	Maksimum
		90.9	18.2	16.6	Ortalama
		89.5	19.6	17.9	Minimum

Çizelge 5.29. Eylül 1985 de domenlere göre ödenen enerji bedeli ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması

	$E_F \times 10^6$ (TL/ay)	$F_B \times 10^6$ (TL/ay)	$\Delta F = (F_F - F_B) \times 10^6$ (TL/ay)	$\Delta F / F_F$ (%)	
GECE	27.4	33.6	-6.2	-22.6	Maksimum
		33	-5.6	-20.4	Ortalama
		32.5	-5.1	-18.6	Minimum
GÜNDÜZ	53.6	52.4	1.2	2.2	Maksimum
		51.8	1.8	3.3	Ortalama
		51.2	2.4	4.4	Minimum
PUVANT	21.0	7	14	66.7	Maksimum
		6.98	14.02	66.7	Ortalama
		6.95	14.05	66.9	Minimum
TOPLAM	102.0	93	9	8.8	Maksimum
		91.8	10.2	10.0	Ortalama
		90.7	11.3	11.0	Minimum

Çizelge 5.30. Ekim 1985 de domenlere göre ödenen enerji bedeli ile bilgisayar sonuçlarının karşılaştırılması

	$E_F \times 10^6$ (TL/ay)	$F_B \times 10^6$ (TL/ay)	$\Delta F = (E_F - F_B) \times 10^6$ (TL/ay)	$\Delta F / F_F$ (%)	
GECE	27.0	35.3	-8.3	-30.7	Maksimum
		34.7	-7.7	-28.5	Ortalama
		34.0	-7	-25.9	Minimum
GÜNDÜZ	53.2	49.0	4.2	7.8	Maksimum
		48.6	4.6	8.6	Ortalama
		48.2	5	9.3	Minimum
PUVANT	23.8	9.1	14.7	61.7	Maksimum
		9.08	14.72	61.8	Ortalama
		9	14.8	62.1	Minimum
TOPLAM	104.0	93.5	10.5	10.0	Maksimum
		92.4	11.6	11.1	Ortalama
		91.3	12.7	12.2	Minimum

minimum şartlarda aylık (domenlere göre ve toplam) enerji bedeli ise F_B ile gösterilmiştir.

Her iki enerji bedeline, sözleşme gücü karşılığı ödenen para ile, toplam miktarın katma değer vergisi ve diğer vergiler dahil edilmemiştir.

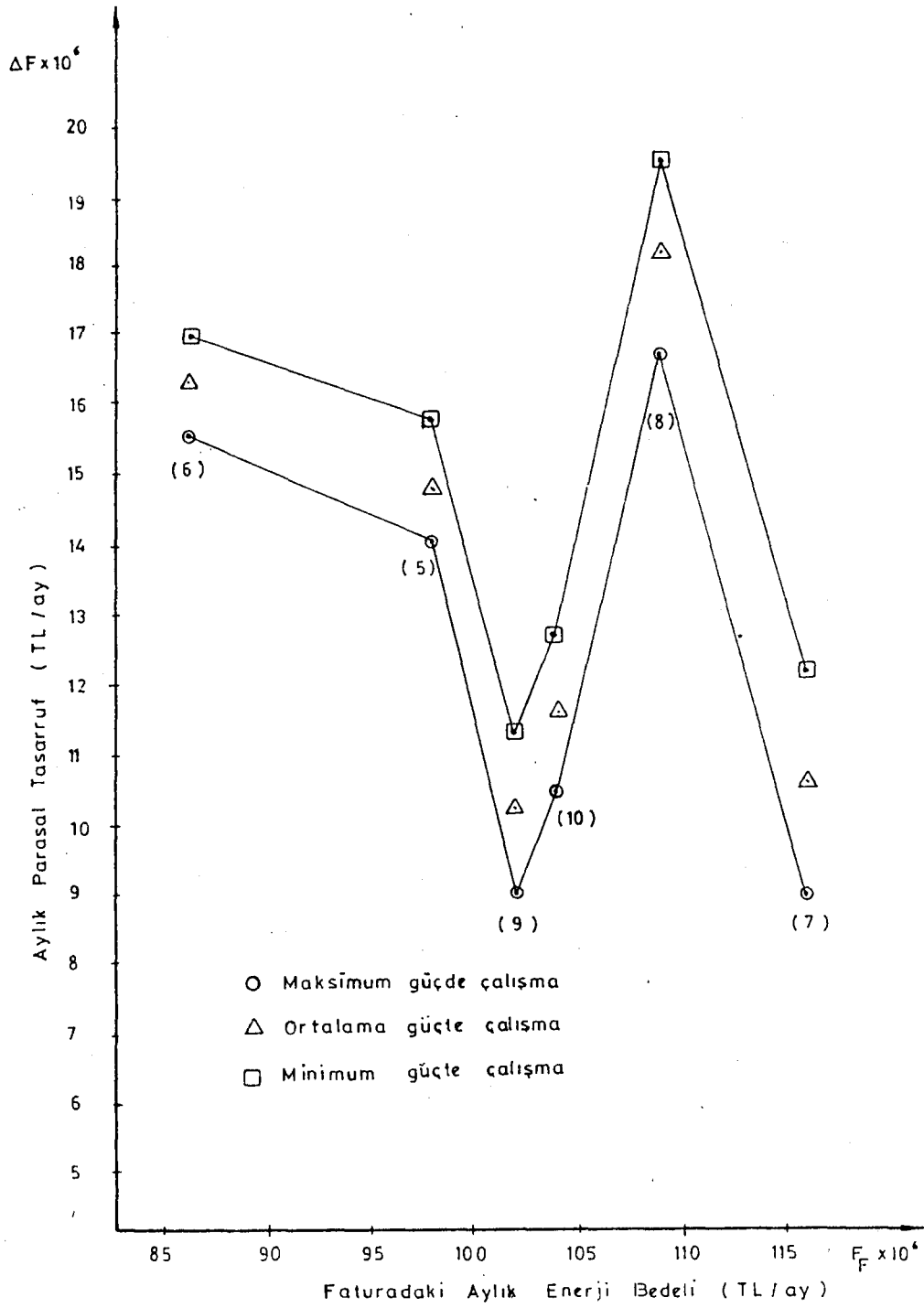
Bu çizelgelerde ayrıca, her ay (domenlere göre ve toplam) için elde edilebilecek parasal kazanç ΔF ile, bu kazancın fiiliyatta ödenen paraya oranı ise $\Delta F/F_F$ ile gösterilmiştir. Bu oran, önerilen programın incelenen ayda uygulanması halinde, ödenen para itibariyle, yapılacak "tasarruf yüzdesini" göstermektedir.

Aylık toplam parasal tasarruf miktarı ΔF , ünitelerin hem uygun kapasitelerde çalışma; hem de her üç domene uygun biçimde dağıtılması sonucu elde edilebilecek tasarrufu işaret etmektedir.

ΔF farkı ile $\Delta F/F_F$ oranının, aylık toplam değerle birlikte, domenlere göre de hesaplanmış olması, çalışmayı ucuz domenlere kaydırma yoluyla yapılan tasarrufun daha iyi görülmesini sağlamıştır. Bu durumda; ucuz domen "gece" nin yükü eskiye göre arttırmış, pahalı domen "puvant" ın yükü ise azaltılmıştır.

İncelenen altı ayın üçünde (Mayıs, Haziran, Eylül) yalnızca kuru sistem fırın faaliyette bulunmuştur. Geriye kalan üç ayda ise, her iki sistem birlikte çalışmıştır. Bu üç ayda, kuru sistem fırın yine sürekli olarak çalıştırılmasına rağmen, yaş sistem fırın; Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarında sırasıyla 13,19 ve 8 gün faaliyette bulunmuştur. Ağustos ayına ait günlük optimum çalışma programını veren bilgisayar çıktısı Ek15. de verilmiştir.

Enerji tüketimi ve enerji bedeline göre hazırlanan bu çizelgeleri, daha iyi yorumlayabilmek üzere çizelge verileri diyagramlara taşınmıştır. Şekil 5.39'. da, ΔF parasal kazancına karşılık Fabrika'nın ödediği F_F enerji bedeli diyagramı çizilmiştir. Bu diyagrama göre Fabrika'nın öde-



Şekil 5.39. Faturadaki aylık enerji bedeli ile sağlanabilecek enerji tasarrufu arasındaki ilişki

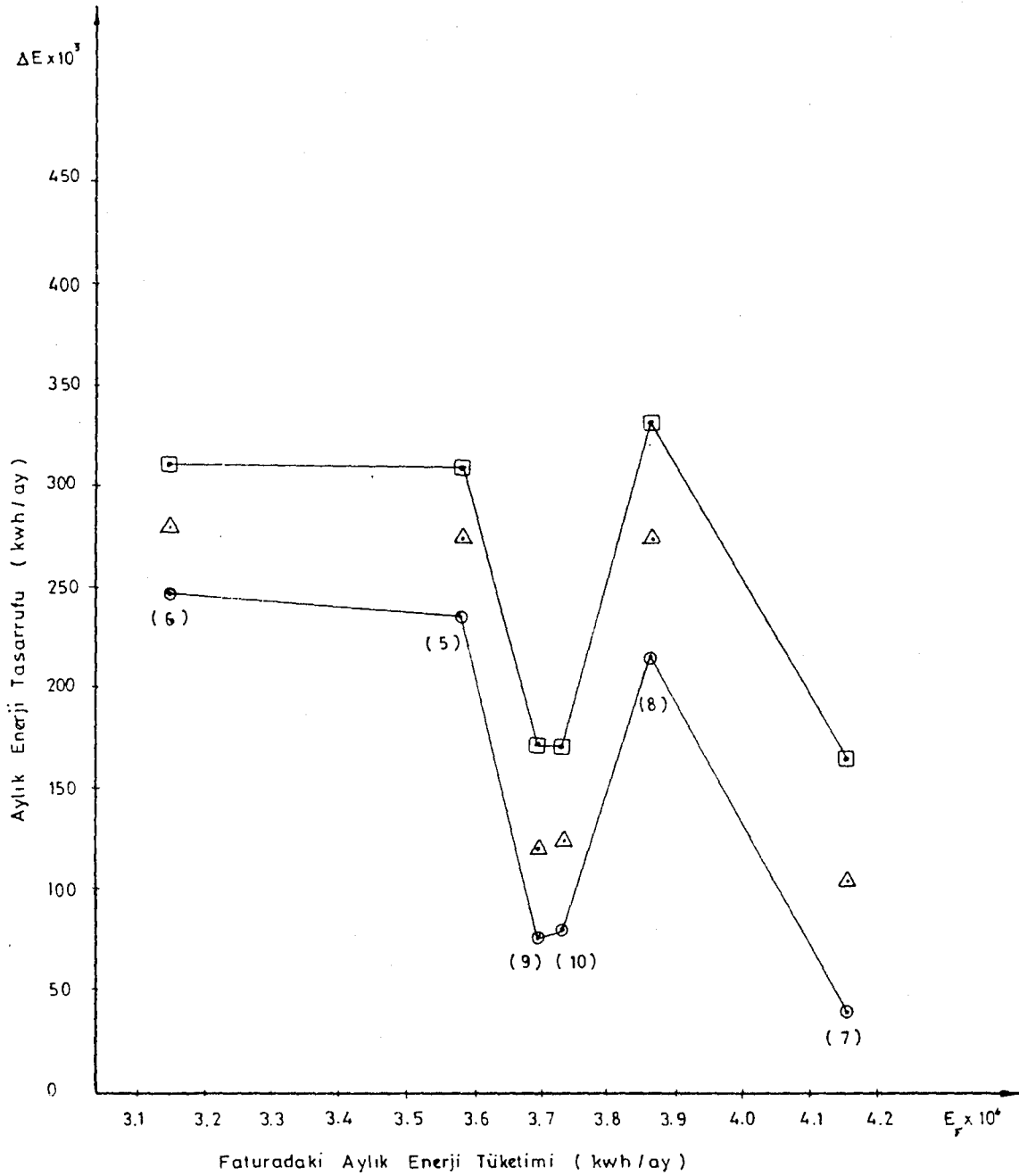
diği aylık toplam enerji bedeli düştükçe sağlanan tasarruf artmaktadır. Diyagramdaki noktaların ait olduğu aylar, parantez içinde belirtilmiştir.

şekil 5.39. daki diyagramdan görüldüğu gibi aylık kazanç miktarı ortalama şartlar itibariyle 18 milyon ₺ ye kadar çıkmıştır. Genel gidişata uymayan Ağustos ayı hariç tutulursa faturadaki aylık enerji bedeli 116 Milyon ₺ den 87 Milyon ₺ ye düşerken, sağlanabilecek aylık kazanç miktarı, ortalama şartlar dikkate alınırsa, 10.5 Milyon ₺ den 16.5 Milyon ₺ ye doğru artmaktadır. Ağustos ayındaki uyumsuzluğun - normal gidişata göre daha fazla tasarruf sağlanmasının - nedeni, çimento değirmenlerinin düşük kapasitelerle ve aynı zamanda yüksek enerji tüketimli çimento değirmeni-1 in, düşük enerji tüketimli çimento değirmeni-2 den daha fazla çalıştırılmasından kaynaklanmaktadır.

şekil 5.40. da fiiliyattaki enerji tüketimi E_f ye karşı, elektrik enerjisinde öngörülen enerji tasarrufu ΔE diyagramı görülmektedir. Burada yapılan tasarruf, ünitelerin uygun kapasite ile çalıştırılması sonucu elde edilmiştir.

şekil 5.39. daki diyagramla şekil 5.40. daki diyagram incelendiğinde ilginç bir durum görülmüştür. Temmuz ayı için elde edilen enerji tasarrufu ortalama şartlardaki çalışma durumu için 105×10^3 kwh civarında olmaktadır. Bu tasarrufun tamamı puvant domeninden elde edilse bile, bunun sağlayacağı parasal tasarruf (105×10^3 kwh/ay \times 41 TL/kwh), 4.3 Milyon ₺ civarında olmaktadır. Oysa, şekil 5.38. den görüldüğu gibi söz konusu noktadaki tasarruf ortalama şartlar itibariyle 10.6 Milyon ₺ civarında olmaktadır. Aradaki fark, ünitelerin uygun domenlerde çalıştırılmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum diğer aylar için de kendini göstermektedir.

şekil 5.39. ve 5.40. daki diyagramlara göre Fabrika'nın enerji tüketimi azaldıkça elde edilebilecek tasarruf artmaktadır.



Şekil 5.40. Faturadaki aylık enerji tüketimi ile sağlanabilecek enerji tasarrufu arasındaki ilişki

Fabrika işletme raporlarından söz konusu aylar için klinker üretimine bakılmış, bu değerle enerji tasarrufu arasındaki ilişki incelenmiştir.

Şekil 5.41. deki üretime karşılık parasal tasarruf diyagramı ile, Şekil 5.42. deki üretime karşılık enerji tasarrufu diyagramı, Şekil 5.39. ve 5.40. daki görüntünün daha iyi yorumlanmasını sağlamaktadır.

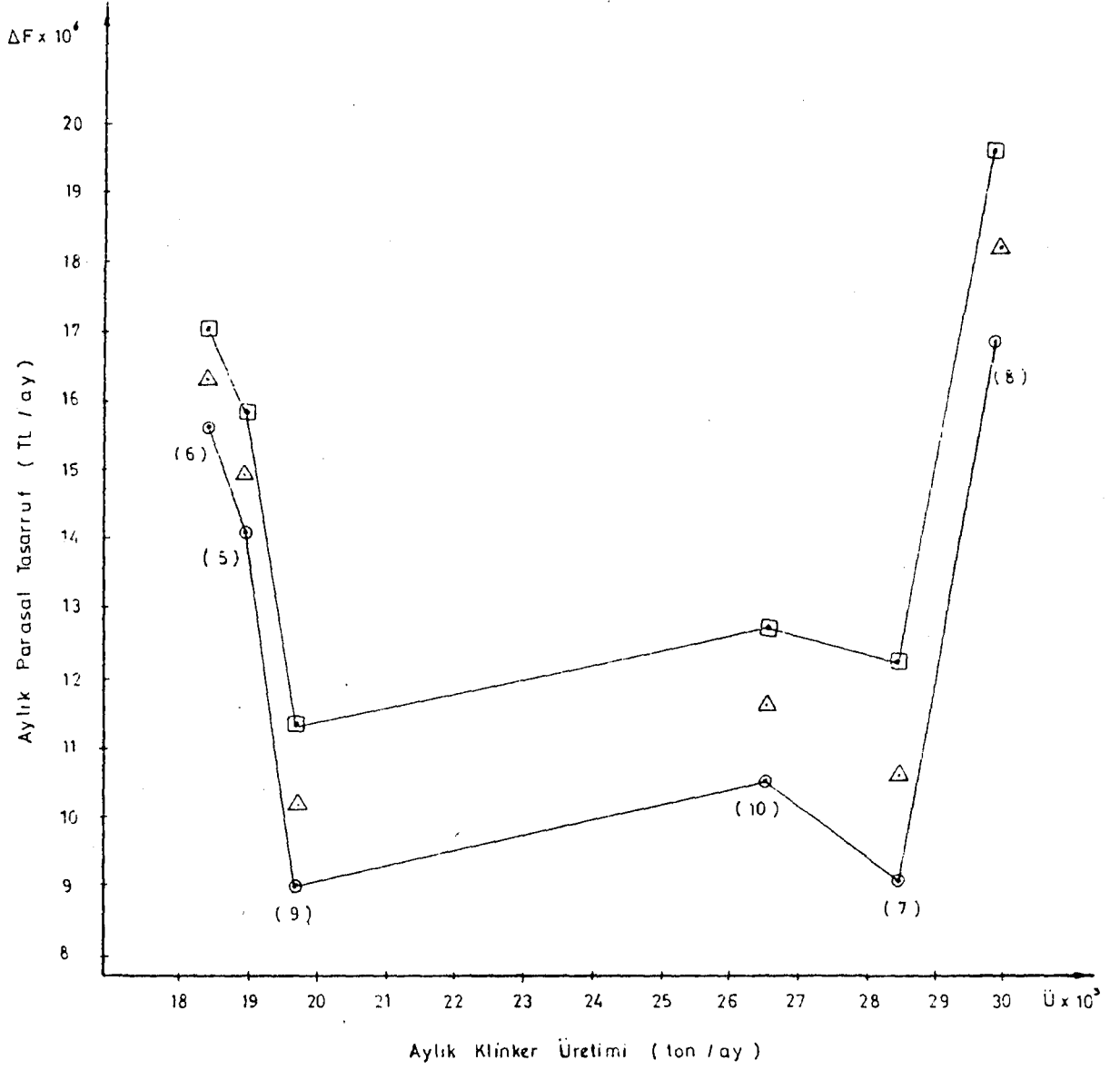
Fiiliyatta ödenen enerji bedeli ile, optimizasyon programı sonucu yapılabilecek tasarruf yüzdesi arasındaki ilişki Şekil 5.43. de fiiliyattaki enerji tüketimi ile, uygulanacak program sonucu sağlanacak enerji tasarruf yüzdesi arasındaki ilişki ise Şekil 5.44. de sunulmuştur.

İncelenen altı ay içinde, aylık enerji bedeli, 116 Milyon ₺ den 87 Milyon ₺ ye düşerken, ödenen paraya oranla, sağlanan tasarruf yüzdesi, yaklaşık % 10 dan % 20 ye doğru yükselmiştir. Benzer yorum, Şekil 5.44. de verilen elektrik enerjisi tasarruf yüzdesinde de yapılabilmektedir. Ağustos ayındaki uyumsuzluk burada da açıkça görülmektedir.

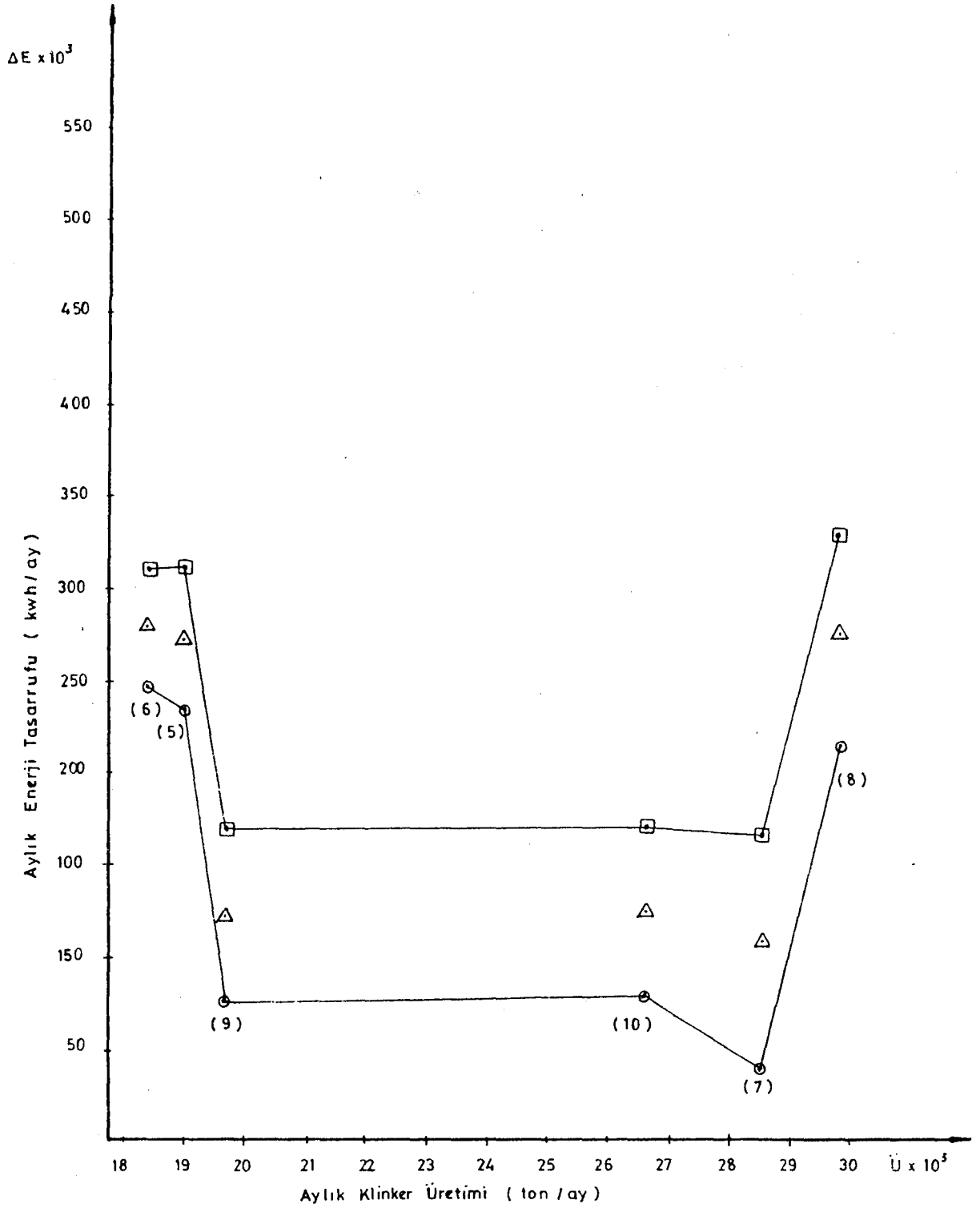
Şekil 5.45. deki aylık klinker üretime karşılık Fabrika'nın ödediği para miktarı ile, optimizasyon sonucu ödenecek miktarlar topluca görülmektedir. Bu şekilden, incelenen aylardaki üretime karşılık elde edilebilecek tasarruf miktarları da izlenebilmektedir. Üretim arttıkça, beklenildiği gibi, enerji bedeli de artmaktadır.

Ağustos ayında burada da bir düzensizlik görülmektedir. Aylık klinker üretimi miktarı Temmuz ayından daha fazla olmasına karşın daha az enerji bedeli ödenmiştir. Ağustos ayında, klinker üretimi, Temmuz ayına göre daha fazla olmasına karşın, çimento üretimi daha az olmuş ve toplam enerji tüketiminin yaklaşık % 30 unu oluşturan çimento değirmenleri daha az çalışmıştır. Bu da toplam enerji bedelinin düşmesine neden olmuştur.

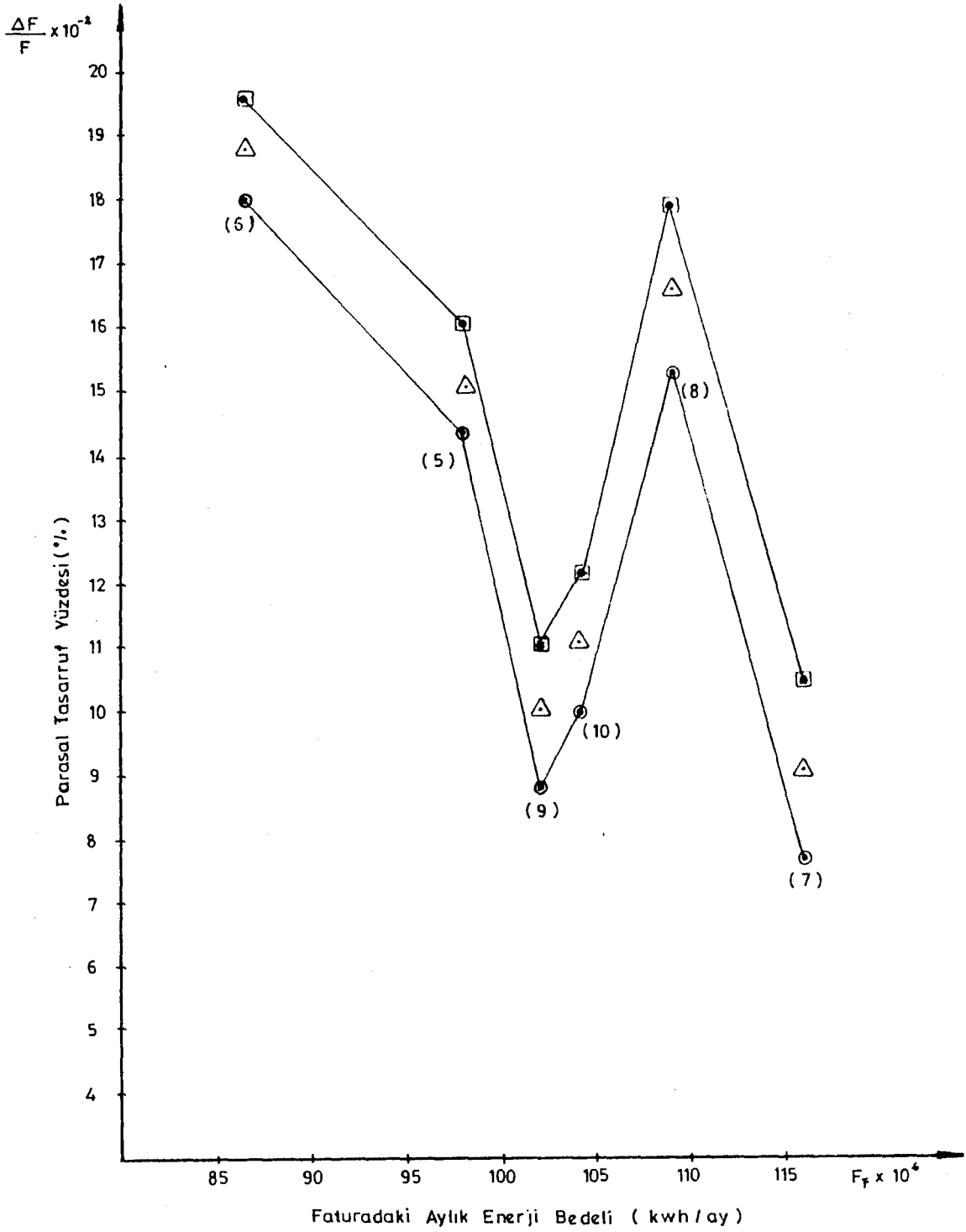
Şekil 5.46.da, aylık klinker üretime karşılık Fabrika'nın enerji tüketimi ile optimizasyon programı sonundaki



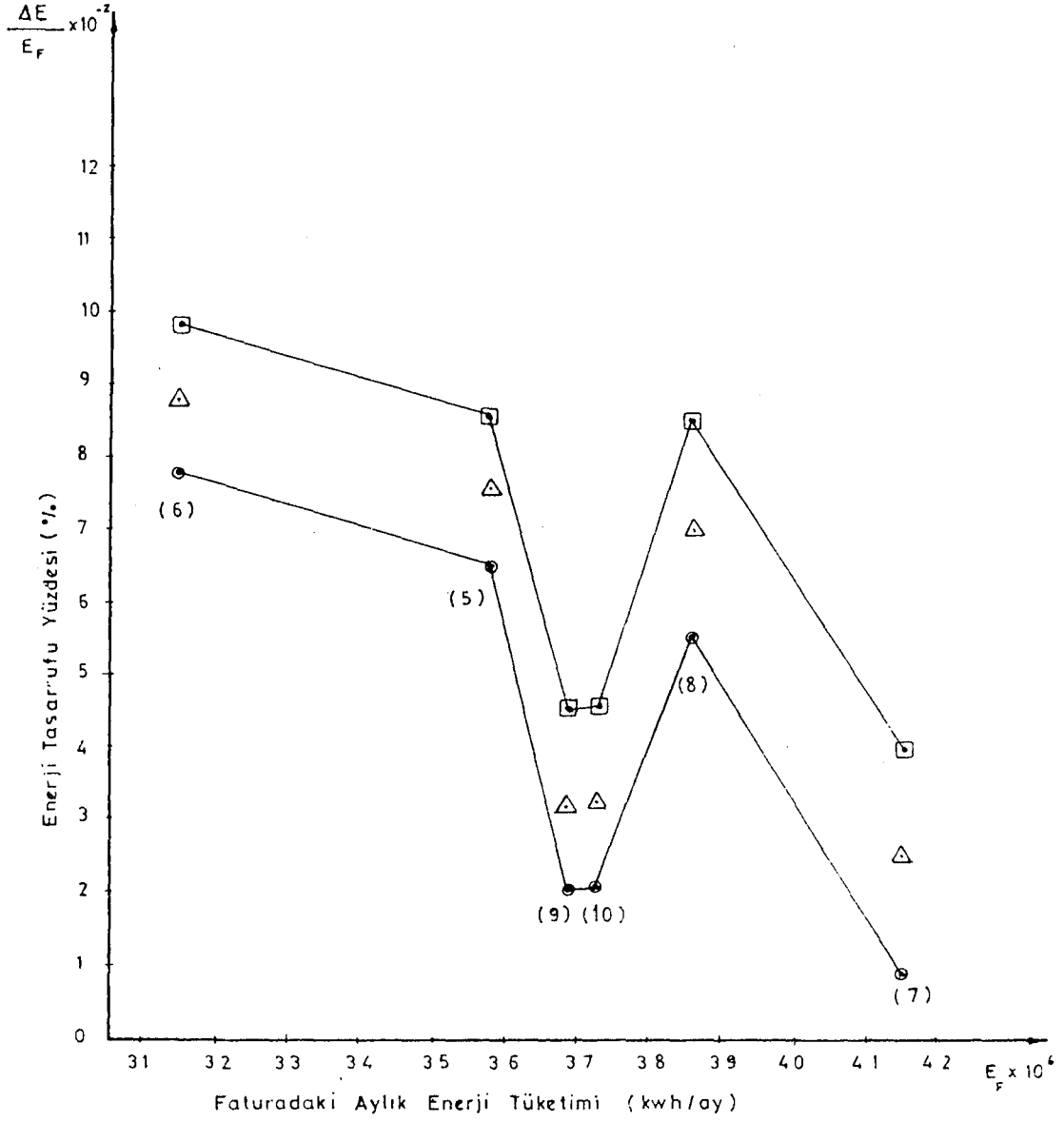
Şekil 5.41. Aylık klinker üretimi ile aylık parasal tasarruf arasındaki ilişki



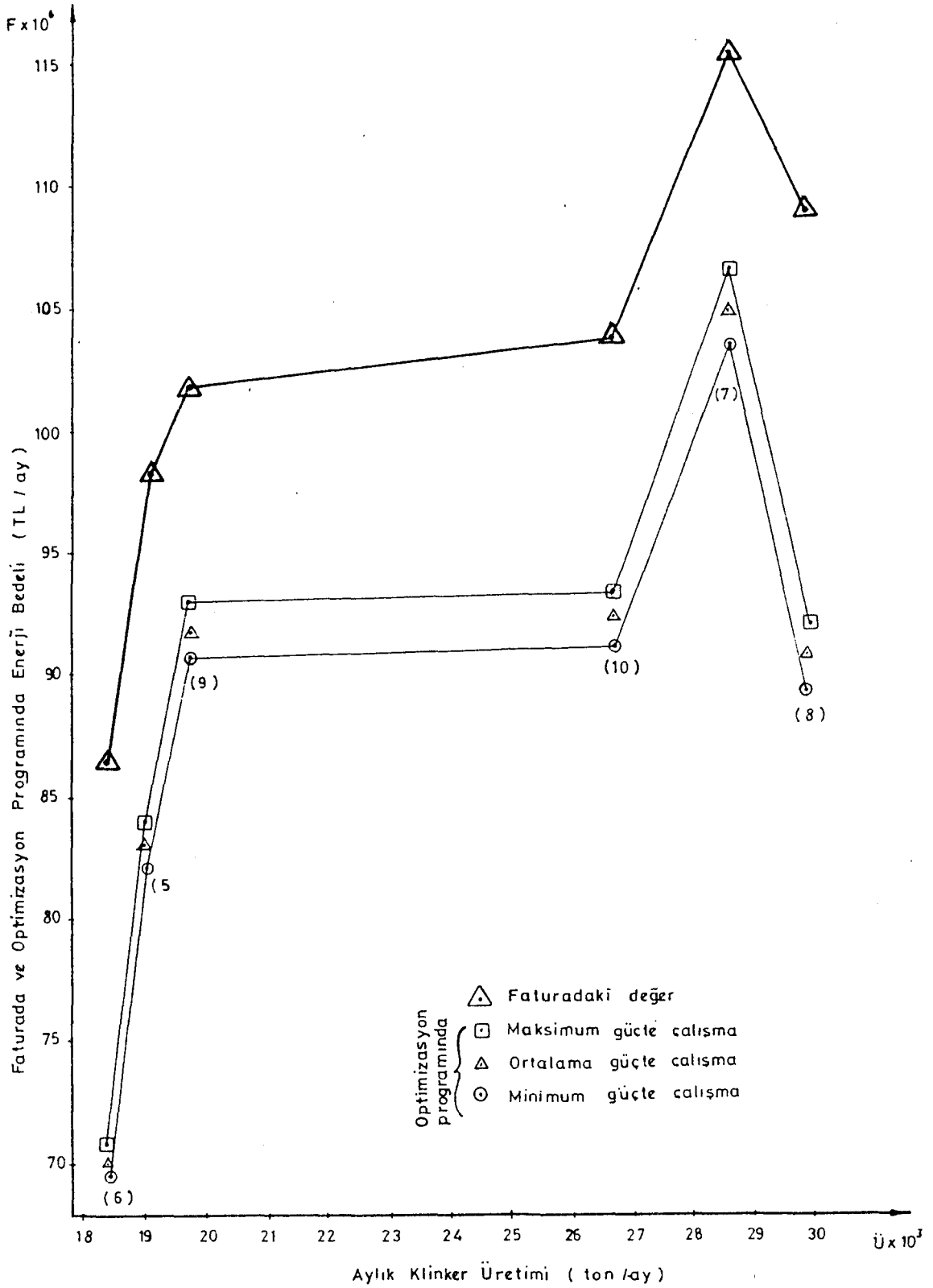
Şekil 5.42. Aylık klinker üretimi ile aylık enerji tasarrufu arasındaki ilişki



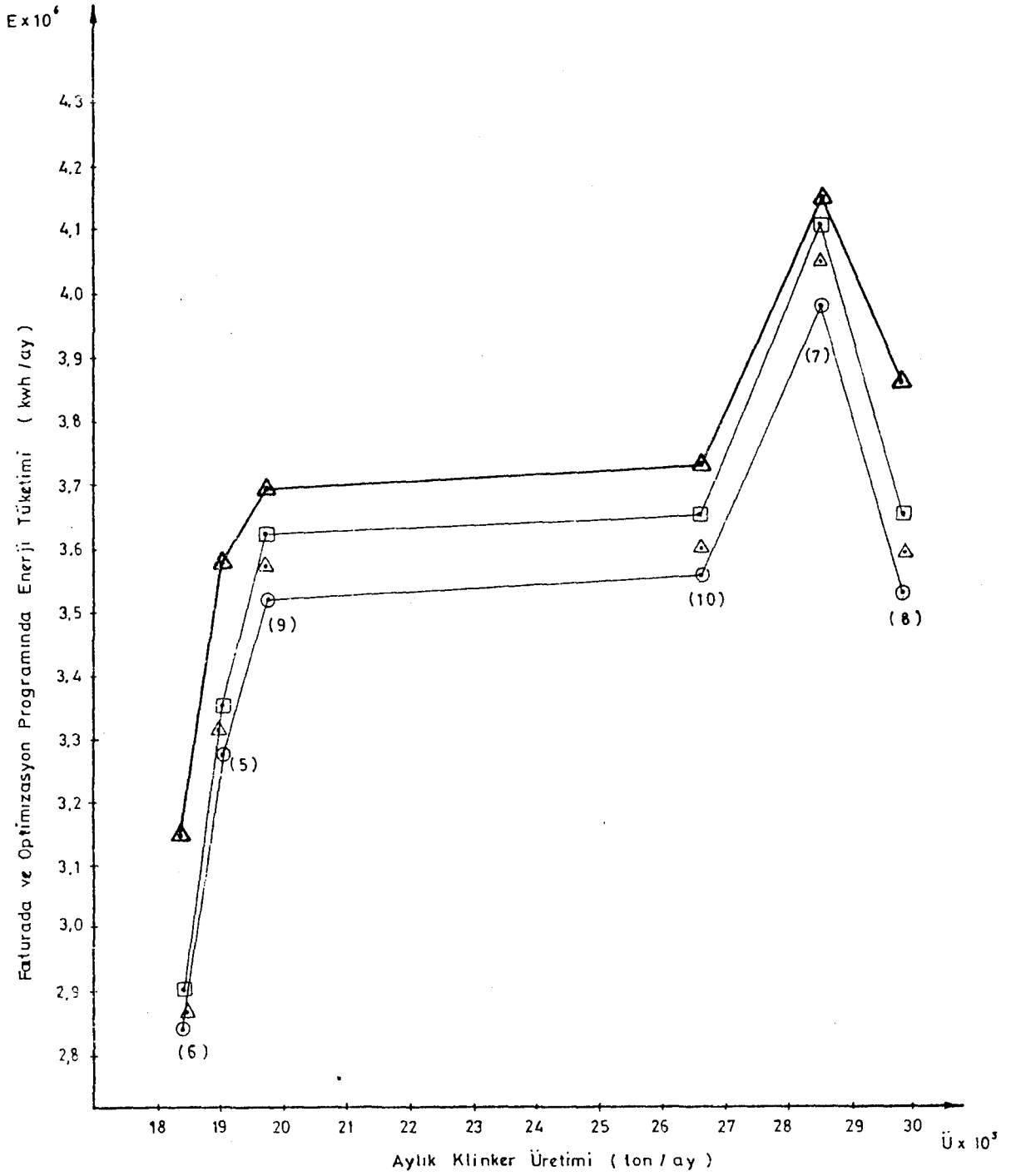
Şekil 5.43. Faturadaki aylık enerji bedeli ile sağlanabilecek parasal tasarruf yüzdesi arasındaki ilişki



Şekil 5.44. Faturadaki aylık enerji tüketimi ile aylık enerji tasarruf yüzdesi arasındaki ilişki



Şekil 5.45. Aylık klinker üretimi ile faturadaki ve optimizasyon programındaki enerji bedeli arasındaki ilişki



Şekil 5.46. Aylık klinker üretimi ile faturadaki ve optimizasyon programındaki enerji tüketimi arasındaki ilişki

enerji tüketimleri topluca görülmektedir. Bu sekilden, söz konusu aylardaki üretime karşılık, elde edilebilecek enerji tasarrufu miktarları da görülebilecektir. Şekil 5.45. için yapılan yorumun benzeri burada da yapılabilecektir.

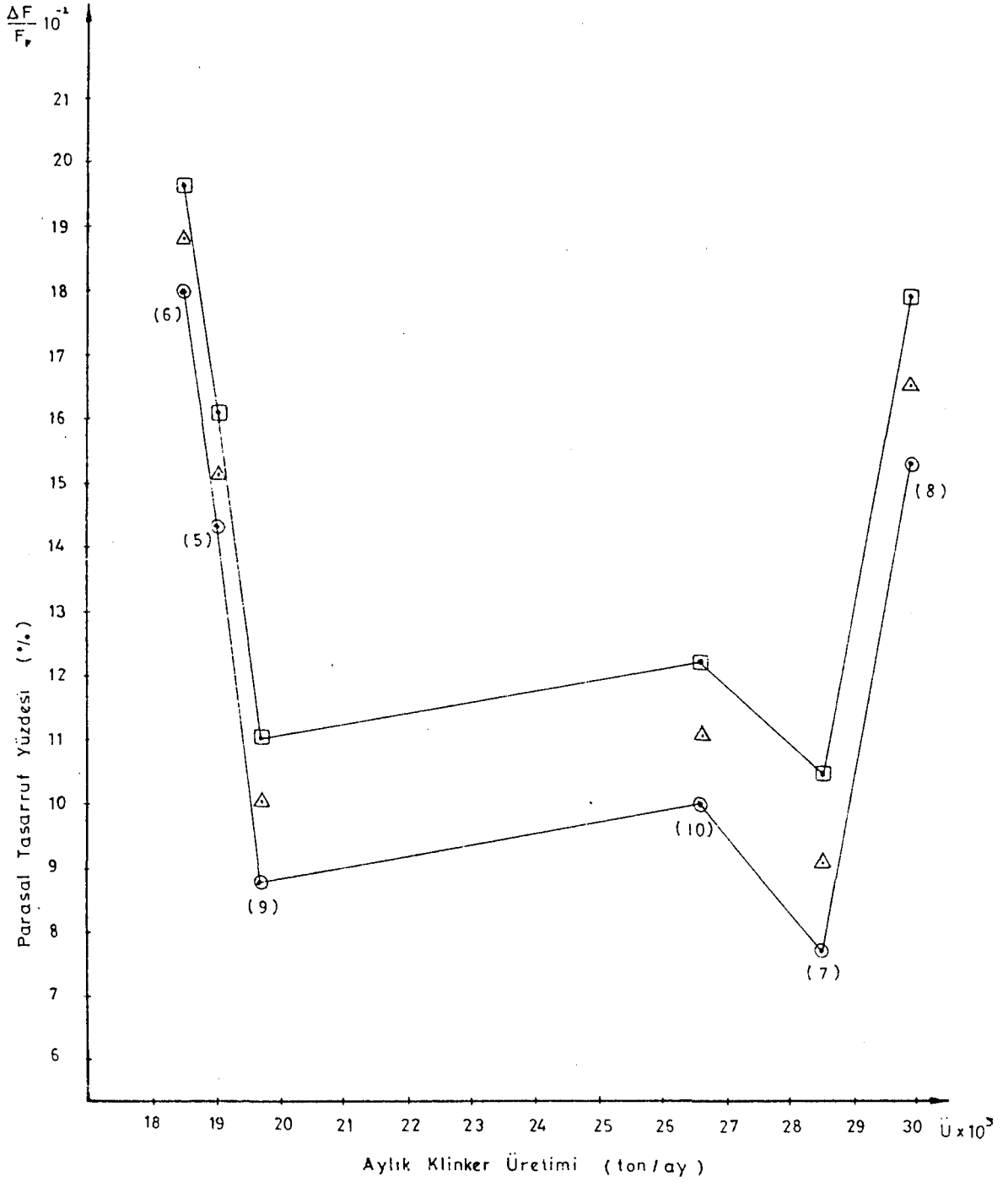
Şekil 5.47. de aylık klinker üretimi ile sağlanabilecek parasal tasarruf yüzdesi, Şekil 5.48. de ise aylık klinker üretimi ile sağlanabilecek enerji tasarruf yüzdesi arasındaki ilişki görülmektedir.

Şekil 5.47. deki parasal tasarruf yüzdesi, faturada gerçekleşen enerji bedeli miktarında yapılabilecek tasarrufu göstermektedir. Şekil 5.48. deki enerji tasarruf yüzdesi ise faturadaki enerji tüketimi miktarında yapılabilecek tasarrufu göstermektedir.

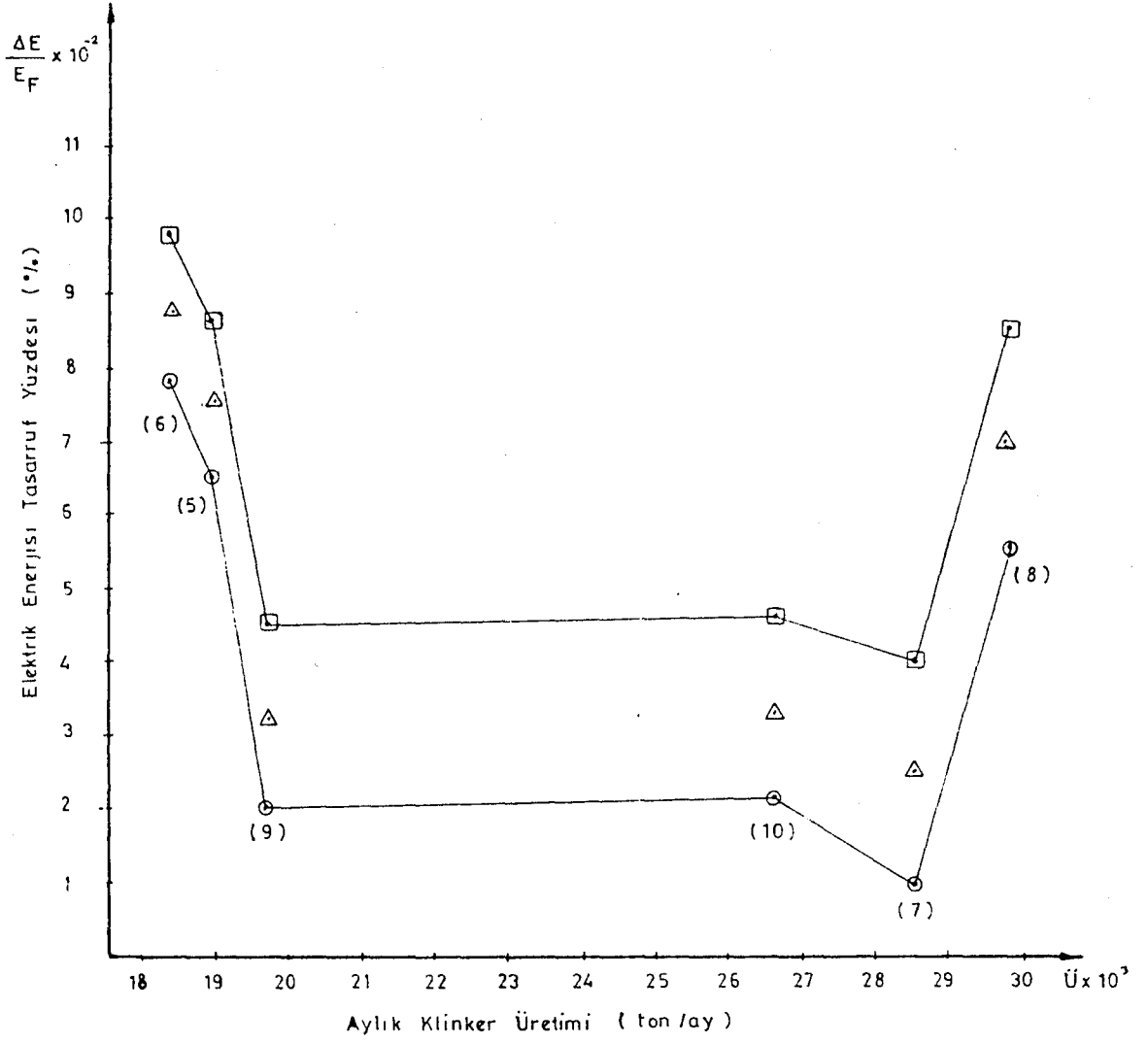
Hazırlanan çizelgelerde aylık toplam kazancın yanı sıra, fiiliyattaki durum ve bilgisayar sonuçları, domenlere göre de ayrıntılandırılmıştır. Domenlerdeki enerji yükünün dağılımını daha iyi görebilmek Şekil 5.49. ve 5.50. deki diyagramlar hazırlanmıştır.

Şekil 5.49. da, Mayıs 1985 ayı itibariyle domen başına faturadaki enerji tüketimine karşılık yeni durumda domenlerdeki enerji tüketimindeki değişiklik grafiği çizilmiştir. Söz konusu ay için, yine domen başına faturadaki enerji bedeli ile, önerilen program sonucu, bu bedeldeki artış ya da azalışlar Şekil 5.50. deki grafikte verilmiştir.

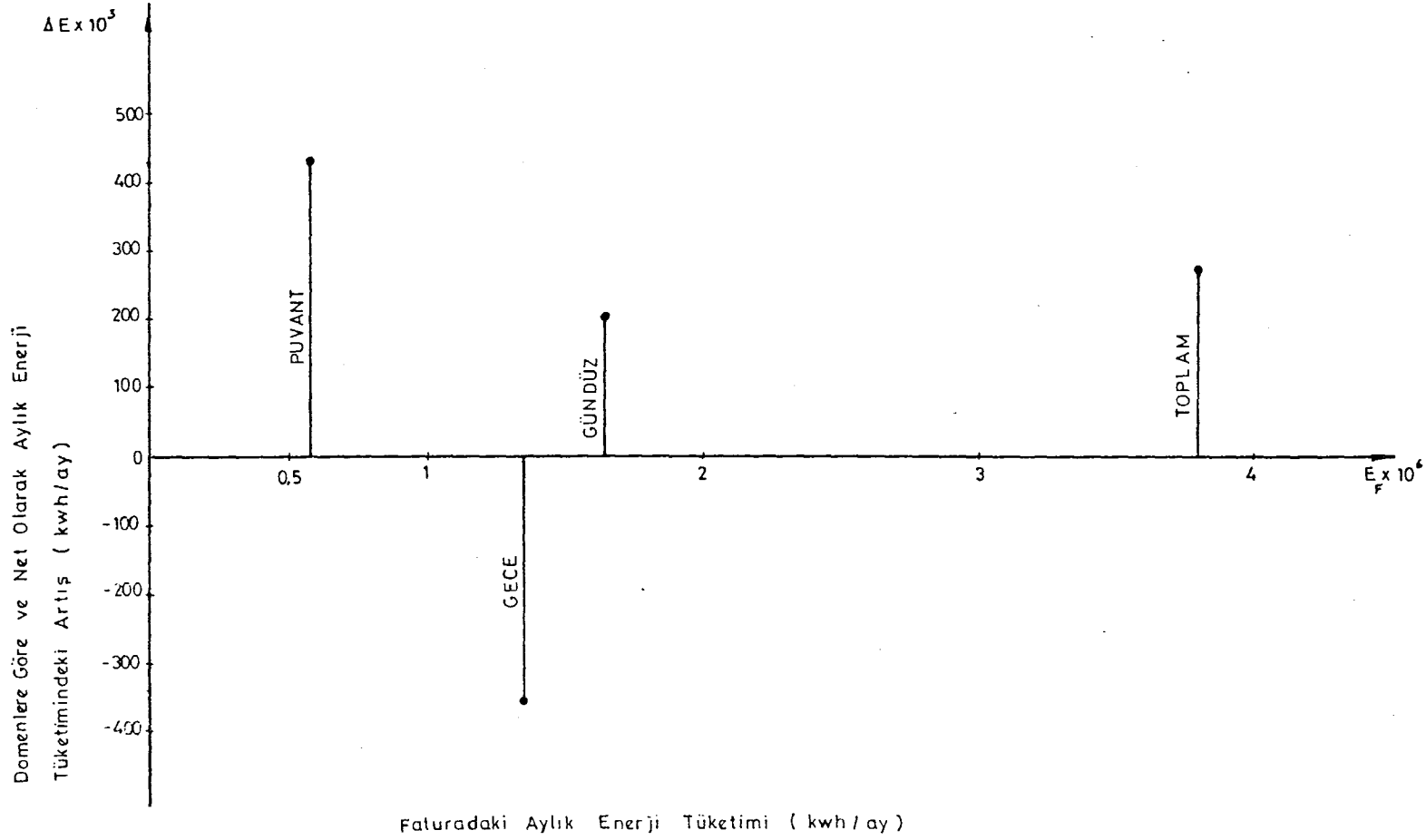
Şekil 5.49. a göre Mayıs ayında, gece domenindeki enerji bedeli TEK faturalarına göre 26.2 Milyon ₺ olarak gerçekleşmişken, ortalama şartlar itibariyle, optimum çalışma programında bu değer 8 Milyon ₺ fazlasıyla gerçekleşmiştir. Bu domendeki enerji tüketimi ise fiiliyatta gerçekleşen 1.35 Milyon kwh değerinden -ortalama şartlar itibariyle- 367000 kwh daha fazlasına çıkmıştır(Şekil 5.50.). Kısaca gece domenindeki enerji yükü arttırılmış, böylece bu domendeki enerji bedeli de artmıştır.



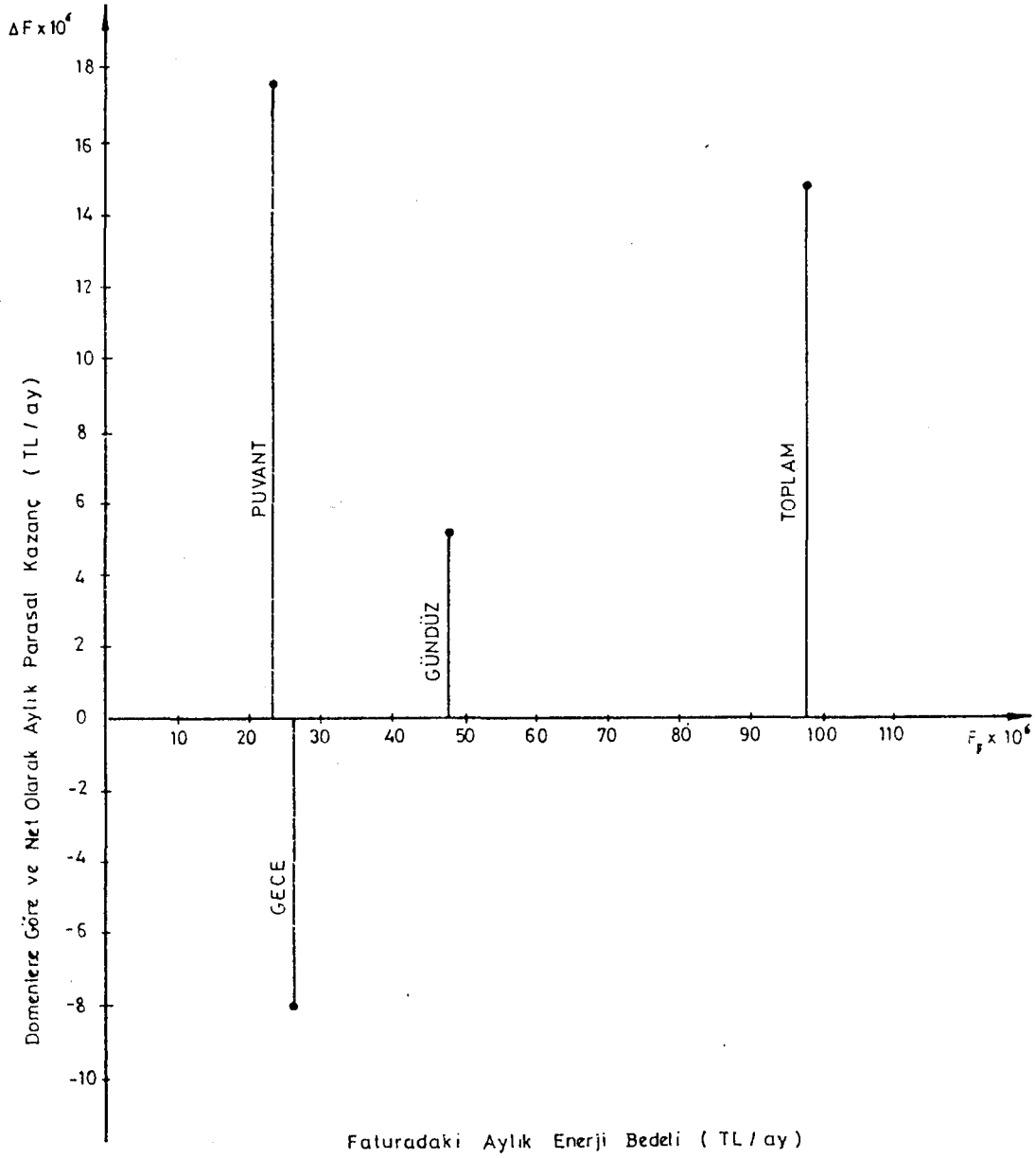
Şekil 5.47. Aylık klinker üretimi ile sağlanabilecek parasal tasarruf yüzdesi arasındaki ilişki



Şekil 5.48. Aylık klinker üretimi ile sağlanabilecek enerji tasarruf yüzdesi arasındaki ilişki



Şekil 5.49. Mayıs 1985 ayı itibariyle domen başına faturadaki enerji tüketimi ile yeni durumda domenlerdeki enerji farkı arasındaki ilişki



Şekil 5.50. Mayıs 1985 ayı itibariyle domen başına ödenen enerji bedeli ile yeni durumda domenlerdeki fiyat farkı arasındaki ilişki

Bunun karşılığında, gündüz ve puvant domenlerindeki enerji yükü ile enerji bedelinde azalma sağlanmıştır. Gündüz domeninde enerji yükünde 215000 kwh, enerji bedelinde ise 5.3 Milyon ₺ lik bir azalma sağlanmıştır. Puvant domeninin enerji yükündeki azalma 437000 kwh, enerji bedelindeki azalma ise, 17.7 Milyon ₺ olmuştur.

Üniteleri uygun kapasitelerde çalıştırmanın yanısıra, enerji yükünü pahalı domenden ucuz domene yığarak, Mayıs ayı itibariyle, elde edilebilecek net enerji tasarrufu yaklaşık 270000 kwh, net parasal tasarruf ise yaklaşık 15 Milyon ₺ civarında olabileceği hesaplanmıştır.

İncelemesi yapılan diğer aylar için de benzer bir görüntü ortaya çıkmaktadır.

Aylara göre, net tasarruf miktarları (enerji ve parasal olarak) topluca Çizelge 5.31. de görülmektedir.

Çizelge 5.31. de ΔE sütunu ile verilen elektrik enerjisi tasarrufu, ünitelerin optimum kapasitelerle çalıştırılması sonucu elde edilmiştir. Altı ay boyunca elde edi-

Çizelge 5.31. Optimizasyon programı sonucu elde edilebilecek tasarruf miktarları

Aylar	Enerji tasarrufu	Parasal tasarruf
	$\Delta E \times 10^3$ (kwh/ay)	$\Delta F \times 10^6$ (TL/ay)
Mayıs 1985	274	14.9
Haziran 1985	280	16.3
Temmuz 1985	105	10.6
Ağustos 1985	274	18.2
Eylül 1985	122	10.2
Ekim 1985	126	11.6

len toplam elektrik enerjisi tasarrufu, aylık olarak ortalama 200000 kwh lik bir tasarrufu işaret etmektedir. Çizelge 5.16.da hesaplanan çimento üretimi başına özgül enerji tüketimi tasarrufunun aylık çimento üretimiyle çarpılmasıyla da bu değer elde edilmişti (Bkz. Bölüm 5.2.).

ΔF sütununda ise aylara göre elde edilebilecek net parasal tasarruf miktarları yer almaktadır.

5.4. Sözleşme Gücünün Enerji Faturasına Etkisinin İncelenmesi ve Mevcut Şartlarda Eskişehir Çimento Fabrikası'nın Sözleşme Gücünün Belirlenmesi

Aylık enerji bedeline etki eden ikinci faktör sözleşme gücüdür. Fabrika tarafından önceden Türkiye Elektrik Kurumu'na bildirilen sözleşme gücünün kilowatı (kw) başına belirli bir ücret uygulanmaktadır. Sözleşme gücünün aşıldığı aylarda, gerçekleşen güç miktarına daha yüksek "cezalı" bir ücret tarifesi uygulanmaktadır.

Aylık enerji bedeline etki eden ilk faktör olan, aylık enerji bedeli

$$(TEDA_{GE} \times FE_{GE}) + (TEDA_{GU} \times FE_{GU}) + (TEDA_{PU} \times FE_{PU}) \quad (5.34)$$

ifadesinden hesaplanabilecektir.

Denklem (5.34) de TEDA, domenlere göre Fabrika'nın aylık toplam enerji tüketimini, FE ise domenlere göre kwh başına ödenecek enerji bedelini göstermektedir.

Sözleşme gücü karşılığı ödenecek aylık bedel SGEB ise -30 gün çeken aylar için- aşağıda verilen terimler çerçevesinde,

$$SGEB = \frac{1}{30} \left(\frac{TEDA_{D_j}}{TDG_{D_j}} \right)_{BÜ} FGÜÇ \quad (5.35)$$

ifadesi yardımıyla hesaplanabilecektir. Denklem (5.35) de FGÜÇ, birim sözleşme gücü karşılığı ödenecek bedeldir (TL/kw). Bu değer domenler içinde herhangi bir anda çeki-

lecek maksimum güç olan sözleşme gücü ile çarpılacaktır. Sözleşme gücü belirlenirken, domenler itibariyle fabrikanın nasıl yükleneceği önceden hesaplanır. Denklem (5.35) de BÜ indisi, $TEDA_{D_j} / TDG_{D_j}$ oranının sahip olacağı en büyük değerin dikkate alınacağını göstermektedir. $TEDA_{D_j}$ domenlere göre aylık enerji tüketimi olduğundan (kwh/(domen x ay)), günlük enerji tüketimine geçmek için, ifade bir aydaki gün sayısına bölünmüştür. TDG_{D_j} ise, domendeki çalışma saati- dir (saat/(domen x ay)).

Bu durumda,

$$\frac{1}{30} \left(\frac{TEDA_{D_j}}{TDG_{D_j}} \right)$$

ifadesi ay boyunca herhangi bir anda çekilebilecek maksimum güç miktarını, kw olarak verecektir.

Denklem (5.34) ve (5.35) in toplanmasından, vergiler hariç olmak üzere fabrikanın toplam aylık enerji gideri TAEG bulunabilecektir:

$$\begin{aligned} TAEG = & (TEDA_{GE} \times FE_{GE}) + (TEDA_{GÜ} \times FE_{GÜ}) + (TEDA_{PU} \times FE_{PU}) \\ & + \frac{1}{30} \left(\frac{TEDA_{D_j}}{TDG_{D_j}} \right)_{BÜ} FGÜÇ \end{aligned} \quad (5.36)$$

Toplam aylık elektrik enerjisi tüketimi TAET, gece, gündüz ve puvant domenlerinde tüketilen enerji toplamı olacaktır:

$$TAET = TEDA_{GE} + TEDA_{GÜ} + TEDA_{PU} \quad (5.37)$$

Her domende tüketilen enerji, toplam enerjinin belirli bir yüzdesine karşılık geleceğinden,

$$TEDA_{GE} = a TAET \quad (5.38)$$

$$TEDA_{GÜ} = b TAET \quad (5.39)$$

$$TEDA_{PU} = c TAET \quad (5.40)$$

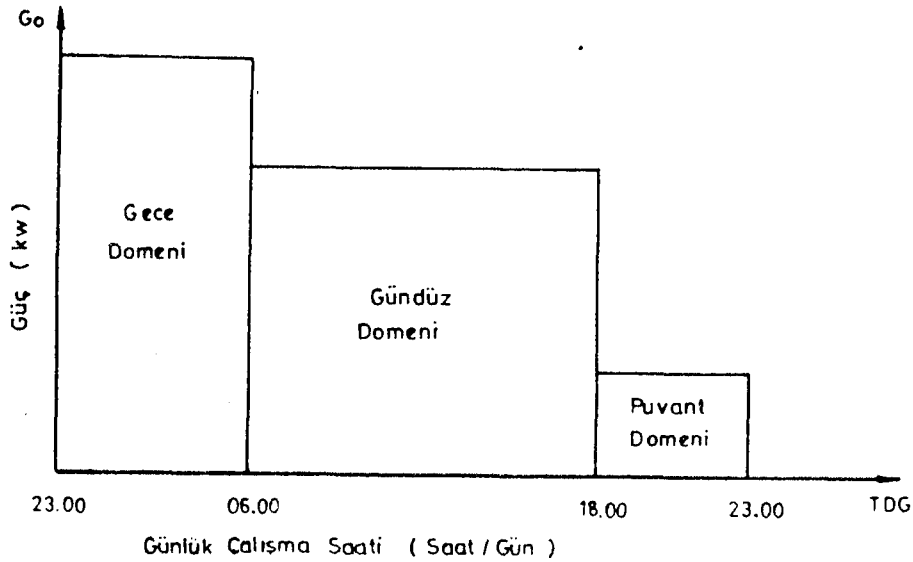
ifadeleri yazılabilecektir. Burada, toplam enerjinin, gece domenindeki payı a...Gündüz domenindeki payı b ... Puvant domenindeki payı ise c olmaktadır. a, b, c değişken olabilecek katsayılardır.

Enerjinin, domenlere göre farklı fiyatlandırıldığı mevcut tarife geçerli olduğu müddetçe, üniteleri mümkün olduğunca gece çalıştırmak en uygun yol olmaktadır. Bu duruma göre de, Bölüm 5.3. de bir optimizasyon programı hazırlanmış ve ünitelerin çalışma programları belirlenmiştir.

Üniteler mümkün olduğunca gece domeninde çok çalıştırılıp, puvant domeninde az çalıştırılınca günlük güç dağılımı Şekil 5.51. da verildiği şekliyle gerçekleşecek ve en büyük güç, gece domeninde çekilecektir.

Bu duruma göre Denklem (5.36); -Denklem (5.37), (5.38), (5.39) ve (5.40) da dikkate alınarak- şöyle yazılabilecektir:

$$TAEG = a TAET \times FE_{GE} + b TAET \times FE_{GÜ} + c TAET \times FE_{PU} + \frac{1}{30} \left(\frac{a TAET}{7} \right) FGÜÇ \quad (5.41)$$



Şekil 5.51. Mevcut uygulama çerçevesinde domenlerdeki güç dağılımı

Denklem (5.41) de gerekli sadeleştirmeler yapılırsa,

$$TAEG = TAET(aFE_{GE} + bFE_{GÜ} + cFE_{PU} + a\frac{FGÜÇ}{210}) \quad (5.42)$$

ya da

$$TAEG = TAET(a(FE_{GE} + \frac{FGÜÇ}{210}) + bFE_{GÜ} + cFE_{PU}) \quad (5.43)$$

ifadesine ulaşılabacaktır.

Gece, gündüz ve puvant domenlerinde, birim enerji tüketimi bedeli ve birim sözleşme gücü fiyatının ne olacağı, hatta domenlerdeki çalışma saatlerinin tesbiti, izlenecek yönteme bağlıdır.

Kullanıcıların, belli zamanlarda daha az, belli zamanlarda ise daha fazla güç çekmelerini amaçlayan bir yöntem izlenebilir. Böyle bir yöntemde gün; iki, -halen yapılmakta olduğu gibi- üç hatta dilenirse dört ayrı domene bölünüp herbiri için ayrı bir fiyat uygulanabilir. Bu yöntem, toplam elektrik enerjisi günün belli bir parçasında az kullanılıyorsa, uygulamaya konulabilecektir.

Nitekim, evlerdeki enerji kullanımının arttığı 18.00 ile 23.00 saatleri arasında fazla güç talebi olmakta... 23.00 ile 06.00 saatleri arasında ise, ev, işyeri ve bürolardaki enerji kullanımı minimuma düşmektedir. Bu yüzden fabrikaların, eğer teknik bir engel yoksa, mümkün olduğunca gece domeninde çalıştırılmaları özendirilmektedir.

Domenlerdeki birim enerjinin fiyatı ile birim sözleşme gücünün bedeli, buna göre belirlenmelidir. Şimdiki şartlarda gündüz ve puvant domeni ile gece domenindeki birim enerjinin fiyatı için şu oran geçerli tutulmaktadır:

$$FE_{FÜ} = 1.5 FE_{GE},$$

$$FE_{PU} = 2 FE_{GE}.$$

Denklem (5.43) bu durumda,

$$TAEG = TAET(a(FE_{GE} + \frac{FGÜÇ}{210}) + 1.5 b FE_{GE} + 2 c FE_{GE}) \quad (5.44)$$

seklene girmektedir.

Eğer gücün, gece domenine yığılması amaçlanıyor, gündüz ve, özellikle de puvant domeninden kaçınılması özendirilmek isteniyorsa, birim sözleşme gücü bedeli belirlenirken,

$$(FE_{GE} + \frac{FGÜÇ}{210}) < 1.5 FE_{GE} < 2 GE_{GE} \quad (5.45)$$

eşitsizliği göz önüne alınacaktır.

Bu duruma göre,

$$\frac{FGÜÇ}{210} < 0.5 FE_{GE}$$

ya da

$$FGÜÇ < 105 FE_{GE}$$

olmalıdır.

$$FGÜÇ = 105 FE_{GE}$$

durumunda ise devlet ayrı ayrı fiyatlandırılmış bile olsa sanki gece ve gündüz domenlerini birleştirmiş, bu domenlerde birbirine eşit güç dağılımı önermiş, yalnızca puvant domeninden kaçınılmasını istemiş olur.

Halen $FGÜÇ/FE_{GE}$ oranı 70 civarında tutulmaktadır.

Kısaca, TEK tarafından sürdürülen mevcut uygulama çerçevesinde gece, gündüz ve puvant domenlerinde Şekil 5.51. de de görüldüğü gibi kademeli bir güç dağılımı yapılmalıdır.

Burada son olarak Eskişehir Çimento Fabrikası'nın sözleşme gücü belirlenecektir.

Sözleşme gücü, Fabrika'nın tam kapasite çalışma durumu için hesaplanmalıdır.

Fabrika'daki üniteler, döner fırının tam kapasite çalışmasına tekabül edecek şekilde ve Ek14. deki bilgisayar programı çerçevesinde çalıştırıldığında, domenlere göre enerji tüketimi ve güç dağılımı Çizelge 5.32. de verilmiştir.

Çizelge 5.32. de , her domendeki güç düzeyi hesaplanırken o domendeki aylık enerji tüketimi, domendeki günlük ça-

lışma saatine ve o aydaki gün sayısına blnmştir.

Her ünitenin en iyi çalışma kapasitesine karşılık, maksimum, minimum ve ortalama şartlar için üç ayrı çalışma gücü değeri belirlenmiştir (Bkz. Çizelge 5.1).

Sözleşme gücünü daha ihtiyatlı hesaplamak için her ünitenin optimum kapasiteye tekabül eden maksimum gücü noktasında çalıştığı durum için önceden belirlenmiş olan sonuçlar kullanılmıştır (Bkz. Çizelge 5.16).

Çizelge 5.32. ye göre optimizasyon programı çerçevesinde, Fabrika en çok gücü gece domeninde çekmektedir. Gece domeninde maksimum şartlar itibariyle 10000 kw olarak belirlenen E..F.'nin gece çekeceği gücü değeri, ortalama ve minimum şartlarda çalışılması durumunda sırasıyla 9800 kw ve 9600 kw olmaktadır.

Bu durumda sözleşme gücü olarak hal-i hazırdaki 9500 kw a karşılık 10000 kw ı önermemiz yerinde olacaktır.

Çizelge 5.32. Ünitelerin tam kapasite ve Ek14. deki optimizasyon programı çerçevesinde çalıştırılmasıyla alınan sonuçlar

Domen	Enerji Tktmi $TEDA_{D_j} \times 10^6$ (kwh/ay)	Gücü $TEDA_{D_j} / (30 \times TDG_{D_j})$ (kw)
Gece	2.1	10000
Gündüz	2.79	7750
Puvant	0.27	1800
Toplam	5.16	

Burada yapılan hesaplamada, döner fırının sürekli tam kapasite çalıştığı ve diğer ünitelerin bunu karşılayacak kapasitelerde çalıştığı durum gözönüne alınmıştır.

Fabrika'nın ortalama üretim kapasitesi için daha düşük bir nokta hedef alınırrsa, bu durumda sözleşme gücünün tekrar gözden geçirilmesi gerekecektir.

6. SONUÇ

Eskişehir Çimento Fabrikası özelinde olarak hazırlanan ve Fabrika'nın genel enerji tüketimini azaltmayı amaçlayan bu çalışmada ısı, özellikle de elektrik enerjisi tüketiminde (kwh) ve ödenen bedelde (₺) çeşitli yollarla önemli miktarlarda tasarruf sağlanabileceği görülmüştür.

Konunun ele alınışı ve inceleme tekniğindeki özgünlük dolayısıyla, tezin ana temasını elektrik enerjisi tüketimindeki optimizasyon çalışması oluşturmuştur. O arada ısı enerjisi tasarrufuna yönelik olarak yapılması uygun görülen iki çalışma, metin içinde özetlenip eklerde verilmiştir.

Hazırlanan ayrıntılı hesap ve bilgisayar programları, bazı değişikliklerle benzer çimento fabrikalarına da uygulanabilecek durumdadır.

Fabrika'nın ısı enerjisinde tasarruf yapılmasını amaçlayan çalışmada, önkalsinasyon uygulaması ile soğutucu çıkışındaki gazın kömür kurutma ünitesinde kullanılması konuları incelenmiştir.

. Elektrik enerjisi optimizasyonuna ilişkin çalışmalar

Elektrik enerjisi optimizasyonu amacıyla yapılan bütünlük çalışmada; ünitelerin daha az enerji çekecek ve daha az enerji bedeline karşılık gelecek kapasitelerde çalıştırılabileceği görülmüştür.

Bunun için günlük enerji bedeli ifadesi oluşturularak, bunu etkileyen faktörler kapasiteye bağlı hale getirilmiştir.

Günlük enerji bedeli ifadesini, özgül enerji tüketimi ile domen sayısı ve domendeki üretim etkilemektedir.

Özgül enerji tüketiminin kapasiteye olan bağımlılığını görebilmek amacıyla çizilen diyagramlardan, minimum özgül enerji tüketiminin maksimum kapasitede gerçekleştiği tesbit edilmiştir. Bu diyagramlardan, kapasitenin artışı ile özgül

enerji tüketiminin düştüğü izlenmiştir.

Günlük enerji bedelini etkileyen diğer faktör domen sayısının da yine kapasitenin artmasıyla azaldığı görülmüştür.

Günlük enerji bedelini veren ifadenin D adet toplamdan oluştuğu ve toplamın minimizasyonu sorunu olduğu tesbit edilmiştir. Söz konusu ifadenin minimizasyonu için sayımlama ve dinamik programlama teknikleri uygulanmıştır. Bunun sonucunda, minimum günlük enerji bedelinin maksimum kapasitede gerçekleştiği görülmüştür.

Enerji bedelini etkileyen faktörler (domen sayısı ve özgül enerji tüketimi) için ayrı ayrı yapılan çalışmalarda da bu sonuca varılmıştı.

Kapasite arttıkça, aynı günlük üretim daha kısa bir çalışma zamanı içinde, dolayısıyla da daha az bir domende karşılanmaktadır.

Kapasitenin artışı ile birlikte özgül enerji tüketiminin düşmesi, ise elektrik motorunun "güç faktöründen" kaynaklanmaktadır.

Ünitenin kurulu kapasitesine karşılık, seçilen elektrik motorunun gücü, daha fazla yükü kaldırabilecek durumdaysa, ünite sürekli olarak düşük verimde çalışacaktır. Bu durumdaki ünitelerin verimli çalıştırılması amacıyla ya üniteye mevcut elektrik motoruna uyacak bir yük için kapasite arttırımına gidilmeli ya da ünitenin elektrik motoru uygun olanı ile değiştirilmelidir.

Ünitelerin faaliyetleri sırasında tam kapasite ile çalışmaları, elektrik motorunun verimi ve enerji tüketimi açısından çok önemlidir.

Ünitelerin dolayısıyla da Fabrika'nın çalışma programlarının (çalışma saati, işletme kapasitesi, özgül enerji tüketimi, üretimi, günlük enerji tüketimi, günlük enerji bedeli) belirlenmesi için, onların optimum işletme kapasitelerinde çalıştığı durum gözönüne alınmış ve istenilen günlük

Üretim itibariyle, uygun domenlerde çalıştırılması ngrlmştir.

Ünitelerin ayrı ayrı günlük optimum çalışma programını belirleyen bilgisayar programı ile sonuçta, Fabrika'nın aylık enerji tüketimi ve aylık enerji bedeli hesaplanmıştır. Bilgisayar programı 1985 yılına ait altı ay için çalıştırılmıştır.

Ünitelerin ayrı ayrı günlük optimum çalışma programını belirleyen bilgisayar programı ile sonuçta, Fabrika'nın aylık enerji tüketimi ve aylık enerji bedeli hesaplanmıştır. Bilgisayar programı 1985 yılına ait altı ay için çalıştırılmıştır.

Söz konusu altı ayda Fabrika'nın gerçekleşen elektrik enerjisi tüketimi ile bilgisayar programı sonuçları arasındaki fark incelendiğinde, aylık elektrik enerjisi tasarrufunun ortalama 150000-200000 kwh dolayında olduğu hesaplanmıştır.

Benzer fark değeri enerji bedeli için hesaplandığında, incelenen altı ay itibariyle ortalama kazanç, merteye olarak 10 Milyon TL/ay olmaktadır.

Domenlere göre enerji tüketimi ve enerji bedelinin, bilgisayar çıktısındaki değerleriyle fiiliyattakilerinin karşılaştırılması, ucuz domende çalışmanın sağladığı ekonomiyi, daha iyi bir Şekilde göstermiştir.

Önerilen programda; ucuz gece domenindeki elektrik enerjisi tüketimi ve enerji bedeli, fiiliyattaki durumdan daha fazla olmasına karşın, pahalı domenlerde, önerilen programın enerji tüketimi ve enerji bedeli daha düşük olmaktadır.

Sonuçta, net olarak enerji tüketimi ve enerji bedeli fiiliyattaki durumdan daha az olmaktadır. Enerji tüketiminde sağlanan tasarruf, ünitelerin optimum kapasitelerde çalıştırılmasından elde edilmiştir. Enerji bedelinde elde edilen tasarruf ise, söz konusu enerji tasarrufuna tekabül

eden bedelin yanısıra, ünitelerin ucuz domenlerde çalıştırılmalarından elde edilmiştir.

Ünitelerin belirlenen optimum kapasiteleri, sürekli olarak çalıştırılabilecek durumdadır. Yüksek kapasitede ve ucuz domende çalışma durumu için, stok ve yeni isgücü problemi ortaya çıkmamaktadır.

Günlük üretim olarak fabrika tarafından verilen değer alındığından, burada da stok ve isgücü problemi ortaya çıkmaktadır.

Elektrik enerjisi optimizasyonuna ilişkin olarak yapılan çalışmaların son bölümünde, mevcut çalışma şartları için "sözleşme gücünün" ne olması gerektiği hesaplanmıştır.

Sözleşme gücü, günün herhangi bir anında, Fabrika'nın çekebileceği maksimum güç olup, bu güç aşıldığında, birim kilowatın fiyatı artmaktadır.

Birim enerjinin fiyatı domenlere göre farklı uygulandığından, ünitelerin çalışması ucuz gece domenine yığılmaktadır. Böyle olunca da fabrika en çok gücü gece domeninde kullanmaktadır. Bu yüzden sözleşme gücü için gece domeni esas alınacaktır.

Yapılan hesaplamalara göre sözleşme gücü olarak, hal-i hazırdaki 9500 kw a karşılık 10000 kw olması gerektiği önerilmiştir.

Hesap yapılırken, Fabrika'daki ünitelerin, döner fırınının tam kapasite çalışmasına tekabül edecek şekilde ve optimum kapasiteye karşılık gelen maksimum güç noktalarına işletildiği değerler esas alınmıştır.

. Önkalsinasyon uygulaması:

Biri yaş diğeri kuru iki döner fırına sahip Eskişehir Çimento Fabrikası'nda pahalı yaş sistemden kurtulmak, bu arada şimdiki iki fırınının üretim düzeyini de korumak için, en iyi yol olarak, kuru sisteme önkalsinasyon uygulanması öngörülmüştür.

Kuru sistem fırına önkalsinasyon uygulanmasıyla sağlanacak kapasite artışının, devre dışı kalacak yaş sistemin üretimi düzeyinde olması planlanmıştır. Bu durumda yaş sistemden kalan birçok ünite (konkasör, çimento değirmeni, kömür hazırlama ünitesi vs.) önkalsinasyonlu sistemdeki üretim artışını karşılayabileceğinden, yatırım minimum düzeyde tutulabilecektir.

Önkalsinasyonlu sistemlerin özgül ısı tüketimleri, klasik önısıtıcılı kuru sistemlerinkinden de düşük olduğundan, düzenleme sonucu yalnızca pahalı yaş sistemin üretimi değil, mevcut kuru sistemin üretimi de daha ucuza getirilebilecektir. Kısaca, Fabrika iki fırında gerçekleştirdiği üretimini tek fırında ve şimdikine oranla daha az enerji tüketerek gerçekleştirebilecektir.

Mevcut durumda her iki sistem döner fırınının ortalama özgül ısı tüketimi 6100 kJ/kg klinker (1985 yılı verileriyle) civarında iken, önkalsinasyon uygulanmış yeni sistemde bu değer 3560 kJ/kg klinker değerine düşürülebilecektir. Buna göre önkalsinasyon uygulamasıyla kilogram klinker başına sağlanabilecek enerji tasarrufu % 40 civarında olacaktır. Bu tasarruf günümüz (1985) kömür fiyatlarıyla Fabrika'ya günde 2.9 Milyon TL dolayında bir ekonomi sağlayacaktır.

Yapılan piyasa araştırması; yatırımın, günümüz (1985) fiyatlarıyla, 1.5 Milyar TL civarında olacağını göstermiştir.

Sağlanan ekonomi ile, yatırım kendini yaklaşık birbuçuk yılda amorti edilebilecektir.

- . Soğutucu çıkışındaki sıcak gazın kömür kurutma ünitesinde kullanımı:

Kuru sistem çimento üretiminde, giren enerjinin yaklaşık % 14 ü soğutucu çıkışındaki sıcak gazla dışarı atılmaktadır (Bkz. Şekil 2.4.). Bu sıcak gazın, kömür kurutma ünitesinde ikincil kurutma havası ve sekonder vakma havası

olarak kullanılmasıyla, ünitenin kömür tüketiminde % 35 dolayında bir tasarruf sağlanabileceği hesaplanmıştır. Bu durumdaki yıllık kömür tasarrufu 890 ton civarında olmaktadır.

Gerekli düzenleme için 1.5 Milyon TL (1985) lik bir yatırım yapılacağı ve bu yatırımın sağlanan tasarrufla bir ayda karşılanabileceği öngörülmüştür.

Sonuç olarak,

. Ünitelerin uygun domenlerde ve uygun kapasitelerde çalıştırılmasıyla ayda ortalama 150000 kwh lık bir enerji tasarrufu, ya da ayda ortalama 10 Milyon TL lik parasal tasarruf elde edilmiştir.

. Önkalsinasyon uygulamasıyla, 2.9 Milyon TL (1985)/günlük bir tasarruf yapılabileceği ve 1.5 Milyar TL (1985) lik yatırımın yaklaşık birbuçuk yılda amorti edilebileceği hesaplanmıştır.

. Soğutucu çıkışındaki gazın kömür kurutma ünitesinde kullanılmasıyla da, yaklaşık 1.5 Milyon TL (1985)/ay lık tasarruf yapılabileceği ve 1.5 Milyon TL (1985) lik yatırımın bir ayda amorti edilebileceği hesaplanmıştır.

EK AÇIKLAMALAR-A
ÇİMENTO ÜRETİM PROSESLERİ

Hammadde hazırlanması ile çimento üretim proseslerinin tanıtıldığı bu kısımda ayrıca, yaş ve kuru sistem çimento üretimi için ayrıntılı üretim şemaları verilmiştir.

Çimento imali için gerekli hammadde, esas olarak, kalker ve kildir.

Çimento üretimi için fırına verilmesi gereken ve "farin" adıyla anılan hammadde, içeriği itibariyle (E.Ç.F.'de 1985 yılı için) yaklaşık olarak Çizelge A.1. de sergilenen yüzdelerde bulunur (E.Ç.F. Raporları, 1985).

Çizelge A.1. 1985 yılı itibariyle E.Ç.F. de ortalama farin bileşen yüzdeleri

Bileşen	Bileşenlerin Yüzdeleri (%)
CaCO ₃	78.4
SiO ₂	11.8
Al ₂ O ₃	3.5
Fe ₂ O ₃	3.52
MgO	1.87
Kızdırma kaybı ve diğer maddeler	0.91

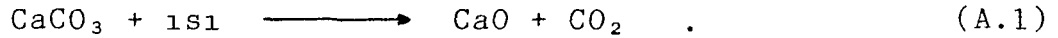
Çizelge A.1. deki bileşim yüzdeleri kullanım amacına göre, gerekiyorsa başka katkı maddeleri de eklenerek, belirlenir. Bu bileşimi verecek hammadde hazırlandıktan sonra, uygulanan teknolojinin özelliğine göre değişik proseslerden geçer ve döner fırına verilir. Döner fırın çıkışından alınan pişirilmiş farin "klinker" olarak adlandırılır.

Kullanım amacına uygun çimento üretimi, klinker yüzdesine bağlıdır. Bu nedenle de farin bileşiminin önceden tesbit edilmesi ve kalker ile kil oranlarının belirlenmesi ge-

rekir. Doğada bulunan kalker ve kili oluşturan bileşenler, birbirine benzemekte ancak, bunların yüzdeleri değişmektedir.

Kalker ve kilin bileşen yüzdelerine göre, farin içindeki payları değişik yöntemlerle hesap edilir. Bunlar içinde en çok kullanılanlardan biri "çapraz hesap" yöntemidir (Özden, 1981; Akçimento, 1976).

Döner fırına verilen farin yaş sistemde; kurutma, ısıtma, kalsinasyon ve sinterleme, kuru sistemde ise kalsinasyon ve sinterleme süreçlerinden geçer. Yaklaşık 850°C de gerçekleşen kalsinasyon prosesinde amaç Denklem (A.1) de gösterildiği gibi CaCO₃ deki CO₂ nin alınması ve CaO nun oluşturulmasıdır.



Fırındaki sıcaklığın 1450°C yi bulduğu sinterleme süreci sonunda, koyu gri renkli parçalar halinde elde edilen bu maddeye "klinker" adı verilir. Klinkerin ana mineralleri trikalsiyumsilikat ve dikalsiyumsilikatdır. Bunlardan başka, trikalsiyum alüminat, tetrakalsiyum alüminat ile çeşitli demiroksit ve sülfatlardan oluşur (Sprung, 1981).

Klinker, döner fırından çıktıktan sonra soğutucuya gönderilir. Yaklaşık 1450°C de soğutucuya giren klinker, soğutucu çıkışından, kullanılan soğutucunun tipine göre 50°-150°C da alınır.

Farinin kurutulmasından itibaren, soğutucu çıkışına kadar, klinker oluşumundaki ısıl proseslerin özeti Çizelge A.2. de verilmiştir (Reh, 1984).

Çimento üretim sistemleri üç ana grupta toplanmaktadır: Yaş sistem, yarıyaş sistem, kuru sistem.

A.1. Yaş Sistem Çimento Üretimi

Yaş sistem çimento üretimi; farinin, döner fırına girmeden önce çamur değirmeninde % 25-30 oranında su ile karıştırılması prensibine dayanır (Duda, 1976).

Çizelge A.2. Klinker oluşumundaki ısıl prosesler
(Reh'den, 1983)

Safha	Proses	Sıcaklık(°C)
Kurutma	-Yüzey neminin buharlaştırılması	120
	-Çamurdan su ve hidroksil grubunun çıkarılması	↓ 700
CaCO ₃	-Katı reaksiyonundan dolayı CO ₂ ayrışmasının başlaması	550
	-Termal çözümeden dolayı CO ₂ oluşumu	↓ 900
CaO Katı Reaksiyonu	-CaO.Al ₂ O ₃ . 12 CaO. 7 Al ₂ O ₃ . 2 CaO.SiO ₂ oluşumu	550
	-1000°C ın üzerinde C ₂ S oluşumunun artışı	↓
	- C ₃ S oluşumu, serbest CaO ve C ₂ S deki azalma	↓
	-C ₂ S kafes dislokasyonu ve kısmi erimede daha iyi çözülebilme(erime)	↓ 1400
Klinkerleşme Reaksiyonları	-Maximum % 2 alkali, % 5 MgO da kısmi erime	1280
	-Sabit noktada ilk kısmi erime (Ötektik: % 54 CaO, % 23 Al ₂ O ₃ , % 17 Fe ₂ O ₃ , %6SiO ₂)	↓ 1333
	-Daha iri mineral tanelerinin ayrışması	↓ 1450
Soğuma	-Katılaşma	1450
	-Rekristalizasyon	↓ 150

Yaş sistem ile çimento üretimi Ek 1. de şematik olarak gösterilmiştir.

Ocaklardan çıkarılan hammadde, iri parçalar halinde kırıldığı konkasöre gönderilir. Buradan ince öğütme işleminin yapılacağı değirmene gidecektir. Suyla karıştırılarak değirmene giren farin; burada öğütüldükten sonra eleklerden geçerken çakıl ve iri parçalardan ayrılır. Değirmenden alınan "çamur" (öğütülmüş sulu farin) "rezerv havuzla-

rında" toplandıktan sonra, çamur pompaları vasıtasıyla çamur silolarına gönderilir. Silolardaki çamur, karıştırıcılarla sürekli olarak karıştırılarak homojen hale getirilir. Çamur; siloların altındaki çamur tahliye borularıyla "malaksöre" oradan da döner fırına yollanır. Malaksörün, döner fırınla olan irtibat borusundan başka bir de fazla gelen çamuru, çamur silolarına gönderen; geri yollama hattı vardır.

Yaş sistem çalışan döner fırın dört bölgeden oluşur. Bunlar sırasıyla kurutma, önısıtma, kalsinasyon ve sinterleme bölgeleridir. Kurutma ve önısıtma işlemlerinin döner fırında yapılması, yaş sistem fırınlarının kuru sisteme göre daha uzun olmalarına neden olur.

Kurutma bölgesi, çamur hazırlama bölgesi sonrasında, 21-25 m uzunluğundadır. Çamurun karıştırılmasını ve fırın içine doğru ilerlemesini sağlayan bu bölgeye, zincirlere sahip olduğundan, "zincir bölgesi" denilir. Zincirlerin fırının demir konstrüksiyonuna zarar vermemesi için bu bölge, 20-30 cm kalınlığındaki bir beton ile kaplanmıştır. Betonun; sıcaklığa, darbe ve çarpmalara dayanıklı olabilmesi için iyi pişmiş klinker taneleri ile veya granit taşları ile karıştırılmış olması gerekir (Özden, 1981).

Zincir ve önısıtma bölgelerinin bitimindeki kalsinasyon bölgesi, 850^o-900^oC sıcaklığında ve 47-50 m uzunluğunda olup, iç cidarı koruyucu bir tuğla ile örülmüştür. Kalsinasyon bölgesinden sonra 15-19 m uzunluğundaki sinterleme bölgesi fırının en yüksek sıcaklığa (1450^o-1650^oC) sahip olan bölgesi olup, magnezit ateş tuğlası veya yüksek alüminli ateş tuğlası ile kaplanmıştır. Sinter bölgesi sonunda klinkerin bekletilerek sıcaklığını fırın gazlarına verdiği bölge "klinker havuzlama bölgesi" dir. Klinker buradan da soğutucuya gönderilir (Özden, 1981; Beneyyat, 1971).

Kurutma bölgesinde, farine katılan suyun buharlaştırılması, önısıtma bölgesinde de ısıtılması için, ayrıca enerji harcanması, bu sistemi enerji tüketimi açısından çok külfet-

li hale getirmiştir. Enerji tüketiminin fazlalığı nedeniyle, farine katılan suyun azaltılması ya da katılmaması yolunda çalışmalar yapılmıştır. Bunun sonucu, yarıyaş ve kuru sistemler ortaya çıkmıştır.

A.2. Yarıyaş Sistem Çimento Üretimi

Yarıyaş sistemde farin, değirmenden alındıktan sonra sırasıyla, farin silolarına, "bunkere" ve "granülasyon" adıyla anılan üniteye gönderilir. Granülasyon kabına dökülen farine, dışarıdan su püskürtülerek leblebi ya da fındık büyüklüğündeki "granülasyon" parçacıkları elde edilir. Un halindeki farinin yukarıda sözü edilen şekle gelmesine "granüle" adı verilir. Bu işlem yaklaşık 15° - 45° eğimle dönen granülasyon kabında gerçekleştirilir. Granülasyon kabından çıkan granüle edilmiş farin, yaklaşık % 50 oranında kalsine edildiği ısıtma ve kurutma kamaralarına gönderilir. Isıtma ve kurutma işlemleri döner fırın çıkışındaki baca gazları ile gerçekleştirilir. Yarıyaş sistem üretiminde, döner fırın boyu 40-70 m ye düşürülmüştür. Döner fırın çıkışından alınan klinker, buradan yine soğutucu üniteye gönderilir (Özden, 1981; Beneyyat, 1971) (Bkz. Şekil 2.2).

A.3. Kuru Sistem Çimento Üretimi

Enerji maliyetlerindeki artışlar ve yaş sistemin fazla enerji tüketmesi, kuru sistem fırınları ortaya çıkarmıştır. Bu sistem fırınlarda, yaş sistem fırınlardan farklı olarak, hammaddeye su katılmaz ve kurutma ile önısıtma süreçleri döner fırın içinde yapılmaz.

Taşocaklarından çıkarılan hammaddenin kaba kırılma işlemi konkasörde yapılır. Hammadde çıkarıldığı ocağa bağlı olarak farklı miktarlarda nem içerir. Farinin kurutulması, değişik tiplerde imal edilen kurutucularda yapılır. Paralel veya karşı akımlı olarak yapılabilen kurutucularda, kurutma işlemini yapan gaz; bu üniteye yakılan yakıttan elde edilebileceği gibi, döner fırın çıkışından ya da soğu-

tucu çıkışından alınan sıcak gazlardan da elde edilebilir. Kurutulan farin, değirmende öğütülerek toz haline getirilir. Kurutma ve öğütme işlemlerinin aynı yerde yapıldığı "kurutma-öğütme" değirmenlerinde, hammaddenin ufalanması sırasında, gönderilen sıcak gazlarla, kurutma işlemi de yapılır. Kurutma-öğütme işleminden sonra, ısıtma süreci döner fırın öncesi "önısıtıcı" ünitesinde gerçekleşir. Kurutma ve ısıtma süreçlerinin döner fırında yapılmaması, kuru sistem fırınların boylarını kısaltmıştır. Bu durumda kuru sistem döner fırınlarda, yalnızca kalsinasyon ve sinterleme süreçleri gerçekleştirilmektedir.

Önısıtıcılar, ters akım prensibine göre çalışan siklon kademelerinden oluşur. Döner fırın çıkışı sıcak baca gazı siklon kademelerinden yukarı çıktıkça sahip olduğu enerjiyi verirken, yukarıdan gönderilen farin baca gazının enerjisini alarak, kurutma işlevini tamamlamış olarak döner fırına girer. Önısıtıcılı kuru sistemle üretim yapan çimento üretim prosesi Ek 2. de görülmektedir.

Klinker; döner fırın çıkışı, katkı malzemeleri ile birleşip çimento haline gelmeden önce, soğutucu ünitesine girer. Bu iş için değişik soğutucu tipleri geliştirilmiştir. Soğutucularda, klinker alttan verilen hava ile soğutulurken, klinkerin ısınıp alan havanın da değişik amaçlarla kullanılması düşünülmüştür.

Çimento üretiminin değişik aşamalarında ürün hep toz halindedir. Hem çevre kirlenmesi hem de çimento ekonomisi gözönüne alınıp tozun tutulması için değişik sistemler kullanılmaktadır.

Kullanılmakta olan toz tutma sistemlerinden başlıcaları şunlardır (Özden, 1981):

- . Elektrofiltreler,
- . Torbalı filtreler,
- . Siklon ve multisiklonlar,
- . Durgunluk odaları.

Elektrofiltreler, statik bir alan (elektrikli alan) içinde tozlara elektrik yüklenerek bunları tutma prensibine dayanır. Torbalı filtreler, genellikle yün, polyester, kil veya bunların karışımlarından imal edilirler. En çok kullanılan filtreler bunlar olup, kullanılan malzemenin cinsine göre 250°C a kadar gaz sıcaklıklarında faaliyet gösterebilirler. Toz tutma işleri için kullanılan diğer bir düzenek siklonlardır. Uçucu tozlar için bir tutucu görevi yapan siklonlar 975°C a kadar kullanılabilirler. Daha iyi toz tutma amacıyla siklonların seri veya paralel bağlanması ile multisiklonlar elde edilir. Yüksek miktarda toz taşıyan gazlardaki nisbeten büyük toz taneciklerinin tutulduğu toz odalarının önemi büyüktür. Toz odaları, gaz hızının birden düşürülerek, tozun çökmesini sağlama prensibine dayanır (Özden, 1981).

EK AÇIKLAMALAR-B

ESKİŞEHİR ÇİMENTO FABRİKASI'NIN ENERJİ ANALİZİ

Bu kısımda Eskişehir Çimento Fabrikası'ndaki elektrik ve ısı enerji tüketen birimler tanıtılmış, birim üretim başına tüketilen enerji hesaplanmıştır. Bu amaçla, elektrik ve ısı enerjisinin birimlere göre dağılımı hesaplanarak birim üretim için harcanan enerji itibariyle bilanço yapılmıştır.

B.1. Eskişehir Çimento Fabrikası'nda Isı ve Elektrik Enerjisi Tüketen Birimler

E.Ç.F.'nin ısı enerjisi tüketimi, mahal ısıtma bir tarafa bırakılırsa, döner fırın ve kömür kurutma ünitelerinde harcanır.

Örnek bir hesaplama ile, döner fırın ısı bilançosu çıkartılarak giren ısıнын dağılımı bu kısımda incelenmiştir.

E.Ç.F.'de elektrik enerjisi, onüç merkezde tüketilmektedir. Bunların kurulu güç ve kurulu kapasiteleri Çizelge B.1. de verilmiştir.

Çizelge B.1. de verilen onbir merkeze ek olarak, ışık ve muhtelif giderlerle, kablo zayıyatı, son iki tüketim kalemini meydana getirir.

E.Ç.F.'nin 1985 yılı verilerine göre, elektrik enerjisinin ünitelere göre dağılımı ayrı bir alt başlıkta incelenecektir.

B.2. Eskişehir Çimento Fabrikası'nda Birim Üretim Başına Isı Enerjisi Tüketimi ve Döner Fırın Isı Bilançosu

Bu başlık altında, yaş sistem ve kuru sistem döner fırınlarda birim klinker üretimi başına harcanan ısı enerjisi hesaplanacaktır. Ayrıca, kuru sistem döner fırın için bir ısı enerjisi bilançosu hazırlanarak, giren enerjinin, hangi yollarla harcandığı belirlenecektir.

Çizelge B.1. Eskişehir Çimento Fabrikası'nda elektrik enerjisi tüketen birimlerin kurulu güç ve kurulu kapasiteleri

Yaş Sistem	Kuru Sistem	Kurulu kapasite (ton/saat)	Kurulu güç (kw)
Konkasör	Konkasör	100	360
Çamur Değirmeni		41	1290
	Farin Değirmeni	65	2855
Döner Fırın-1		23	640
	Döner Fırın-2	33	2085
Kömür Hazırlama 1-2	Kömür Hazırlama 1-2	16	945
Çimento Değirmeni-1		27	1330
	Çimento Değirmeni-2	60	2865
Paketleme	Paketleme	-	300
Gezer Vinç	Gezer Vinç	-	300
Kompresör	Kompresör	-	80

B.2.1. Yaş sistem çimento üretimi

Yaş sistem çimento üretimi için 1985 yılı işletme verileri esas alınarak, birim klinker üretimi başına harcanan ısı enerjisi hesaplanacak fakat bilanço çıkartılmayacaktır.

Hesaplamalara esas alınan yılda üretim 25.5×10^3 ton klinker. Tüketim ise kömür kurutma enerjisi de dahil olmak üzere 10877 ton kömür olarak verilmiştir.

Yaş sistem döner fırında yıl boyunca kömür kurutma ünitesinde 588 ton kömür harcanmıştır. Yaş sistem döner fırında kullanılan kömürün ortalama alt ısı değeri 20430 kJ/kg kömür olarak verilmiştir.

Bu verilere göre yaş sistem döner fırında kömür kurutma enerjisi de dahil olmak üzere özgül enerji tüketimi miktarı Çizelge B.2. de hesaplanmıştır. Yaş sistem döner fırının kömür kurutma için harcanan özgül enerji tüketimi miktarı ise Çizelge B.3 de hesaplanmıştır. Buna göre yaş sistem döner fırında; kömür kurutma enerjisi hariç tutulursa, özgül enerji tüketimi $q_{DF,Y}$,

$$q_{DF,Y} = q_{G,Y} - q_{KK,Y} \quad (B.1)$$

ifadesinden bulunabilecektir. Denklem (B.1) de, toplam enerji girdisi ile kömür kurutmasına harcanan enerji değeri yerine konulduğunda, döner fırında verilen enerji $q_{DF,Y}$,

$$q_{DF,Y} = 8700-470 \text{ kJ/kg klinker}$$

$$q_{DF,Y} = 8230 \text{ kJ/kg klinker}$$

olacaktır.

Hesaplanan değer, kuru sistem çalışan fırınların enerji tüketimleriyle karşılaştırılırsa, onlarınkinden yaklaşık iki kat daha fazla olduğu görülecektir. Bu fazlalığın, yaş sistem çimento üretim teknolojisinden kaynaklandığı, daha önce açıklanmıştı.

Çizelge B.2. Yaş Sistem Döner Fırında kömür kurutma enerjisi de dahil olmak üzere özgül enerji tüketimi hesabı

	Sembol	Birim	Özgül Enerji Tüketim Hesabı		
			Formül	Ara İşlem	Sonuç
Özgül Kömür Tüketimi	$i_{TOP,Y}$	$\frac{\text{kg kömür}}{\text{kg klinker}}$	$\frac{I_{TOP,Y}}{U_{KL,Y}}$	$\frac{10.877 \times 10^6}{25.5 \times 10^6}$	0.426
Özgül Enerji Tüketimi	$q_{TOP,Y}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg klinker}}$	$i_{TOP-Y} \cdot H_U$	0.426×20430	2700

Çizelge B.3. Yaş Sistem Döner Fırında kömür kurutma işlemi için harcanan özgül enerji tüketimi hesabı

	Sembol	Birim	Özgül Enerji Tüketim Hesabı		
			Formül	Ara İşlem	Sonuç
Özgül Kömür Tüketimi	$i_{KK,Y}$	$\frac{\text{kg kömür}}{\text{kg klinker}}$	$\frac{I_{KK,Y}}{U_{KL,Y}}$	$\frac{0.588 \times 10^6}{25.5 \times 10^6}$	0.0231
Özgül Enerji Tüketimi	$q_{KK,Y}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg klinker}}$	$i_{KK,Y} \cdot H_U$	0.0231×20430	470

Bu yüzden yaş sistemle üretim yapan döner fırının tamamen faaliyetten çıkarılması... Bundan doğacak üretim eksikliğinin, kuru sistem fırında yapılacak düzenlemelerle kapatılması önerilmektedir.

Yapılan çalışmada, yaş sistem fırının devreden çıkarılması fikrinden hareket edildiğinden, bu fırınla ilgili ısı enerjisi bilançosu yapılmamıştır.

Köksal (1981) yaptığı bir çalışmada, yaş sistem döner fırının termik bilançosu için kullanışlı bir yöntem sunmuştur.

B.2.2. Kuru sistem çimento üretimi

Ayrıntılarıyla incelenen kuru sistem çimento üretiminde yapılan ısı bilançosu hesabında, gereken veriler E.Ç.F.'nin 1985 yılı kimya laboratuvarı analiz sonuçları ile aynı yıldaki işletme raporlarından alınmıştır.

Hesaplamalarda, sabit basınçtaki özgül ısı değeri C_p nin, sıcaklığa bağlı olarak değiştiği değerleri dikkate alınmıştır.

Bilanço düzenlenirken gerekli enerji, birim klinker (bir kilogram) için hesaplanmıştır.

Eskişehir Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden uzun yıllar sıcaklık ortalaması ile 1985 yılı sıcaklık ortalaması alınmış, Eskişehir'in yıllık ortalama sıcaklığının 10°C civarında olduğu anlaşılmıştır.

Isı bilançosu hazırlanırken, ısı girdileri ve ısı çıktıları tek tek hesaplanıp sonuçlar bir tablo halinde çıkarılacaktır. Önce ısı girdilerini hesaplayalım.

Döner fırına birim klinker üretimi başına verilen ısı; döner fırının yıllık kömür tüketimi ve klinker üretimiyle, kullanılan kömürün ısıl değerinden bulunabilir. 1985 yılında kuru sistem döner fırındaki toplam (kömür kurutma dahil) kömür tüketimi 50×10^3 ton kömür/yıl, klinker üretimi 213.59×10^3 ton klinker/yıl olarak verilmiştir.

Çizelge B.4. Kuru Sistem Döner Fırında kömür kurutma enerjisi de dahil olmak üzere özgül enerji tüketimi hesabı

	Sembol	Birim	Özgül Enerji Tüketimi Hesabı		
			Formül	Ara İşlem	Sonuç
Özgül Kömür Tüketimi	$i_{TOP,K}$	$\frac{\text{kg kömür}}{\text{kg klinker}}$	$\frac{I_{TOP,K}}{U_{TOP,K}}$	$\frac{50.10^6}{213.59 \times 10^6}$	0.234
Özgül Enerji Tüketimi	$q_{TOP,K}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg klinker}}$	$i_{TOP,K} \cdot H_U$	0.234×20600	4820

Çizelge B.5. Kuru Sistem Döner Fırında kömür kurutma işlemi için harcanan özgül enerji tüketimi hesabı

	Sembol	Birim	Özgül Enerji Tüketimi Hesabı		
			Formül	Ara İşlem	Sonuç
Özgül Kömür	$i_{KL,K}$	$\frac{\text{kg kömür}}{\text{kg klinker}}$	$\frac{I_{KK,K}}{U_{KL,K}}$	$\frac{4.041 \times 10^6}{213.59 \times 10^6}$	0.0189
Özgül Enerji	$q_{KK,K}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg klinker}}$	$i_{KK,K} \cdot H_U$	0.0189×20600	390

Kuru sistem döner fırına verilen kömürü kurutmak için 1985 yılında 4041 ton kömür harcanmıştır. Aynı yılda kuru sistem döner fırına verilen kömürün ortalama alt ısı değeri 20600 kJ/kg kömür olarak verilmiştir.

Kuru sistem döner fırınında kömür kurutma enerjisi de dahil olmak üzere özgül enerji tüketimi hesabı Çizelge B.4. de görülmektedir. Kuru sistem döner fırının kömür kurutma için harcanan özgül enerji tüketimi hesabı ise Çizelge B.5. de verilmiştir.

Buna göre kuru sistem döner fırında, kömür kurutma enerjisi hariç tutulursa, özgül enerji tüketimi $q_{DF,K}$,

$$q_{DF,K} = q_{G,K} - q_{KK,K} \quad (B.2)$$

eşitliğinden bulunabilecektir. Denklem (B.2) de, daha önce hesaplanan $q_{G,K}$ ve $q_{KK,K}$ değerleri yerine koyulursa, kilogram klinker başına, döner fırına verilen enerji $q_{DF,K}$ için,

$$q_{DF,K} = 4820 - 390 \text{ kJ/kg klinker}$$

$$q_{DF,K} = 4430 \text{ kJ/kg klinker}$$

değeri bulunacaktır. Bu durumda kilogram klinker başına döner fırına verilen kömür miktarı

$$\frac{4430}{20600} = 0.215 \text{ kg kömür/kg klinker}$$

olacaktır.

Şimdi de döner fırına verilen enerji girdisinin, nasıl harcadığını inceleyelim. Diğer bir anlatımla döner fırındaki ısı çıktılarını tek tek hesaplayalım.

B.2.2.1. Klinker oluşum ısısı

Klinker oluşum ısısı $q_{KO,K}$ nın hesabı için, şu denklem verilmiştir (Dişcioğlu, 1983; Bahadır, 1986):

$$q_{KO,K} = 4.18(7.64 \times \% \text{ CaO} + 6.48 \times \% \text{ MgO} + 4.1 \times \% \text{ Al}_2\text{O}_3 - 5.1 \times \% \text{ SiO}_2 - 0.48 \times \% \text{ Fe}_2\text{O}_3) \quad (B.3)$$

Yıl boyunca üretilen klinker için, kimya laboratuvarında verilen ortalama analiz değerleri Çizelge B.6. da sergilenmiştir.

Çizelge B.6. E.Ç.F. de 1985 yılı ortalama klinker analizi

Bileşen	Miktar (%)
CaO	65.27
MgO	0.98
Al ₂ O ₃	6.17
SiO ₂	21.72
Fe ₂ O ₃	3.88

Çizelge B.6 daki değerleri Denklem (B.3) de koyarak $q_{K0,K}$ için,

$$q_{K0,K} = 1746.78 \text{ kJ/kg klinker,}$$

değerini buluruz.

B.2.2.2. Farinden oluşan karbondioksidin baca gazı içinde götürdüğü ısı

Denklem (A.1) gereği, kalsiyumkarbonatın bir kısmı karbondioksit olarak ayrışmakta ve bacadan çıkarken bir miktar enerjiyi de dışarı götürmektedir. Ayrışan karbondioksit miktarı için "farin-klinker dönüşüm katsayısı" ndan yararlanılır. 1985 yılında farin üretimi 348×10^3 ton, klinker üretimi ise 213.59×10^3 ton olarak verilmişti. Bu durumda farin-klinker dönüşüm katsayısı $f_{FA,KL}$,

$$f_{FA,KL} = \frac{348 \times 10^3}{213.59 \times 10^3}$$

$$f_{FA,KL} = 1.6$$

olarak bulunacaktır. Farinden oluşan karbondioksidin gö-

türdüğü ısı $q_{FKD,K}$ için

$$q_{FKD,K} = f_{FA,KL} \times f_{KA,FA} \times 0.44 \times \Delta h_{CO_2} \quad (B.4)$$

ifadesi yazılabilecektir. Denklem (A.1) de kalsiyumkarbonatın molekül ağırlığının 100 kg/kmol karbondioksidin molekül ağırlığının ise 44 kg/kmol olduğu dikkate alınır, Denklem (B.4) deki 0.44 katsayısının, bir kilogram kalsiyumkarbonatın oluşturduğu karbondioksit miktarı olduğu anlaşılacaktır.

Denklem (B.4) de $f_{KA,FA}$, farindeki $CaCO_3$ yüzdesini, Δh_{CO_2} ise, karbondioksidin verilen sıcaklık farkındaki entalpi değişimini göstermektedir.

Farindeki $CaCO_3$ yüzdesinin yıllık ortalamasının, 1985 yılı laboratuvar analiz raporlarında 78.4 olduğu kaydedilmiştir.

Sabit basınçtaki özgül ısı kapasitesi C_p nin tanımından,

$$\Delta h = \int C_p(T) dT \quad (B.5)$$

denklemini yazılabilmekteydi (Wylen and Sonntag, 1978). Bu durumda Denklem (B.4)

$$q_{FKD,K} = f_{FA,KL} \times f_{KA,FA} \times 0.44 \int_{T_1}^{T_2} C_{p_{CO_2}}(T) dT \quad (B.6)$$

şekline girecektir.

Denklem (B.6) da T_1 , çevre sıcaklığı olup $10^\circ C$ alınmıştır. T_2 önısıtıcı çıkışındaki gaz sıcaklığını göstermekte olup, bu değer, E.Ç.F.'nin işletme rapor defterinde $400^\circ C$ olarak kaydedilmektedir.

Denklem (B.5) de

$$\theta = \frac{T}{100} \quad (B.7)$$

alınırsa Denklem (B.6)

$$q_{FKD,K} = f_{FA,KL} f_{KA,FA} 0.44 \int_{\theta_1}^{\theta_2} C_{p_{CO_2}}(\theta) 100 d\theta \quad (B.8)$$

formuna gelecektir.

Denklem (B.8) in sağ tarafındaki,

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} C_{p_{CO_2}}(\theta) 100 d\theta$$

integralinin değeri için -yani karbondioksitin önısıtıcı çıkışındaki sıcaklığı ile çevre sıcaklığı arasındaki enerji için- özgül ısı kapasitelerini sıcaklığın fonksiyonu olarak veren denklemden yararlanacağız. Karbondioksit için, kmol esasına dayalı bu fonksiyonu kullanarak,

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} C_{p_{CO_2}}(\theta) 100 d\theta = \int_{2.83}^{6.73} \frac{100}{44} (-3.73 + 30.53 \theta^{0.5} - 4.1\theta + 0.0242 \theta^2) d\theta \quad (B.9)$$

denklemini yazabiliyoruz (Öztürk ve Kılıç, 1982). Denklem (B.9) daki 1/44 katsayısı, kj/mol CO₂ olarak çıkacak sonucu kj/kg CO₂ cinsinden bulabilmek amacıyla koyulmuştur. Denklem (B.9) un sağ tarafının integrali alınıp, verilen sınır değerleri yerine koyulursa, Δh_{CO_2} için,

$$\int_{2.83}^{6.73} C_{p_{CO_2}}(\theta) 100 d\theta = 385.5 \text{ kj/kg } CO_2$$

değeri bulunacaktır. Bu değer (B.8) de kullanılırsa, $q_{FKD,K}$

$$q_{FKD,K} = 1.6 \times 0.784 \times 0.44 \times 385.5 \text{ kj/kg klinker,}$$

$$q_{FKD,K} = 212.77 \text{ kj/kg klinker,}$$

olarak bulunacaktır.

B.2.2.3. Farinde bulunan nemin buharlaşarak baca gazı içindi götürdüğü ısı

1985 yılı işletme raporlarına göre, döner fırına girişte farin, % 0.74 nem içermektedir. Nemin buharlaşarak baca

gazında götürdüğü ısı $q_{FN,K}$ nin hesabı için,

$$q_{FN,K} = f_{FA,KL} W_{FA} \left(2260 + \int_{T_1}^{T_2} C_{PH_2O} (T) dT \right) \quad (B.10)$$

ifadesini kullanıyoruz (Dişcioğlu, 1983).

$f_{FA,KL}$; Farin-klinker dönüşüm katsayısı (faktörü),
 W_{FA} ; Farindeki nem yüzdesi

olarak tanımlanmaktadır. Aynı ifadedeki 2260 katsayısı, $10^{\circ}C$ deki bir kilogram suyun buharlaştırılması için gereken ısı olmaktadır. Yine T_1 , çevre sıcaklığını; T_2 , önısıtıcı çıkış gazı sıcaklığını göstermektedir.

Denklem (B.10) un sağ tarafındaki integral için, Denklem (B.7) deki dönüşümü yapıyor ve suyun ısı kapasitesini, sıcaklığın fonksiyonu olarak veren,

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} C_{PH_2O}(\theta) 100 d\theta = \frac{100}{18} \int_{\theta_1}^{\theta_2} (32.23 + 0.19\theta + 0.105\theta^2 - 0.0036\theta^3) d\theta \quad (B.11)$$

ifadesini kullanıyoruz (Öztürk ve Kılıç, 1982).

Denklem (B.11) in sonucunda,

$$\int_{2.83}^{6.73} C_{PH_2O}(\theta) 100 d\theta = 763.6 \text{ kJ/kg H}_2\text{O}$$

değeri bulunacaktır. Bu değer Denklem (B.10) da kullanılarak $q_{FN,K}$,

$$q_{FN,K} = 1.6 \times 0.0074(2260 + 763.6) \text{ kJ/kg klinker}$$

$$q_{FN,K} = 35.79 \text{ kJ/kg klinker}$$

olarak bulunmuştur.

B.2.2.4. Soğutmadan çıkan klinkerin götürdüğü ısı

Döner fırından çıkıp soğutmaya giren klinker, buradan, yaklaşık $50^{\circ}C$ de ayrılmaktadır. Soğutucuyu terkeden klinkerle birlikte dışarı atılan ısı $q_{SK,K}$ şu denklemden bulunabilecektir:

$$q_{SK,K} = \int_{T_1}^{T_3} C_{PKL} (T) dT \quad (B.12)$$

Burada T_3 , klinker sıcaklığını göstermektedir.

Klinkerin sabit basınçtaki özgül ısı kapasitesi için verilen denkleme Denklem (B.7) deki dönüşüm uygulandıktan sonra, bu ifade Denklem (B.12) de kullanılırsa,

$$q_{SK,K} = 4.18 \times 100 \int_{2.83}^{3.23} (0.181 + 0.007 \theta) d\theta \quad (B.13)$$

ifadesi elde edilecektir (Dişcioğlu, 1983).

Denklem (B.13) deki integral alınıp sınır değerler yerine koyulursa $q_{SK,K}$,

$$q_{SK,K} = 33.9 \text{ kJ/kg klinker}$$

olarak bulunacaktır.

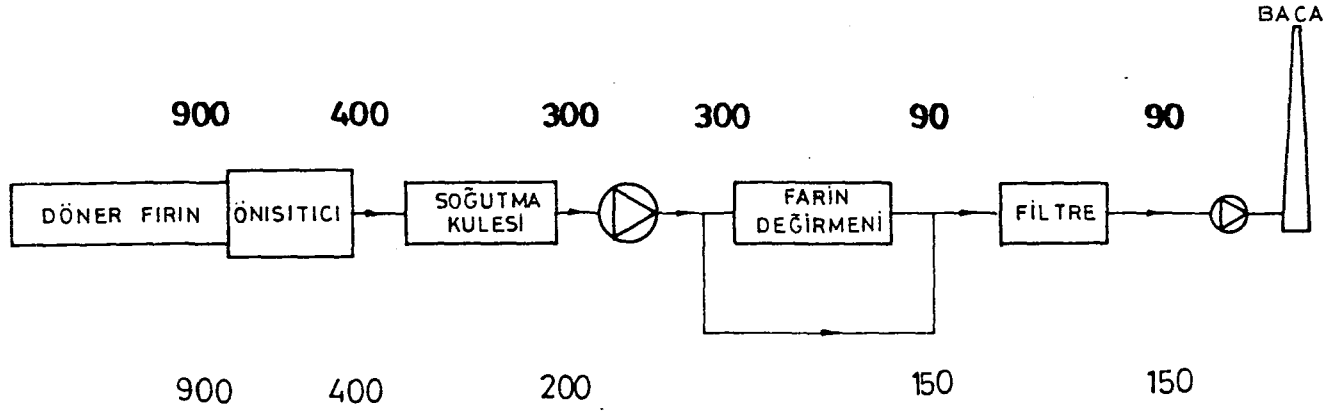
B.2.2.5. Farin değirmeninde kullanılan ısı

Önısıtıcı çıkışındaki gaz, farin değirmeni çalıştırıldığı zamanlar, hammaddenin kurutulması amacıyla buraya verilmektedir. Şekil B.1.de önısıtıcıdan itibaren, buraya kadar değişik noktalardaki gaz sıcaklıkları verilmiştir.

Şekil B.1. de üstte kalın harflerle yazılıcı sıcaklıklar, farin değirmeninin kullanıldığı duruma... Altta ince harflerle yazılı sıcaklıklar ise, farin değirmeninin kullanılmadığı duruma aittir.

Önısıtıcı çıkışındaki gaz, farin değirmeninde kullanılacağı zaman önce soğutma kulesinde su püskürtülerek sıcaklığı 300°C a düşürülür. Yaklaşık 300°C da farin değirmenine giren gaz buradan 90°C da çıkarak filtreye oradan da bacaya gider. Farin değirmeninin çalışmadığı zamanlarda, önısıtıcıdan çıkan gaz, soğutma kulesinde bu kez yaklaşık 200°C a kadar soğutulduktan sonra, filtreden geçirilir ve 150°C civarında bacadan atılır.

Önce, önısıtıcıdan çıkan gazın farin değirmeninde hiç kullanılmadığı ve tamamının bacadan atıldığı kabulüyle, bi-



Şekil B.1. Döner fırın ile baca arasında çeşitli noktalarda gaz sıcaklıkları

rim klinker üretimi başına atılan enerji miktarının ne kadar olacağını hesaplayalım.

Bunun için ilk adım olarak kilogram klinker başına bacasından atılan ısıyı bulalım.

Döner fırına verilen kömürün karbon, hidrojen ve kükürt yüzdeleri Çizelge B.7. de verilmiştir.

Çizelge B.7. E.Ç.F. de 1985 yılı itibariyle döner fırına verilen kömürdeki karbon, hidrojen ve kükürt yüzdeleri (E.Ç.F. Raporları, 1985)

Kömür Bileşenleri	Miktar (%)
Karbon	57
Hidrojen	4.3
Kükürt	4.19

Harcanan kömür tüketimi için gerekli yakma havası miktarını, oradan da yanma sonu ürünleri miktarını hesaplamak için, önce yanma denklemlerini çıkartıyoruz.

Kömür bileşenleri karbon, hidrojen ve kükürtün yanma denklemleri aşağıdaki şekildedir:



Reaksiyona giren elemanların Çizelge B.8. de verilen molekül ağırlıkları gözönüne alınarak ve Denklem (B.14), (B.15), (B.16) kullanılarak bir kilogram yakıtın tam yanması için gerekli teorik oksijen miktarı,

$$M_{O_2 \min} = \left(\frac{8}{3} C + 8H + S \right) \text{ kg oksijen/kg kömür} \quad (B.17)$$

olarak bulunur. Hava kütleli olarak % 23 oksijen ve % 77 azottan ibaret olduğundan gerekli teorik yakma havası miktarı

$$m_{YH,min} = \frac{100}{23} \left(\frac{8}{3}C + 8H + S \right) \text{ kg hava/kg kömür} \quad (\text{B.18})$$

olacaktır. Yanma sırasında % 20 fazla hava verildiğinden, yakma havası miktarı m_{YH}

$$m_{YH} = 1.2 \times \frac{100}{23} \left(\frac{8}{3}C + 8H + S \right) \text{ kg hava/kg kömür} \quad (\text{B.19})$$

denkleminde bulunabilecektir. Verilen kömür bileşimi bazında, yanma için gerekli hava miktarı

$$m_{YH} = 1.2 \times \frac{100}{23} \left(\frac{8}{3} \times 0.56 + 0.043 + 0.0419 \right) \text{ kg hava/kg kömür}$$

$$m_{YH} = 9.8 \text{ kg hava/kg kömür}$$

olacaktır (Kuşhan, 1983).

Çizelge B.8. Yanmada reaksiyona giren ve çıkan elemanların molekül ağırlıkları

Eleman	Sembol	Molekül Ağırlığı (kg/kmol)
Karbon	C	12
Hidrojen	H ₂	2
Oksijen	O ₂	32
Kükürt	S	32
Azot	N ₂	28
Karbondiyoksit	CO ₂	44
Su	H ₂ O	18
Kükürtdiyoksit	SO ₂	64

Yanma sonu ürünlerinin hesabı için ise Çizelge B.9. u düzenliyoruz (Kuşhan, 1983).

Çizelge B.9.daki 8.16 katsayısı bileşimi verilen bir kilogram kömürün yanması için gerekli minimum hava miktarı-

Çizelge B.9. Yanma sonu ürünlerinin kütleli miktarları

Yanma sonu ürünleri	Yanma sonu ürünleri kütleli miktarının yakıtın bileşiminden yararlanılarak hesabı(Kg)			Kütleli Yüzde (%)
CO ₂	$\frac{11}{2} C$	$\frac{11}{3} \times 0.56$	2.9	19.67
H ₂ O	9 H ₂	9 x 0.043	0.38	3.65
SO ₂	2 S	2 x 0.0419	0.08	0.77
O ₂	0.23xfazla hava	0.23x8.16x0.2	0.37	3.55
N ₂	0.77xgerçek hava	0.77x8.16x1.2	7.54	72.36
Toplam			10.42	100.00

dır. 11/3, 9 ve 2 katsayıları ise, bir kilogram karbon, bir kilogram hidrojen ve bir kilogram kükürtün oksijen ile reaksiyonu sonucu oluşacak yanma sonu ürünlerini göstermektedir.

Çizelge B.9. de ayrı ayrı bulunan yanma sonu ürünleri toplanırsa, bileşimi verilen bir kilogram kömür yakıldığında oluşacak yanma sonu ürünlerinin 10.42 kg olacağı bulunur.

Bir kilogram klinker üretmek için 0.215 kg kömür harcanmaktaydı. Bu durumda kilogram klinker başına oluşan baca gazı miktarı m

$$m_{YSÜ} = 10.42 \times 0.215 \text{ kg gaz/kg klinker}$$

$$m_{YSÜ} = 2.24 \text{ kg gaz/kg klinker}$$

olarak bulunacaktır.

Yanma sonu ürünlerinin baca gazında götürdüğü enerji, $q'_{\text{ÖG,K}}$, için şu ifade yazılabilecektir:

$$q'_{\text{ÖG,K}} = m_{YSÜ} \int_{T_1}^{T_2} C_{p_{YSÜ}}(T) dT \quad (\text{B.20})$$

Yanma sonu ürünlerinin baca gazı çıkış sıcaklığı ile çevre sıcaklığı arasındaki enerji için, Denklem (B.20) nin sağ tarafındaki integralde Denklem (B.7) deki dönüşüm yapı- lıp, Çizelge B.9. da verilen baca gazı ürünleri dikkate alı- nırsa,

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} C_{p_{YSÜ}}(\theta) 100 d\theta = 100 \left[\int_{\theta_1}^{\theta_2} C_{p_{CO_2}}(\theta) d\theta + \int_{\theta_1}^{\theta_2} C_{p_{H_2O}}(\theta) d\theta + \int_{\theta_1}^{\theta_2} C_{p_{SO_2}}(\theta) d\theta + \int_{\theta_1}^{\theta_2} C_{p_{O_2}}(\theta) d\theta + \int_{\theta_1}^{\theta_2} C_{p_{N_2}}(\theta) d\theta \right] \quad (\text{B.21})$$

eşitliği yazılabilecektir.

Özgül ısı kapasitelerini, sıcaklığın fonksiyonu ola- rak veren eşitlikler, Denklem (B.21) de kullanılırsa,

$$\begin{aligned}
\int_{2.83}^{6.73} C_{p_{YSÜ}}(\theta) 100 d\theta &= \frac{0.196 \times 100}{44} \int_{\theta_1}^{\theta_2} (-3.73 + 30.53 \theta^{0.5} - 4.1\theta \\
&+ 0.02\theta^2) + \frac{0.036 \times 100}{18} \int_{\theta_1}^{\theta_2} (32.23 + 0.192\theta \\
&+ 0.105\theta^2 - 0.0036 \theta^2) d\theta^2 \\
&+ \frac{4.18 \times 0.0077 \times 100}{64} \int_{\theta_1}^{\theta_2} (11.83 + \frac{6.05}{102^2} \theta \\
&- \frac{85}{\theta^2} \cdot \frac{6}{6}) d\theta \\
&+ \frac{4.18 \times 0.035 \times 100}{32} \int_{\theta_1}^{\theta_2} (8.27 + 0.025\theta \\
&+ 18.77\theta^2) d\theta \\
&+ \frac{4.18 \times 0.723 \times 100}{28} \int_{\theta_1}^{\theta_2} (6.5 + 0.1\theta) d\theta
\end{aligned} \tag{B.22}$$

denklemini elde edilecektir (Öztürk ve Kılıç, 1982; Faires, et al., 1978; Borat, 1982).

Denklem (B.22) deki integraller alınıp, alt ve üst sınırlar değerler yerine koyulursa, yanma sonu ürünlerinin, baca gazı sıcaklığı ile çevre sıcaklığı arasındaki enerjisi için,

$$\int_{T=283}^{T_2=673} C_{p_{YSÜ}}(T) dT = 418.34 \text{ kJ/kg gaz}$$

değeri elde edilecektir. Bu değer Denklem (B.20) de yerine koyulursa, baca gazının götürdüğü enerji $q'_{\text{öG,K}}$

$$q'_{\text{öG,K}} = 2.24 \times 418.34 \text{ kJ/kg klinker}$$

$$q'_{\text{ök,K}} = 937 \text{ kJ/kg klinker}$$

değerinde olduğu bulunacaktır.

Eğer gazın tamamı kullanılmadan bacaya verilseydi, kilogram klinker başına 937 kJ'lük bir enerji atılmış olacaktı.

Şimdi de önısıtıcı çıkışındaki gazın hal-i hazırda olduğu gibi, farin değirmeninde hammadde kurutmak amacıyla kullanıldığı durumu inceleyelim. Kilogram kömür başına oluşacak yanma sonu ürünleri miktarı, 10.42 kg gaz/kg kömür olarak... Döner fırının 1985 yılındaki kömür tüketimi ise, 45.99×10^6 kg kömür/yıl olarak verilmiştir. Bu durumda, 1985 yılında önısıtıcı çıkışındaki gaz miktarı,

$$10.42 \times 45.99 \times 10^6 = 4.79 \times 10^8 \text{ kg gaz/yıl}$$

olacaktır. 1985 yılında kuru sistem döner fırın 7545.8 saat çalıştığından, saatte atılan çıkış gazı miktarı,

$$\frac{4.79 \times 10^8}{7545.8} = 60696 \text{ kg gaz/saat}$$

olacaktır. Farin değirmeni aynı yıl içinde 3772 saat çalıştığından, değirmenin bir yıl içinde kullandığı gaz miktarı,

$$60696 \times 3772 = 2.289 \times 10^8 \text{ kg gaz/yıl}$$

olarak bulunacaktır. Yıllık klinker üretimi 213.59×10^6 kg olduğundan, kilogram klinker başına farin değirmeninde kullanılan gaz miktarı,

$$\frac{2.289 \times 10^8}{213.59 \times 10^6} = 1.07 \text{ kg gaz/kg klinker}$$

olacaktır.

Yanma sonu ürünlerinin sabit basınçtaki özgül ısı kapasiteleri Denklem (B.22) ile verilmişti. Gazın farin değirmenine giriş sıcaklığı 300°C ve çıkış sıcaklığı 90°C arasındaki enerjisi $q_{FD,K}$ için,

$$q_{FD,K} = m_{FD} \int_{T_G=363}^{T_G=573} C_{p_{YSÜ}}(T) dT \quad (\text{B.23})$$

denklemini yazılabilecektir. Denklem (B.23) ün sağ tarafındaki integral, Denklem (B.22) den yararlanılarak çözüldüğünde,

$$\int_{T_G=363}^{T_G=573} C_{p_{YSÜ}}(T) dT = 229.88 \text{ kJ/kg gaz}$$

değeri bulunacaktır. Bu sonuç Denklem (B.23) de kullanılarak, farin değirmeninde kullanılan enerji $q_{FD,K}$ için,

$$q_{FD,K} = 1.07 \times 229.88 \text{ kJ/kg klinker}$$

$$q_{FD,K} = 245.97 \text{ kJ/kg klinker}$$

değeri bulunacaktır.

B.2.2.6. Önısıtıcı çıkışında baca gazının götürdüğü ısı

Önısıtıcı çıkışındaki gazın, tamamının dışarı atılması durumundaki enerjisi 937 kJ/kg klinker idi. Bunun 245.97 kJ/kg klinker lik kısmı farin değirmeninde kullanıldığından, önısıtıcı çıkışındaki gaz vasıtasıyla atılan enerji, $q_{\ddot{O}G,K}$

$$q_{\ddot{O}G,K} = q'_{\ddot{O}G,K} - q_{FD,K} \quad (B.24)$$

eşitliğinden bulunacaktır. Değerlerin yerine koyulmasıyla

$q_{\ddot{O}G,K}$,

$$q_{\ddot{O}G,K} = 937 - 245.97 \text{ kJ/kg klinker}$$

$$q_{\ddot{O}G,K} = 691.03 \text{ kJ/kg klinker}$$

olarak bulunacaktır.

B.2.2.7. Soğutucu çıkışında multisiklondan atılan ısı

Soğutmaya giren klinkerin ısını alan havanın, yaklaşık üçte biri döner fırına sekonder hava olarak verilir. Kalanı multisiklon bacasından dışarı atılır. Izgaralı soğutucularda, kilogram klinker başına 3-3.5 Nm³ hava verildiği kaydedilmektedir (Akçimento, 1976).

Eskişehir Çimento Fabrikası'nda bu değer 3.5 m³/kg klinker olarak alınmaktadır. Soğutucu çıkışından atılan bu havanın enerjisini hesaplamadan önce soğutucundan atılan hava miktarını bulalım.

Havanın ortalama molekül ağırlığı M_H

$$M_H = 28.97 \text{ kg/kmol}$$

olarak verilmektedir. Hacimsel gaz sabiti \bar{R} ,

$$\bar{R} = 8.314 \text{ kJ/kmol K}$$

değerindedir (Öztürk ve Kılıç, 1982). Hesaplanan ortalama molekül ağırlığı için kütlelesel gaz sabiti R,

$$R = \frac{8.314}{28.97} \text{ kJ/kg K}$$

$$R = 0.287 \text{ kJ/kg K}$$

olarak bulunacaktır. İdeal gaz kanunundan,

$$pV = mRT \quad (B.25)$$

bilinmekteydi. Denklem (B.25) den yararlanarak havanın 1 m³ ünün ağırlığı için,

$$\frac{m}{V} = \frac{P}{RT} \quad (B.26)$$

ifadesini yazabiliriz. Yoğunluk $\frac{m}{V}$ yi d ile gösterip, Es-kişehir şartlarında basıncı 691 mmHg ya da yaklaşık 110 Kpa ve ortalama sıcaklığı 10°C alırsak bu değeri,

$$d = \frac{110}{0.287 \times 283} \text{ kg hava/m}^3 \text{ hava,}$$

$$d = 1.35 \text{ kg hava/m}^3 \text{ hava,}$$

olarak bulabiliriz. Bu durumda soğutmaya verilen havanın kütlesi,

$$1.35 \times 3.5 = 4.7 \text{ kg hava/kg klinker}$$

değerinde olacaktır. Multisiklondan dışarı atılan hava, soğutucuya verilen havanın yaklaşık üçte ikisi idi. Kilogram klinker başına soğutucuya 4.7 kg hava verilmekteydi. Kilogram klinker başına soğutucudan atılan hava m_s ise,

$$m_s = 4.7 \times \frac{2}{3} \text{ kg hava/kg klinker}$$

$$m_s = 3.1 \text{ kg hava/kg klinker}$$

değerinde bulunacaktır.

Soğutucudan kilogram klinker başına atılan enerji için şu denklem yazılabilir:

$$q_{SG,K} = m_s \int_{T_1}^{T_4} C_{PH}(T) dT \quad (B.27)$$

Denklem (B.27) de m_s soğutucudan kilogram klinker başına atılan hava olup, 3.1 kg hava/kg klinker olarak hesaplanmıştı. Eskişehir Çimento Fabrikası işletme raporlarında, soğutucu çıkışındaki hava sıcaklığının, 200°C olduğu kaydedilmektedir. Çevre sıcaklığı T_1 ise 10°C dir.

Denklem (B.27) nin sağ tarafındaki integral için, havanın sıcaklığı bağlı özgül ısı kapasitesi fonksiyonu kullanılarak,

$$\int_{\theta_1}^{\theta_4} C_{PH}(\theta) 100 d\theta = \frac{100}{28.97} \int_{\theta_1=2.83}^{\theta_4=4.73} (28.01 + 0.197\theta + 0.048\theta^2 - 0.9019\theta^3) d\theta \quad (B.28)$$

denklemini yazılabilecektir (Öztürk ve Kılıç, 1982).

Denklem (B.28) in sağ tarafı integre edilip verilen sınır değerler koyulursa, havanın çevre sıcaklığı ile soğutucu çıkış sıcaklığı arasındaki enerjisi için,

$$\int_{T_1=283}^{T_4=473} C_{PH}(T) dT = 192.5 \text{ kJ/kg hava}$$

değeri bulunacaktır. Bu değer Denklem (B.27) de yerine yazılırsa, soğutucudan kilogram klinker başına atılan enerji

$q_{SG,K}$,

$$q_{SG,K} = 3.1 \times 192.5 \text{ kJ/kg klinker}$$

$$q_{SG,K} = 596.7 \text{ kJ/kg klinker}$$

olacaktır.

B.2.2.8. Kullanılan kömürün kurutulması için verilen ısı

Kömür kurutma için verilen enerji; aynen, enerji çıktıları hanesinde de yer alacaktır. Daha önce hesaplandığı gibi, kuru sistem fırında kömür kurutma için kilogram klinker

başına verilen enerji $q_{KK,K}$,

$$q_{KK,K} = 390 \text{ kJ/kg klinker}$$

idi.

B.2.2.9. Radyasyon, konveksiyon kayıplarıyla yanma verimi ve diğer kayıplar

Hesaplanan bu kayıpların dışında, fırın cidarından radyasyon, konveksiyon kayıplarıyla, yanma verimi ve diğer kaçaklar için de son bir kayıp hanesi açabiliriz. Son hane-
deki bu ısı kaybı; toplam ısı girdisinden, şimdiye kadar hesaplanan ısı kayıplarının çıkartılmasıyla bulunacaktır.

Radyasyon konveksiyon ve diğer yollarla kaybedilen ısı kaybı $q_{RK,K}$,

$$q_{RK,K} = q_{G,K} - (q_{KD,K} + q_{FKD,K} + q_{FN,K} + q_{SK,K} + q_{FD,K} + q_{ÖG,K} + q_{SG,K} + q_{KK,K}) \quad (B.29)$$

ifadesinden bulunabilecektir. Daha önce hesaplanan ısı girişi ve çıktıları Denklemin (B.29) da kullanarak $q_{RK,K}$.

$$q_{RK,K} = 867.06 \text{ kJ/kg klinker}$$

değeri bulunacaktır.

Döner fırın için yapılan ısı bilançosu Bölüm 2. içerisinde Çizelge 2.1.de verilmiştir.

Isı bilançosunun grafik olarak gösterilmesi, "Sankey Diyagramı" ya da "Isı Akış Diyagramı" adıyla bilinmektedir. Kuru sistem döner fırın için hazırlanan ısı bilançosu esas alınarak çizilen Isı Akış Diyagramı Bölüm 2.2. deki Şekil 2.6. de verilmiştir.

B.2.3. Eskişehir Çimento Fabrikası'nda birim üretim başına elektrik enerjisi tüketimi ve elektrik enerjisi bilançosu

Elektrik enerjisi bilançosunda 1985 yılı işletme verileri esas alınmıştır. Bu kısımda birim klinker üretimi başına tüketilen elektrik enerjisi ile bunun üniteler arasın-

daki dağılımı incelenecektir.

1985 yılında E.Ç.F.'nin elektrik enerjisi tüketimi, elektrik sayaçlarından 36.56×10^6 kwh ya da yaklaşık olarak 36.56 Kwh olarak okunmuştur. Aynı yıl içindeki klinker üretimi yaklaşık 239×10^3 ton idi. Bu durumda ton klinker üretimi başına harcanan elektrik enerjisi,

$$\frac{36.56 \times 10^6}{239 \times 10^3} = 152.9 \text{ kwh/ton klinker}$$

olacaktır. Aynı yıl içinde çimento değirmenlerinin üretimi ise yaklaşık 316.1×10^3 ton dur. Ton çimento üretimi başına, elektrik enerjisi tüketimi bu durumda,

$$\frac{36.56 \times 10^6}{316.1 \times 10^3} = 115.6 \text{ kwh/ton çimento}$$

değerinde bulunur.

Ton klinker ve ton çimento başına tüketilen elektrik enerjisi miktarları, yaş sistem ve kuru sistem için ortalama bir değeri içermektedir. Özgül tüketimin, yaş sistem ve kuru sistem için ayrı ayrı değerleri, enerji çıktıları hesaplanırken bulunacaktır.

Elektrik enerji girdisi, toplam ondört merkezde tüketilmektedir.

Hem yaş hem de kuru sisteme hammadde kıran konkasörde kalker, kil, alçıtaşı ve tras olmak üzere dört değişik hammadde kırılmaktadır.

Bunlardan kalker ve kil konkasörde kırılıp değirmende öğütüldükten sonra klinker hammaddesi olarak döner fırına verilmektedir.

Alçı taşı ve tras ise kırıldıktan sonra diğer katkı maddeleri ve klinker ile birlikte çimento değirmeninde karıştırılıp öğütülmektedir.

Kalker ve kil ile alçı taşı ve trasın çimento oluncaya kadarki prosesleri ayrı ayrı incelenerek, konkasörün birim

çimento üretimi başına toplam elektrik enerjisi tüketimi iki adımda hesaplanmıştır.

Birinci adımda birim kalker ve kil üretimi başına enerji tüketimi hesaplanıp buradan birim kalker ve birim çimento üretimi başına enerji tüketimi hesaplanmıştır. İkinci adımda ise birim alçı taşı ve tras üretimi başına enerji tüketiminden başlayarak birim çimento ve birim klinker üretimi başına enerji tüketimine gerilmiştir.

Bu iki adımın sonundaki değerler toplanarak konkasörde birim çimento ve birim klinker üretimi başına elektrik enerjisi tüketimleri bulunmuştur.

Kalker ve kilin çimento oluncaya kadarki proseslerinde enerji tüketimi hesaplanırken dönüşüm faktörleri kullanılmıştır. Böylece özgül enerji tüketimi değeri sırasıyla kalker ve kil, farin, klinker son olarak da çimento başına hesaplanmıştır. Alçı ve tras için de dönüşüm faktörleri kullanılarak, önce birim çimento sonra da birim klinker için enerji tüketimi değerleri hesaplanmıştır.

Konkasör için yapılacak hesaplama adımları Şekil B.2. de şematik olarak görülmektedir. Bu adımlarda, değişik hammadde ve ürün başına hesaplanacak özgül enerji tüketimi ile kullanılacak dönüşüm faktörleri de Şekil B.2. de gösterilmiştir.

Konkasörün 1985 yılı elektrik enerjisi tüketimi 632.4×10^3 kwh olmuştur. Konkasör aynı yılda; 319.56×10^3 ton kalker ve kil, 37.58×10^3 ton alçı taşı ve tras olmak üzere toplam 357.14 ton hammadde kırmıştır.

Birinci hesaplama adımında konkasörde kırılan kalker ve kil esas alınarak, özgül elektrik enerjisi tüketimi hesaplanacaktır.

Konkasörde kırılan kalker ve kil ile toplam hammadde arasında dönüşüm faktörü $f_{KAK,HA}$ için,

$$f_{KAK,HA} = \frac{\dot{U}_{KON,KAK}}{\dot{U}_{KON,HA}} \quad (B.30)$$

eşitliği kullanılarak,

$$f_{KAK,HA} = \frac{319.56 \times 10^3}{357.14 \times 10^3} \text{ ton (kalker+kil)/ton hammadde}$$

$$f_{KAK,HA} = 0.894 \text{ ton(kalker+kil)/ton hammadde}$$

değeri bulunacaktır. Buna göre konkasördeki toplam elektrik enerjisi tüketiminin kalker ve kil kırılması için harcanan kısmı $E_{KON1,KAK}$,

$$E_{KON1,KAK} = 632.4 \times 10^3 \times 0.894 \text{ kwh}$$

$$E_{KON1,KAK} = 565.36 \times 10^3 \text{ kwh}$$

olacaktır.

Kırılan birim kalker ve kil miktarı itibariyle konkasörün özgül enerji tüketimi,

$$E_{KON1,KAK} = \frac{e_{KON1,KAK}}{\dot{U}_{KON1,KAK}} \quad (B.31)$$

ifadesinden yararlanılarak

$$e_{KON1,KAK} = \frac{565.36 \times 10^3}{319.56 \times 10^3} \text{ kwh/ton(kalker+kil)}$$

$$e_{KON1,KAK} = 1.769 \text{ kwh/ton (kalker+kil)}$$

olarak bulunacaktır.

Birim farin üretimi başına konkasörün tükettiği enerjiyi bulmak için kalker ve kil toplam ile farin arasındaki dönüşüm faktörünü kullanıyoruz:

$$f_{KAK,FA} = \frac{\text{Konkasörde kırılan kalker ve kil miktarı}}{\text{Döner fırına verilen farin miktarı}} \quad (B.32)$$

Değerlerin yerine konulmasıyla $f_{KAK,FA}$,

$$f_{KAK,FA} = \frac{319.56 \times 10^3}{388.82 \times 10^3} \text{ ton(kalker+kil)/ton farin}$$

$$f_{KAK,FA} = 0.82 \text{ ton(kalker+kil)/ton farin}$$

olarak bulunacaktır. Birim farin miktar başına elektrik enerjisi tüketimi için,

$$e_{KON1,FA} = e_{KON1,KAK} \cdot f_{KAK,FA} \quad (B.33)$$

eşitliği kullanılarak,

$$e_{KON1,FA} = 1.769 \times 0.82 \text{ kwh/ton farin}$$

$$e_{KON1,FA} = 1.45 \text{ kwh/ton farin}$$

değeri bulunmuştur.

Döner fırına verilen farin, çıkışta klinker olarak alınırken Denklem (A.1) gereği kütle kaybına uğramaktadır. Bu kayıp farin klinker dönüşüm katsayısı ile belirlenmektedir.

Farin klinker dönüşüm katsayısı $f_{FA,KL}$

$$f_{FA,KL} = 1.6$$

olarak hesaplanmıştır. Ton klinker başına konkasörün tükettiği enerji $e_{KON1,KL}$,

$$e_{KON1,KL} = e_{KON1,FA} \cdot f_{FA,KL} \quad (B.34)$$

ifadesi ile,

$$e_{KON1,KL} = 1.45 \times 1.6 \text{ kwh/ton klinker}$$

$$e_{KON1,KL} = 2.32 \text{ kwh/ton klinker}$$

değerinde bulunacaktır.

Konkasörün tükettiği enerjinin bir ton çimento başına düşen payını hesaplamak için klinker-çimento dönüşüm faktörü $f_{KL,\text{Çi}}$ yi tanımlıyoruz:

$$f_{KL,\text{Çi}} = \frac{\text{Çimento üretimi için sarfedilen klinker}}{\text{İmal edilen çimento}} \quad (B.35)$$

Çimento; klinkere belirli oranda alçı taşı ve diğer katkı malzemelerinin eklenmesiyle oluşmaktadır. Çimentoya eklenen katkı malzemeleri miktarı 1985 yılı için ortalama (her iki fırın için) % 20.1 olarak verilmiştir. Bu durumda

klinker-çimento faktörü $f_{KL,çi}$,

$$f_{KL,çi} = 0.799 \text{ ton klinker/ton çimento}$$

olmaktadır. Bu değerden hareketle ton çimento başına konkasörün elektrik enerjisi tüketimi $e_{KON1,çi}$,

$$e_{KON1,çi} = e_{KON1,KL} \cdot f_{KL,çi} \quad (B.36)$$

eşitliği kullanılarak,

$$e_{KON1,çi} = 2.32 \times 0.799 \text{ kwh/ton çimento}$$

$$e_{KON1,çi} = 1.85 \text{ kwh/ton çimento}$$

olarak bulunacaktır.

Üretim yapan iki çimento değirmeni yıl boyunca farklı miktarlarda katkı malzemesi kullanmışlardır. Birinci çimento değirmeninin (yaş sistem üretime bağlı) 1985 yılı katkı oranı % 17.5 iken, ikinci çimento değirmeninde (kuru sistem üretime bağlı) bu oran % 21.3 olmuştur. Buna göre yaş sistem üretimde, klinker-çimento dönüşüm faktörü,

$$f_{KL,çi-Y} = 0.825 \text{ ton klinker/ton çimento}$$

olurken, kuru sistem için,

$$f_{KL,çi-K} = 0.787 \text{ ton klinker/ton çimento}$$

olmaktadır.

Yaş sistemle çimento üretiminde, ton çimento üretimi başına enerji tüketimi $e_{KON1,çi-Y}$,

$$e_{KON1,çi-Y} = e_{KON1,KL} \cdot f_{KL,çi-Y} \quad (B.37)$$

eşitliğinden yararlanılarak,

$$e_{KON1,çi-Y} = 2.32 \times 0.825 \text{ kwh/ton çimento}$$

$$e_{KON1,çi-Y} = 1.91 \text{ kwh/ton çimento}$$

olarak bulunacaktır. Aynı şekilde, kuru sistemle üretim için ton çimento üretimi başına enerji tüketimi için $e_{KON1,çi-K}$

$$e_{KON1,çi-K} = e_{KON1,KL} \cdot f_{KL,çi-K} \quad (B.38)$$

eşitliğinden yararlanarak,

$$e_{\text{KON1,}\dot{\text{c}}\text{i-k}} = 2.32 \times 0.787 \text{ kwh/ton çimento}$$

$$e_{\text{KON1,}\dot{\text{c}}\text{i-k}} = 1.82 \text{ kwh/ton çimento}$$

olarak bulunacaktır.

İkinci hesaplama adımında konkasörde kırılan alçı taşı ve tras esas alınarak özgül elektrik enerjisi tüketimi hesaplanacaktır. 1985 yılında konkasörde kırılan alçı taşı ve tras ile toplam hammadde arasındaki dönüşüm faktörü $f_{\text{ALT,HA}}$

$$f_{\text{ALT,HA}} = \frac{\dot{U}_{\text{KON,ALT}}}{\dot{U}_{\text{KON,HA}}} \quad (\text{B.39})$$

ifadesi ile,

$$f_{\text{ALT,HA}} = \frac{37.58 \times 10^3}{357.14 \times 10^3} \text{ ton(alçı taşı+tras)/ton hammadde}$$

$$f_{\text{ALT,HA}} = 0.105 \text{ ton(alçı taşı+tras)/ton hammadde}$$

olduğu bulunacaktır. Buna göre konkasördeki toplam elektrik enerjisi tüketiminin alçı taşı ve tras kırılması için harcanan kısmı $E_{\text{KON2,ALT}}$,

$$E_{\text{KON2,ALT}} = 632.4 \times 10^3 \times 0.105 \text{ kwh}$$

$$E_{\text{KON2,ALT}} = 66.5 \times 10^3 \text{ kwh}$$

olacaktır.

Kırılan birim alçı taşı ve tras miktarı itibariyle konkasörün özgül enerji tüketimi,

$$e_{\text{KON2,ALT}} = \frac{E_{\text{KON2,ALT}}}{\dot{U}_{\text{KON2,ALT}}} \quad (\text{B.40})$$

ifadesinden yararlanılarak

$$e_{\text{KON2,ALT}} = \frac{66.5 \times 10^3}{37.58 \times 10^3} \text{ kwh/ton(alçı+tras)}$$

$$e_{\text{KON2,ALT}} = 0.118 \text{ kwh/ton(alçı taşı+tras)}$$

olarak bulunacaktır.

Alçı ve traş Şekil B.2.de görüldüğü gibi klinkerle birleştikten sonra çimentoyu oluşturmaktadır.

Birim çimento üretimi başına konkasörün tükettiği enerjiyi bulmak için çimento ile alçı taşı ve traş toplamı arasındaki dönüşüm faktörünü kullanıyoruz:

$$f_{ALT,Çİ} = \frac{\text{Konkasörün kırdığı alçı taşı ve traş miktarı}}{\text{Çimento değirmenlerinde üretilen çimento miktarı}} \quad (B.41)$$

Değerlerin yerine koyulmasıyla $f_{ALT,Çİ}$,

$$f_{ALT,Çİ} = \frac{37.58 \times 10^3}{316.1 \times 10^3} \text{ ton(alçı taşı+traş)/ton çimento}$$

$$f_{ALT,Çİ} = 0.118 \text{ ton(alçı taşı+traş)/ton çimento}$$

olarak bulunacaktır. Birim çimento üretimi başına konkasörün enerji tüketimi bu durumda,

$$e_{KON2,Çİ} = e_{KON2,ALT} \cdot f_{ALT,Çİ} \quad (B.42)$$

ifadesi ile,

$$e_{KON2,Çİ} = 1.769 \times 0.118 \text{ kwh/ton çimento}$$

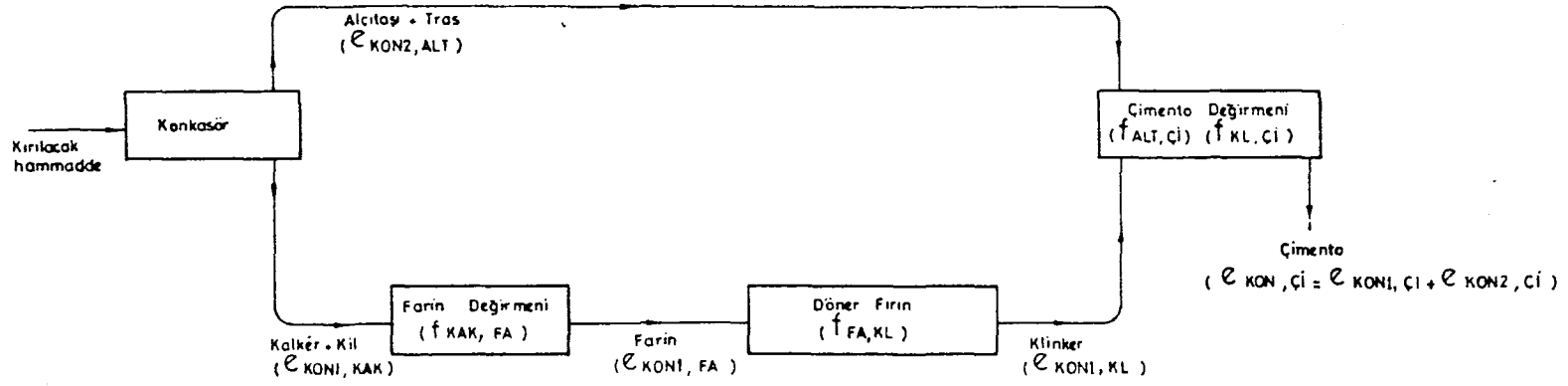
$$e_{KON2,Çİ} = 0.21 \text{ kwh/ton çimento}$$

olarak bulunacaktır.

Buradan da yaş sistem ve kuru sistem fırınlar için ayrı ayrı birim klinker üretimi başına enerji tüketimine geçebiliriz. Bunun için klinker çimento dönüşüm faktörlerini kullanıyoruz.

Yaş sistemle klinker üretiminde, ton klinker üretimi başına enerji tüketimi $e_{KON2,KL-Y}$,

$$e_{KON2,KL-Y} = e_{KON2,Çİ} \frac{1}{f_{KL,Çİ-Y}} \quad (B.43)$$



Şekil B.2. Konkasörün özgül elektrik enerjisi tüketimi hesabındaki adımlar ve kullanılan dönüşüm faktörleri

eşitliğinden yararlanılarak

$$e_{\text{KON2,KL-Y}} = 0.21 \frac{1}{0.825} \text{ kwh/ton klinker}$$

$$e_{\text{KON2,KL-Y}} = 0.25 \text{ kwh/ton klinker}$$

olarak hesaplanmıştır.

Kuru sistemle klinker üretiminde ise, ton klinker üretimi başına enerji tüketimi $e_{\text{KON2,KL-K}}$,

$$e_{\text{KON2,KL-K}} = e_{\text{KON2,}\zeta\text{i}} \frac{1}{f_{\text{KL,}\zeta\text{i-K}}} \quad (\text{B.44})$$

ifadesi kullanılarak,

$$e_{\text{KON2,KL-K}} = 0.21 \frac{1}{0.787} \text{ kwh/ton klinker}$$

$$e_{\text{KON2,KL-K}} = 0.26 \text{ kwh/ton klinker}$$

olmaktadır.

Konkasörün toplam özgül elektrik enerjisi tüketiminin hesabı için kalker ve kil için tüketilen enerji ile alçı taşı ve tras için tüketilen enerji toplanacaktır.

Birim klinker üretimi başına konkasörün toplam enerji tüketimi; yaş sistemde,

$$e_{\text{KON,KL-Y}} = e_{\text{KON1,KL-Y}} + e_{\text{KON2,KL-Y}} \quad (\text{B.45})$$

ifadesi ile

$$e_{\text{KON,KL-K}} = 2.32 + 0.25 \text{ kwh/ton klinker}$$

$$e_{\text{KON,KL-K}} = 2.57 \text{ kwh/ton klinker}$$

değerinde... Kuru sistemde ise,

$$e_{\text{KON,KL-K}} = e_{\text{KON1,KL-K}} + e_{\text{KON2,KL-K}} \quad (\text{B.46})$$

ifadesi ile

$$e_{\text{KON,KL-K}} = 2.32 + 0.26 \text{ kwh/ton klinker}$$

$$e_{\text{KON,KL-K}} = 2.58 \text{ kwh/ton klinker}$$

değerinde olduğu hesaplanmıştır.

Benzer şekilde, birim klinker üretimi başına, konkasörün toplam enerji tüketiminin, yaş sistemde

$$e_{\text{KON},\text{çi-Y}} = e_{\text{KON1},\text{çi-Y}} + e_{\text{KON2},\text{çi-Y}} \quad (\text{B.47})$$

ifadesi ile,

$$e_{\text{KON},\text{çi-Y}} = 1.91 + 0.21 \text{ kwh/ton çimento}$$

$$e_{\text{KON},\text{çi-Y}} = 2.12 \text{ kwh/ton çimento}$$

değerinde olduğu... Kuru sistemde ise,

$$e_{\text{KON},\text{çi-K}} = e_{\text{KON1},\text{çi-K}} + e_{\text{KON2},\text{çi-K}} \quad (\text{B.48})$$

ifadesi ile,

$$e_{\text{KON},\text{çi-K}} = 1.82 + 0.21 \text{ kwh/ton çimento}$$

$$e_{\text{KON},\text{çi-K}} = 2.08 \text{ kwh/ton çimento}$$

değerinde olduğu hesaplanmıştır.

Konkasörde ve diğer ünitelerde özgül elektrik enerjisi tüketimlerinde "dönüşüm faktörleri" Çizelge B.10.da verilmiştir.

Konkasörde birim üretim başına elektrik enerjisi tüketimleriyle bunların yaş ve kuru sistemdeki paylarına ilişkin hesaplamalar Çizelge B.11. B.12. ve B.13. da özetlenmiştir.

Elektrik enerjisi tüketen diğer üniteler için birim klinker üretimi başına elektrik enerjisi tüketimi hesabındaki ara işlemler, kısaca tablolarda verilmiştir.

Hesaplamalarda, 1985 yılı işletme raporları ile Çizelge B.10. dan yararlanılmıştır.

Çamur değirmeni, farin değirmeni, döner fırın-1, döner fırın-2, çimento değirmenleri, kömür değirmenleri, paketleme, ışık ve muhtelif giderlerle kablo zaiyatı için hazırlanan çizelgeler sırasıyla Çizelge B.14. ile Çizelge B.23. arasında verilmiştir.

Çizelge B.10: 1985 yılında özgül elektrik enerjisi tüketimi hesabında kullanılacak dönüşüm faktörleri

Dönüşüm Faktörleri	Sembol	Birim	1985 yılı Değerleri
Kalker ve Kil-Toplam Hammadde	$f_{KAK,HA}$	$\frac{\text{ton(kalker+kil)}}{\text{ton hammadde}}$	0.894
Kalker ve Kil-Farin	$f_{KAK,FA}$	$\frac{\text{ton(kalker+kil)}}{\text{ton farin}}$	0.82
Alçı Taşı ve Tras-Toplam Hammadde	$f_{ALT,HA}$	$\frac{\text{ton(alçı taşı+tras)}}{\text{ton hammadde}}$	0.105
Alçı Taşı ve Tras-Çimento	$f_{ALT,\text{çi}}$	$\frac{\text{ton(alçı taşı+tras)}}{\text{ton çimento}}$	0.118
Farin-Klinker	$f_{FA,KL}$	$\frac{\text{ton farin}}{\text{ton klinker}}$	1.6
Klinker-Çimento (Her İki Sistem)	$f_{KL,\text{çi}}$	$\frac{\text{ton klinker}}{\text{ton çimento}}$	0.799
Klinker-Çimento (Yaş Sistem)	$f_{KL,\text{çi-Y}}$	$\frac{\text{ton klinker}}{\text{ton çimento}}$	0.825
Klinker-Çimento (Kuru Sistem)	$f_{KL,\text{çi-K}}$	$\frac{\text{ton klinker}}{\text{ton çimento}}$	0.787

Çizelge B.11: Konkasörde kırılan kalker ve kil esas alınarak özgül elektrik enerjisi tüketimi hesabı

Elektrik Enerjisi Tüketimleri	Sembol	Birim	Elektrik enerjisi tüketimi		
			Formül	Ara İşlem	Sonuç
Toplam Kalker ve Kil İçin Tüketim	$E_{KON1,KAK}$	kwh	$E_{KON,HA} \cdot f_{KAK,HA}$	$632.4 \times 10^3 \times 0.894$	565.36×10^3
Birim Kalker ve Kil Başına	$e_{KON1,FA}$	$\frac{kwh}{ton(kalker+kil)}$	$\frac{E_{KON1,KAK}}{U_{KON1,KAK}}$	$\frac{565.36 \times 10^3}{319.56 \times 10^3}$	1.769
Birim Farin Üretimi Başına	$e_{KON1,FA}$	$\frac{kwh}{ton farin}$	$e_{KON1,KAK} \cdot f_{KAK,FA}$	1.759×0.82	1.45
Birim Klinker Üretimi Başına	$e_{KON1,KL}$	$\frac{kwh}{ton klinker}$	$e_{KON1,FA} \cdot f_{FA,KL}$	1.45×1.6	2.32

Çizelge B.11: Devam

	Sembol	Birim	Elektrik Enerjisi Tüketimi Hesabı		
			Formül	Ara İşlem	Sonuç
Birim Çimento Üretimi Başına (Her İki Sistem)	$e_{KON1,Çi}$	$\frac{kwh}{ton \text{ çimento}}$	$e_{KON1,KL} \cdot f_{KL,Çi}$	2.32x0.799	1.85
Birim Çimento Üretimi Başına (Yaş Sistem)	$e_{KON1,Çi-Y}$	$\frac{kwh}{ton \text{ çimento}}$	$e_{KON1,KL} \cdot f_{KL,Çi-Y}$	2.32x0.825	1.91
Birim Çimento Üretimi Başına (Kuru Sistem)	$e_{KON1,Çi-K}$	$\frac{kwh}{ton \text{ çimento}}$	$e_{KON1,KL} \cdot f_{KL,Çi-K}$	2.32x0.787	1.81

Çizelge B.12: Konkasörde kırılan alçı taşı ve traş esas alınarak özgül elektrik enerjisi tüketimi hesabı

Elektrik Enerjisi Tüketimleri	Sembol	Birim	Elektrik Enerjisi Tüketimi		
			Formül	Ara İşlem	Sonuç
Toplam Alçı Taşı ve Tras İçin Tüketim	$E_{KON2,ALT}$	kwh	$E_{KON,HA} \cdot f_{ALT,HA}$	$632 \times 10^3 \times 0.105$	66.5×10^3
Birim Alçı Taşı ve Tras Başına	$e_{KON2,ALT}$	$\frac{kwh}{\text{ton(alçı taşı+tras)}}$	$\frac{E_{KON2,ALT}}{U_{KON2,ALT}}$	$\frac{66.5 \times 10^3}{37.59 \times 10^3}$	1.769
Birim Çimento Üretimi Başına	$e_{KON2,\text{çi}}$	$\frac{kwh}{\text{ton çimento}}$	$e_{KON2,ALT} \cdot f_{ALT,\text{çi}}$	1.769×0.118	0.21
Birim Klinker Üretimi Başına (Yaş Sistem)	$e_{KON2,KL-Y}$	$\frac{kwh}{\text{ton klinker}}$	$\frac{e_{KON2,\text{çi}}}{f_{KL,\text{çi-Y}}}$	$\frac{0.21}{0.825}$	0.25
Birim Klinker Üretimi Başına (Kuru Sistem)	$e_{KON2,KL-K}$	$\frac{kwh}{\text{ton klinker}}$	$\frac{e_{KON2,\text{çi}}}{f_{KL,\text{çi-K}}}$	$\frac{0.21}{0.787}$	0.26

Çizelge B.13. Konkasörde toplam özgül elektrik enerjisi tüketimi hesabı

Özgül Elektrik Enerjisi Tüketimi	Sembol	Birim	Formül	Sonuç
Birim Klinker Üretimi Başına (Yaş Sistem)	$e_{KON,KL-Y}$	$\frac{kwh}{ton\ klinker}$	$e_{KON1,KL-Y} + e_{KON2,KL-Y}$	2.57
Birim Klinker Üretimi Başına (Kuru Sistem)	$e_{KON,KL-K}$	$\frac{kwh}{ton\ klinker}$	$e_{KON1,KL-K} + e_{KON2,KL-K}$	2.58
Birim Çimento Üretimi Başına (Yaş Sistem)	$e_{KON,Çİ-Y}$	$\frac{kwh}{ton\ çimento}$	$e_{KON1,Çİ-Y} + e_{KON2,Çİ-Y}$	2.12
Birim Çimento Üretimi Başına (Kuru Sistem)	$e_{KON,Çİ-K}$	$\frac{kwh}{ton\ çimento}$	$e_{KON1,Çİ-K} + e_{KON2,Çİ-K}$	2.03

Çizelge B.14 .Çamur değirmeninde özgül elektrik enerjisi tüketiminin hesabı(Yaş Sistemde)

Özgül Elektrik Enerjisi Tüketimleri	Sembol	Birim	Özgül Elektrik Enerjisi Tüketimi Hesabı		
			Formül	Ara işlem	Sonuç
Birim Farin Üretimi Başına	$e_{\text{ÇAD,FA}}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton farin}}$	$\frac{E_{\text{ÇAD}}}{U_{\text{ÇAD}}}$	$\frac{988260}{40805}$	24.21
Birim Klinker Üretimi Başına	$e_{\text{ÇAD,KL}}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton klinker}}$	$e_{\text{ÇAD,FA}} \cdot f_{\text{FA,KL}}$	24.21 x 1.6	38.73
Birim Çimento Üretimi Başına	$e_{\text{ÇAD,Çi}}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton çimento}}$	$e_{\text{ÇAD,KL}} \cdot f_{\text{KL,Çi-Y}}$	33.55 x 0.948	31.95

Çizelge B.15.Farin değirmeninde özgül elektrik enerjisi tüketiminin hesabı (Kuru Sistemde)

Özgül Elektrik Enerjisi Tüketimleri	Sembol	Birim	Özgül Elektrik Enerjisi Tüketimi Hesabı		
			Formül	Ara işlem	Sonuç
Birim Farin Üretimi Başına	$e_{FD,FA}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton farin}}$	$\frac{E_{FD}}{Ü_{FD}}$	$\frac{7946580}{348022}$	22.83
Birim Klinker Üretimi Başına	$e_{FD,KL}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton klinker}}$	$e_{FD,FA} \cdot f_{FA,KL}$	22.83×1.6	36.53
Birim Çimento Üretimi Başına	$e_{FD,çi}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton çimento}}$	$e_{FD,KL} \cdot f_{KL,çi-K}$	36.53×0.787	28.75

Çizelge B.16 . Yaş ve kuru sistem döner fırında özgül elektrik enerjisi tüketiminin hesabı

Özgül Elektrik Enerjisi Tüketimleri	Sembol	Birim	Özgül elektrik enerjisi tüketim hesabı		
			Formül	Ara işlem	Sonuç
Birim Klinker Üretimi Başına (Yaş Sistem)	$e_{DF,KL-Y}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton klinker}}$	$\frac{E_{DF-Y}}{U_{DF-Y}}$	$\frac{336605}{25055}$	13.19
Birim Çimento Üretimi Başına (Yaş Sistem)	$e_{DF,\Çi-Y}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton çimento}}$	$e_{DF,KL-Y} \cdot f_{KL,\Çi-Y}$	13.19 x 0.825	10.88
Birim Klinker Üretimi Başına (Kuru Sistem)	$e_{DF,KL-K}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton klinker}}$	$\frac{E_{DF-K}}{U_{DF-K}}$	$\frac{7512840}{213590}$	35.17
Birim Çimento Üretimi Başına (Kuru Sistem)	$e_{DF,\Çi-K}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton çimento}}$	$e_{DF,KL-K} \cdot f_{KL,\Çi-K}$	35.17 x 0.787	27.68

Çizelge B.17. Kömür değirmenlerinde özgül elektrik enerjisi tüketiminin hesabı

Özgül Elektrik Enerjisi Tüketimleri	Sembol	Birim	Özgül Elektrik Enerjisi Tüketimi Hesabı		
			Formül	Ara işlem	Sonuç
Birim Klinker Üretimi Başına	$e_{KD,KL}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton klinker}}$	$\frac{E_{KD}}{U_{DF}}$	$\frac{2164180}{239092}$	9.05
Birim Çimento Üretimi Başına	$e_{KD,\Çi}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton çimento}}$	$e_{KD,KL} \cdot f_{KL,\Çi}$	9.05×0.799	7.23
Birim Çimento Üretimi Başına (Yaş Sistem)	$e_{KD,\Çi-Y}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton çimento}}$	$e_{KD,KL} \cdot f_{KL,\Çi-Y}$	9.05×0.825	7.46
Birim Çimento Üretimi Başına (Kuru Sistem)	$e_{KD,\Çi-K}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton çimento}}$	$e_{KD,KL} \cdot f_{KL,\Çi-K}$	9.05×0.787	7.12

Çizelge B.18. Çimento değirmenlerinde özgül elektrik enerjisi tüketiminin hesabı

Özgül Elektrik Enerjisi Tüketimleri	Sembol	Birim	Özgül Elektrik Enerjisi Tüketim Hesabı		
			Formül	Ara işlem	Sonuç
Birim Çimento Üretimi Başına (Yaş Sistem)	$e_{\text{ÇD,Çi-Y}}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton çimento}}$	$\frac{E_{\text{ÇD-Y}}}{U_{\text{ÇD-Y}}}$	$\frac{4563005}{106320}$	42.91
Birim Klinker Üretimi Başına (Yaş Sistem)	$e_{\text{ÇD,KL-Y}}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton klinker}}$	$\frac{e_{\text{ÇD,Çi-Y}}}{f_{\text{KL,Çi-Y}}}$	$\frac{42.91}{0.825}$	52.01
Birim Çimento Üretimi Başına (Kuru Sistem)	$e_{\text{ÇD,Çi-K}}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton çimento}}$	$\frac{E_{\text{ÇD-K}}}{U_{\text{ÇD-K}}}$	$\frac{8302400}{209785}$	39.57
Birim Klinker Üretimi Başına (Kuru Sistem)	$e_{\text{ÇD,KL-K}}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton klinker}}$	$\frac{e_{\text{ÇD,Çi-K}}}{f_{\text{KL,Çi-K}}}$	$\frac{39.57}{0.787}$	50.28

Çizelge B.19. Paketleme ünitesinde özgül elektrik enerjisi tüketimi hesabı

Özgül Elektrik Enerjisi Tüketimleri	Sembol	Birim	Özgül Elektrik Enerjisi Tüketim Hesabı		
			Formül	Ara işlem	Sonuç
Birim Çimento Üretimi Başına	$e_{P,\text{çi}}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton çimento}}$	$\frac{E_p}{\bar{U}_{\text{ÇD}}}$	$\frac{395940}{316361}$	1.25
Birim Klinker Üretimi Başına (Yaş Sistem)	$e_{P,\text{KL-Y}}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton klinker}}$	$\frac{e_{P,\text{çi}}}{f_{\text{KL},\text{çi-Y}}}$	$\frac{1.25}{0.825}$	1.51
Birim Klinker Üretimi Başına (Kuru Sistem)	$e_{P,\text{KL-K}}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton klinker}}$	$\frac{e_{P,\text{çi}}}{f_{\text{KL},\text{çi-K}}}$	$\frac{1.25}{0.787}$	1.58

Çizelge B.20. Gezervinçte özgül elektrik enerjisi tüketimi hesabı

Özgül Elektrik Enerjisi Tüketimleri	Sembol	Birim	Özgül Elektrik Enerjisi Tüketim Hesabı		
			Formül	Ara İşlem	Sonuç
Birim Klinker Üretimi Başına	$e_{GV,KL}$	$\frac{kwh}{ton\ klinker}$	$\frac{E_{GV}}{U_{DF}}$	$\frac{306700}{239092}$	1.28
Birim Çimento Üretimi Başına (Yağ Sistem)	$e_{GV,Çİ-Y}$	$\frac{kwh}{ton\ çimento}$	$e_{GV,KL} \cdot f_{KL,Çİ-Y}$	1.28×0.825	1.05
Birim Çimento Üretimi Başına (Kuru Sistem)	$e_{GV,Çİ-K}$	$\frac{kwh}{ton\ çimento}$	$e_{GV,KL} \cdot f_{KL,Çİ-K}$	1.28×0.787	1.00

Çizelge B.21. Kompresörlerde özgül elektrik enerjisi tüketimi hesabı

Özgül Elektrik Enerjisi Tüketimleri	Sembol	Birim	Özgül Elektrik Enerjisi Tüketimi Hesabı		
			Formül	Ara İşlem	Sonuç
Birim Klinker Üretimi Başına	$e_{KOM,KL}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton klinker}}$	$\frac{E_{KOM}}{U_{DF}}$	$\frac{206580}{239092}$	0.86
Birim Çimento Üretimi Başına (Yaş Sistem)	$e_{KOM,\text{Çi-Y}}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton çimento}}$	$e_{KOM,KL} \cdot f_{KL,\text{Çi-Y}}$	0.86×0.825	0.71
Birim Çimento Üretimi Başına (Kuru Sistem)	$e_{KOM,\text{Çi-K}}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton çimento}}$	$e_{KOM,KL} \cdot f_{KL,\text{Çi-K}}$	0.86×0.787	0.67

Çizelge B.22. Işık ve muhtelif giderler için özgül elektrik enerjisi tüketimi hesabı

Özgül Elektrik Enerjisi Tüketimleri	Sembol	Birim	Özgül Elektrik Enerjisi Tüketimi Hesabı		
			Formül	Ara işlem	Sonuç
Birim Klinker Üretimi başına	$e_{IM,KL}$	$\frac{kwh}{ton\ klinker}$	$\frac{E_{IM}}{U_{DF}}$	$\frac{1134700}{2390092}$	4.74
Birim Çimento Üretimi Başına (Yaş Sistem)	$e_{IM,\Çi-Y}$	$\frac{kwh}{ton\ çimento}$	$e_{IM,KL} \cdot f_{KL,\Çi-Y}$	4.74 x 0.825	3.91
Birim Çimento Üretimi Başına (Kuru Sistem)	$e_{IM,\Çi-K}$	$\frac{kwh}{ton\ çimento}$	$e_{IM,KL} \cdot f_{KL,\Çi-K}$	4.74 x 0.787	3.73

Çizelge B.23. Kablo zayıatı için özgül elektrik enerjisi tüketimi hesabı

Özgül Elektrik Enerjisi Tüketimleri	Sembol	Birim	Özgül Elektrik Enerjisi Tüketimi Hesabı		
			Formül	Ara işlem	Sonuç
Birim Klinker Üretimi Başına	$e_{KZ,KL}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton klinker}}$	$\frac{E_{KZ}}{U_{\text{ÇD}}}$	$\frac{2070805}{239092}$	8.66
Birim Çimento Üretimi Başına (Yaş Sistem)	$e_{KZ,\text{Çi-Y}}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton çimento}}$	$e_{KZ,KL} \cdot f_{KL,\text{Çi-Y}}$	8.66×0.825	7.14
Birim Çimento Üretimi Başına (Kuru Sistem)	$e_{KZ,\text{Çi-K}}$	$\frac{\text{kwh}}{\text{ton çimento}}$	$e_{KZ,KL} \cdot f_{KL,\text{Çi-K}}$	8.66×0.787	6.81

Kömür değirmenlerinde birim klinker üretimi başına harcanan enerji hesaplanırken, her iki değirmendeki toplam yıllık elektrik enerjisi tüketimi, yıllık klinker üretimine bölünmüştür.

Yaş ve kuru sistem tesislerde birim klinker üretimi başına elektrik enerjisi tüketiminin topluca görülebilmesi amacıyla yapılan enerji bilançosu, Çizelge 2.2. ile verilmiştir.

Yaş ve kuru sistem tesislerde, birim klinker üretimi başına harcanan elektrik enerjisi tüketiminin birimlere göre dağılımı ise Şekil 2.7. ve Şekil 2.8. ile verilmiştir.

Yaş ve kuru sistem tesislerde birim çimento üretimi başına elektrik enerjisi tüketimine ait bilanço hesabının özeti Çizelge B.24. de verilmiştir.

Çizelge B.24. Yaş ve kuru sistem çimento üretiminde birim çimento üretimi başına harcanan elektrik enerjisi

Enerji Çıktıları	YAŞ SİSTEM			KURU SİSTEM		
	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg çimento}}$	$\frac{\text{kWh}}{\text{kg çimento}} \times 10^{-3}$	%	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg çimento}}$	$\frac{\text{kWh}}{\text{kg çimento}} \times 10^{-3}$	%
Konkasör	7.632	2.12	1.94	7.308	2.03	1.71
Çamur-Farin Değirmeni	115.02	31.95	29.21	103.5	28.75	24.24
Döner Fırın	39.168	10.88	9.95	99.648	27.68	23.34
Kömür Değirmeni	26.856	7.46	6.82	25.632	7.12	6.00
Çimento Değirmeni	154.476	42.91	39.23	142.452	39.57	33.36
Paketleme	4.50	1.25	1.14	4.5	1.25	1.05
Gezervinçler	3.78	1.05	0.96	3.6	1.00	0.84
Kompresörler	2.556	0.71	0.65	2.412	0.67	0.57
Işık ve Muhtelif	14.076	3.91	3.57	13.428	3.73	3.15
Kablo Zayıyatı	25.704	7.14	6.53	24.516	6.81	5.74
Toplam	393.768	109.38	100.00	426.996	118.61	100.00

EK AÇIKLAMALAR-C

ESKİŞEHİR ÇİMENTO FABRİKASI'NDA ÖNKALSİNASYON UYGULAMASI

Bu bölümde; önkalsinasyon genel hatları ile tanıtılmış, çalışmakta olan döner fırınlara önkalsinasyon uygulamasına yönelik araştırmalara yer verilmiştir.

Eskişehir Çimento Fabrikası'nda pahalı yaş sistemi devreden çıkartarak kuru sistem döner fırına % 50 kapasite arttırımıyla önkalsinasyon uygulaması ayrıntılarıyla incelenmiştir.

Bölümün sonunda Eskişehir Çimento Fabrikası'na önkalsinasyon uygulamasıyla elde edilebilecek enerji tasarrufu hesaplanmıştır.

C.1. Önkalsinasyonun Tanıtımı ve Özellikleri

Hammaddedeki kalsiyumkarbonattan, karbondioksidin alınarak kalsiyumoksit formuna getirilmesi işlemi "kalsinasyon" olarak adlandırılmaktadır.

Süspansiyonlu önısıtıcılı sistemlerde, kalsinasyon işlemi, önısıtıcı üniteden çıktıktan sonra ve döner fırın girişindeki ilk bölümde olmaktadır. Daha sonra döner fırının son bölümünde sinterleme aşamasından geçen hammadde, soğutulmak üzere soğutucu üniteye dökülmektedir. Kısaca bu sistemde döner fırın, kalsinasyon ve sinterleme süreçlerini üstlenmektedir.

Enerji ekonomisi sağlamak ve fırınların kapasitelerini arttırmak amacıyla yapılan çalışmalar sonucunda, kalsinasyon işleminin döner fırın bünyesinden alınarak, önısıtıcı ile döner fırın arasına yerleştirilen ve "kalsinatör" adıyla anılan bir üniteye gerçekleştirilebileceği ortaya çıkarıldı.

Kalsinasyon, işlemini üstlenecek olan ünite, fırın için sağlanan ekipmanlara ve üretici firmalara göre, flash fırın (flash furnace), girdaplı yakıcı ile girdaplı kalsinatör (swirl burner , swirl calciner), akışkanlaştı-

rılmış kalsinatör (fluidized calciner), önkalsinatör (precalciner) olarak adlandırılırlar (Warshawsky, 1976).

Döner fırın ile önısıtıcı arasına yerleştirilen kalsinatör Şekil 3.1. de verilmiştir.

Süspansiyonlu önısıtıcılı fırınların mevcut durumdaki ısıl prosesleri ile kalsinatör eklendikten sonraki ısıl prosesleri karşılaştırmalı olarak Şekil 3.2 de görülmektedir.

Süspansiyonlu önısıtıcılı sistemlerde, yakıtın tamamı döner fırında verilmekteyken, önkalsinasyonlu sistemlerde, yakıtın bir kısmı döner fırında bir kısmı ise kalsinatörde verilmektedir (Mori, et al., 1974; Nakamura and Kobayashi, 1980).

Kalsinasyon olayı, yani kalsiyum karbonattan karbondioksidin ayrışması, endotermik bir reaksiyon sürecinde gerçekleşir. Bu süreç sırasında yakıtın ayrı bir üniteden verilmesi, yakıt miktarını ayarlama kolaylık sağlayacak ve yakıt, bu proses için gereken miktar kadar verilecektir. Önkalsinasyonlu sistemlerin özgül enerji tüketimlerinin düşük olmasının başlıca nedeni budur (Gardeik, 1981 b).

Önkalsinasyon uygulamasıyla, yakıt enerjisinin bir kısmının döner fırının dışında (kalsinatörde) verilmesiyle, aynı üretim kapasitesi için, döner fırının ısı yükü azalacaktır. Bu da yeni yapılacak sistemde, döner fırın boyunu kısaltacaktır. Fakat fırın karakteristikleri değişmezse -yani aynı fırın boyutları için- üretim artacağından, yakıt enerjisi tüketimi ve çıkış gazı sıcaklığının artması beklenmelidir (Gardeik, 1981 b; Topsakal, 1984).

Önkalsinasyonun yeni kurulan tesise uygulanması fırın boyunu kısaltacağından, fırında kullanılan tuğlayı da azaltacak, dolayısıyla bunların bakım ve değiştirme masrafları da azalacaktır.

Önkalsinasyon işleminin çalışmakta olan fırınlara uygulanması, aynı fırın boyu için, kapasitenin ikibuçuk ila

dört katına çıkartılmasını sağlayacaktır (Warshaw ky, 1976; Champonnois, 1984).

Oysa mevcut sistemle üretimi artırmak ancak daha uzun, ve geniş çaplı fırınlarla mümkündür. Bu da bakım ve tamir masrafları çok fazla olan fırın tuğlası kullanımını artıracaktır. Bu yüzden, özgül enerji tüketimini azaltan önkalsinasyon sistemi, çalışmakta olan fırınların kapasitelerini arttırmanın en iyi yolu olarak görülmektedir (Mori, et al., 1974).

Her iki durumda da yani önkalsinasyonun gerek yeni kurulan bir tesiste uygulanmasında gerekse de mevcut kuru sistem fırınlara uygulanmasında, özgül ısı tüketimi, klasik sistemlere göre daha az olacağından önkalsinasyonlu sistemlerle kaydadeğer yakıt tasarrufu sağlanabilecektir.

Önısıtıcılı kuru sistem döner fırınlarda döner fırına girişteki kalsinasyon derecesi % 40 ile sınırlandırılmışken, önkalsinasyonlu sistemlerde bu değer % 80-90 a kadar çıkmaktadır (Seki, et al., 1974; Ono, 1981).

Kalsinatörde ulaşılabilen kalsinasyon derecesi diğer faktörlerle birlikte kalsinatöre ve fırına verilen yakıt oranlarıyla, kalsinatörde yanma için sağlanan havaya bağlıdır. Yapılan çeşitli çalışma ve denemelerin sonunda tam kalsinasyon (% 95 in üzerinde kalsinasyon) gerçekleştirmek için kalsinasyon sıcaklığının 620°C ile 900°C arasında olması ve toplam yakıtın % 60 ının kalsinatörde yakılması gerektiği ortaya çıkarılmıştır (Reh, 1983; Kühle, 1984).

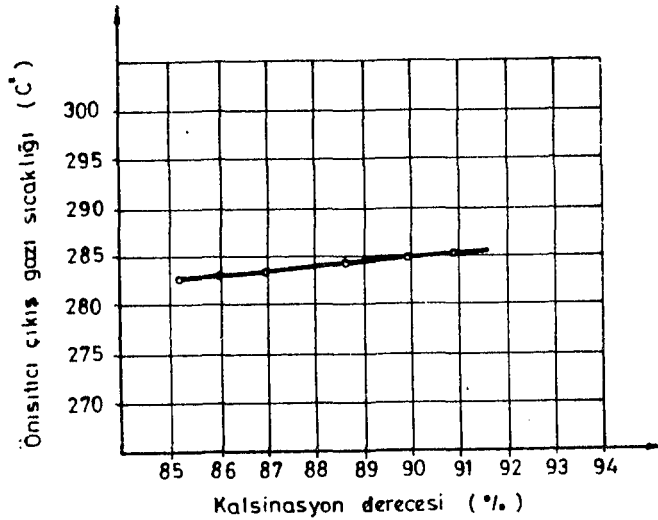
Bu durumda kalsinatörün gerçekte ana yakma sistemi görevi üstlendiği sonucuna varılmaktadır. Önkalsinasyon prosesinde, kalsinasyon % 85-90 1 siklon grubunun en alt kademesinde meydana gelmektedir ve bu kademedeki çıkış gazı sıcaklığı klasik sistemlerde çıkan gaz sıcaklığından 30° - 50°C daha yüksek olmaktadır. Bu, hammaddenin yüksek derecede kalsinasyonu için gerekli olan reaksiyon ısısından kaynak-

lanmaktadır. Bunun sonucu önısıtıcıdan çıkan atık gazın ısısı da klasik sistemlerden 30°C kadar daha yüksek olmaktadır.

Kalsinatördeki kalsinasyon derecesi arttıkça, önısıtıcı çıkış gazı sıcaklığı da artmaktadır. Bayburtlu (1986), bir çalışmada önısıtıcı çıkış gazı sıcaklığı ile kalsinasyon derecesi arasındaki ilişki için Şekil C.1. i vermiştir.

Kalsinasyonun döner fırından alınmasıyla, döner fırının boyu kısaldığından ve enerjinin yarısı da kalsinatörde verildiğinden döner fırın cidarındaki ısı kaybı azalacaktır. Önkalsinasyonlu sistemlerin özgül enerji tüketimlerinin düşük olmasının bir diğer nedeni de budur (Kawai, 1980).

Kalsinasyon derecesi kalsinatörde yanma için sağlanan havaya da bağlıdır. Kalsinatördeki ikincil yakma sistemi



Şekil C.1. Kalsinasyon derecesi ile önısıtıcı çıkış gazı sıcaklığı arasındaki ilişki (Bayburtlu'dan, 1986)

için gerekli hava, tamamen döner fırın çıkışından elde edilebileceği gibi, soğutucudan, üçüncül hava borusu olarak adlandırılan bir boru ile de sağlanabilir. İlk durum, yani yakma havasının tamamen döner fırından alınışı üçüncül hava borusuz... İkinci durum, yani yakma havası için soğutucu çıkışından yararlanıldığı durum ise üçüncül hava borulu olarak adlandırılmaktadır. Üçüncül hava borulu önkalsinasyon Şekil C.2. de, üçüncül hava borusuz önkalsinasyon ise Şekil C.3. de şematik olarak gösterilmiştir (Kupper, 1986).

Üçüncül hava borulu ve borusuz önkalsinasyonun karşılaştırılması amacıyla yapılan bir çalışmada şu iki nokta dikkati çekmiştir (Frisch, et al., 1982):

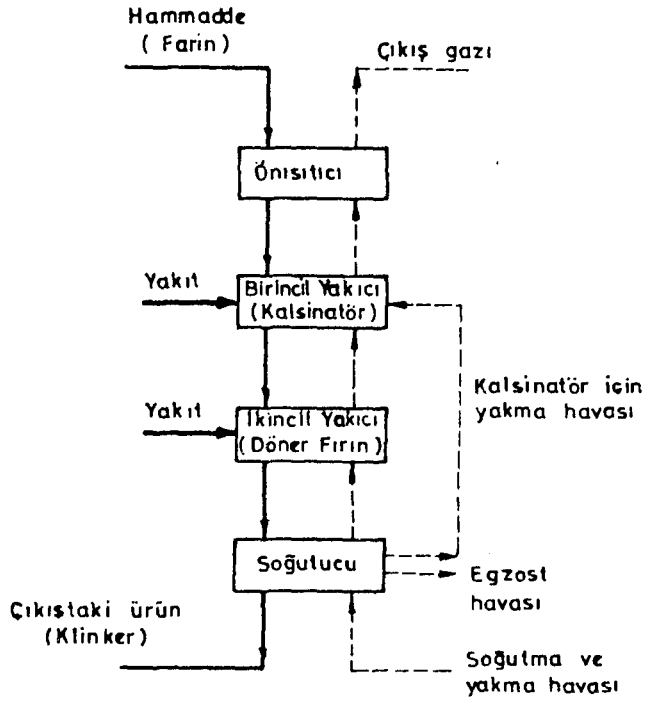
. Üçüncül hava borusuz sistemde döner fırın için sağlanan yakıt oranı % 57 iken, üçüncül hava borulu sistemde bu değer yalnızca % 49 dur. Kalsinatörde düşük kalorili yakıt yakılabiliyor olması nedeniyle, buraya verilen yakıt yüzdesindeki fazlalık sistemi ekonomikleştirecektir. Bundan başka döner fırına verilen yakıt yüzdesindeki azalma, döner fırın ısı yükünü azaltacak, dolayısıyla fırın tuğlalarının ömrü artacaktır.

. Hammaddenin kalsinatörden çıkıp fırına girdiği bölgede, gaz ve hammadde sıcaklıkları arasındaki fark, üçüncül hava borulu sistemde 95° iken, üçüncül hava borusuz sistemde 250°C dir.

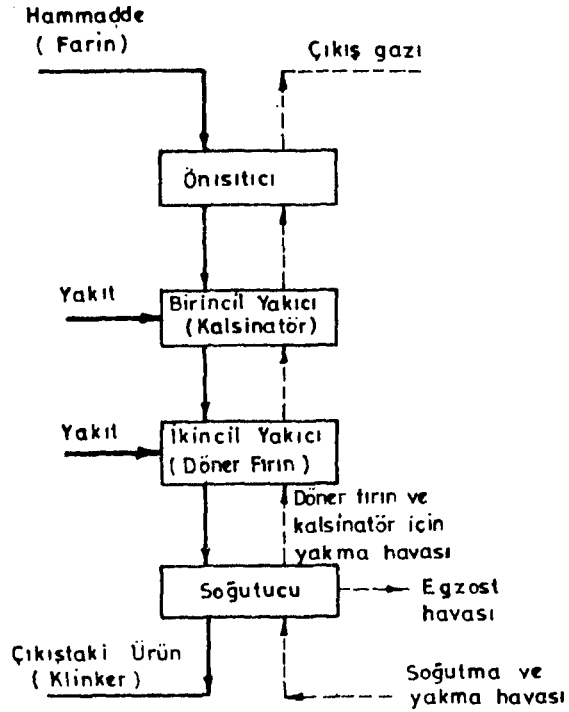
Gaz ve hammadde sıcaklıkları arasındaki farkın azalışı, döner fırında, gazdaki entalpinin maksimum kullanıldığı bir karakteristiğidir. Bu durum Şekil C.4. de görülmektedir.

Şekil C.4. deki deney, döner fırından kalsinatöre toz geri dönüşü olmadığı ve hammaddenin kalsinatörde % 60 kalsine edildiği durumun sonuçlarıdır. Deneyler çeşitli kalsinasyon yüzdeleri ve çeşitli toz geri dönüş oranları için yapıldığında da yukarıda yazılan iki önemli özelliğin doğrulandığı kaydedilmektedir (Frisch, et al., 1982).

Önkalsinasyonun en önemli özelliği olan özgül ısı tüketimini düşürmesi yanısıra, diğer başlıca özellikleri top-

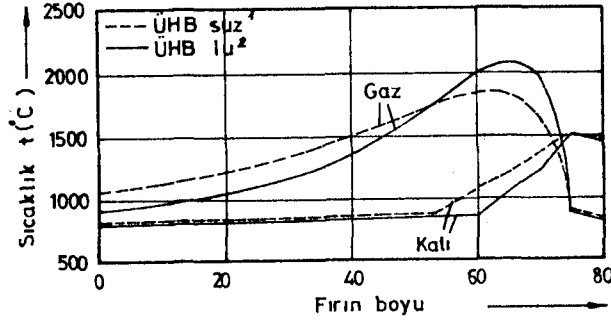


Şekil C.2. Üçüncül hava borulu önkalsinasyon (Kupper'den, 1986)



Şekil C.3. Üçüncül hava berusuz önkalsinasyon (Kupper'den, 1986)

lu olarak şu noktalarda yoğunlaşmaktadır:



Şekil C.4. Üçüncül hava borulu ve borusuz önkalsinasyon için hammadde ve gazın sıcaklık eğrileri(Frisch'den, 1982)

. Fırının yakma kapasitesi arttırılmıştır. Diğer bir deyişle, birim hacimden birim zamanda alınan klinker miktarı arttırılmıştır (O.E.C.C.L., 1985; M.M.C.C., 1982).

. Kalsinasyonun döner fırından ayrılmasıyla, klasik fırınlara göre, çok daha yüksek kapasitelere çıkma imkanı doğmuştur (Seki, et al., 1974).

. Sistemin, yeni kurulmakta olan fabrikalara uygulanmasıyla aynı üretim kapasitesi için döner fırın boyutları küçülmüş, döner fırın cidar ısı kayıpları azalmış ve refrakter malzeme kullanımı azalmıştır (Seki, et al., 1974; Mori, et al., 1974; Herchenbach and Wolter, 1982).

. Fırın boyutları küçüldüğünden, fırının kapladığı alan ve harcadığı güç azalmıştır (Seki, et al., 1974).

. Önkalsinasyonun mevcut fabrikalara uygulanmasıyla, aynı fırın boyu için, kapasite, 2.5 ila 4 kat arttırılmıştır (Warshawsky, 1976; Champonnois, 1984; Seki, et al., 1974).

¹ÜBH suz: Üçüncül hava borusuz

²ÜBH lu : Üçüncül hava borulu

. Yakıt kullanımında daha fazla bir esneklik sağlanmıştır. Düşük kalorili yakıtlar, yüksek küllü kömürler, biyomas ve çeşitli atıklar, kalsinatörde kullanılabilir (Hochdahl, 1986; Golden, 1984; Kwech, 1986; Opitz, 1986).

. Kalsinatördeki sıcaklık düşük ve üniform olduğundan NO_x ve SO_x oluşumu minimum seviyededir. Bu nedenle kalsinatör, NO_x ve SO_x gazlarından dolayı meydana gelen hava kirliliğine karşı daha etkilidir (Mori, et al., 1974; O.E.C.C.L., 1985).

C.2. Çalışmakta Olan Fırınların Önkalsinasyonlu Sistemlere Dönüştürülmesine Yönelik Çalışmalar

Yaş sisteme göre daha düşük özgül enerji tüketimine sahip önısıtıcılı kuru sistemden sonra, önkalsinasyon sistemlerin ortaya çıkması çimento sanayiinde enerji ekonomisi alanında büyük bir gelişme olarak kaydedildi. Yeni kurulan çimento fabrikaları bu son yenilikle donatılarak inşaa edildi.

Ancak, eski teknoloji ile inşa edilmiş mevcut fırınlar hala fazla enerji tüketimiyle çalışmaktadır. Yeni gelişmelerden sonra, eski fırınların da yeni teknoloji ile donatılarak daha verimli işletilmelerine yönelik çalışmalar başlatıldı.

Bunun sonucu önkalsinasyon sisteminin çalışmakta olan fırınlara da uygulanabileceği ortaya çıkarıldı.

Mevcut fırınlara önkalsinasyon adaptasyonuna ilişkin olarak çeşitli uygulamalar yapıldı. Önkalsinasyonun sadece kuru sistem fırınlara değil, yaş sistem fırınlara da -onları kuru sisteme dönüştürdükten sonra- uygulanabileceği görüldü.

Mevcut sisteme önkalsinasyon uygulanmasıyla, özgül enerji tüketiminin azalması yanısıra, fabrikaya sağlayacağı en büyük avantaj, üretimin artmasıdır.

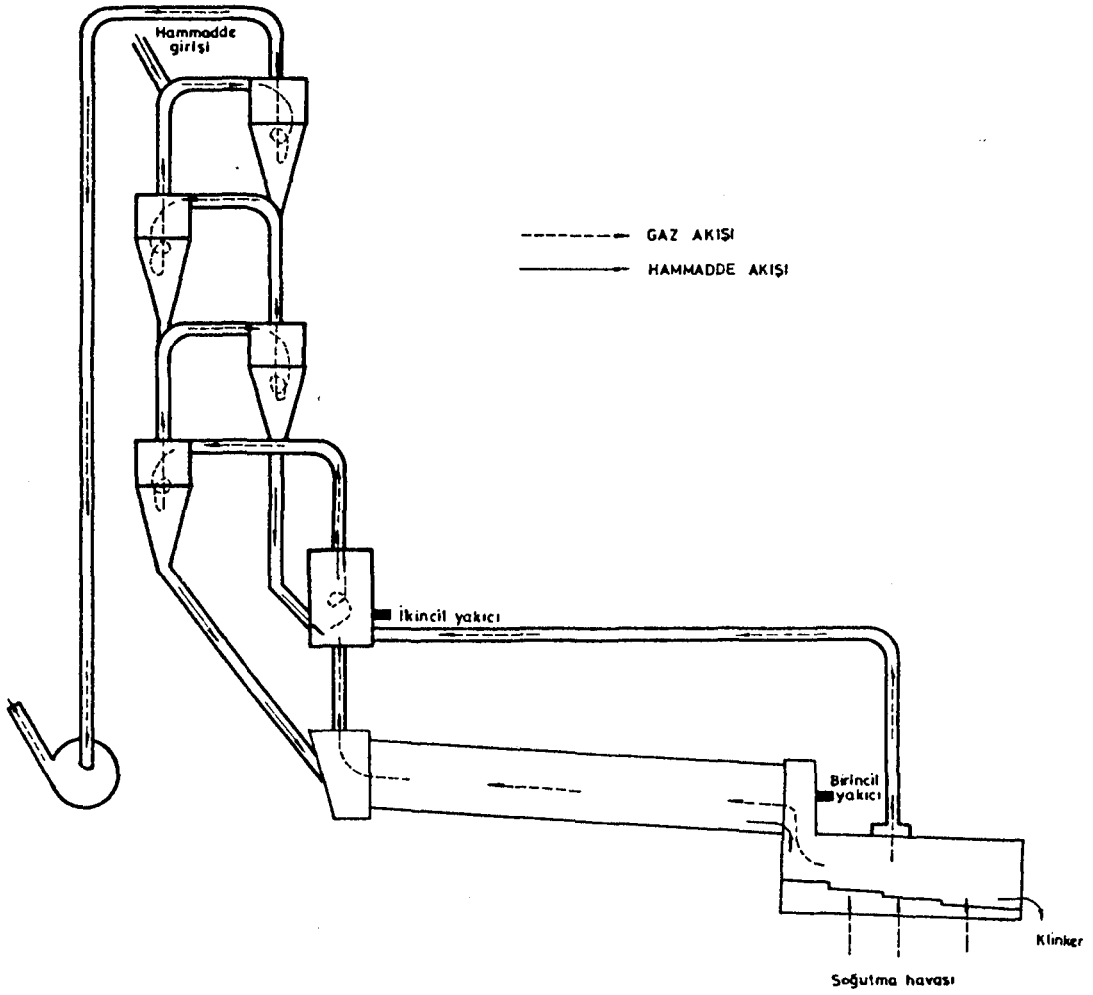
Önkalsinasyonun çalışmakta olan fabrikalara uygulanmasına ilişkin değişik amaçlara yönelik düzenlemeler yapılmıştır. Bunlardan dördü Şekil C.5., C.6., C.7. ve C.8. de verilmiştir (Warshawsky, 1976; Champonnois, 1984).

Şekil C.5. yaş sistem çalışan bir döner fırına önısıtıcı eklenip kuru sisteme dönüştürüldükten sonra, önkalsinasyon uygulanması durumunu... Şekil C.6. ise kuru sistem çalışan fırına önkalsinasyon eklenmesi durumunu göstermektedir. Her iki şekilde de önkalsinatördeki yanma için, soğutucu üniteden üçüncül hava çekilmektedir ve klinker üretimi için harcanan yakıtın bir kısmı döner fırından bir kısmı ise kalsinatörden verilmektedir.

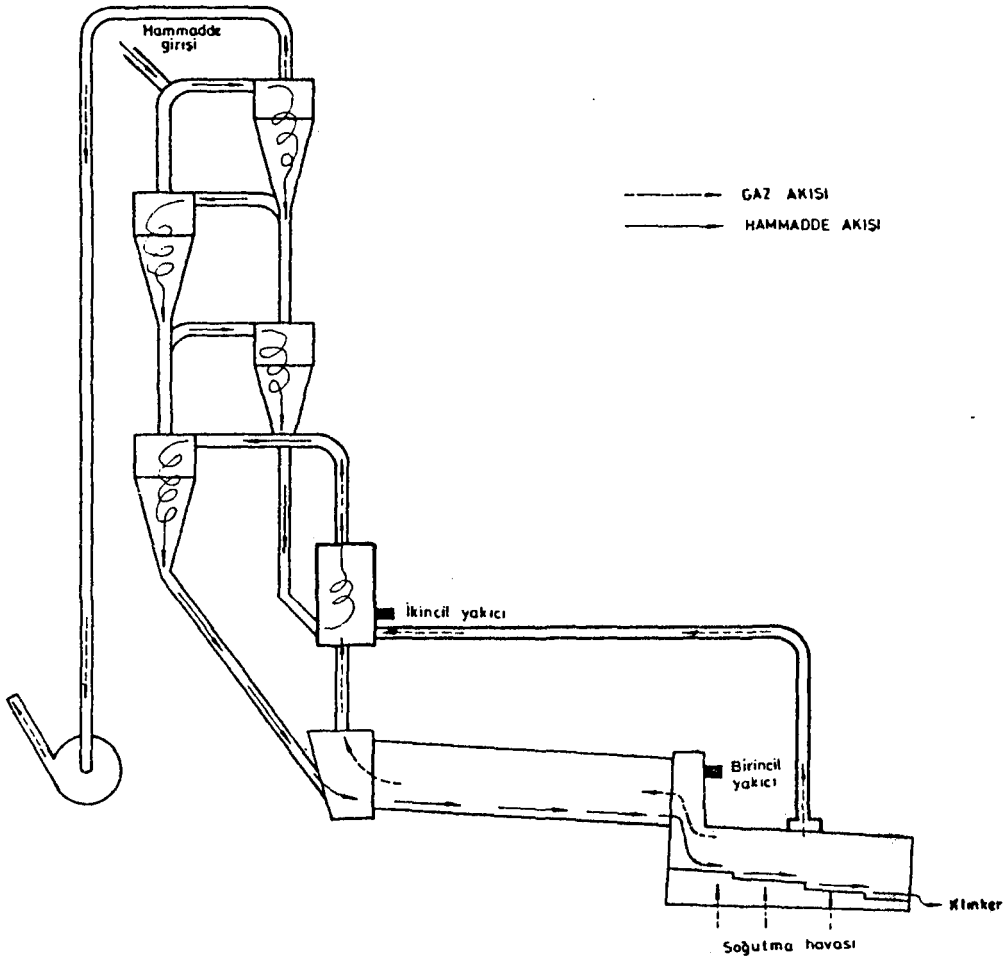
Şekil C.5. de, siklonlardaki gaz akımı... Şekil C.6. da ise, siklonlardaki hammadde akımı gösterilmiştir. Yeni eklenecek ana ekipmanlar koyu çizgilerle belirtilmiştir. Kuru sistemde, önkalsinasyonlu sisteme dönüştürme için, kabaca, bir kalsinatör ve üçüncül hava borusu sağlanmış ve mevcut önısıtıcı kulesinden (en alt siklon ve bağlantı borularında düzenlemeler yapılarak) yeni sistemde de yararlanılmıştır. Yaş sistemin önkalsinasyonlu sisteme dönüştürülmesi için ise tüm ekipmanlarda kuru sistem üretim için gerekli düzenlemeler yapılarak yeni bir önısıtıcı kulesi ile kalsinatör ve üçüncül hava borusu sağlanmıştır.

Mevcut önısıtıcılı döner fırına yeni bir önısıtıcı ve kalsinatör eklenerek yeni ve eski önısıtıcıların paralel çalıştığı bir sistem Şekil C.7. de verilmiştir. Bu sistemin amacı kapasite artışını daha fazlaya çıkarabilmektir. Bu sistemde Şekil C.7. den de görüldüğü gibi, her iki önısıtıcıya ayrı ayrı verilen farin, önısıtıcıların çıkışında ayrı ayrı kalsinatöre verilmekte ve buradan alınan kalsine edilmiş hammadde, yeni eklenen önısıtıcı ünitesinin en alt siklonundan geçirilerek döner fırına verilmektedir.

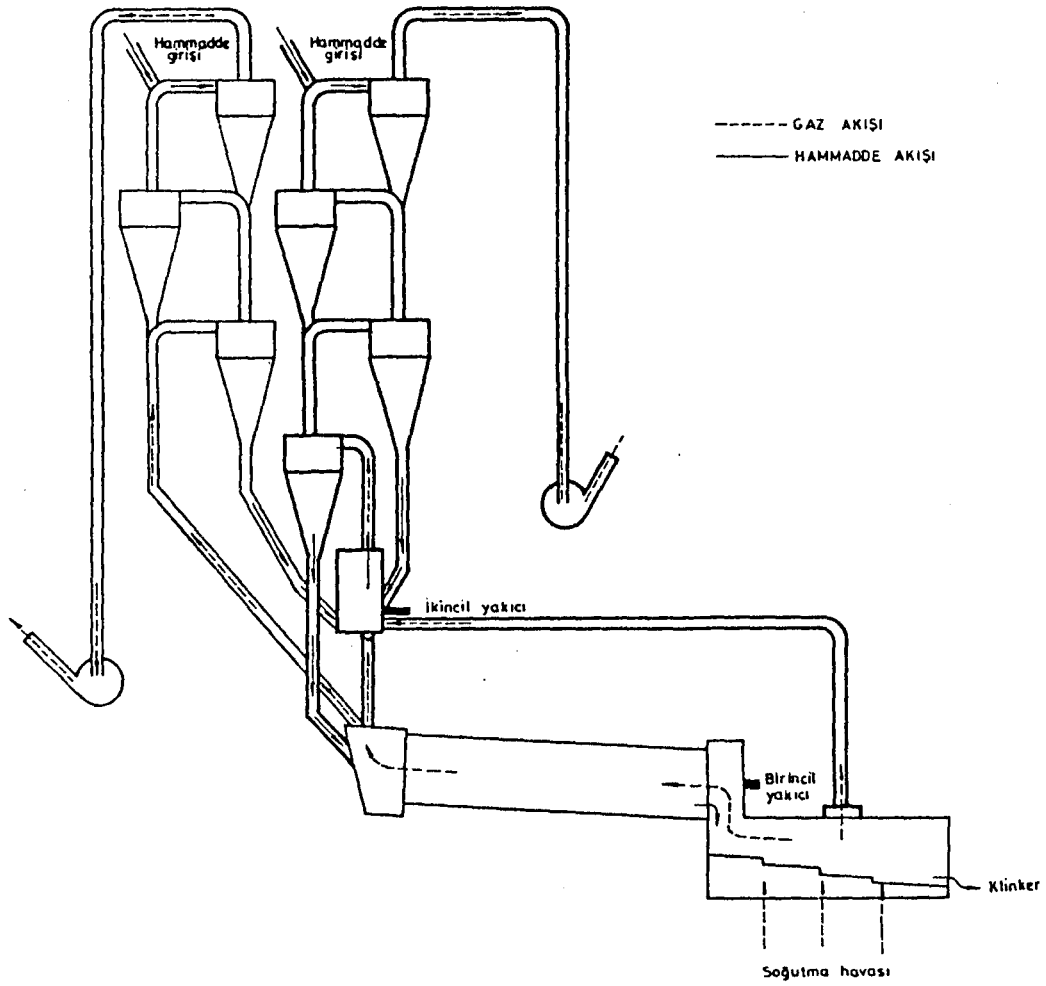
Diğer bir dönüştürme tipinde ise, mevcut önısıtıcının yanına yeni bir önısıtıcı grubu inşa edilmiş ancak, kalsinatör eklenen önısıtıcı bünyesinde kurulmamıştır (Şekil



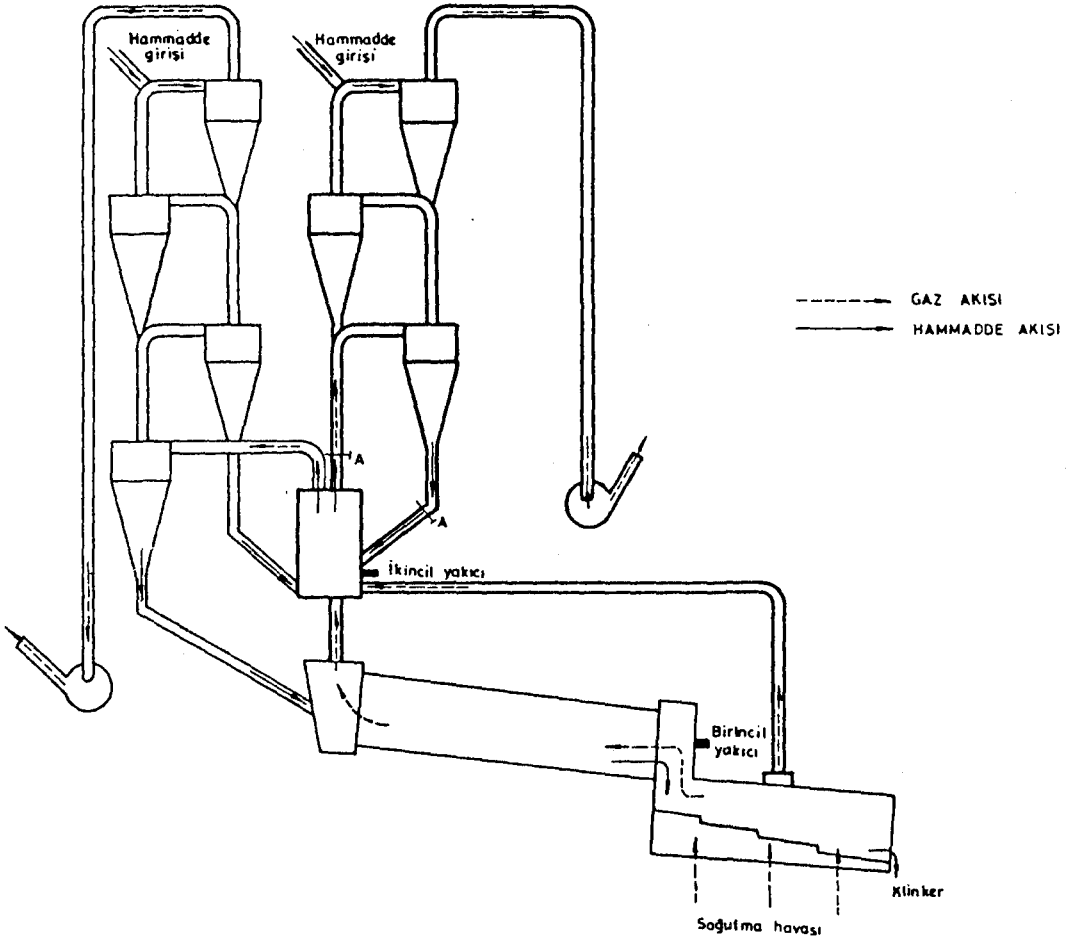
Çizelge C.5. Yaş sistem fırının önkalınasyonlu kuru sisteme dönüştürülmesi



Çizelge C.6. Kuru sistem fırının önkalınasyonlu sisteme dönüştürülmesi



Şekil C.7. Önısıtıcılı döner fırına yeni bir önısıtıcı ve kalsinatör eklenerek yeni ve eski önısıtıcıların paralel çalıştırılması



Şekil C.8. Önısıtıcılı döner fırına eklenen yeni bir önısıtıcı ve kalsinatör grubu ile paralel çalışmanın yanısıra, yalnızca eski önısıtıcı grubunun da çalıştırılabilmesi

C.8). Bunun amacı, talebin fazla olduğu zamanlarda her iki sistemi birden paralel olarak çalıştırabilmenin yanı sıra, talebin düşük olduğu zamanlarda yalnızca tek bir sistemi kullanabilme olanağıdır. Bu dönüştürme; mevcut sistemle şimdiki üretim talebinin karşılanabildiği ancak, geleceği yönelik talep artışı öngörülerini bulunduğu durumlarda inşa edilir.

Eğer fabrika bir süre düşük kapasite (dönüştürmeden önceki kapasite) ile çalıştırılmak istenirse, sadece -şimdiki kalsinasyon ünitesiyle donatılmış- eski önısıtıcılı devre kullanılabilecek, bu durumda, A ile gösterilen noktalardaki girişler kapatılacaktır. Üretim arttırılmak istenildiği dönemlerde ise her iki önısıtıcı kademesinden çıkan farin birleştirilerek kalsinatöre verilecek oradan da döner fırına yollanacaktır.

Şekil C.7. ve C.8. de yeni kurulacak ekiplanlar koyu hatlarla, mevcut ekipmanlar ince hatlarla çizilmiştir.

C.3. Eskişehir Çimento Fabrikası'nın Kuru Sistem Fırınında % 50 Kapasite Arttırımıyla, Önkalsinasyon Uygulaması

Eskişehir Çimento Fabrikası'nda ısı enerjisi tüketiminde azaltma sağlamak amacıyla, ilk değişiklik önerimiz kuru sistem fırına önkalsinasyon uygulanmasıdır. Önkalsinasyon, uygulandığı sistemin özgül ısı tüketimini düşürmekte ve aynı fırın boyun için üretim kapasitesini arttırmaktadır.

Kuru sisteme önkalsinasyon uygulanmasıyla, kuru sistemin üretim kapasitesinde yaş sistemin üretim kapasitesi kadar bir artış sağlanarak, yaş sistemin devreden çıkarılması düşünülmüştür. Böylece enerji tüketimi açısından çok külfetli olan yaş sistemden kurtulup, bunun üretiminin -özgül ısı tüketimi yaş sistemden çok daha düşük olan- önkalsinasyon kuru sistem ile sağlanması önerilmiştir.

Kısaca, önkalsinasyon, sadece kuru sistem fırındaki üretim için değil, buradan daha fazla oranda, yaş sistem fırındaki üretim için de enerji ekonomisi sağlayacaktır.

Kuru sistem fırına önkalsinasyon eklenmesiyle, sağlanacak üretim artışı nedeniyle, çimento üretim prosesinde, konkasörden, çimento değirmenine kadar bütün ekipmanlar gözden geçirilmelidir.

Yaş sistemin devreden çıkarılmasıyla, buradan kalacak birçok ekipman, kuru sistemdeki üretim artışını karşılayabilecek durumdadır.

Önkalsinasyon uygulaması nedeniyle yapılacak yatırımı minimumda tutabilmek için, kuru sistemdeki üretim artışı, yaş sistem üretim miktarını geçmemelidir. Böylece, yaş sistemin devreden çıkarılmasıyla, buradan kalacak birçok ünite, kuru sistemdeki üretim artışını karşılamada kullanılabilir.

E.Ç.F.'de yaş ve kuru sistem fırınların üretim kapasiteleri sırasıyla, 550 ton klinker/gün ve 800 ton klinker/gün değerinde idi. 1984 ve 1985 yılı işletme raporlarına göre, yaş ve kuru sistemde döner fırınların işletme kapasiteleri sırasıyla 540 ton klinker/gün ve 680 ton klinker/gün değerinde gerçekleşmiştir.

Yaş sistemden kalan ekipmanları da kullanarak kuru sistem fırına önkalsinasyon uygulanmasıyla gerçekleştirilecek en iyi üretim artışının, % 50 değerinde olacağını öneriyoruz. Bu değer önerilirken, E.Ç.F.'nin sekiz yıllık üretim kapasitesi ve mevcut ekipmanların kapasiteleri gözönüne alınmıştır.

Önkalsinasyonun, 5 kademe önısıtıcılı kuru sistem fırınlara uygulanmasıyla özgül ısı tüketiminin 3100 kJ/kg klinker değerine kadar düşürülebileceği kaydedilmişti (Bkz. s. 39).

Önkalsinasyon ile ilgili değişiklik yapıldıktan sonra, önısıtıcının dört kademeli olması öngörüldüğünden önkalsinasyonla elde edilebilecek özgül ısı tüketimi miktarı beş kademeli sistemlere göre daha fazla olacaktır (Mori, et al., 1974).

Fabrikaya verilen firma tekliflerinden garanti edilebilen özgül ısı tüketimi için, ortalama bir değer olarak 3560 kj/klinker (850 kcal/kg klinker) değerini alıyoruz.

Önkalsinasyon uygulamalarında fırına verilen yakıtın, kalsinatöre verilen yakıt oranınının 40-55: 60-45 civarında olduğu kaydedilmektedir (Champonnois, 1984; Mori, et al., 1974).

Eskişehir'deki kuru sistem fırında uygulanacak önkalsinasyon için, döner fırında verilecek yakıtın, kalsinatörde verilecek yakıt oranınının 55:45 olacağı öngörülmektedir. Ayrıca döner fırında ve kalsinatörde yakılan yakıt kalorilerinin aynı olduğunu ve yanma için gerekli havanın % 20 sinin birincil % 80 inin ikincil hava olarak sağlanacağını öngörülmektedir.

Kalsinatördeki yanma için gerekli primer hava dış şartlarından, sekonder hava ise, soğutucu çıkışından sağlansın. Soğutucu çıkışından alınarak, kalsinatöre sekonder hava olarak verilen sıcak gaz "üçüncül hava" adıyla anılmaktadır.

Kuru sistem fırında önkalsinasyon uygulanmasıyla elde edilecek üretim artışı miktarı, yeni kömür tüketimi miktarı, döner fırın kalsinatör ve soğutucu ünitenin hava ihtiyacı ile baca gazı miktarı hesaplanmış sonuçlar topluca Çizelge C.1. de verilmiştir.

Kuru sistem fırında önkalsinasyon uygulamasıyla, % 50 lik bir kapasite artışı; konkasörden başlayıp, paketlemeye kadar uzanan çimento üretim prosesi ekipmanlarında değişikliklere neden olacaktır.

Ana ekipmanlarda yapılacak değişiklikler ayrıntılarıyla incelenmiş sonuçları Çizelge C.2. de topluca verilmiştir.

Çizelge C.1. Kuru sistem fırında önkalsinasyon uygulanması durumunda klinker üretimi ile yakıt ve hava ihtiyacı miktarları

		Birim	
Klinker üretimi		ton klinker/gün	1200
Özgül ısı tüketimi		kJ/kg klinker	3560
Kömür tüketimi	Toplam	kg kömür/saat	8370
	Döner fırın	kg kömür/saat	4600
	Kalsinatör	kg kömür/saat	3770
Yakma havası	Döner fırın	kg hava/saat	45000
	Kalsinatör	kg hava/saat	37000
Baca gazı miktarı		kg gaz/saat	87400
Soğutma havası miktarı		kg hava/saat	235000

Çizelge C.2. de sonuçları verilen hesaplamalardan döner fırın için yapılanı ayrıntılandırılmıştır.

Mevcut döner fırının dış çapı 3.6 metre, iç çapı 3.24 metre, uzunluğu ise 52 metredir. Eğimi 3.5° olan döner fırının maksimum devir sayısı 2 devir/dakika dır.

Fırının dönmesini sağlayan motorun gücü 106 kw olup, devir sayısı 1450 devir/dakika dır.

Şimdi, üretimin artmasıyla, döner fırın devrindeki değişikliği hesaplayalım.

Döner fırın fırın eğimine bağlı olarak belli bir dolgu yüzdesine sahiptir. 3.5° eğimle çalışan bir döner fırının fırın dolgusu % 11 olarak verilmektedir (Özden, 1981).

Döner fırında, % 11 olarak belirlenen fırın dolgusu için, malın kaplayacağı hacim V,

Çizelge C.2. Kuru sistemfirına önkalsinasyon uygulanmasıyla mevcut ekipmanlarda yapılması gereken değişiklikler

	Mevcut Sistem	Değişiklikten Sonraki Sistem
Ekipmanlar	Yaş Sistem:550 ton klinker/gün Kuru Sistem: 800 ton klinker/gün	Yaş Sistem: İptal ediliyor Önkalsinasyonlu Kuru Sistem:1200 ton klinker/gün
Konkasör(Yaş+Kuru)	Kurulu kapasitesi 100 ton hammadde/saat değerindedir.	Yeni durumda işletme kapasitesi 67.7 ton hammadde/saat olacağından değişikliğe gerek yoktur.
Farin Değirmeni	Kurulu kapasite,65 ton farin/saat olup, işletme kapasitesi 80.5 ton farin/saat dir.	Yeni durumda işletme kapasitesi, 80 ton farin/saat değerinde olacağından değişiklik gerekmektedir.
Önısıtıcı Ünitesi	Kurulu kapasitesi, 800 ton klinker/gün dür.	İşletme kapasitesi 1200 ton klinker/gün olacaktır. Kapasite artışı için dördüncü siklon kademesi eklenmeli, önısıtıcı ünitesinin yüksekliği buna göre ayarlanmalıdır. Sisteme kalsinatör ünitesi yerleştirilmelidir. Kalsinatördeki yanma için gerekli havayı soğutucu üniteden sağlamak üzere, fırına paralel bir boru hattı, üçüncül hava borusu, yerleştirilmelidir.

Çizelge C.2. Devam

Ekipmanlar	Mevcut Sistem	Değişiklikten Sonraki Sistem
Döner Fırın	<p>İşletme kapasitesi; 800 ton klinker/gün olup, boyutları 3.6 m çap, 52 m uzunluk değerindedir.</p> <p>Döner fırını çeviren motor gücü, 106 kw olup, döner fırının devri 2 devir/dakika dır.</p>	<p>İşletme kapasitesi, 1200 ton klinker/gün değerinde olacak yeni sistemde döner fırın aynen kullanılacaktır. Ancak, yeni durumda, döner fırını çeviren motor 160 kw lık bir motor ile değiştirilip fırın devri 3 devir/dakika ya ayarlanacaktır.</p>
Önısıtıcı Egzost Fanı	<p>Mevcut fanın özellikleri: 168000m³/saat debi, 690 mmSS basınç kaybı ile 330^oC da gaz emmektedir.</p>	<p>Eski vantilatör basınç kaybı 750 mmSS, debisi ise 216 m³/saat değerinde olan bir vantilatör ile değiştirilmelidir.</p>
Soğutma Ünitesi	<p>Mevcut fanların çalışma şartlarındaki özellikleri şöyledir:</p> <p>Birinci bölme fan, 40000 m³/saat debi, 227 mmSS basınç kaybı ile çalışmaktadır.</p>	<p>Yeni durumda, birinci fanın debisi 35000 m³/saat e ikinci fanın debisi ise 60000 m³/saat e ayarlanmalıdır. Üçüncü bölme fan ise debisi 80000 m³/saat olan yeni bir fan ile değiştirilmelidir. İkinci fanın maksimum debi ve basınç kaybı mevcut değişikliğe müsait durumdadır.</p>

Çizelge C.2. Devam

Ekipmanlar	Mevcut Sistem	Değişiklikten Sonraki Sistem
Soğutma Ünitesi (Devam)	İkinci bölme fan, 40000 m ³ / saat debi, 127 mmSS basınç kaybı ile çalışmaktadır. Üçüncü bölme fan, 40000m ³ / saat debi, 177 mmSS basınç kaybı ile çalışmaktadır.	
Multisiklon Grubu	Multisiklon fanı 153000 m ³ / saat debi ve 208 mmSS ba- sınç kaybı ile çalışıyor.	Mevcut multisiklon grubu yeni kapasiteyi karşılatabilecek durumdadır. Multi- siklon fani ise 177800 m ³ /saat lik bir fan ile değiştirilmelidir.
Kömür Hazırlama	Kuru ve yaş sistemden kalan iki kömür hazırlama üni- tesi vardır.	Çalışmakta olan iki kömür hazırlama üni- tesinin birbiriyle bağlantılı çalışma- sıyla yeni durumdaki kömür ihtiyacı karşılanabilecektir.

Çizelge C.2. Devam

Ekipmanlar	Mevcut Sistem	Değişiklikten Sonraki Sistem
Çimento Değirmeni	Bir numaralı ve iki numaralı çimento değirmenlerinin kurulu kapasiteleri, sırasıyla 27 ve 60 ton çimento/saat dir.	Eldeki değirmenlerin yeni durumdaki üretimi karşılayabileceği hesaplanmıştır.

$$V = \left(\frac{D_{i\check{c}}}{2}\right)^2 \pi L \lambda \quad (C.1)$$

denklemden hesaplanabilecektir. Denklem(C.1) de

- $D_{i\check{c}}$: Döner fırın iç çapını,
 L : Döner fırın boyunu,
 λ : Döner fırın dolgusunu,

göstermektedir. Denklem (C.1)de değerler yerine koyulduğunda V,

$$V = \left(\frac{3.24}{2}\right)^2 \pi \times 52 \times 011 \text{ m}^3$$

$$V = 47.16 \text{ m}^3$$

olarak bulunacaktır. Farinin yoğunluğu $0.9 \text{ ton farin/m}^3$ farin değeri için, döner fırında herhangi bir andaki farin miktarı m_{FA} ,

$$m_{FA} = 47.16 \times 0.9 \text{ ton farin}$$

$$m_{FA} = 42.44 \text{ ton farin}$$

değerinde olacaktır.

Yeni üretimde 60 dakikada, döner fırına verilecek farin miktarı 80 ton idi. Bu demektir ki 80 tonluk farin, 60 dakikada döner fırını terketmelidir. Döner fırında herhangi bir andaki maksimum fırın dolgusu m_{FA} nın döner fırından geçi süresi t,

$$t = \frac{60 \text{ m}}{80} \quad (C.2)$$

denklemden bulunabilecektir. Herhangi bir andaki fırın dolgusu 42.44 tonun döner fırından geçiş süresi t,

$$t = \frac{60 \times 42.44}{80} \text{ dakika}$$

$$t = 47.74 \text{ dakika}$$

olacaktır.

Döner fırından malın geçiş süresi t için,

$$t = 21.24 \frac{L}{\alpha D_{iç} \eta} \quad (C.3)$$

denklemini verilmektedir. (Özden, 1981). Denklem (C.3) de

α = Döner fırın eğimini

η = Döner fırın devir sayısını

göstermektedir. Denklem (C.3) den döner fırın devir sayısı η çekilirse,

$$\eta = 21.24 \frac{L}{\alpha D_{iç} t} \quad (C.4)$$

denklemini elde edilecektir. Önkalsinasyon uygulamasından sonra, döner fırının devir sayısı η , Denklem (C.4) yardımıyla,

$$\eta = 21.24 \frac{52}{3.5 \times 3.24 \times 147.74} \text{ devir/dakika}$$

$$\eta = 3.0 \text{ devir/dakika}$$

olarak bulunacaktır.

Döner fırın devrinin değişmesi bunu çeviren motorun gücünü de etkileyecektir.

Döner fırını döndüren motorun gücü birçok faktörle beraber fırın devrine de bağlıdır. Gücü belirleyen diğer faktörler değişmediğinden, eski ve yeni motor güçleri ile devir sayıları arasında,

$$\frac{G_1}{G_2} = \frac{\eta_{DF,1}}{\eta_{DF,2}} \quad (C.5)$$

eşitliği yazılabilecektir (Özden, 1982).

1 indisi şimdiki durumdaki büyüklüğü, 2 indisi ise değişiklikten sonraki büyüklüğü ifade etsin. G motor gücü, η_{DF} de döner fırın devir sayısı olduğuna göre, değişiklikten sonra döner fırının dönmesini sağlayacak motorun gücü G_2 ,

$$G_2 = G_1 \frac{\eta_{DF,2}}{\eta_{DF,1}} \quad (C.6)$$

denkleminde bulunabilecektir. Buna göre G_2 en az

$$G_2 = 106 \frac{3}{2} \text{ kw}$$

$$G_2 = 160 \text{ kw}$$

değerinde olmalıdır.

C.4. Önkalsinasyon Uygulamasıyla Elde Edilebilecek Enerji Tasarrufu

Eskişehir Çimento Fabrikası'nın 1985 yılı işletme raporlarına göre bu yıldaki özgül ısı kapasitesi ile işletme kapasitesi değerleri, yeni uygulama sonucu gerçekleşecek değerlerle birlikte karşılaştırmalı olarak Çizelge C.3. de verilmiştir (E.Ç.F. Raporları, 1985).

Çizelge C.3. e göre, yaş ve kuru sistem fırınların 1985 yılı işletme verileri tabanında olarak ortalama özgül ısı tüketimi değeri,

$$\frac{8230 \times 548 \times 10^3 + 4430 \times 679 \times 10^3}{(548 + 679)10^3} = 6100 \text{ kj/kg klinker}$$

olacaktır.

Mevcut sistemin özgül ısı tüketimi değeri ile önkalsinasyonlu sistemin özgül ısı tüketimi değeri arasındaki fark,

$$6100 - 3560 = 2540 \text{ kj/kg klinker}$$

değerinde olacaktır.

Önkalsinasyonlu sistemin günlük üretiminin 1200 ton klinker olması öngörülmüştür (Bu değer aynı zamanda 1984 ve 1985 yıllarında her iki sistemin günlük toplam işletme kapasitesine yakındır). Buna göre günlük enerji tasarrufu,

$$2540 \times 1200 \times 10^3 = 3 \times 10^9 \text{ kj/gün}$$

değerinde olacaktır.

Çizelge C.3. Önkalsinasyondan önce ve sonra fırınların üretim durumu ile özgül ısı tüketimleri

	Birim	Önkalsinasyondan önce		Önkalsinasyondan sonra (öngörülen)
		Yaş Sistem	Kuru Sistem	Kuru Sistem
Özgül ısı tüketimi (kömür kurutma hariç, 1985 yılı)	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg klinker}}$	8230	4430	3560
Kurulu kapasite	$\frac{\text{ton klinker}}{\text{gün}}$	550	800	1200
İşletme kapasitesi (1985 yılı)	$\frac{\text{ton klinker}}{\text{gün}}$	548	679	-

1985 yılında kullanılan kömürün ortalama alt ısıl değeri 20600 kJ/kg kömür olarak verilmektedir (E.Ç.F. Raporu, 1985). Bu durumda günlük kömür tasarrufu,

$$\frac{3 \times 10^9}{20600} \approx 145.5 \times 10^3 \text{ kg kömür/gün}$$

olacaktır.

Bu tasarruf günün kömür fiyatlarıyla (20000 TL (1985)/ton kömür), 2.9 Milyon TL/gün lük bir parasal kazanca karşılık gelmektedir.

Çizelge C.4. den görüldüğü gibi, önkalsinasyon uygulamasını gerçekleştirebilecek şirketler, verdikleri tekliflerde bu yatırımın yaklaşık 1.5 Milyar ₺ (1985) civarında tutabileceğini belirtmişlerdir. Buna göre yatırım,

$$\frac{1.5 \times 10^9 \text{ (₺/gün)}}{2.9 \times 10^6 \text{ (₺/gün)}} \approx 520 \text{ gün}$$

süresince kendini amorti edebilecektir. Bu da yaklaşık 1.5 yıla tekabül etmektedir.

Çizelge C.4: E.Ç.F.'nda önkalsinasyon uygulamasını yapabilecek şirketlerin yatırım teklifleri (E.Ç.F. Raporları, 1985)

	POLYSIUS	K H D	MITSUBISHI	ONODA
TEKLİF KAPSAMI	Besleme ünitesi Önısıtıcı Döner fırın Klinker soğutma Kömür ateşleme Soğutma kule+Elektrofiltre Kontrol kumanda -	- (Farin sevk) Önısıtıcı - - Klinker soğutma Kömür ateşleme - - Kontrol kumanda -	Besleme Önısıtıcı Döner fırın - Kömür ateşleme Soğutma kulesi+ Elektrofiltre Kontrol kumanda Elektro motorları	Besleme(sadece tartı) Önısıtıcı Döner fırın - Kömür ateşleme - Kontrol kumanda Elektrik motorları
İthal (mekanik+elektrik)		141 000 000.-	516 000 000.-	389 000 000.-
Yerli makina	81 000 000.-	143 000 000.-	123 000 000.-	104 000 000.-
Yerli refrakter	69 000 000.-	73 000 000.-	53 000 000.-	74 000 000.-
Yerli inşaat	150 000 000.-	225 000 000.-	-	-
Yerli montaj	66 000 000.-	60 000 000.-	56 000 000.-	55 000 000.-
Yabancı montör	134 000 000.-	134 000 000.-	150 000 000.-	150 000 000.-
Mühendis+proje	72 000 000.-	181 000 000.-	275 000 000.-	200 000 000.-
	<u>+</u>	<u>+</u>	<u>+</u>	<u>+</u>
TOPLAM	1 317 000 000.-	1 257 000 000.-	1 173 000 000.-	972 000 000.-

Çizelge C.4: Devam

	POLYSIUS	KHD	MITSUBISHI	ONODA
TEKLİF KAPSAMI TOPLAM	1 317 000.000.-	1 217 000 000.-	1 273 000 000.-	972 000 000.-
KAPSAM DIŞI KAYNAKLAR				
Besleme	-	9 500 000.-	-	78 000 000.-
Klinker soğutma	-	29 200 000.-	31 000 000.-	31 000 000.-
Soğutma kulesi + Elektrofiltre	-	29 200 000.-	31 000 000.-	31 000 000.-
Elektrik motoru + Tesisatı	125 000 000.-	99 200 000.-	15 000 000.-	49 000 000.-
Kontrol Kumanda	-	-	25 000 000.-	-
Navlun	+ 57 000 000.-	+ 23 200 000.-	+ 100 000 000.-	+ 58 000 000.-
TOPLAM	182.000.000	161 300 000.-	171 000 000.-	317 000 000.-

Sonuç olarak, yaş ve kuru sistem döner fırınlara sahip Eskişehir Çimento Fabrikası'nda yaş sistemi devreden çıkartıp kuru sisteme önkalsinasyon uygulamasının, yalnızca kuru sisteme sahip fırınlara önkalsinasyon uygulanmasına nazaran sağlayacağı avantajlar şöyledir:

. Önkalsinasyon uygulaması, üretimi arttıracığından, bu fazla üretimi karşılamak için bütün ünitelerde değişiklik yapmak ya da yenilemek gerekecektir. Bu da çok büyük yatırımı gerektirmektedir. Özel bir duruma sahip Eskişehir Çimento Fabrikası'nda devre dışı kalacak yaş sistemin ünitelerinin bir çoğu -konkasör, çimento değirmeni, kömür hazırlama ünitesi v.s.- önkalsinasyonlu sistemdeki üretim artışını karşılayabilecek durumdadır. Bu da yatırım masraflarının büyük oranda düşürecektir. Önkalsinasyonlu sistemde üretim artışını belirlerken, yeni üretimin, daha önceki yaş ve kuru sistem üretimleri toplamını geçmemesine dikkat edilmiş, böylece yatırım minimumda tutulmuştur.

. Üretim, her iki fırının eski değeri toplamına eşit olmakla beraber, yalnızca kuru sistemin özgül enerji tüketiminde değil, ondan daha fazla miktarda, yaş sistem fırının üretimindeki özgül enerji tüketiminde de azalma sağlanabilecektir. Bu sayede çok külfetli olan yaş sistemden kurtulup bunun üretimi özgül enerji tüketimi açısından kuru sistemden de avantajlı olan önkalsinasyonlu sisteme yüklenecektir.

Kısaca, Eskişehir Çimento Fabrikası eski üretim miktarını eskiye oranla çok daha az enerji tüketerek gerçekleştirebilecektir.

EK AÇIKLAMALAR-D

ESKİŞEHİR ÇİMENTO FABRİKASI'NDA SOĞUTUCU ÇIKIŞINDAKİ
GAZIN KÖMÜR KURUTMA ÜNİTESİNDE KULLANILMASI YOLUYLA ENERJİ
TASARRUFU

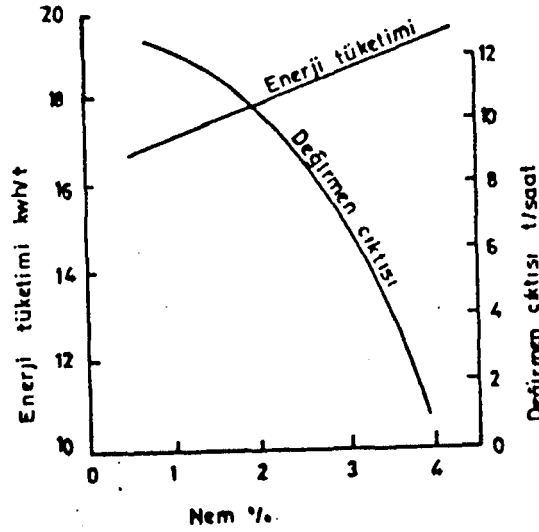
Bu başlık altında, mevcut kömür kurutma tesisi ana hatları ile tanıtılmış... Soğutucu çıkışındaki sıcak gazın kömür kurutma ünitesinde kullanımıyla elde edilebilecek enerji ekonomisi hesaplanmış... Sistemde yapılacak değişiklikler belirlenmiştir.

D.1. Kömür Kurutma Tesisinin Tanıtımı ve Özellikleri

Döner fırına verilecek kömür, bir seri kömür hazırlama tesisinden geçmektedir. Kömür, istenilen tane iriliğinde değirmende öğütülmeden önce, kurutucudan geçirilerek bünyesindeki nemden arındırılması gerekir.

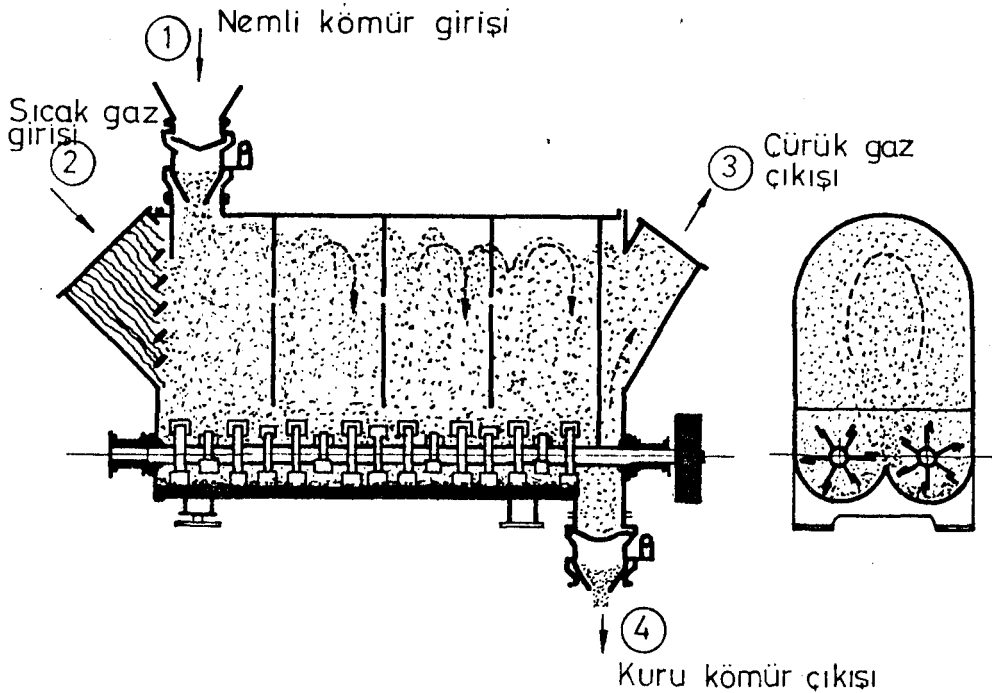
Kömürdeki nemle, değirmenin kırma enerjisi arasında yakın bir ilişki vardır. Kömürdeki nem yüzdesi arttıkça değirmenin enerji tüketimi de artar. Kömürdeki nem miktarı değirmen kapasitesi üzerinde de etkilidir. Aynı tane iriliğinde, % 1 - 3 lük bir nem artışı; özgül enerji tüketimini % 10 artırdığı, değirmen kapasitesini ise % 45 - 50 oranında düşürdüğü kaydedilmektedir. "Boru tipi" bir değirmen için, kömürdeki nem yüzdesi ile değirmen kapasitesi ve değirmenin özgül enerji tüketimi arasındaki ilişki Şekil D.1. de görülmektedir (Duda, 1976).

Döner fırına verilen kömürün nemliliği, döner fırının özgül yakıt tüketimi üzerinde de etkilidir. Verilen kömürün nemi arttıkça, döner fırında onu buharlaştırmak için daha fazla enerji tüketimi olacağı aşikardır.



Şekil D.1. Boru tipi değirmende, değirmen kapasitesi ve enerji tüketiminin, kömürün nem miktarına bağlılığı (Duda'dan, 1976)

Kömür kurutmada kullanılan paralel akımlı bir kurutucu Şekil D.2. de görülmektedir. Bu tip ünitelerde kurutulacak nemli hammadde ile sıcak gaz girişi aynı yönden, dolayısıyla kuru hammadde ile çürük gaz çıkışı da yine aynı yönden olmaktadır. Şekil D.2. den görüldüğü gibi 1 numaralı girişten verilen nemli hammadde 4 numaralı çıkıştan kurutulmuş



Şekil D.2. Paralel akım prensibine göre çalışan kurutucu (Motek'den, 1985)

olarak alınmakta, 2 girişinden giren sıcak gaz ise, hammaddeyi kuruttuktan sonra 3 çıkışından soğumuş olarak çekilmektedir (Motek, 1985).

Kurutucunun dibinde, kurutucunun boyutuna bağlı olarak, bir veya iki şaft vardır. Şafta bağlı olarak kanatçıklar monte edilmiştir. Şaft dönerken, bunlarla birlikte dönen kanatçıklar hammaddeyi sıcak gaz içinde dağıtmakta, böylece hammaddenin yüzey alanı arttırıldığından daha hızlı ve verimli bir kurutma sağlanmaktadır.

Kurutucuda kullanılan sıcak gazı üretmek için, sıcak hava ocağı kullanılır. Bu ocaklarda katı, sıvı ya da gaz yakıtlar kullanılabilir. Kömür kurutma ünitelerinde genellikle pülverize edilmiş kömür kullanılmaktadır (Heiderich, 1986).

Sıcak hava ocağında ısıtılmak üzere, sağlanacak hava dışarıdan, çevre şartlarından, alınabileceği gibi çeşitli noktalardan atılan sıcak gaz da kullanılabilir. Çimento tesislerinde kömür kurutmada, önısıtıcı ya da soğutucu çıkışındaki sıcak gazdan yararlanılabilir (Flöter, 1981; Steinbisz, 1986).

Kurutucuda bünyesindeki nemden arındırılarak kurutulan kömür, döner fırın için yeterli inceliğe kadar değirmende öğütüldükten sonra, kullanılmak üzere döner fırına verilir.

Kurutucuların daha verimli çalışması için çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Çok nemli hammaddenin kurutulmasında, "kurutma-öğütme" ünitesi öncesi, önkurutma işlemi yapılabileceği de kaydedilmektedir (Eicke and Brundiek, 1985).

D.2. Kuru Sistem Çimento Üretiminde Soğutucu Çıkışıdaki Gazın Kömür Kurutma Ünitesinde Kullanım Olanakları

D.2.1. Çalışmakta olan sistemin tanıtılması

Eskişehir Çimento Fabrikası'nda biri yaş diğeri kuru iki döner fırına kömür kurutan iki kurutucu bulunmaktadır.

Mevcut kurutucu 10 ton kuru kömür/saat lik kapasiteye sahip olup gaz giriş sıcaklığı 500°C , çürük gaz sıcaklığı ise 90°C dır. Kurutucuya 10°C lık sıcaklık ve ortalama % 10 nem özelliklerinde giren kömür, 80°C sıcaklık ve % 2 nem özelliklerinde çıkmaktadır.

Kurutucu için 500°C da hava sağlayan sıcak hava ocağı, yakıt olarak kömür kullanılmaktadır. Kullanılan kömürün yakılması için gerekli havayı sağlayan birincil ve ikincil hava vantilatörlerinin debileri, sırasıyla $1080 \text{ Nm}^3/\text{saat}$ ve $3240 \text{ Nm}^3/\text{saat}$ olarak verilmiştir. Baca gazı vantilatörünün çalışma şartlarındaki debisi $20000 \text{ m}^3/\text{saat}$ olarak verilmiştir.

Vantilatörlerin 10°C da hava emdiği... Baca gazı vantilatörünün 90°C da gaz emdiği... Ve Eskişehir şartlarında hava basıncının 691 mmHg olduğu dikkate alınır, birincil ve ikincil hava vantilatörleri debilerinin sırasıyla $1018 \text{ m}^3/\text{saat}$ ve $3054 \text{ m}^3/\text{saat}$ değerinde olacağı hesaplanmıştır.

Sıcak hava ocağı ve kurutucunun birbiriyle bağlantısı ile akışkanların giriş, çıkış sıcaklıkları ve debileri Şekil D.3. de gösterilmiştir.

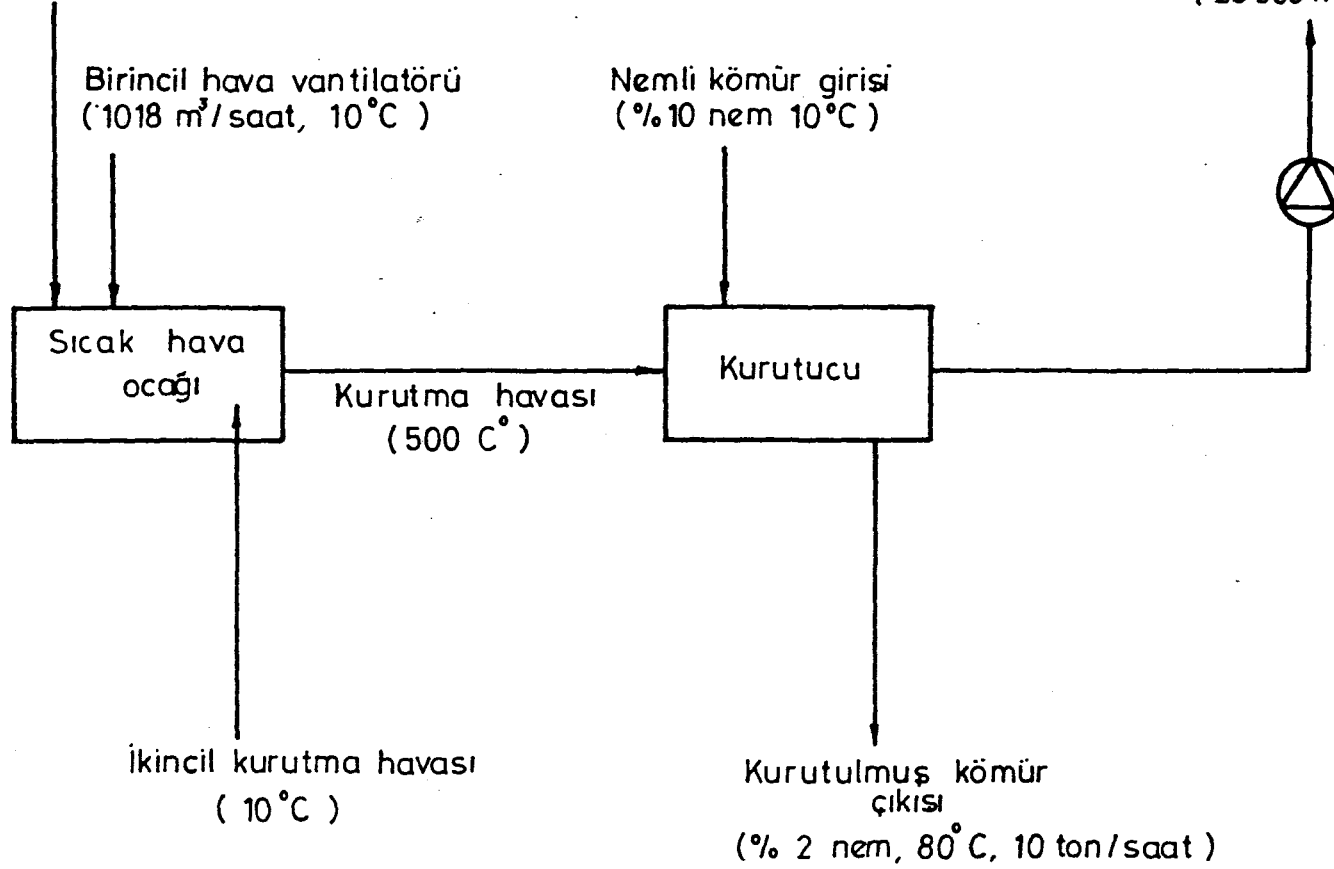
Mevcut sistemi daha iyi tanıyabilmek üzere detaylı bir şekil Bölüm 4. de verilmişti (Bkz. Şekil 4.1).

Şekil 4.1. den görüldüğü gibi kurutucuya üstten verilen nemli kömür, kurutulmuş olarak alttan alınmaktadır. Kurutucudan çıkan kömür elevatör vasıtasıyla kuru kömür bunkerine verilmektedir. Sıcak hava ocağından 500°C sıcaklığında temin edilen sıcak gaz, kurutucu çıkışından 90°C sıcaklığında alınmakta, siklon ve bir seri toz tutucudan ge-

İkincil hava ventilatörü
(3054 m³/saat, 10°C)

Birincil hava ventilatörü
(1018 m³/saat, 10°C)

Baca gazı ventilatörü
(20 000 m³/saat, 90°)



Şekil D.3. Çalışmakta olan sistemde sıcak hava ocağı ile kurutucunun özellikleri

çirildikten sonra aspiratörden dışarı verilmektedir. Siklon ve toz tutucularda biriken kömür tozu, kuru kömür bunkerinde toplanmaktadır. Bunkerde toplanan kuru kömür öğütülmek üzere kömür değirmenine gönderilir. Öğütülen kömür, kapalı devrede yerleştirilmiş bir değimen aspiratörü tarafından çekilmektedir. Hava ile birlikte çekilen kömür tozu, siklonlarda tutulur. Siklonlardan alınan bu kömür, öğütülmüş kömür bunkerinde toplanmakta, buradan da döner fırına ve ayrıca bir hatla sıcak hava ocağına yollanmaktadır. Kömür kurutma için, gerekli sıcak havayı sağlayan sıcak hava ocağının üç hava girişi vardır. İki buradaki yanmayı sağlayan birincil ve ikincil hava girişleri. Üçüncüsü ise "ikincil kurutma havası" adıyla adlandırdığımız ve dış ortamdan emilen hava girişidir. Bundan sonra "İkincil Kurutma Havası" yerine kısaca İKH yazılacaktır. Sıcak hava ocağından yaklaşık 500°C da çıkan sıcak gaz hemen yanibaşındaki kurutucu ünitesine girmektedir.

Eskişehir Çimento Fabrikası raporlarında mevcut kurutma ocağının kömür tüketimi 500 kg hava/saat değerinde olduğu kaydedilmektedir.

1985 yılında kullanılan kömürün ortalama alt ısı değeri 20600 kJ/kg kömür olduğundan, kömür kurutmada kullanılan sıcak hava ocağının saatlik enerji tüketimi \dot{Q}_{KK} ; yanma verimi ve sıcak hava ocağının cidar kayıpları için 0.15 kat sayısı da (Baştemur, 1970) gözönüne alındığında,

$$\dot{Q}_{KK} = 500 \times 20600 \times 0.85 \text{ kJ/saat,}$$

$$\dot{Q}_{KK} = 8.755 \times 10^6 \text{ kJ/saat}$$

olarak bulunmuştur.

Kullanılan kömürün bileşimi ve Eskişehir şartları gözönüne alınarak, kilogram kömür başına oluşacak yanma sonu ürünleri Ek Açıklamalar-B de hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge B.9. da özetlenmişti.

Buna göre kilogram kömür başına gerekli yakma havası 9.8 kg hava/kg kömür, oluşacak yanma sonu ürünleri ise 10.42 kg gaz/kg kömür değerinde olarak bulunmuştur.

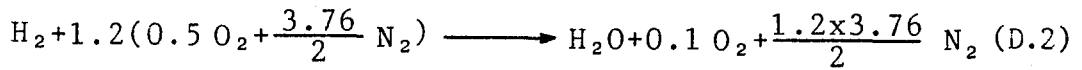
500 kg kömür/saat lik tüketim için gerekli yakma havası, 4895 kg hava/saat olacaktır. Bu havanın birincil ve ikincil hava vantilatörlerindeki payı ile oluşacak yanma sonu ürünlerinin kütleli ve hacimsel debileri hesaplanarak topluca Çizelge D.1. de verilmiştir.

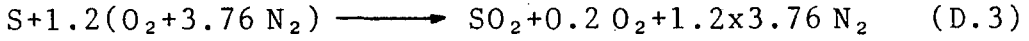
Çizelge D.1. Kömür kurutma ünitesinin mevcut çalışma şartlarındaki bazı temel özellikleri

	Sembol	Birim	Büyüklik
Kömür Tüketimi	\dot{I}_{KK}	kg kömür/saat	500
Yakma Havası	\dot{m}_{YH}	kg hava/saat	4895
	\dot{V}_{YH}	m ³ hava/saat	3626
Birincil Yakma Havası	$\dot{V}_{YH,B}$	m ³ hava/saat	726
İkincil Yakma Havası	$\dot{V}_{YH,i}$	m ³ hava/saat	2900
Yanma Sonu Ürünleri	$\dot{m}_{YSÜ}$	kg gaz/saat	5220

Yanma sonu ürünleri ile dışarıdan emilecek İKH'nın oluşturacakları 500°C deki karışım havasında İKH'nın kütleli debisini hesaplamak için yanma sonu ürünlerinin sıcaklığı hesaplanacaktır.

Denklem (B.14), (B.15) ve (B.16) da verilen ve oksijenle reaksiyona sokularak yakılan kömürün % 20 fazla hava ile olan reaksiyonu için şu denklemler yazılabilecektir:





Termodinamiğin birinci yasası, yanma reaksiyonlarına uygulandığında,

$$\dot{Q}_{kh} + \dot{H}_{RG} = \dot{H}_{YSÜ} \quad (D.4)$$

veya

$$Q_{kh} + \sum_{RG} n_g \bar{h}_g = \sum_{YSÜ} n_{\zeta} \bar{h}_{\zeta} \quad (D.5)$$

ya da

$$Q_{kh} + \sum_{RG} n_g (h_f^0 + \Delta \bar{h})_g = \sum_{YSÜ} n_{\zeta} (h_f^0 + \Delta \bar{h})_{\zeta} \quad (D.6)$$

denklemleri yazılabilmektedir (Wylen and Sonntag, 1978).

Denklem (D.4), (D.5) ve (D.6) da RG reaksiyona girenleri... YSÜ reaksiyon sonunda çıkan yanma sonu ürünlerini... \dot{Q}_{kh} , ele alınan kontrol hacmine giren ya da çıkan ısı enerjisini... n_g reaksiyona giren elemanların mol sayılarını... n_{ζ} reaksiyondan çıkan elemanların mol sayılarını... \bar{h}_g , reaksiyona giren elemanların entalpisini... \bar{h}_{ζ} ise çıkan ürünlerin entalpisini göstermektedir.

Denklem (D.6) da \bar{h}_f^0 reaksiyona giren ya da çıkan elemanların standart oluşma entalpisini, $\Delta \bar{h}$ ise giren ya da çıkan elemanların belirtilen bir sıcaklıktaki oluşma entalpisi ile, standart oluşma entalpisi arasındaki farkı ifade etmektedir.

Notasyonların üstlerinin çizgi ile gösterilmesi, büyüklüğün birim kmol başına olduğunu göstermektedir.

Sıcak hava ocağında verilen enerjinin % 15'inin yanma kaybı ve cidar kayıplarına gittiği öngörülmüştü. Bu durumda sistemden dışarı çıkan enerji olarak bunu kaydedip \dot{Q}_{KE} notasyonu ile gösteriyoruz. Kayıp enerji \dot{Q}_{KE} ,

$$\dot{Q}_{KE} = -500 \times 20600 \times 0.15 \text{ kJ/saat}$$

$$\dot{Q}_{KE} = -1.545 \times 10^6 \text{ kJ/saat}$$

değerindedir. Sisteme verilen ısı enerjisi pozitif, sistem-

den çekilen ısı enerjisi ise negatif kabul edildiğinden, \dot{Q}_{KE} negatif alınmıştır.

Reaksiyona giren elemanlar (hava ve yakıt) çevre şartlarından alındığından bu şartlara tekabül eden oluşma entalpileri, ilgili tablolardan (Wyllen and Sonntag, 1978; Borat, 1982) bakılarak Denklem (D.6) da yerine yazılmıştır. Kayıp enerji miktarı, \dot{Q}_{KE} ise yukarıda hesaplanmıştı. Yanma sonu ürünlerinin oluşma entalpileri çeşitli yanma sonu sıcaklıkları için ilgili tablolardan (Wyllen and Sonntag, 1978; Borat, 1982) alınarak Denklem (D.6) nın sağlanıp sağlanmadığına bakılmıştır.

Yapılan deneme yanılma işlemi sonucunda, Denklem (D.6) yı sağlayan yanma sonu ürünleri sıcaklığının 1945 K olduğu bulunmuştur.

1945 K sıcaklık ve 5220 kg gaz/saat debi özelliklerindeki yanma sonu ürünleri; karışım sıcaklığı T_{KAR} , 773 K olacak şekilde dışarıdan emilen ikincil kurutma havası ile karıştırılacaktır.

Karışımdan önceki ve sonraki enerjiler birbirine eşit olacaktır. Bunu ifade etmek üzere,

$$\dot{Q}_{KÖ} = \dot{Q}_{KS} \quad (D.7)$$

denklemini yazıyoruz. Denklem (D.7) deki KÖ indisi karışımdan önceki durumu, KS indisi ise karışımdan sonraki durumu ifade etmektedir. Karışımdan önceki ve sonraki enerjiler için yazılan Denklem (D.7),

$$\dot{m}_{YSÜ} \Delta h_{YSÜ,1945} + \dot{m}_{IKH} \Delta h_{IKH,283} = \dot{m}_{YSÜ} \Delta h_{YSÜ,773} + \dot{m}_{IKH} \Delta h_{IKH,773} \quad (D.8)$$

şekline sokulabilecektir.

Sabit basınçtaki özgül ısı kapasitesi tanımından,

$$\Delta h = \int C_p(T) dT \quad (D.9)$$

denklemini yazılabilmektedir. Denklem (D.8) ve (D.9) dan

$$\begin{aligned} \dot{m}_{YSÜ} \int_{T_0}^{T_{YSÜ}} C_{P_{YSÜ}}(T) dT + \dot{m}_{iKH} \int_{T_0}^{T_{iKH}} C_{P_{iKH}}(T) dT \\ = \dot{m}_{YSÜ} \int_{T_0}^{T_{KAR}} C_{P_{YSÜ}}(T) dT + \dot{m}_{iKH} \int_{T_0}^{T_{KAR}} C_{P_{iKH}}(T) dT \quad (D.10) \end{aligned}$$

denklemine geçilebilecektir.

Yanma sonu ürünleri ile ikincil kurutma havasının karışımından önceki ve sonraki durumlarına ait sıcaklık değerlerine tekabül eden entalpilerini hesaplamak için bir T_0 sıcaklığı baz olarak alınmıştır. Denklem (D.10) de yapılan bir düzenleme ile,

$$\dot{m}_{YSÜ} \int_{T_{KAR}}^{T_{YSÜ}} C_{P_{YSÜ}}(T) dT = \dot{m}_{iKH} \int_{T_{iKH}}^{T_{KAR}} C_{P_{iKH}}(T) dT \quad (D.11)$$

denklemini elde edilecektir. Buradan \dot{m}_{iKH} çekilirse,

$$\dot{m}_{iKH} = \dot{m}_{YSÜ} \frac{\int_{T_{KAR}}^{T_{YSÜ}} C_{P_{YSÜ}}(T) dT}{\int_{T_{iKH}}^{T_{KAR}} C_{P_{iKH}}(T) dT} \quad (D.12)$$

ifadesi bulunacaktır. Yanma sonu ürünleri (CO_2 , H_2O , SO_2 , O_2 , N_2) ile havanın sabit basınçtaki özgül ısı kapasitesi (C_p) için, sıcaklığın fonksiyonu olarak verilen denklemler kullanılmıştır (Faires, et al., 1978; Öztürk ve Kılıç, 1982; Borat, 1982).

Yanma sonu ürünlerinin ve havanın kütleli yüzdeleri (Bkz. Çizelge B.5) bulunduktan sonra, bunların sabit basınçtaki özgül ısı kapasitelerinin sıcaklığa bağımlı denklemleri, verilen sınırlar içinde integre edilmiş ve sonuç Denklem (D.12) de yerine konulmuştur. Bu işlemler sonucunda, ikincil kurutma havası miktarı \dot{m}_{iKH} için

$$\dot{m}_{iKH} = 14875 \text{ kg hava/saat}$$

değeri bulunmuştur.

Karışım havasının, ya da diğer bir tanımlama ile kurutucuda görevini yaptıktan sonra bacadan dışarı verilen baca gazının kütleli debisi \dot{m}_{BG} ,

$$\dot{m}_{BG} = \dot{m}_{YSÜ} + \dot{m}_{iKH} \quad (D.13)$$

ifadesinden bulunabilecektir. Toplam baca gazı debisi bu durumda,

$$\dot{m}_{BG} = 20095 \text{ kg hava/saat}$$

değerinde olacaktır.

Yanma sonu ürünlerinin kütleli miktarlarının hacimsel karşılıkları için, Kuşhan'ın (1983) konuyla ilgili olarak verdiği tablolardan yararlanılmıştır. Çizelge B.5. de verilen kütleli yüzdeler, hacimsel karşılıklarına dönüştürülerek bu şartlardaki kütleli gaz sabiti hesaplanmış ... Vantilatör çıkış ağzındaki toplam basınç kaybı ve sıcaklık değerleri (500 mmSS, 90°C) kullanılarak, yanma sonu ürünlerinin yoğunluğu hesaplanmış ($d_{YSÜ,363} = 1.04 \text{ kg hava/m}^3 \text{ hava}$)... Buradan da yanma sonu ürünlerinin hacimsel debisi

$$\dot{V}_{YSÜ,363} = 5019 \text{ m}^3 \text{ gaz/saat}$$

olarak bulunmuştur.

İkincil kurutma havasının vantilatör çıkış ağzındaki toplam basınç kaybı ve sıcaklığı (500 mmSS, 90°C) ile havanın kütleli gaz sabiti kullanılarak bu şartlardaki yoğunluk hesaplanmış, ($d_{iKH,363} = 1.0 \text{ kg hava/m}^3 \text{ hava}$) bu değer kullanılarak da ikincil kurutma havasının hacimsel debisi

$$\dot{V}_{iKH,363} = 14875 \text{ m}^3 \text{ hava/saat}$$

olarak bulunmuştur.

Yanma sonu ürünleri ile üçüncül havanın karışımı olarak burayı terkeden baca gazının hacimsel debisi,

$$\dot{V}_{BG} = 19894 \text{ m}^3 \text{ gaz/saat}$$

değerinde olacaktır.

Çevre şartlarından emilen ikincil kurutma havasının bu şartlardaki hacimsel debisinin ise,

$$\dot{V}_{YSÜ,363} \cong 11000 \text{ m}^3 \text{ hava/saat}$$

olduğu hesaplanmıştır.

D.2.2. İkincil kurutma havası ihtiyacının soğutucu çıkışındaki gazdan sağlanmasıyla elde edilebilecek enerji ekonomisi

Çalışmakta olan sistemde, ikincil kurutma havası, atmosfer şartlarından sağlanmaktadır. Önerdiğimiz sistemde ikincil kurutma havası 200°C deki soğutma ünitesi çıkış gazından temin edilecektir.

Bu değişikliğin getireceği tasarruf ortaya koyulduktan sonra, ortam şartlarından temin edilmekte olan ikincil yakma havasının da soğutucu çıkışından sağlanması durumunda elde edilebilecek tasarruf hesaplanacaktır.

Dikkatimizi yalnızca sıcak hava ocağı ile soğutucuya verecek olursak, yeni düzenlemeden sonra Şekil 4.2. deki görüntü ortaya çıkacaktır.

Soğutucuya verilecek hava miktarının, 4.7 kg hava/kg klinker olduğu hesaplanmıştı (Bkz. Ek Açıklamalar B.2.2.7). Soğutucuya giren havanın üçte biri döner fırına se-konder yakma havası olarak verilmekte, kalanı ise dışarı atılmaktadır. Kuru sistem döner fırının ortalama işletme kapasitesi 680 ton klinker/gün olarak alınır, dışarı atılan sıcak hava miktarı yaklaşık 87500 kg hava/saat değerinde olacaktır. Dış ortamdan emilen ikincil kurutma havası miktarı 14875 kg hava/saat olduğundan, soğutucu çıkışındaki hava miktarı bu ihtiyacı karşılayabilecek kapasitededir.

İlk hesaplamada, soğutucu çıkışındaki gazdan yalnızca İKH temininde yararlanılıp, ikincil yakma havasının ortam şartlarından sağlandığı durum incelenmiştir.

Denklem (D.10) dan hareketle, karışımdan önceki ve karışımdan sonraki enerjiler için sırasıyla,

$$\dot{Q}_{KÖ} = \dot{m}_{YSÜ} \int_{T_0}^{T_{YSÜ}} C_{P_{YSÜ}}(T) dT + \dot{m}_{iKH} \int_{T_0}^{T_{iKH}} C_{P_{iKH}}(T) dT \quad (D.14)$$

ve

$$\dot{Q}_{KS} = \dot{m}_{YSÜ} \int_{T_0}^{T_{KAR}} C_{P_{YSÜ}}(T) dT + \dot{m}_{iKH} \int_{T_0}^{T_{KAR}} C_{P_{iKH}}(T) dT \quad (D.15)$$

denklemleri yazılabilecektir.

Yapılan düzenlemeden sonra da, kurutucunun ısı ihtiyacı değişmeyeceğinden karışımdan önceki ve sonraki enerjiler aynı kalacaktır. İkincil kurutma havasının soğutucudan temin edilmesiyle karışımdan önceki enerji için verilen Denklem (D.14) şu şekli girecektir:

$$\dot{Q}_{KÖ} = \dot{m}_{YSÜ} \int_{T_0}^{T_{YSÜ}} C_{P_{YSÜ}}(T) dT + \dot{m}_{iKH} \int_{T_0}^{T_s} C_{P_{iKH}}(T) dT \quad (D.16)$$

Denklem (D.16) da T_s soğutucu ünite çıkışındaki hava sıcaklığı olup 473 K değerindedir.

Yanma sonu ürünleri ile havanın sabit basınçtaki özgül ısı kapasitesini sıcaklığın fonksiyonu olarak veren denklemler Denklem (D.14) de yerine koyulup gerekli işlemler yapıldığında, karışımdan önceki enerji için,

$$\dot{Q}_{KÖ} = 10 \times 10^6 \text{ kJ/saat}$$

değeri bulunmuştur. Bu enerji düzenlemeden sonra da aynı kalacak ve Denklem (D.16) nın sonucu bu değere eşit olacaktır.

İkincil kurutma havasının, dış ortam yerine soğutucudan sağlanması durumunda yanma sonu ürünleri miktarı için Denklem (D.16) dan yararlanılarak

$$\dot{m}_{YSÜ} = \frac{\dot{Q}_{KÖ} - \dot{m}_{iKH} \int_{T_0}^{T_s} C_{p_{iKH}}(T) dT}{\int_{T_0}^{T_{YSÜ}} C_{p_{YSÜ}}(T) dT} \quad (D.17)$$

ifadesi elde edilmiştir. Denklem (D.17) nin pay ve paydasındaki integraller alınıp ara işlemler yapıldığında, yanma sonu ürünleri miktarı $\dot{m}_{YSÜ}$,

$$\dot{m}_{YSÜ} = 3763 \text{ kg gaz/saat}$$

olarak bulunmuştur.

Karışımdan sonraki enerji, öncekine eşit olduğundan, yeni durumdaki ikincil kurutma havasını tesbit etmek için Denklem (D.15) den \dot{m}_{iKH} çekilmiş ve

$$\dot{m}_{iKH} = \frac{\dot{Q}_{KS} - \dot{m}_{YSÜ} \int_{T_0}^{T_{KAR}} C_{p_{YSÜ}}(T) dT}{\int_{T_0}^{T_{KAR}} C_{p_{iKH}}(T) dT} \quad (D.18)$$

denklemini oluşturulmuştur. Denklem (D.18) in sonucundan, ikincil kurutma havası,

$$\dot{m}_{iKH} = 16360 \text{ kg hava/saat}$$

olarak bulunmuştur. Bulunan ikincil kurutma havası miktarı Denklem (D.17) de yerine koyularak yanma sonu ürünleri miktarı için düzeltilmiş bir değer bulunacaktır.

Bundan sonra, Denklem (D.17) ve (D.18) in sonuçları ardışık olarak birbirine koyulmuş ve yanma sonu ürünleri ile İKH için gerçek değerlere yaklaşılmıştır. Söz konusu denklemlerde yerine koyma işlemleri bulunan sonuçların bir önceki adımdaki ile aynı olana kadar sürdürülmüştür.

Yapılan ardışık işlemler sonucunda yanma sonu ürünleri ile ikincil kurutma havası için sırasıyla

$$\dot{m}_{iKH} = 3615 \text{ kg gaz/saat}$$

ve

$$\dot{m}_{\text{IKH}} = 16515 \text{ kg hava/saat}$$

değerleri elde edilmiştir. Kilogram kömür başına 10.42 kg gaz oluşacağı hesaplanmıştı (Bkz. Ek Açıklamalar-B.2.2.5). Buna göre bu durumdaki kömür tüketimi,

$$\dot{I}_{\text{KK}} = \frac{3615}{10.42} \text{ kg kömür/saat}$$

$$\dot{I}_{\text{KK}} = 346 \text{ kg kömür/saat}$$

değerine düşecektir.

Bu tüketim gerçek değeri göstermemektedir. Çünkü hesaplamalara 500 kg kömür/saat lik tüketimle başlanmış ve buna tekabül eden yanma sonu ürünleri sıcaklığı esas alınmıştır. Bu yüzden, yapılan hesaplama son bulunan kömür tüketimine karşılık gelen yanma sonu ürünleri sıcaklığı ile tekrarlanmalıdır. Bunun için Denklem (D.16) dan yararlanılacaktır. Bulunan yanma sonu ürünleri sıcaklığı Denklem (D.17) de, bunun sonucu da Denklem (D.18) de koyularak yanma sonu ürünleri ve ikincil kurutma havası miktarı buradan da yeni kömür tüketimi bulunmuştur.

Yanma sonu ürünlerinin sıcaklığı esas alınarak yapılan bu işlemler ardışık olarak sürdürülmüş, hesaplamaların başındaki kömür tüketimi sonundaki ile aynı olduğunda bu işleme son verilmiştir.

Yapılan bir dizi işlemde sonra elde edilen değerler topluca Çizelge D.2. ile özetlenmiştir.

Çizelge D.2. den görüldüğü gibi sıcak hava ocağının İKH ihtiyacının dış ortam yerine, soğutucu ünitesinden temin edilmesiyle 153.8 kg kömür/saat lik bir tasarruf sağlanabilmektedir.

10 ton kömür/saat kapasiteli kurutma fırınına sıcak gaz temin eden sıcak hava ocağının, saatlik kömür tasarrufu 153.8 kg kömür/saat olunca, 1985 yılında 50000 ton kömür kurutan bu tesisin yıllık kömür tasarrufu yaklaşık, 770

Çizelge D.2. İkincil kurutma havasının soğutma ünitesinden sağlanması durumunda sıcak hava ocağındaki enerji tasarrufu ve bazı temel özellikler

	Sembol	Birim	Şimdiki durum	İKH nın soğutucudan alınması
Kömür Tüketimi	\dot{I}_{KK}	kg kömür/saat	500	346.2
Yakma Havası	\dot{m}_{YH}	kg hava/saat	4895	3389.3
	\dot{V}_{YH}	m ³ hava/saat	3626	2510.6
BirincilYakma Havası	$\dot{V}_{YH,B}$	m ³ hava/saat	726	502.1
İkincil Yakma Havası	$\dot{V}_{YH,i}$	m ³ hava/saat	2900	2008.5
İkincil Kurutma Havası	\dot{m}_{IKH}	kg hava/saat	14784.5	16515.2
	$\dot{V}_{IKH,283}$	m ³ hava/saat	11026.3	-
	$\dot{V}_{IKH,473}$	m ³ hava/saat	-	23000
Baca Gazı	\dot{m}_{BG}	kg gaz/saat	20094.5	20129.5
	\dot{V}_{BG}	m ³ gaz/saat	19893.5	19990.7
Kömür Tasarrufu	\dot{I}_+	kg kömür/saat	-	153.8
Enerji Tasarrufu	\dot{Q}_+	kJ/saat	-	3168280

ton kömür/yıl değerinde olmaktadır.

Önerilen değişikliklerle, kömür kurutma için daha önce harcanan 500 kg kömür/saat lik tüketim, % 30 civarında bir azalma gösterecektir.

Yapılan değişiklik sonucu harcanan kömür miktarı azaldığından yakma havası miktarı da azalacaktır. Bu nedenle kullanılmakta olan birincil ve ikincil hava vantilatörlerinde bir değişiklik gerekmemektedir.

Baca gazı vantilatörünün debisinde fazlaca bir farklılık olmadığından burada da bir değişiklik gerekmemektedir.

Soğutucudan alınan üçüncül havanın 473 K deki hacimsel debisi 23000 m³ hava/saat tir. Soğutucu çıkışı ile ikincil kurutma havasının kurutucuya girişi arasına, bir boru hattı ve bu hatta bir vantilatör koyulması gerekmektedir.

D.2.3. İkincil yakma havası ihtiyacının da soğutucu çıkışındaki gazdan sağlanmasıyla elde edilebilecek enerji ekonomisi

Sıcak hava ocağındaki ikincil yakma havasının da soğutucu üniteden sağlanması durumundaki ek tasarruf bu bölümde belirlenecektir.

Yapılacak değişikliklerle ikincil hava vantilatörü, gerekli yakma havasını 10°C deki dış ortamdan değil, 200°C deki soğutma ünitesi çıkışından sağlayacaktır.

Soğutucudan gelen hava, daha önce yanma işleminde kullanılmadığından ikincil hava olarak kullanılabilir özelliktedir.

Kullanılan kömür miktarı azaldığından, kayıp enerji miktarında da değişme olmuştur:

$$\dot{Q}_{KE} = -346.2 \times 20600 \times 0.15 \text{ kJ/saat}$$

$$\dot{Q}_{KE} = -1.069 \times 10^6 \text{ kJ/saat}$$

Yanma sonu ürünlerinin sıcaklığını bulmak için Denklem (D.6) kullanılacaktır. Ancak, reaksiyona giren elemanların oluşma entalpileri hesaplanırken, kömür ve birincil havanın çevre şartlarındaki değerleri, ikincil havanın ise soğutucu ünite şartlarındaki değerleri gözönüne alınmıştır.

İkincil kurutma havasının soğutucu üniteden sağlanması durumunda izlenen hesaplama yöntemi aynen burada da uygulanmış ve sonuçlar Çizelge D.3. de topluca verilmiştir. Karşılaştırmaların daha iyi yapılabilmesi için Çizelge D.2. deki sonuçlar Çizelge D.3. de sergilenmiştir.

Yapılan ilk düzenlemeden sonra ikinci bir düzenleme ile, 23.7 kj/saat lik ek bir tasarruf daha sağlanabilecektir.

Her iki düzenleme ile birlikte, şimdiki duruma göre, 177.5 kg kömür/saat lik kömür tasarrufu ya da 3656500 kj/saat lik enerji tasarrufu sağlanabilecektir.

1985 yılı verilerine göre yılda 50000 ton kömür kuru-tan 10 ton/saat kapasiteli bu tesiste her iki düzenleme ile yılda sağlanacak kömür tasarrufu yaklaşık 890 ton kömür/yıl değerindedir.

Önerilen her iki düzenleme sonucunda, kömür kurutma tesisinin kömür tüketiminde yaklaşık % 35 lik bir azalma sağlanabilecektir.

D.3. Yatırım ve amortisman süresi

Söz konusu değişiklikler birincil ve ikincil hava vantilatörlerinde bir darboğaz yaratmamaktadır. Baca gazı vantilatörü de bu değişiklikten sonraki durumu kaldırabilecek kapasitededir.

Sonuç olarak bu tasarımı gerçekleştirmek için soğutucu çıkışından alınacak bir hattın kurutma ünitesine bağlanması ve araya bir vantilatör yerleştirilmesi yetecektir.

İstenilen özellikleri verebilecek olan 22 kw lik vantilatörün piyasa değeri 950000 ₺ (1985) dir.

Çizelge D.3. İkincil yakma havasının da soğutma ünitesinden sağlanması durumunda sıcak hava ocağındaki enerji tasarrufu ve bazı temel özellikler

	Sembol	Birim	Şimdiki Durum	İKH nın Soğutucudan Alınması	İKH nın ve ikincil Havanın Soğutucudan Alınması
Kömür Tüketimi	\dot{I}_{KK}	kg kömür/saat	500	346.2	322.5
Yakma Havası	\dot{m}_{YH}	kg hava/saat	4895	3389.3	3157.3
	\dot{V}_{YH}	m ³ hava/saat	3626	2510.6	2338.7
Birincil Yakma Havası	$\dot{V}_{YH,B}$	m ³ hava/saat	726	502.1	467.7
İkincil Yakma Havası	$\dot{V}_{YH,i}$	m ³ hava/saat	2900	2008.5	1871
Üçüncül Kurutma Havası	\dot{m}_{iKH}	kg hava/saat	14874.5	16515.2	16770
	$\dot{V}_{iKH,283}$	m ³ hava/saat	11026.3	-	-
	$\dot{V}_{iKH,473}$	m ³ hava/saat	-	23000	23357
Baca Gazı	\dot{m}_{BG}	kg gaz/saat	20094.5	20129.5	20137
	\dot{V}_{BG}	m ³ gaz/saat	19893.5	19990.7	20008
Kömür Tasarrufu	\dot{I}_+	kg kömür/saat	-	153.8	177.5
Enerji Tasarrufu	\dot{Q}_+	kJ/saat	-	3168280	3656500

Yıllık 890 tonluk kömür tasarrufu, günün kömür fiyatlarıyla (20000 ₺ (1985)), 17.8 Milyon ₺ lik bir parasal tasarrufa karşılık gelmektedir.

Vantilatörün aradaki bağlantı borularıyla birlikte 1.5 Milyon ₺ ye malolacağı öngörülürse, yatırım yaklaşık bir ayda karşılanabilecektir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akçimento, 1976, Çimento teknolojisi, Akçimento, Baha matbaası, İstanbul, 534 s.
- Alam, M., 1977, Energy savings in wet process kilns, Pit and Quarry, 7, 151-160.
- Anon, 1977, South Dekota Cement (new suspension preheater will duplicate wet kiln output at half the fuel consumption), Pit and Quarry, 7, 114-117.
- Anon, 1982, Energy conservation in the cement industry, Pit and Quarry, 7, 61-74.
- Anon, 1985, Utilization d'ordures ménagères en tant que combustible dans un four de cimenterie, Ciments Betons Platres Chaux, 754, 158.
- Ar, M., 1980, Sanayide enerji tasarrufu, Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş., Araştırma ve Geliştirme Müdürlüğü, 292 s.
- Avramenko, O.I. and Kopeliovich, V.M., 1982, On reduction of fuel consumption during burning of cement clinker, Ciments Betons Platres Chaux, 737, 227-228.
- Baştemur, H., 1970, Uygulamalı ısıtma kılavuzu, Cilt 1, (Roth, O.'dan çeviri), Makina Mühendisleri Odası, Yayın No: 54, 322 s.
- Bahadır, E., 1986, Klinker pişirilmesinde ısı bilançosu (ZKG'den çeviri, 1959), Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Çimento Bülteni, 23, 228, 16-53.
- Bayburtlu, K., 1986, NFS sisteminde işletme sonuçları ve çalışma tecrübeleri, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Çimento Bülteni, 23, 229, 3-23.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam ediyor)

- Beba, A., 1982, Çimento döner fırınlarında kaybedilen ısının geri kazanılması, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Çimento Bülteni, 19, 177, 3-15.
- Benayyat, I., 1971, Portlant çimentosu üretim tekniğine giriş, Makina Mühendisleri Odası, Ankara, 63, 367 s.
- Bernard, D., 1985, Le prétraitement des déchets: facteur d'amélioration de leur utilisation énergétique en cimenterie, Ciments Betons Plâtres Chaux, 752, 23-25.
- Bernschtein, L.G., German, G.M. and Polistschuk, E.R., 1986, Effect of internal fittings for improving heat transfer in wet process kilns, Zement Kalk Gips, 9, 283-284.
- Bonn, W. and Lang Th., 1986, Burning Processes (Kiln systems; material cycles; refractory lining, coating problems), Zement Kalk Gips, 5, 119-125.
- Borat O., 1982, Termokimyasal denge ve yanma, İTÜ Makina Fakültesi, 145 s.
- Champonnois, M., 1984, Increased production and energy savings with precalcination, World Cement, 1, 8-12.
- Chen, N.S. and Davis, Ph., 1986, The APMC 4000 t/d precalciner plant at Rawang, Malaysia, using carbonaceous shale as the secondary raw material, Zement Kalk Gips, 10, 320-321.
- Conway, I.B. and Berry, W.J., 1986, Simple preheater system modification results in increased capacity and efficiency, Zement Kalk Gips, 5, 138-139.
- Dişcioğlu, A., 1983, Basit yöntemlerle döner fırın ısı bilançosu çıkartılması, Çimento Müstahsilleri Birliği Bülteni, Ankara, 19, 189, 16-24.
- Dora, J.D., 1977, Uses of waste and recycled material in the cement industry, IEEE Transactions on Industry

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam ediyor)

- Applications, IA-13, 6, 576-580.
- Duda, W.H., 1976, Cement data book-International process engineering in the cement industry, Macdonalt and Evans, London,600 p.
- E.Ç.F. (Eskişehir Çimento Fabrikası) Raporu, 1985, Aylık üretim ve tüketim raporları.
- Eicke, G. and Brundiek, H., 1985, New type of pre-diyer operating in combination with roller mills, Zement Kalk Gips, 6, 155-157.
- Embso, J., 1978, Conversions from wet to dry: Are they feasible?, IEEE Transactions on Industry Applications, IA-14, 2, 135-146.
- Etoc, P., 1984, La maîtrise de l'énergie à la société des ciments Français, Ciments Betons Platres Chaux, 750, 249-257.
- Faires, V.M., Simmang, C.M., and Brewer, A.V., 1978, Problems on thermodynamics, Macmillan Publishing Co. Inc., New York, 206 p.
- Feddersen, O.F., 1974, How European cement producers offset rising fuel costs, Rock Products 5, 67-69, 123-124.
- Fei, P., 1986, Thermal analyses of cyclone preheater system based on a mathematical model, Zement Kalk Gips, 5, 139-141.
- Flöter, H.J., 1981, Coal grinding/drying plants with exit gas inert atmosphere in the cement industry, Zement Kalk Gips, 7, 159-161.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam ediyor)

- Frisch, V., Jeschar, R. and Gardeik, H.O., 1982, Precalcining with and without a tertiary air duct-a heat technological comparison with the aid of a mathematical model for energy transfer in the rotary kiln, Zement Kalk Gips, 4, 81-85.
- Gardeik, H.O., 1981 a, Experimental investigations relating to the utilization of the wall heat of rotary kilns, Zement Kalk Gips, 10, 212-216.
- Gardeik, H.O., 1981 b, Fuel energy consumption in cement burning with precalcining, Zement Kalk Gips, 12, 26-30.
- Garett, H.M., 1976, Energy conservation by the U.S. cement industry-Part I(Potential promise, prospects and pitfalls), Pit and Quarry, 3, 84-90.
- Gartner, E.M., 1981, Energy savings through better utilization of waste heat, Ciments Betons Platres Chaux, 733, 319-322.
- Golden, R., 1984, Fluidized bed combustion for raw materials and coal processing, World Cement, 5, 121-125.
- Gouda, G.R. and Labelle, G.J., 1981, Opportunities for energy saving in the cement industry, Ciments Betons Platres Chaux, 731, 193-195.
- Gyftopoulos, E.P. and Widmer, T.F., 1982, Cost-effective waste energy utilization, Ann. Rev. Energy, 7, 293-327.
- Hatano, H., Hirota, Y. and Sasaki, A., 1983, Mitsubishi Cement introduces energy-saving clinker system, Rock Products, 6, 48, C-48.H.
- Haufers, H. and Magel, Ph., 1984, Fly-ash cement-Manufacture, quality and economy, Zement Kalk Gips, 4, 62-65.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam ediyor)

- Heiderich, W., 1986, Pulverized coal fired hot gas producers for drying processes, Zement Kalk Gips, 4, 96-97.
- Hellofs, L.E., 1986, Erfahrungen von CLE bei der verwendung von festen brennstoffen in der vorcalciniierung, Zement Kalk Gips, 10, 581-582.
- Herchenbach, H. and Wolter, A., 1982, Selection criteria for using the short rotary cement kiln, Zement Kalk Gips, 11, 250-252.
- Hochdahl, O., 1986, Fuels and heat economy (Handling, preparation, storage and controlled feeding of primary and waste-derived fuels; firing systems and burners; energy recovery), Zement Kalk Gips, 4, 90-96.
- Jaschke, R., 1983, Old motor tyres as an alternative fuel: bunkering, automatic handling feeding the tyres individually, Zement Kalk Gips, 6, 134-136.
- Jeagar, F.A., Beshore, D.G. and Miller F.M., 1978, Application of thermal energy storage in the cement industry, Energy Technol: Proc of Therm. Energy Storage Contract Inf. Exch Meet, 333-339.
- Johnson, D.A., 1984, Energy economics of a modern suspension preheater plant compared to a modern plant incorporating cogeneration, IEEE Transaction on Industry Applications, IA-20, 3, 569-574.
- Kaldewey, F., 1985, Handling installations for scrap motor tires and alternative fuels in cement works, Zement Kalk Gips, 4, 108.
- Kara, I., 1986, Yöneylem araştırması-doğrusal olmayan modeller, Anadolu Üniversitesi Yayınları, No.139, Eskişehir, 346 s.
- Kawai, Z., Ichiyanagi, I. and Suto, K., 1980, Reduction of energy consumption with precalciner-kiln systems, Zement Kalk Gips, 12, 610-616.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam ediyor)

- Köksal, K., 1981, Termik bilançonun basit ve kullanışlı bir yöntem ile hesabı, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Çimento Bülteni, 18, 165, 13-19.
- Kreisberg, A.J. and Schonbach, B.H., 1984, Economic fesibility of wet-to-dry conversion in North-America, IEEE Transactions on Industry Applications, IA-20, 3, 549-561.
- Kumar, S.S. and Kataria, S.S., 1981, Optimization of burning characteristics of raw meal for fuel economy by special mineralizer, World Cement Technology, 4, 279-285.
- Kupper, D., 1986, Significance of the separate combustion air duct for two-stage burning, Zement Kalk Gips, 9, 265-279.
- Kuşhan, B., 1983, Isı enerjisi ve içten yanmalı motorlar, Anadolu Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayını, 177 s.
- Kühle, K., 1984, Calcining cement raw meal in the circulating fluid bed at the Port La Nouvelle works France, Zement Kalk Gips, 7, 138-141.
- Kwech, L., 1986, Precalcining in the cement industry the state-of-art, Zement Kalk Gips, 9, 251-264.
- Lang, T.A. and Mosimann, P., 1984, The production of electrical and thermal energy from the exhaust gas heat of preheater kilns, IEEE Transactions on Industry Applications, IA-20, 3, 541-548.
- Levine, S., 1982, Martin Marietta's new Davenport plant cuts energy needs, Pit and Quarry, 7, 94-104.
- Levine, S., 1983 a, Wind and waste heat to energize California plant-Monolith Portland Cement plants conversion to dry process, Pit and Quarry, 7, 90-95.
- Levine, S., 1983 b, Preheater precalciner kiln replaces six wet process kilns-Kaiser Cement modernizes Permanente plant, Pit and Quarry, 7, 52-56.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam ediyor)

- Lewerenz, D., 1981, Combined grinding and drying of slag cements utilizing hot exhaust air from the cooler, Zement Kalk Gips, 11, 253-254.
- Lowes, T.M. and Tetmar, B., 1982, Utilization of combustible wastes in cement manufacture, Ciments Betons Plâtres Chaux, 734, 37-40.
- Lusche, M., Endres, G. and Euskirchen, J., 1982, Recent experience in the utilization of radiant waste heat from industrial kilns, Zement Kalk Gips, 11, 248-250.
- MacDonald, G.E., Lordi, A.C. and Kovach, J.J., 1979, Electrical energy management in the cement industry, IEEE Transactions on Industry Applications, IA-15, 4, 341-347.
- Makridas, S. and Wheelwright, S.C., 1978, Interactive forecasting univariate and multivariate methods, Second edition, Holden-Day Inc., San Fransisco, 650 p.
- M.M.C.C.(Mitsubishi Mining and Cement Co., Ltd.), 1983, MFC process-Mitsubishi Fluidized Calciner, 24 p.
- Mohrenstecher, H., 1986, Utilization of the thermal energy from rotary kiln bypasses, Zement Kalk Gips, 9, 292-294.
- Mori, S., Fukuda, Y. and Ueda Y., 1974, Reinforced suspension preheater (RSP) process of cement manufacture-suspension preheater with special furnace for boosting calcination of raw meal, IEEE Cement Industries Technology Conferance, 1-12.
- Motek, H., 1985, Externally heated dryer with throwing-action blades for very moist materials, Zement Kalk Gips, 6, 157-158.
- Nakamura, N. and Kobayashi, T., 1980, Improvement in flash calcining technique and its application to coal firing, World Cement Technology, 4, 122-132.
- Nakamura, N. and Tominaga, S., 1983, Malaysian cement utilizes oil shale, World Cement, 6, 175-186.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam ediyor)

- Narang, K.C., 1986, Tests relating to the use of solid fuels with low volatile content in precalciner kilns, Zement Kalk Gips, 10, 321-323.
- Naredi, R., 1983, Using solid fuels in supplementary firing of rotary cement kilns, Zement Kalk Gips, 6, 130-131.
- Nielsen, P.B. and Hundeböl, S., 1986, Precalcining with low volatile solid fuels, Zement Kalk Gips, 4, 99-100.
- O.E.C.C.L. (Onada Engineering and Consulting Co. Ltd.), 1985, Technical Information of RSP, Tokyo, Japan, 1-34.
- Ono, M., 1981, Energy saving in the Japanese cement industry, Energy Developments in Japan, 3, 227-232.
- Opitz, D., 1986, Environmental protection aspects of precalcining technology as exemplified by the OKMB Precalciner, Zement Kalk Gips, 9, 269-270.
- Özden, N., 1981, Çimento teknolojisi, Türkiye Çimento Sanayii T.A.Ş., Ankara, 216 s.
- Öztürk, A., Kılıç, A., 1982, Termodinamik özellik bağıntıları tablolar ve diyagramlar, İstanbul, 171 s.
- Rao, V.V.S., 1986, Energy conservation in Indian cement industry, Zement Kalk Gips, 9, 520-523.
- Rechmeier, H., 1981, Saving energy during cement burning by complete utilization of waste material and low-grade fuels, Ciments Betons Platres Chaux, 731, 208-211.
- Reh, L., 1983, Calcining in the circulating fluidized bed, Zement Kalk Gips, 11, 277-280.
- Richartz, W., 1984, Composition and properties of fly-ashes, Zement Kalk Gips, 2, 62-71.
- Riemann, H.H., 1983, From household refuse for the cement industry, Zement Kalk Gips, 6, 131-134.
- Rosemann, H., and Gardeik, H.O., 1983, Influences upon energy conversion in calciners in the precalcination of cement raw meal, Zement Kalk Gips, 11, 273-277.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam ediyor)

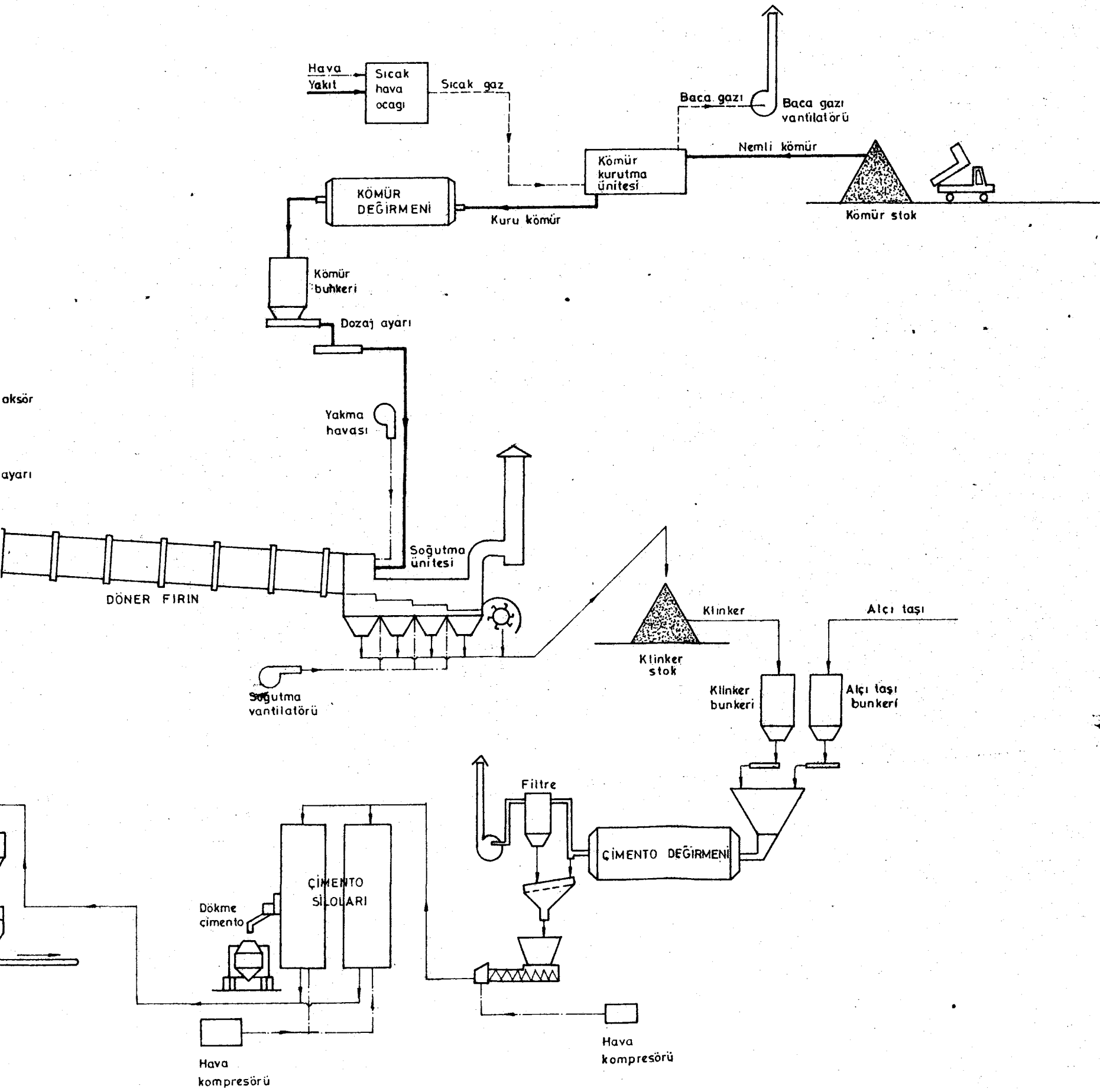
- Sakamoto, S. and Kawata, T., 1980, Energy conversion at Osaka Cement, Pit and Quarry, 7, 114-118.
- Sasaki, S., Yokooji, M. and Kitajima, U., 1986, The cyclon and the precalciner developed for the energy-saving NSP system and the assessed performance of a 3300 t/d plant, Zement Kalk Gips, 9, 289-290.
- Scheucher, F.J., 1986, Optimization of tube mill power consumption with Voest-Alpine grooved liner plates, Zement Kalk Gips, 2, 57-59.
- Seki, M., Shimizu, M., Yamamoto, Y. and Hirai, Y., 1974, Development of IHI-SF cement clinker burning process, IHI Engineering Review, 7, 1, 50-71.
- Serper, Ö., 1986, Uygulamalı istatistik, Filiz Kitabevi Beyazıt, İstanbul, 390 s.
- Slegten, P., Thomart, F. and Rinaldi, M., 1985, How to optimize the ball grinding of cement, Slegten, Belg Belgique, 17 p.
- Sprung, S., 1981, Klinker teşekkülü ve klinker özellikleri ile pişirme tekniğinin bağıntısı-II-, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Çimento Bülteni, 18, 165, 5-12.
- Steinbisz, E., 1986, Ways to achive optimum utilization of waste gas heat in cement kiln plants with cyclone preheaters, Zement Kalk Gips, 4, 101-103.
- Stiles, S.L., 1979, Energy conservation at Medusa Cement Company, 1979 IEEE Cement Industry Technical Conference, Tarpon Springs, Florida, 1-6.
- Topsakal, M., 1985, Kalsinatörlerin çimento hammaddesi için dizaynı (Köln, H.H.'dan çeviri), Çitosan Çeviri Bülteni 1, 3-13.

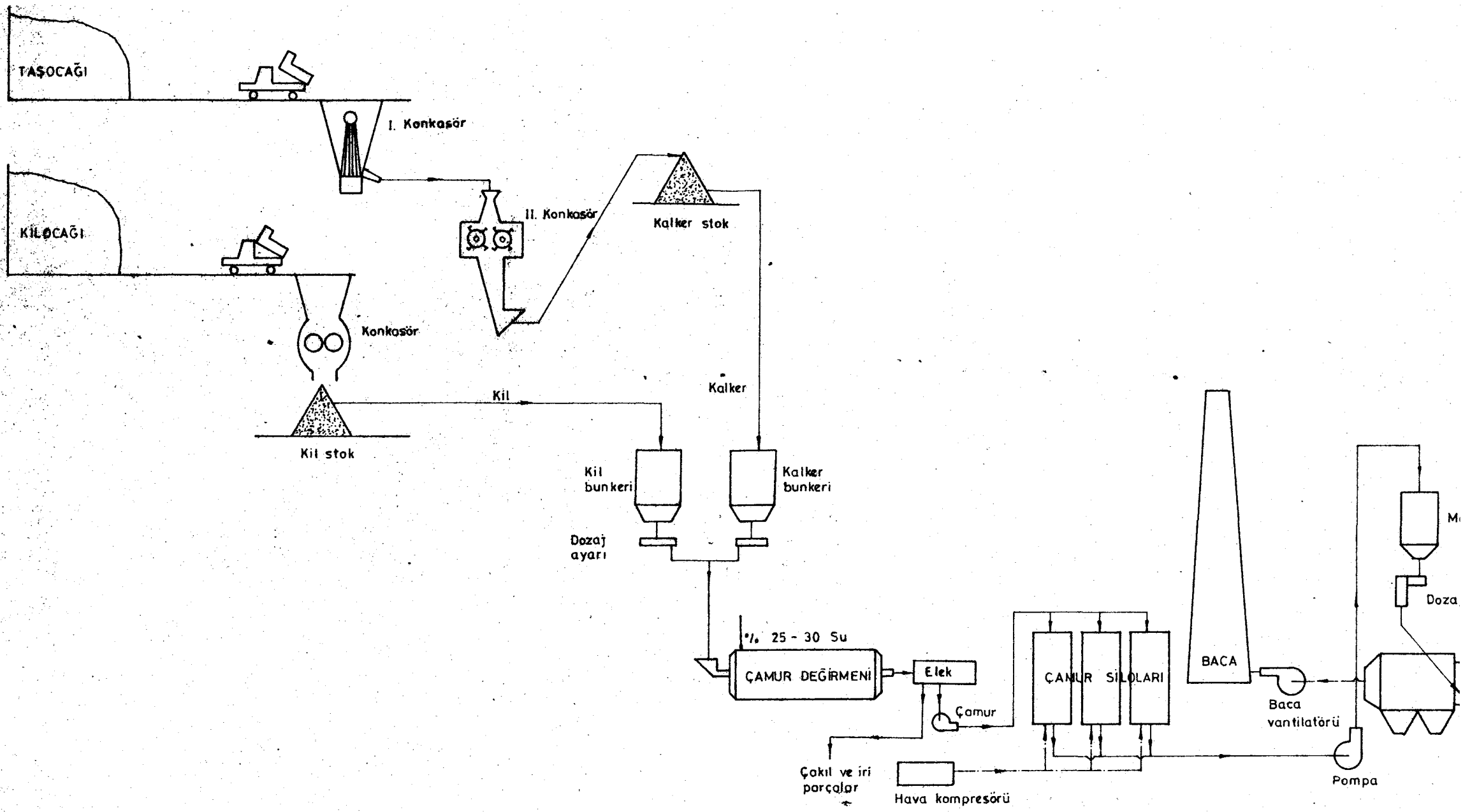
KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam ediyor)

- Trovaag, K., 1983, Hazardous waste incineration in a cement kiln, *World Cement*, 3, 59-62.
- Ueda, Y. and Fukuda, Y., 1983, Coal firing of reinforced suspension preheater (RSP) process, *Zement Kalk Gips*, 4, 199-207.
- Ueda, Y and Suziki, Y., 1985, The effect of colarific value on cement quality-low calorie coal combustion in the RSP kiln, *Zement Kalk Gips*, 4, 92-95.
- U.N.I.D.O.(United Nations Industrial Development Organization), 1985, Use and conservation of energy in the cement industry, Sectoral Working Paper Series, No.31, Sectoral Studies Branch Division for Industrial Studies, 47 p.
- Vorobeichikov, L. and Satarin, V., 1982, Complex utilization of rotary kiln heat losses, *Ciments Betons Platres Chaux*, 735, 113-115.
- Warshawsky, J., 1976, Conversion of existing cement kilns to flash calciners, *IEEE Transactions on Industry Applications*, IA-12, 6, 552-562.
- Weber, P., 1974, Utilization of waste heat from dry-process rotary kilns, *Pit and Quarry*, 7, 115-122.
- Wilson, J. and Iten, H.C., 1976, Optimizing energy utilization in cement plant operations, *IEEE Transactions on Industry Applications*, IA-12, 5, 529-535.
- Wüstner, H., 1986, Compressive size reduction: New methods of energy saving in cement clinker and slag grinding, *Zement Kalk Gips*, 2, 53-54.
- Wylen, G.J.V. and Sonntag, R.E., 1978, Fundamentals of classical thermodynamics, John Wiley and Sons, New York, 744 p.

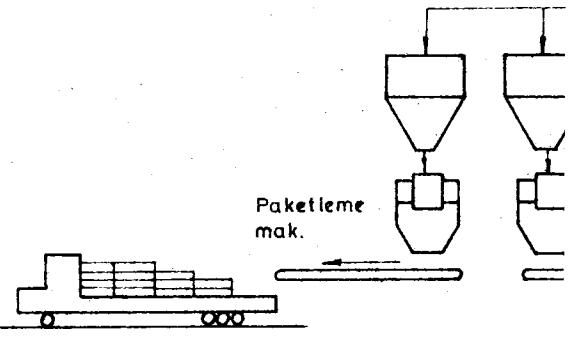
E K 1 .

YAŞ SİSTEM ÇİMENTO ÜRETİMİ



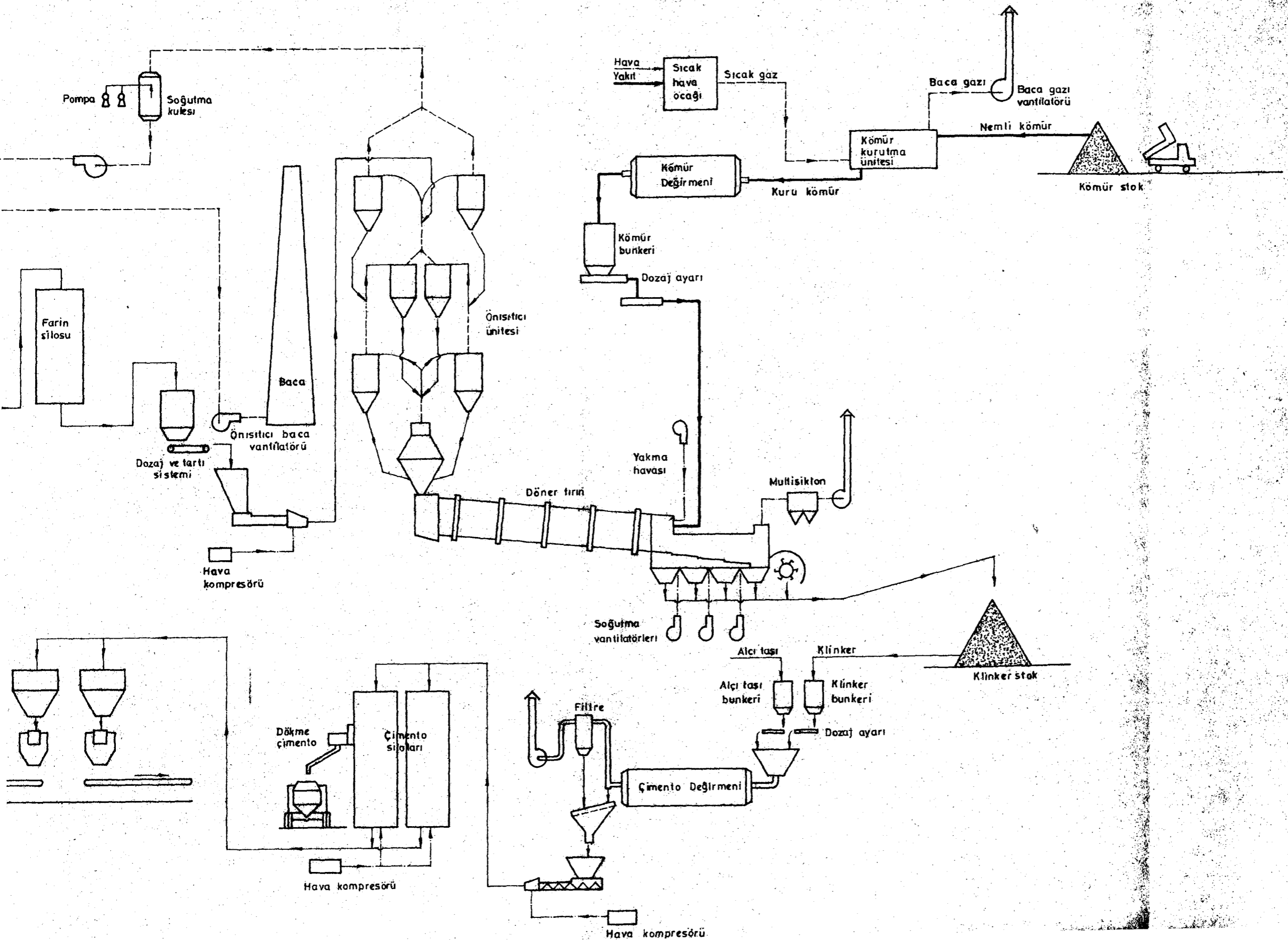


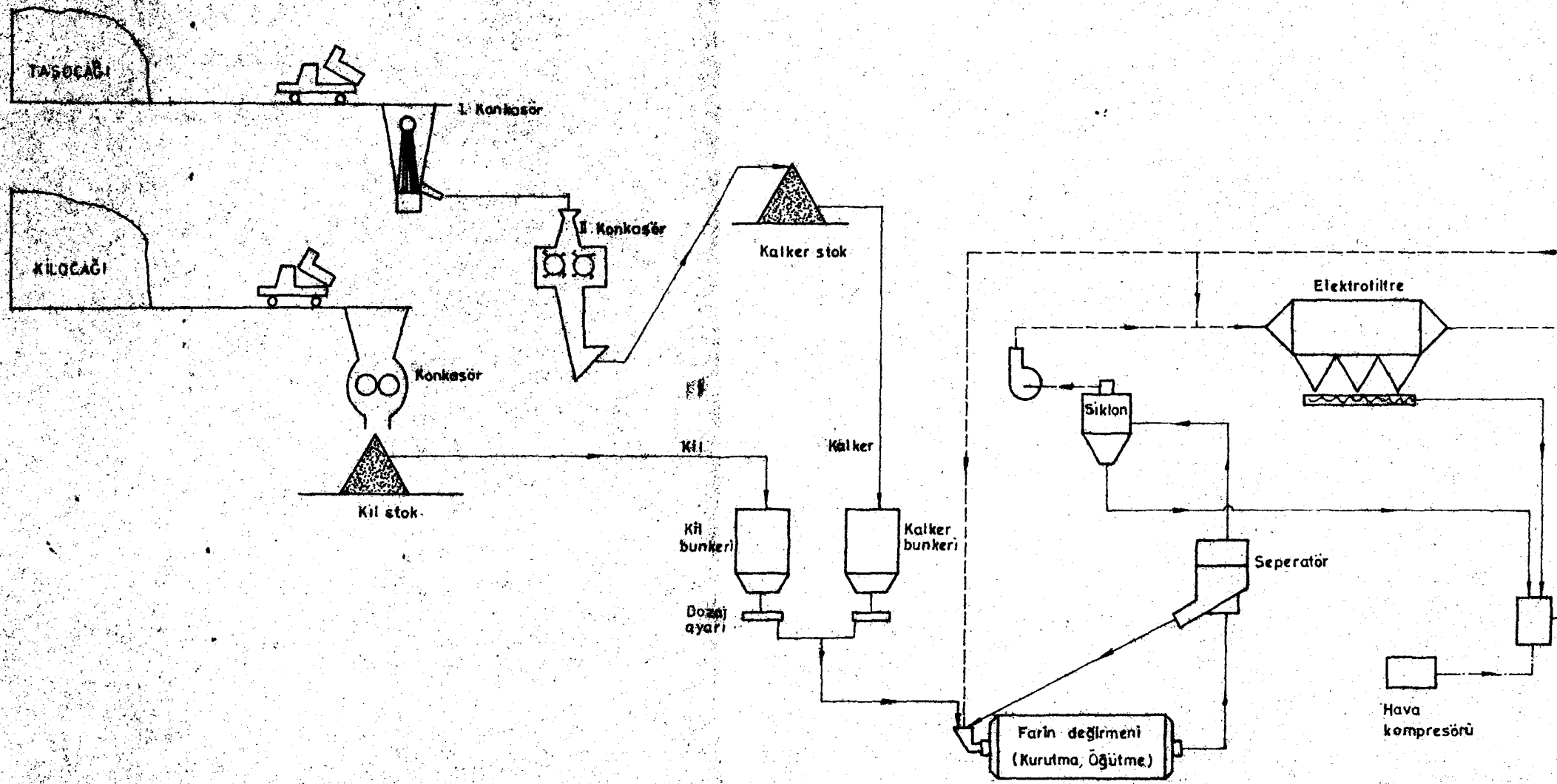
- HAMMADDE HATTI
- KÖMÜR HATTI
- HAVA HATTI
- BACA GAZI HATTI



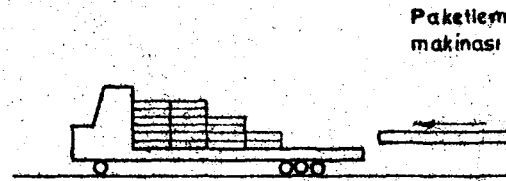
E K 2.

KURU SİSTEM ÇİMENTO ÜRETİMİ





————— HÄMMADDE HATTI
 ————— KÖMÜR HATTI
 ————— HÄYA HATTI
 - - - - - BACA GAZI HATTI



EK 3.

E.Ç.F.'NİN GENEL YERLEŞİM PLANI

EK 4.

DENKLEM (5.20) Yİ SAYIMLAMA YÖNTEMİYLE MİNİMİZE EDEN
BİLGİSAYAR PROGRAMININ AKIŞ DİYAGRAMI

EK 5.

DENKLEM (5.20) Yİ SAYIMLAMA YÖNTEMİYLE MINİMİZE EDEN
BİLGİSAYAR PROGRAMININ LİSTESİ

```

10  TITLE: 1 PARABOL
20  *ZEMINEN BUZUN PARABOL DUYGULARININ YERDEN OZU SEVIMLILIKLERINI DOKHATE
30  *ALFAK BARKLEN USLUBU VI SHYIMLARA YATISHIVLE HANIMIZL OZEN
40  *SILSISYAN PRUJAVI
50  INPUT "DATA FILE NAME:";NS
60  RECFM=FB
70  DIM TEG(3),TIG(3),UG(3),UB(3),FD(3),FE(3)
80  READ U(1),FE(1),FE(2),FE(3),FC(
90  L=FC-KO(1),EH(1)
100 FOR I=1 TO N
110 READ EO(I),EH(I)
120 NEXT I
130 FOR I=1 TO N
140 UG(I)=T+TOS=UI/KO(I)
150 IF UG (>7 GO TO 41)
160 UG(1)=UG(1)*KO(I)
170 UG(2)=UG(2)
180 FE(1)=EH(I)*UG(1)*FE(I)
190 FOR J=1 TO N
200 TOS=UI/KO(J)
210 IF TOS<=12 GO TO 350
220 UG(2)=12
230 UG(2)=TIG(2)*KO(I)
240 UI=UI-(UG(1)+UG(2))
250 FE(2)=EH(J)*UG(2)*FE(J)
260 FOR I=1 TO N
270 UG=UG+FE(I)
280 IF UG>8 GO TO 300
290 FE(2)=EH(I)*UG*FE(I)
300 FE(2)=FE(1)+FE(2)+FE(3)
310 IF FE(2)>8 GO TO 330
320 FE(2)=FE(1)+FE(2)+FE(3)
330 NEXT I
340 GO TO 360
350 UG(2)=UI+FE(2)+EH(I)*UG(I)*FE(I)
360 FE(2)=UI+FE(2)
370 IF FE(2)>8 GO TO 390
380 FE(2)=FE(1)+FE(2)+FE(3)
390 NEXT I
400 GO TO 440
410 FE(2)=UI+FE(1)
420 IF FE(2)>8 GO TO 440
430 FE(2)=FE(1)+FE(2)+FE(3)
440 NEXT I
450 LPRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
460 GOTO 100
470 LPRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
480 LPRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
490 LPRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
500 LPRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
510 LPRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
520 LPRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
530 LPRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
540 END

```

EK 6.

DENKLEM (5.20) YI DINAMIK PROGRAMLAMA İLE MİNİMİZE EDEN
BİLGİSAYAR PROGRAMININ AKIŞ DİYAGRAMI

EK 7.

DENKLEM (5.20) YI DINAMIK PROGRAMLAMA İLE MİNİMİZE EDEN
BİLGİSAYAR PROGRAMININ LİSTESİ

```

10  TUNHDET FARM 00
20  TUNHDET DOKUMEN PANGSISDI BAKTIH WIRIHAN UDOKUMEN PANGSISDI BAKTIH WIRIHAN
30  TUNHDET DOKUMEN UDOKUMEN PANGSISDI BAKTIH WIRIHAN UDOKUMEN PANGSISDI BAKTIH
40  TUNHDET DOKUMEN PANGSISDI BAKTIH WIRIHAN UDOKUMEN PANGSISDI BAKTIH WIRIHAN
50  INPUT "DATA FILE NAME: ",N
60  CLRSCR
70  DIM FE(3),TDS(3),EDS(3),UK(3),FE(2),UD(3)
80  FOR I=1 TO N:FE(1)=I:FE(2)=I:FE(3)=I
90  DIM EH(I),EH(I)
100 FOR I=1 TO N
110 READ KO(I),EH(I)
120 NEXT I
130 FOR I=1 TO N
140 TDS(1)=2:TDS=UI/KO(I)
150 IF TDS <=2 GOTO 450
160 UDS(1)=TDS(1)*KO(I)
170 UI2=UI-UDS(1)
180 FE(1)=EH(I)*UDS(1)+FE(1)
190 UK(1)=I+16
200 FOR J=1 TO N
210 TDS2=UI2/KO(J)
220 IF TDS2=12 GOTO 380
230 UDS(2)=TDS(2)*KO(J)
240 UI3=UI1-UDS(1)+UDS(2)
250 FE(2)=EH(J)*UDS(2)+FE(2)
260 UK(2)=I+16
270 FOR K=1 TO N
280 TDS3=UI3/KO(K)
290 IF TDS3>3 GOTO 380
300 FE(3)=EH(K)*UDS(3)+FE(3)
310 UK(3)=I+16
320 NEXT K
330 FOR I=1 TO N
340 FE(1)=FE(1)+FE(2)
350 FE(2)=FE(2)+FE(3)
360 NEXT I
370 GOTO 400
380 UDS(1)=TDS(1)*KO(1)+UDS(2)+FE(2)
390 UK(1)=I+16
400 IF UK(1)=UK(2) GOTO 420
410 UK(2)=UK(1)+16
420 NEXT I
430 FE(1)=FE(1)+FE(2)
440 GOTO 450
450 FE(1)=FE(1)+FE(2)+FE(3):UK(1)=I+16
460 IF UK(1)=UK(2) GOTO 480
470 UK(2)=UK(1)+16
480 NEXT I
490 LPRINT "TUNHDET FARM 00"
500 GOTO 100
510 LPRINT "TUNHDET DOKUMEN PANGSISDI BAKTIH WIRIHAN UDOKUMEN PANGSISDI BAKTIH WIRIHAN"
520 LPRINT "TUNHDET DOKUMEN UDOKUMEN PANGSISDI BAKTIH WIRIHAN UDOKUMEN PANGSISDI BAKTIH WIRIHAN"
530 LPRINT "TUNHDET DOKUMEN PANGSISDI BAKTIH WIRIHAN UDOKUMEN PANGSISDI BAKTIH WIRIHAN"
540 LPRINT "TUNHDET DOKUMEN UDOKUMEN PANGSISDI BAKTIH WIRIHAN UDOKUMEN PANGSISDI BAKTIH WIRIHAN"
550 LPRINT "TUNHDET DOKUMEN PANGSISDI BAKTIH WIRIHAN UDOKUMEN PANGSISDI BAKTIH WIRIHAN"
560 LPRINT "TUNHDET DOKUMEN UDOKUMEN PANGSISDI BAKTIH WIRIHAN UDOKUMEN PANGSISDI BAKTIH WIRIHAN"
570 LPRINT "TUNHDET DOKUMEN PANGSISDI BAKTIH WIRIHAN UDOKUMEN PANGSISDI BAKTIH WIRIHAN"
580 GOTO 100

```

EK 8.

EK 5 ve EK 7 DEKİ BİLGİSAYAR PROGRAMLARINA AİT VERİ
KUTUKLERİ

1530 POINTS DESIGNATION-1
 1540 DATA 15.15,19.27,21.41,11.15
 1550 DATA 18.35,20.51,22.65,11.15,13.29,21.41,11.15,13.29,21.41
 1560 DATA 18.35,15.26,14.17,27.52,15.27,25.39,11
 1570 END
 1580 PRINT TAB(25);"POINTS DESIGNATION-1"
 1590 PRINT #,PRINT
 1600 RETURN

1630 POINTS DESIGNATION-2
 1640 DATA 133.13,14.9,27.7,81.1815
 1650 DATA 10.18,42.83,51.42,31.7,42.4,50,41.5,54.74,55,40.25
 1660 DATA 58.77,7.27,80.1,55,35.74,59,37.1,50,35.15,23,15,34.7
 1670 END
 1680 PRINT TAB(25);"POINTS DESIGNATION-2"
 1690 PRINT #,PRINT
 1700 RETURN

EK 9.

EK 5. ve EK 7. DEKİ BİLGİSAYAR PROGRAMLARINA AIT ÇIKTILAR

KONKREK

GUNLUK URETIM = 1190 TON/GUN

UNITENIN DONENLERE GORE EN IYI CALISMA KAPASITESI

CECE = 131 TON/SAAT

CIKIDIZ= 131 TON/SAAT

FUVANT= 0 TON/SAAT

EN YUKUK ENERJİ BEDELİ= 36809.04 TL/GUN

FARIN DEĞİŞİMİ

GUNLUK URETIM = 970 TON/GUN

UNITENİN DONENLERE GORE EN IYI CALISMA KAPASITESI

CECE = 103 TON/SAAT

CIKIDIZ= 103 TON/SAAT

FUVANT= 0 TON/SAAT

EN YUKUK ENERJİ BEDELİ= 437036.3 TL/GUN

ÇAMUR DEĞİŞİMİ

GUNLUK URETIM = 800 TON/GUN

UNITENİN DONENLERE GORE EN IYI CALISMA KAPASITESI

CECE = 42.5 TON/SAAT

CIKIDIZ= 42.5 TON/SAAT

FUVANT= 0 TON/SAAT

EN YUKUK ENERJİ BEDELİ= 473490.5 TL/GUN

DÖNER FIRIN-1

GENEL ÜRETİM = 450 TON/GÜN

ÜNİTENİN DÖNENLERE GÖRE EN İYİ ÇALIŞMA KAPASİTESİ
GEÇE = 23.5 TON/SAAT
SUNDUZ = 23.5 TON/SAAT
PULANT = 23.5 TON/SAAT

EN KÜÇÜK ENERJİ BEDELI = 18946.13 KJ/TON

DÖNER FIRIN-2

GENEL ÜRETİM = 290 TON/GÜN

ÜNİTENİN DÖNENLERE GÖRE EN İYİ ÇALIŞMA KAPASİTESİ
GEÇE = 29.5 TON/SAAT
SUNDUZ = 29.5 TON/SAAT
PULANT = 29.5 TON/SAAT

EN KÜÇÜK ENERJİ BEDELI = 30.947.8 KJ/TON

CIMENTO DEGIRMENI-1

GUNLUK URETIM = 195 TON/GUN

UNITENIN DCMENLERE GORE EN I/1 CALISMA KAPASITESI

GECE = 27.85 TON/SAAT

GUNDUZ= 27.85 TON/SAAT

PUVANT= 0 TON/SAAT

EN KUCUK ENERJİ BEDELI= 144217.6 TL/GUN

CIMENTO DEGIRMENI-2

GUNLUK URETİM = 695 TON/GUN

UNITENIN DCMENLERE GORE EN I/1 CALISMA KAPASITESI

GECE = 60.05 TON/SAAT

GUNDUZ= 60.05 TON/SAAT

PUVANT= 0 TON/SAAT

EN KUCUK ENERJİ BEDELI= 909275.6 TL/GUN

EK 10.

AYNI UÇLÜ KAPASİTE CÜMLELERİ İÇİN DENKLEM (5.20) Yİ
ÇÖZEN BİLGİSAYAR PROGRAMININ AKIŞ DİYAGRAMI

EK 11.

EK 10.DAKI AKIŞ DİYAGRAMININ LİSTESİ

```

10 11.01.1981 KAGANCI
20 130000 GER DOKEMANLARI 1981 YAPISITILDI GAZIYERDE DOKEMANLARI VEYUCUT CALISMA
30 "TARLANTINA GCRG" DINDIRI GUNLUK ENERJİ BEDELİNİ VEREDEN
40 "İSLETME KAPASİTESİNİ BULAN PROGRAM
50 INPUT "DATA FILE NAME:";A$
60 OPEN A$
70 DIM TDB(2),TDB(3),EDG(3),UDG(3),FDG(3),FS(3)
80 READ U1(1),FE(1),FE(2),FE(3),FCR
90 DIM K0(1),EN(1),FET(1)
100 FOR I=1 TO 4
110 READ K0(I),SH(I)
120 NEXT I
130 LPRINT STRING$(75,"*");LPRINT
140 GOSUB 1550
150 LPRINT:LPRINT:LPRINT TAB(20);"GUNLUK URETİM =";U1;"TON/GUN";LPRINT:LPRINT
160 LPRINT "KAPASİTE (TON/SAAT)";TAB(50);"GUNLUK ENERJİ BEDELİ (TL/GUN)"
170 LPRINT STRING$(20,"*");TAB(30);STRING$(32,"*")
180 FOR I=1 TO 4
190 TDB(1)=7:TCS=U1/K0(1)
200 IF TCS <=7 GOTO 420
210 UDG(1)=TDB(1)*K0(1)
220 U12=U1-UDG(1)
230 FC(1)=EN(1)*UDG(1)*FE(1)
240 TCS2=U12/K0(1)
250 IF TCS2<=12 GOTO 300
260 TDB(2)=12
270 UDG(2)=TDB(2)*K0(1)
280 U12=U1-(UDG(1)+UDG(2))
290 FC(2)=EN(1)*UDG(2)*FE(2)
300 TCS3=U12/K0(1)
310 IF TCS3 >=15 THEN LPRINT "K0(1);I(1)";TAB(30);"KAPASİTE YETERSİZ":GOTO
320 FC(3)=EN(1)*U12*FE(3)
330 FET(1)=FS(1)+FC(2)+FC(3)
340 IF FET/FET(1) GOTO 450
350 FCR=FET(1):E1=1:E2=1:E3=1
360 GOTO 450
370 UDG(3)=U12:FC(2)=EN(1)*UDG(2)*FE(2)
380 FET(1)=FC(1)+FC(3)
390 IF FCR<FET(1) GOTO 450
400 FCR=FET(1):E1=1:E2=1:E3=0
410 GOTO 450
420 FC(3)=EN(1)*U1*FE(1)
430 IF FCR<FC(3) GOTO 450
440 FCR=FC(3):E1=1:E2=0:E3=0
450 LPRINT "K0(1);I(1)";TAB(30);"FG(1);I(1)";TAB(30);"FET(1)
460 GOTO 1
470 LPRINT:LPRINT
480 LPRINT TAB(10);"DOKEMANLARI DOKEMANLARI GORE EN İYİ CALISMA KAPASİTESİ"
490 LPRINT TAB(20);"K0(1)";TAB(30);"TON/SAAT"
500 LPRINT TAB(30);"K0(2)";TAB(40);"TON/SAAT"
510 LPRINT TAB(40);"K0(3)";TAB(50);"TON/SAAT"
520 LPRINT:LPRINT:LPRINT TAB(30);"EN KUCUK ENERJİ BEDELİ=";FCR;"TL/GUN"
530 LPRINT:LPRINT:STRING$(75,"*")
540 END

```

EK 12.

EK 11. DEKİ PROGRAMIN EK 8. DEKİ VERİLERLE ÇALIŞTIRILMASI
DURUMUNDAKİ ÇIKTILAR

 KURUVERGİ:

GÜNLÜK ÜRETİM = 1190 TON/BAĞ

KAPASİTE (TLN/BAĞ)

K01 1)= 80,0

K01 2)= 90

K01 3)= 95

K01 4)= 100

K01 5)= 105

K01 6)= 110

K01 7)= 115

K01 8)= 120

K01 9)= 125

K01 10)= 130

GÜNLÜK ENERJİ BEDELİ (TL/BAĞ)

FE(1)= 64210,36

FE(2)= 42002,36

FE(3)= 47562,9

FE(4)= 50922,62

FE(5)= 55977,9

FE(6)= 59926,19

FE(7)= 49691,74

FE(8)= 44190,92

FE(9)= 34950,24

FE(10)= 32609,04

ÜNİTENDİ BİREMLERE GÖRE EN İYİ ÇALIŞMA KAPASİTESİ

GEDE = 101 TON/BAĞ

GÜNDÜZ= 131 TON/BAĞ

EVYANT= 0 TON/BAĞ

EN KÜÇÜK ENERJİ BEDELİ= 32609,04 TL/BAĞ

ÇARMA DEĞİRMENİ

GENEL ÜRETİM = 300 TON/SAAT

KAPASİTE (TON SAAT)

FG(1) = 29.75
 FG(2) = 30
 FG(3) = 32
 FG(4) = 34
 FG(5) = 36
 FG(6) = 38
 FG(7) = 40
 FG(8) = 42
 FG(9) = 43.5
 FG(10) = 44
 FG(11) = 49.5

GENEL ÜRETİM (TL/TON)

KAPASİTE YETERLİLİK
 KAPASİTE YETİLSİZ
 KAPASİTE YETERLİLİK
 FG(4) = 589431.3
 FG(5) = 794111.2
 FG(6) = 571793
 FG(7) = 552801
 FG(8) = 518219.5
 FG(9) = 473591.5
 FG(10) = 501481.0
 FG(11) = 495913

ÜNİTENİN DENEMLERE GÖRE EN İYİ ÇALIŞMA KAPASİTESİ
 DEĞER = 49.5 TON/SAAT
 ÇIKIŞ = 49.5 TON/SAAT
 FİYAT = 0 TON/SAAT

EN İYİ ÜRETİM ENERJİ DEĞERİ = 473591.5 TL/TON

./

FAPIN YAGILANENI

GULIHI URUTTI = 570 TON/SAAT

KAPASITE (TON/SAAT)

F00 (1) = 59
 F00 (2) = 100
 F00 (3) = 100
 F00 (4) = 35
 F00 (5) = 100
 F00 (6) = 100
 F00 (7) = 100
 F00 (8) = 100

EN DUK ENERJİ BEDELİ (TL/GBU)

F00 (1) = 752281.4
 F00 (2) = 689305.6
 F00 (3) = 541327.5
 F00 (4) = 590534.6
 F00 (5) = 536449.5
 F00 (6) = 492987
 F00 (7) = 453734.2
 F00 (8) = 437036.3

UNITENİN D-SYENLERE GORE EN İYİ ÇALIŞMA KAPASİTESİ

GECE = 100 TON/SAAT

GÜNÜZ = 100 TON/SAAT

PİYANT = 0 TON/SAAT

EN DUK ENERJİ BEDELİ = 437036.3 TL/GBU

ENERJİ FTR011-1

GÜNLÜK ÜRETİM = 450 TON/GÜN

KAPASİTE (TON/SAAT)

KG(1) = 15.4
 KG(2) = 17
 KG(3) = 17.5
 KG(4) = 18
 KG(5) = 18.5
 KG(6) = 19
 KG(7) = 19.5
 KG(8) = 20
 KG(9) = 20.5
 KG(10) = 21
 KG(11) = 21.5
 KG(12) = 22
 KG(13) = 22.5
 KG(14) = 23
 KG(15) = 23.5

GÜNLÜK ENERJİ BEDELİ (TL/GÜN)

KAPASİTE YETERLİ
 KAPASİTE YETERLİ
 KAPASİTE YETERLİ
 KAPASİTE YETERLİ
 KAPASİTE YETERLİ
 FG(3) = 175101.2
 FG(7) = 156096.5
 FG(8) = 151073.4
 FG(9) = 159270.6
 FG(10) = 157889.7
 FG(11) = 149544.5
 FG(12) = 148074.9
 FG(13) = 147565.0
 FG(14) = 140822.4
 FG(15) = 135565.1

ÜNİTENTR DÖNENLERE GÖRE EN İYİ DALIŞIK KAPASİTESİ

CECE = 23.5 TON/SAAT

GÜNTÜZ = 23.5 TON/SAAT

PUVANT = 23.5 TON/SAAT

EN KÜÇÜK ENERJİ BEDELİ = 135565.1 TL/GÜN

13.00 FİRİNİ

SİMLİ GÜBÜLÜ 290 TL/TON

FİRİNİ GÜBÜLÜ

K01	1	290,0
K01	2	290,0
K01	3	290,0
K01	4	290,0
K01	5	290,0
K01	6	290,0
K01	7	290,0
K01	8	290,0
K01	9	290,0
K01	10	290,0
K01	11	290,0
K01	12	290,0
K01	13	290,0
K01	14	290,0
K01	15	290,0
K01	16	290,0
K01	17	290,0
K01	18	290,0
K01	19	290,0
K01	20	290,0
K01	21	290,0
K01	22	290,0
K01	23	290,0
K01	24	290,0

YANLIK ENERJİ ALGILI FİRİNİ

K01	1	290,0
K01	2	290,0
K01	3	290,0
K01	4	290,0
K01	5	290,0
K01	6	290,0
K01	7	290,0
K01	8	290,0
K01	9	290,0
K01	10	290,0
K01	11	290,0
K01	12	290,0
K01	13	290,0
K01	14	290,0
K01	15	290,0
K01	16	290,0
K01	17	290,0
K01	18	290,0
K01	19	290,0
K01	20	290,0
K01	21	290,0
K01	22	290,0
K01	23	290,0
K01	24	290,0

ORTA ÖLÇÜ BOYUTLARI İÇİN EN İYİ UYUMLU FİRİNİ
 ÇİMENT = 290 TL/TON
 ÇİMENT = 290 TL/TON
 ÇİMENT = 290 TL/TON

SİMLİ GÜBÜLÜ 290 TL/TON

./.

UJENIHO DEBITMENI--

UMUKLA UBAYIT = 195 TON/GUN

KAPASITJE (TON/SAAT)

PO 1) = 19.5
 PO 2) = 30
 PO 3) = 21
 PO 4) = 32
 PO 5) = 33
 PO 6) = 34
 PO 7) = 35
 PO 8) = 36
 PO 9) = 37
 PO 10) = 37.25

KULIHO ENERGI BEDEL (TL/GUN)

PO 1) = 224901.5
 PO 2) = 229134.5
 PO 3) = 215457.2
 PO 4) = 204235.7
 PO 5) = 194201.5
 PO 6) = 185700.2
 PO 7) = 181609.1
 PO 8) = 178954.7
 PO 9) = 166041.5
 PO 10) = 144217.5

UMIHOJA DEBITNERE SOKE ENI IYO CALIHOJA KAPASITJE
 TERE = 27.25 TON/SAAT
 UMUKLA = 27.25 TON/SAAT
 DEBIT = 0 TON/SAAT

ENI KULIHO ENERGI BEDEL = 144217.5 TL/GUN

CEMENTO DE IRMENTI-2

GENELLIK URETIMI = 665 TON/SUN

KAPASITE (TON/SAAT)	GENELLIK ENERJİ BEDELİ (TL/SUN)
*****	*****
00 1)= 50.05	FG(1)= 976960.7
00 2)= 51	FG(2)= 986629.4
00 3)= 52	FG(3)= 988213.5
00 4)= 53	FG(4)= 989921
00 5)= 54	FG(5)= 925734.1
00 6)= 55	FG(6)= 910590.1
00 7)= 56	FG(7)= 890983.1
00 8)= 57	FG(8)= 870360.2
00 9)= 58	FG(9)= 855423.5
00 10)= 59	FG(10)= 827220.1
00 11)= 60	FG(11)= 809150.3
00 12)= 60.05	FG(12)= 802375.6

UNİTENİN GÖRÜMLERE GÖRE EN İYİ ÇALIŞMA KAPASİTESİ
 SEÇİLE = 60.05 TON/SAAT
 GÜNÜBÜ = 60.05 TON/SAAT
 FİYAT = 0 TON/SAAT

EN KÜÇÜK ENERJİ BEDELİ = 802375.6 TL/SUN

EK 13

FABRIKADAKI TUM ÜNİTELERİN OPTİMUM ÇALIŞMA PROGRAMINI
BULARAK AYLIK ENERJİ BEDELİNİ HESAPLAYAN BİLGİSAYAR
PROGRAMININ AKIŞ DİYAGRAMI

EK 14

FABRIKADAKI TUM UNİTELERİN OPTİMUM ÇALIŞMA PROGRAMINI
BULARAK AYLİK ENERJİ BEDELİNİ HESAPLAYAN BİLGİSAYAR
PROGRAM LİSTESİ


```

1500 F00(Z,1)=E00(Z,1)*F01(Z) ; E0(Z)=E0(Z)+E00(Z,1) ; F0(Z)=F0(Z)+F00(Z,1) ; G0(Z)=G0(Z)+G00(Z,1)
1510 E00(Z,1)=E00(Z,1)*F1 ; F00(Z,1)=E0(Z,1)*F1 ; G0(Z)=G0(Z)+G00(Z,1) ; F0(Z)=F0(Z)+F00(Z,1)
1520 PRINT #1 " "
1530 IF T10=1 GOTO 1580
1540 ON PR1(1) GOTO 1500,1550,1570
1550 PRINT #1 " "
1560 PRINT #1 " "
1570 PRINT #1 " "
1580 IF PR1(1)=4 GOTO 2000
1590 E00(Z)=E00(Z)+E00(Z,1) ; F00(Z)=F00(Z)+F00(Z,1) ; G0(Z)=G0(Z)+G00(Z,1) ; G00(Z,1)=G00(Z,1)
2000 E00(Z)=E00(Z)+E00(Z,1) ; F00(Z)=F00(Z)+F00(Z,1) ; G0(Z)=G0(Z)+G00(Z,1) ; G00(Z,1)=G00(Z,1)
2010 ON PR1(1) GOTO 2000,2050,2070,2090,2090,2090
2020 PRINT #1 " "
2030 PRINT #1 " "
2040 PRINT #1 " "
2050 PRINT #1 " "
2060 PRINT #1 " "
2070 PRINT #1 " "
2080 PRINT #1 " "
2090 PRINT #1 " "
2100 PRINT #1 " "
2110 PRINT #1 " "
2120 PRINT #1 " "
2130 PRINT #1 " "
2140 PRINT #1 " "
2150 PRINT #1 " "
2160 IF T10/2 GOTO 2160
2170 PRINT #1 " "
2180 PRINT #1 " "

```

EK 15

EK 9 DAKİ BİLGİSAYAR PROGRAMININ ESKİŞEHİR ÇİMENTO
FABRİKASI'NİN AĞUSTOS 1985 VERİLERİNE GÖRE ÇIKTISI

 İNCELENE ENERJİ ÜRETİMİ VE YAKIT ÜRETİMİ ÜNİTESİ İNCELEME RAPORU

 İNCELENE ENERJİ ÜRETİMİ ÜNİTESİ İNCELEME RAPORU

KARŞILIKLI AKTARIM İÇİN SONUÇLAR

ÜNİTENİN BEDE= 212.22 MW
 ÜNİTENİN KAPASİTESİ.....= 131.00 TON/SAAT
 ÜNİTENİN GİBUL ENERJİ TÜKETİMİ.....= 1.62 MWH/TON YAKIT

İNCELENE ENERJİ ÜRETİMİ ÜNİTESİNİN GÜNLÜK ÇALIŞMA PROGRAMI

İNCELENE ENERJİ ÜRETİMİ ÜNİTESİNİN GÜNLÜK ÇALIŞMA PROGRAMI	İNCELENE ENERJİ ÜRETİMİ ÜNİTESİNİN AYLIK ÇALIŞMA PROGRAMI
ÜNİTENİN BEDE PROGRAMI (GÜNLÜK)	ÜNİTENİN BEDE PROGRAMI (AYLIK)
ENERJİ TÜKETİMİ.= 1484.00 KWH	ENERJİ TÜKETİMİ.= 4624.00 KWH
ENERJİ BEDELİ...= 2968.00 TL	ENERJİ BEDELİ...= 518479.00 TL
GİBUL FİYAT.....= 32.20 TL/TON	
ÇALIŞMA SAATI...= 7.00 SAAT	
ÜRETİM.....= 917.20 TON	
ÜNİTENİN GÜNLÜK PROGRAMI (GÜNLÜK)	ÜNİTENİN GÜNLÜK PROGRAMI (AYLIK)
ENERJİ TÜKETİMİ.= 447.47 KWH	ENERJİ TÜKETİMİ.= 13671.44 KWH
ENERJİ BEDELİ...= 13089.72 TL	ENERJİ BEDELİ...= 411981.62 TL
GİBUL FİYAT.....= 46.00 TL/TON	
ÇALIŞMA SAATI...= 2.11 SAAT	
ÜRETİM.....= 1193.52 TON	

ÜNİTENİN GÜNLÜK PROGRAMI	ÜNİTENİN AYLIK PROGRAMI
ENERJİ TÜKETİMİ.= 1931.47 KWH/GÜN	59875.44 KWH/AY
ENERJİ BEDELİ...= 42621.52 TL/GÜN	1327461.22 TL/AY
ÇALIŞMA SAATI...= 9.11 SAAT/GÜN	282.43 SAAT/AY
ÜRETİM.....= 1193.52 TON/GÜN	36896.52 TON/AY

../.

MINIMUM NOKTA İÇİN BİMLER

UNİTENİN ELEKTRİK.....= 162.82 KW
 UNİTENİN KAPASİTESİ.....= 131.00 TON/SARF
 UNİTENİN BİMLER ENERJİ TALEPİ.....= 1.22 KWH/TON HAYVADE

İNDEKLENEN UNİTENİN OPTİMLİK ÇALIŞMA PROGRAMI

UNİTENİN BİMLER PROGRAMI (GÜNLÜK)	UNİTENİN BİMLER PROGRAMI (AYLIK)
ENERJİ TALEPİ.....= 1122.82 KWH	ENERJİ TALEPİ.....= 34722.82 KWH
ENERJİ BEDELLİ.....= 2222.00 TL	ENERJİ BEDELLİ.....= 69222.22 TL
BİMLER FİYAT.....= 24.31 TL/TON	
ÇALIŞMA SARTI.....= 7.00 SART	
LAZİM.....= 917.00 TON	
UNİTENİN BİMLER PROGRAMI (GÜNLÜK)	UNİTENİN BİMLER PROGRAMI (AYLIK)
ENERJİ TALEPİ.....= 337.71 KWH	ENERJİ TALEPİ.....= 10469.81 KWH
ENERJİ BEDELLİ.....= 1222.95 TL	ENERJİ BEDELLİ.....= 30222.52 TL
BİMLER FİYAT.....= 36.27 TL/TON	
ÇALIŞMA SARTI.....= 1.11 SART	
LAZİM.....= 270.82 TON	

UNİTENİN GÜNLÜK PROGRAMI	UNİTENİN AYLIK PROGRAMI
ENERJİ TALEPİ.....= 1437.71 KWH/GÜN	45269.81 KWH/AY
ENERJİ BEDELLİ.....= 322.7.95 TL/GÜN	122222.22 TL/AY
ÇALIŞMA SARTI.....= 9.11 SART/GÜN	222.43 SART/AY
LAZİM.....= 1122.82 TON/GÜN	30222.52 TON/AY

.../.

DATUMAYA NIKWA IDIA BONDOLAR

UNITENAN BEDI= 100.00 KW
 UNITENAN KAPASITASI.....= 10.00 TON/SABAT
 UNITENAN BEDI ENERGI TURKINIMI.....= 10000 KWH/TON KAPASITE

INDEKSAN UNITENAN ETIRKLY ORLESMY PRABRAMI

 UNITENAN BEDI PRABRAMI (BELUKU)

 ENERGI TURKINIMI.= 1000.00 KWH
 ENERGI BEDELI...= 20000.00 TL
 BEDI FIYAT.....= 20.00 TON/TON
 KAPASITE BRATI...= 10.00 BRAT
 KRETYM.....= 100.00 TON

 UNITENAN BEDI PRABRAMI (AYLIK)

 ENERGI TURKINIMI.= 40000.00 KWH
 ENERGI BEDELI...= 80000.00 TL

 UNITENAN BEDI PRABRAMI (BONLUK)

 ENERGI TURKINIMI.= 1000.00 KWH
 ENERGI BEDELI...= 20000.00 TL
 BEDI FIYAT.....= 20.00 TON/TON
 KAPASITE BRATI...= 10.00 BRAT
 KRETYM.....= 100.00 TON

 UNITENAN BEDI PRABRAMI (AYLIK)

 ENERGI TURKINIMI.= 40000.00 KWH
 ENERGI BEDELI...= 80000.00 TL

UNITENAN BUNLUK PRABRAMI

UNITENAN AYLIK PRABRAMI

 ENERGI TURKINIMI.= 1000.00 KWH/BUN
 ENERGI BEDELI...= 20000.00 TL/BUN
 BEDI FIYAT.....= 20.00 BRAT/BUN
 KRETYM.....= 100.00 TON/BUN

 ENERGI TURKINIMI.= 40000.00 KWH/AY
 ENERGI BEDELI...= 80000.00 TL/AY
 BEDI FIYAT.....= 20.00 BRAT/AY
 KRETYM.....= 10000.00 TON/AY

İNDELENEN UNİTE: ÇAMUR DEĞİRMENİ

YARISIKLY AKYTA İCİN BULANLRY

UNİTENİN BÜLME.....= 1048.80 KW
 UNİTENİN KAPALY TEDE.....= 42.00 TON/SAYT
 UNİTENİN BÜLME ENERJİ TÜKETİMYİ.....= 20.55 KW/TON HA-KYADE

İNDELENEN UNİTENİN OPTİMAL DALİSİRA PROGRAMY

UNİTENİN BEDE PROGRAMY (BULANLRY)

 ENERJİ TÜKETİMYİ.= 7054.70 KW
 ENERJİ BEDELİ...= 48500.62 TL
 BÜLME FİYATY.....= 476.60 TL/TON
 DALİSİRA SARTY...= 7.02 SART
 ÜRETİMY.....= 324.52 TON

UNİTENİN BULANLRY PROGRAMY (BULANLRY)

 ENERJİ TÜKETİMYİ.= 11654.21 KW
 ENERJİ BEDELİ...= 82258.10 TL
 BÜLME FİYATY.....= 711.42 TL/TON
 DALİSİRA SARTY...= 11.42 SART
 ÜRETİMY.....= 452.78 TON

UNİTENİN BEDE PROGRAMY (AYLRY)

 ENERJİ TÜKETİMYİ.= 137127.20 KW
 ENERJİ BEDELİ...= 272222.72 TL

UNİTENİN BULANLRY PROGRAMY (AYLRY)

 ENERJİ TÜKETİMYİ.= 222222.42 KW
 ENERJİ BEDELİ...= 622222.42 TL

UNİTENİN BULANLRY PROGRAMY UNİTENİN AYLRY PROGRAMY
 ***** *****
 ENERJİ TÜKETİMYİ.= 19122.21 KW/BULME 32222.22 KW/AY
 ENERJİ BEDELİ...= 45722.72 TL/BULME 52222.22 TL/AY
 DALİSİRA SARTY...= 8.42 SART/BULME 315.22 SART/AY
 ÜRETİMY.....= 622.22 TON/BULME 5242.76 TON/AY

.. / .

 KONTAK NITRO DOK BENDULAF

UNTEMAN IZOL.....= 817.80 Kw
 UNTEMAN APPRETESI.....= 43.58 TON/BAW
 UNTEMAN DIESEL ENERGY TUNEMAN.....= 81.98 KWH/TON KAKI BISI

INJELANG UNTEMAN OPTIKUM CALIEM PRABAWI

UNTEMAN BESI PRABAWI KALIJAN	UNTEMAN BESI PRABAWI KALIJAN
ENERGI TUNEMAN.....= 6415.20 Kw	ENERGI TUNEMAN.....= 12837.60 Kw
ENERGI BEBELI.....= 127766.12 TL	ENERGI BEBELI.....= 254432.24 TL
DIESEL FIAT.....= 415.58 TL/TON	
CALIEM BAWI.....= 7.00 BAWI	
URETIM.....= 324.59 TON	
UNTEMAN BUNGLI PRABAWI KALIJAN	UNTEMAN BUNGLI PRABAWI KALIJAN
ENERGI TUNEMAN.....= 16445.58 Kw	ENERGI TUNEMAN.....= 32891.16 Kw
ENERGI BEBELI.....= 328252.78 TL	ENERGI BEBELI.....= 656505.56 TL
DIESEL FIAT.....= 626.25 TL/TON	
CALIEM BAWI.....= 11.42 BAWI	
URETIM.....= 455.72 TON	

UNTEMAN BUNGLI PRABAWI	UNTEMAN PALIH PRABAWI
ENERGI TUNEMAN.....= 16888.58 Kw/BLN	31718.48 Kw/BA
ENERGI BEBELI.....= 488950.80 TL/BLN	622212.48 TL/BA
CALIEM BAWI.....= 18.42 BAWI/BLN	345.61 BAWI/BA
URETIM.....= 822.22 TON/BLN	15243.78 TON/BA

..!.

DATA RENCANA NERACA ENERGI

KAPASITAS PLANT = 575,52 MW
 KAPASITAS PASANG TERDIRI = 42,52 TON/TAHUN
 KAPASITAS PASANG TERDIRI = 22,52 MW/TAHUN KAPASITAS

ANALISIS KAPASITAS PASANG TERDIRI

KAPASITAS PASANG TERDIRI (KAPASITAS)		KAPASITAS PASANG TERDIRI (KAPASITAS)	
ENERGI TERDIRI.....	666,52 MW	ENERGI TERDIRI.....	12222,22 MW
ENERGI TERDIRI.....	12222,22 TON	ENERGI TERDIRI.....	666,52 TON
ENERGI TERDIRI.....	42,52 TON/TAHUN	ENERGI TERDIRI.....	22,52 TON/TAHUN
ENERGI TERDIRI.....	7,22 MW	ENERGI TERDIRI.....	7,22 MW
ENERGI TERDIRI.....	22,52 TON	ENERGI TERDIRI.....	22,52 TON

KAPASITAS PASANG TERDIRI (KAPASITAS)		KAPASITAS PASANG TERDIRI (KAPASITAS)	
ENERGI TERDIRI.....	12222,22 MW	ENERGI TERDIRI.....	666,52 MW
ENERGI TERDIRI.....	666,52 TON	ENERGI TERDIRI.....	12222,22 TON
ENERGI TERDIRI.....	42,52 TON/TAHUN	ENERGI TERDIRI.....	22,52 TON/TAHUN
ENERGI TERDIRI.....	7,22 MW	ENERGI TERDIRI.....	7,22 MW
ENERGI TERDIRI.....	22,52 TON	ENERGI TERDIRI.....	22,52 TON

ANALISIS UNITAS: FARM DEGRUMEN I

WAKTU DAN NAMA ION BUNJOLAN

UNITAS BESI = 2257,00 kg
 UNITAS KAPASITAS = 125,00 TON/HR
 UNITAS DIBELI ENERGI TURBINA = 22,25 KW/TON HAYKAS

ANALISIS UNITAS: BAKULAN CALIBRA PROGRAM

UNITAS BESI PROGRAM KALIBRA	UNITAS BESI PROGRAM KALIBRA
ENERGI TURBINA = 14525,00 KW	ENERGI TURBINA = 45225,00 KW
ENERGI BEBELAN = 55015,00 TL	ENERGI BEBELAN = 50225,00 TL
DIBELI FAKS = 425,25 TL/TON	
CALIBRA BAKULAN = 7,20 BAKUL	
URESI = 721,20 TON	
UNITAS BUNJOLAN PROGRAM KALIBRA	UNITAS BUNJOLAN PROGRAM KALIBRA
ENERGI TURBINA = 5225,00 KW	ENERGI TURBINA = 15225,00 KW
ENERGI BEBELAN = 15225,00 TL	ENERGI BEBELAN = 45225,00 TL
DIBELI FAKS = 521,75 TL/TON	
CALIBRA BAKULAN = 2,44 BAKUL	
URESI = 251,25 TON	

UNITAS BAKULAN PROGRAM	UNITAS BAKULAN PROGRAM
ENERGI TURBINA = 15225,00 KW/HR	521,75 KW/HR
ENERGI BEBELAN = 44225,00 TL/HR	15225,00 TL/HR
CALIBRA BAKULAN = 5,44 BAKUL/HR	251,25 BAKUL/HR
URESI = 571,25 TON/HR	251,25 TON/HR

.. / .

MINIMUM NETTA İCRA SONUÇLAR

UNİTENİN GÜCÜ = 2262.00 KW
 UNİTENİN KAPASİTESİ..... = 123.00 TON/SAAT
 UNİTENİN ÖZEL ENERJİ TÜKETİMİ..... = 22.00 KWH/TON FAKKADJE

İNCELENEN UNİTENİN GÜTLÜK DALİŞMA PROGRAMI

UNİTENİN BEDE PROGRAMI (GÜNLÜK)	UNİTENİN BEDE PROGRAMI (AYLIK)
ENERJİ TÜKETİMİ... = 14422.00 KWH	ENERJİ TÜKETİMİ... = 447022.00 KWH
ENERJİ BEDELİ... = 266930.00 TL	ENERJİ BEDELİ... = 889590.00 TL
DİSEL FİYAT..... = 390.00 TL/TON	
DALİŞMA SAATI... = 7.00 SAAT	
ÜRETİM..... = 721.00 TON	
UNİTENİN GÜNLÜK PROGRAMI (GÜNLÜK)	UNİTENİN GÜNLÜK PROGRAMI (AYLIK)
ENERJİ TÜKETİMİ... = 5027.00 KWH	ENERJİ TÜKETİMİ... = 155857.00 KWH
ENERJİ BEDELİ... = 149321.00 TL	ENERJİ BEDELİ... = 466636.00 TL
DİSEL FİYAT..... = 554.00 TL/TON	
DALİŞMA SAATI... = 2.44 SAAT	
ÜRETİM..... = 251.35 TON	

UNİTENİN GÜNLÜK PROGRAMI	UNİTENİN AYLIK PROGRAMI
ENERJİ TÜKETİMİ... = 19447.00 KWH/BUN	602857.00 KWH/AY
ENERJİ BEDELİ... = 406259.00 TL/BUN	1252422.00 TL/AY
DALİŞMA SAATI... = 9.44 SAAT/BUN	292.65 SAAT/AY
ÜRETİM..... = 572.35 TON/BUN	32142.65 TON/AY

.../.

DAFTAR PERUSAHA KOTA SOGA BOJOLING

UNITENGA TUBAN..... 2002,32 MW
 UNITENGA KARANGREJO..... 20.000 TON/HRAT
 UNITENGA DALLI DENERO TURETAN..... 22.13 MW/HRAT/SPKALDE

DAFTAR UNITENGA OPTIMUM GRUBUK PASIRAN

UNITENGA NEGE	WAKTU	WAKTU	UNITENGA SURE	WAKTU	WAKTU
ENERGI TURETAN...	2002,32 MW		ENERGI TURETAN...	2002,32 MW	
ENERGI BEDELI...	2002,32 MW		ENERGI BEDELI...	2002,32 MW	
DAFTAR FINAT.....	2002,32 MW		DAFTAR FINAT.....	2002,32 MW	
DAFTAR SPATI...	2002,32 MW		DAFTAR SPATI...	2002,32 MW	
DAFTAR.....	2002,32 MW		DAFTAR.....	2002,32 MW	

UNITENGA SUNDA PASIRAN	UNITENGA AYAH PASIRAN
ENERGI TURETAN...	ENERGI TURETAN...
ENERGI BEDELI...	ENERGI BEDELI...
DAFTAR SPATI...	DAFTAR SPATI...
DAFTAR.....	DAFTAR.....

UNDIENEN UNTERBODNER FRIN-1

KRETIKA NOKTA DIA SEKOLAH

UNTENK BEDI 888.88 KW
 UNTENK KAPRITIBED 25.52 TON/BRAT
 UNTENK BEDI ENERGI KRETIKA 11.98 KW/TON KAPRITIBED

UNDIENK UNTERBODNER KALORAN PROBRAN

 UNTENK BEDI

 ENERGI KRETIKA KW
 ENERGI BEDI TL
 BEDI FIYAT TL/TON
 KALORAN BRAT BRAT
 KRETIKA TON

 UNTENK BEDI

 ENERGI KRETIKA KW
 ENERGI BEDI TL

UNTENK BEDI

 ENERGI KRETIKA KW
 ENERGI BEDI TL
 BEDI FIYAT TL/TON
 KALORAN BRAT BRAT
 KRETIKA TON

UNTENK BEDI

 ENERGI KRETIKA KW
 ENERGI BEDI TL

UNTENK BEDI

 ENERGI KRETIKA KW
 ENERGI BEDI TL
 BEDI FIYAT TL/TON
 KALORAN BRAT BRAT
 KRETIKA TON

UNTENK BEDI

 ENERGI KRETIKA KW
 ENERGI BEDI TL

UNTENK BEDI

 ENERGI KRETIKA KW
 ENERGI BEDI TL
 KALORAN BRAT BRAT
 KRETIKA TON

UNTENK BEDI

 ENERGI KRETIKA KW
 ENERGI BEDI TL
 KALORAN BRAT BRAT
 KRETIKA TON

.../.

 KUNCIK KANTOR BINA BANGUNAN

ENERGI BUKU 28.00 kw
 ENERGI KAPASITASI 20.00 TENYAKA
 ENERGI BUKU ENERGI KANTOR 1000 KANTOR - 1000 kw

INDUKSI SISTEM ENERGI KANTOR BINA BANGUNAN

UNITS ENERGI BUKU KANTOR (KANTOR)	UNITS ENERGI BUKU KANTOR (KANTOR)
ENERGI KANTOR..... 1847.77 kw	ENERGI KANTOR..... 24347.00 kw
ENERGI BUKU..... 1847.77 TL	ENERGI BUKU..... 24347.00 TL
BIAYA PAKET..... 1847.77 TL/TON	
BIAYA BUKU..... 1847.77 kw	
BIAYA..... 1847.77 TON	
UNITS ENERGI BUKU KANTOR (KANTOR)	UNITS ENERGI BUKU KANTOR (KANTOR)
ENERGI KANTOR..... 2182.77 kw	ENERGI KANTOR..... 20881.00 kw
ENERGI BUKU..... 2182.77 TL	ENERGI BUKU..... 1746784.77 TL
BIAYA PAKET..... 2182.77 TL/TON	
BIAYA BUKU..... 2182.77 kw	
BIAYA..... 2182.77 TON	
UNITS ENERGI BUKU KANTOR (KANTOR)	UNITS ENERGI BUKU KANTOR (KANTOR)
ENERGI KANTOR..... 1825.77 kw	ENERGI KANTOR..... 24347.00 kw
ENERGI BUKU..... 1825.77 TL	ENERGI BUKU..... 1688894.77 TL
BIAYA PAKET..... 1825.77 TL/TON	
BIAYA BUKU..... 1825.77 kw	
BIAYA..... 1825.77 TON	

UNITS ENERGI BUKU KANTOR

UNITS ENERGI BUKU KANTOR

ENERGI KANTOR..... 1825.77 kw	107781.77 kw/kw
ENERGI BUKU..... 1825.77 TL	24347.00 TL/kw
BIAYA PAKET..... 1825.77 TL/TON	1847.77 kw/kw
BIAYA BUKU..... 1825.77 kw	1847.77 TL/kw

DATALARA NOKTA İÇİN SONUÇLAR

UNİTENİN BÜYÜK= 254.58 KW
 UNİTENİN KAPASİTESİ.....= 23.58 TON/SAAAT
 UNİTENİN GİBUL ENERJİ TÜKETİMİ.....= 11.26 KWH/TON HAKKARDE

İNCELENEN UNİTENİN GÜNLÜK ÇALIŞMA PROGRAMI

UNİTENİN BÜYÜK PROGRAMI (GÜNLÜK)	UNİTENİN BÜYÜK PROGRAMI (AYLIK)
ENERJİ TÜKETİMİ...= 1651.98 KWH	ENERJİ TÜKETİMİ...= 34526.22 KWH
ENERJİ BEDELİ...= 36844.65 TL	ENERJİ BEDELİ...= 692662.10 TL
GİBUL FİYATI.....= 223.98 TL/TON	
DALİSMA SAATI...= 7.20 SAAT	
LRETEM.....= 184.52 TON	
UNİTENİN BÜYÜK PROGRAMI (AYLIK)	UNİTENİN BÜYÜK PROGRAMI (AYLIK)
ENERJİ TÜKETİMİ...= 3174.22 KWH	ENERJİ TÜKETİMİ...= 59671.22 KWH
ENERJİ BEDELİ...= 94267.61 TL	ENERJİ BEDELİ...= 1772225.24 TL
GİBUL FİYATI.....= 334.20 TL/TON	
DALİSMA SAATI...= 12.20 SAAT	
LRETEM.....= 222.20 TON	
UNİTENİN ALYANT PROGRAMI (GÜNLÜK)	UNİTENİN ALYANT PROGRAMI (AYLIK)
ENERJİ TÜKETİMİ...= 1222.52 KWH	ENERJİ TÜKETİMİ...= 24622.22 KWH
ENERJİ BEDELİ...= 34222.52 TL	ENERJİ BEDELİ...= 1019222.22 TL
GİBUL FİYATI.....= 421.47 TL/TON	
DALİSMA SAATI...= 5.20 SAAT	
LRETEM.....= 117.52 TON	

UNİTENİN BÜYÜK PROGRAMI	UNİTENİN AYLIK PROGRAMI
ENERJİ TÜKETİMİ...= 6348.22 KWH/BUN	119342.42 KWH/AY
ENERJİ BEDELİ...= 165225.22 TL/BUN	2464221.22 TL/AY
DALİSMA SAATI...= 24.22 SAAT/BUN	451.22 SAAT/AY
LRETEM.....= 564.22 TON/BUN	12622.22 TON/AY

İNCELENEN ÜNİTE: DÖNER FIRIN-2

ÜNİTENİN BEDE= 205.72 K\$
 ÜNİTENİN KAPASİTESİ.....= 25.00 TON/SAAT
 ÜNİTENİN ÖZGÜ ENERJİ TÜKETİMİ.....= 32.42 KWH/TON FAYDA

İNCELENE ÜNİTENİN OPTİMUM ÇALIŞMA PROGRAMI

ÜNİTENİN BEDE PROGRAMI (GÜNLÜK)	ÜNİTENİN BEDE PROGRAMI (AYLIK)
ENERJİ TÜKETİMİ.= 6702.20 KWH	ENERJİ TÜKETİMİ.= 206961.70 KWH
ENERJİ BEDEĞİ...= 134503.00 TL	ENERJİ BEDEĞİ...= 3719340.20 TL
ÖZGÜ FİYAT.....= 645.28 TL/TON	
ÇALIŞMA SARTI...= 7.00 SAAT	
ÜRETİM.....= 210.00 TON	
ÜNİTENİN ÖZGÜ KAPASİTESİ (GÜNLÜK)	ÜNİTENİN ÖZGÜ KAPASİTESİ (AYLIK)
ENERJİ TÜKETİMİ.= 11592.20 KWH	ENERJİ TÜKETİMİ.= 320422.90 KWH
ENERJİ BEDEĞİ...= 244202.40 TL	ENERJİ BEDEĞİ...= 5515965.20 TL
ÖZGÜ FİYAT.....= 960.70 TL/TON	
ÇALIŞMA SARTI...= 12.00 SAAT	
ÜRETİM.....= 357.00 TON	
ÜNİTENİN ÖZGÜ KAPASİTESİ (AYLIK)	ÜNİTENİN ÖZGÜ KAPASİTESİ (AYLIK)
ENERJİ TÜKETİMİ.= 4207.00 KWH	ENERJİ TÜKETİMİ.= 116258.30 KWH
ENERJİ BEDEĞİ...= 172512.00 TL	ENERJİ BEDEĞİ...= 4762220.00 TL
ÖZGÜ FİYAT.....= 1529.40 TL/TON	
ÇALIŞMA SARTI...= 4.00 SAAT	
ÜRETİM.....= 120.00 TON	

ÜNİTENİN GÜNLÜK PROGRAMI	ÜNİTENİN AYLIK PROGRAMI
ENERJİ TÜKETİMİ.= 20501.00 KWH/GÜN	605020.00 KWH/AY
ENERJİ BEDEĞİ...= 651350.00 TL/GÜN	1922540.00 TL/AY
ÇALIŞMA SARTI...= 23.30 SAAT/GÜN	645.55 SAAT/AY
ÜRETİM.....= 650.00 TON/GÜN	15237.40 TON/AY

.. / .

INDUKSIINEN UNITE: CEMENTO DEGIEMENI

INDUKSIINEN UNITENIN OYTIKON DALISKA PROGRAMI

- 1. UNITENIN ENERGI.....= 1192.22 kW
- 2. UNITENIN ENERGI.....= 2191.22 kW
- 3. UNITENIN KAPASITEESI.....= 27.85 TON/SAAT
- 4. UNITENIN KAPASITEESI.....= 63.25 TON/SAAT
- 5. UNITENIN OIBELL ENERGI TUHETIYKI...= 42.93 KWH/TON OIBEMO
- 6. UNITENIN OIBELL ENERGI TUHETIYKI...= 38.49 KWH/TON OIBEMO

KÄRÄYKÄN KOKO DEIK EDCALCUL

8. UNITENIN BEDE PROGRAMI (KALUKKI)

 ENERGI TUHETIYKI...= 19807.22 kW
 ENERGI BEDELLIYKI...= 388270.22 TL
 OIBELL FIYAT.....= 716.46 TON/TON
 DALISKA SAATI...= 7.12 SAAT
 KRETIYKI.....= 468.38 TON

12. UNITENIN BEDE PROGRAMI (AYLIK)

 ENERGI TUHETIYKI...= 478447.22 kW
 ENERGI BEDELLIYKI...= 948195.22 TL

9. UNITENIN BEDE PROGRAMI (KALUKKI)

 ENERGI TUHETIYKI...= 7462.22 kW
 ENERGI BEDELLIYKI...= 158627.22 TL
 OIBELL FIYAT.....= 214.56 TON/TON
 DALISKA SAATI...= 7.12 SAAT
 KRETIYKI.....= 114.85 TON

11. UNITENIN BEDE PROGRAMI (AYLIK)

 ENERGI TUHETIYKI...= 147866.22 kW
 ENERGI BEDELLIYKI...= 292266.22 TL

10. UNITENIN ENERJIZ PROGRAMI (KALUKKI)

 ENERGI TUHETIYKI...= 17816.22 kW
 ENERGI BEDELLIYKI...= 356270.22 TL
 OIBELL FIYAT.....= 166.54 TON/TON
 DALISKA SAATI...= 7.12 SAAT
 KRETIYKI.....= 468.38 TON

13. UNITENIN ENERJIZ PROGRAMI (AYLIK)

 ENERGI TUHETIYKI...= 527419.22 kW
 ENERGI BEDELLIYKI...= 1056437.22 TL

BULUKK PROGRAMI

1. UNITENIN PROGRAMI

 ENERGI TUHETIYKI...= 7982.22 kW/TON
 ENERGI BEDELLIYKI...= 158627.22 TL/TON
 DALISKA SAATI...= 7.12 SAAT/TON
 KRETIYKI.....= 154.85 TON/TON

2. UNITENIN PROGRAMI

 ENERGI TUHETIYKI...= 32824.84 kW/TON
 ENERGI BEDELLIYKI...= 656496.68 TL/TON
 DALISKA SAATI...= 21.77 SAAT/TON
 KRETIYKI.....= 658.65 TON/TON

3. UNITENIN PROGRAMI

 ENERGI TUHETIYKI...= 42822.85 kW/TON
 ENERGI BEDELLIYKI...= 856453.70 TL/TON
 DALISKA SAATI...= 21.77 SAAT/TON
 KRETIYKI.....= 658.65 TON/TON

AYLIK PROGRAMI

1. UNITENIN PROGRAMI

 ENERGI TUHETIYKI...= 217822.22 kW/AY
 ENERGI BEDELLIYKI...= 4356544.44 TL/AY
 DALISKA SAATI...= 217.72 SAAT/AY
 KRETIYKI.....= 6586.50 TON/AY

2. UNITENIN PROGRAMI

 ENERGI TUHETIYKI...= 1128272.22 kW/AY
 ENERGI BEDELLIYKI...= 22565444.44 TL/AY
 DALISKA SAATI...= 1127.72 SAAT/AY
 KRETIYKI.....= 32932.50 TON/AY

3. UNITENIN PROGRAMI

 ENERGI TUHETIYKI...= 1228222.22 kW/AY
 ENERGI BEDELLIYKI...= 24565444.44 TL/AY
 DALISKA SAATI...= 1177.72 SAAT/AY
 KRETIYKI.....= 35866.50 TON/AY

MINİMYUM KÜÇÜK İÇİN SONUÇLAR

- I. ÜNİTENİN BEDE.....= 1800.00 Kw
- II. ÜNİTENİN BİREZ.....= 2188.00 Kw
- I. ÜNİTENİN KAPASİTESİ.....= 09.05 TON/SAAT
- II. ÜNİTENİN KAPASİTESİ.....= 08.05 TON/SAAT
- I. ÜNİTENİN GÜÇLÜ ENERJİ TÜKETİMİ...= 06.08 KWH/TON CİMENTO
- II. ÜNİTENİN GÜÇLÜ ENERJİ TÜKETİMİ...= 08.09 KWH/TON CİMENTO

İNCELENEN ÜNİTENİN OPTİKUM ÇALIŞMA PROGRAMI

```

I. ÜNİTENİN BEDE PROGRAMI (KÜÇÜK)
*****
ENERJİ TÜKETİMİ...= 1800.00 Kw
ENERJİ BEDELİ...= 080000.00 TL
GÜÇLÜ FİYAT.....= 7.74 TL/TON
ÇALIŞMA SARTI...= 7.00 SAAT
SARTI.....= 400.00 TON

II. ÜNİTENİN BEDE PROGRAMI (KÜÇÜK)
*****
ENERJİ TÜKETİMİ...= 2188.00 Kw
ENERJİ BEDELİ...= 100000.00 TL
GÜÇLÜ FİYAT.....= 7.00 TL/TON
ÇALIŞMA SARTI...= 7.00 SAAT
SARTI.....= 390.00 TON

III. ÜNİTENİN GÜÇLÜ PROGRAMI (KÜÇÜK)
*****
ENERJİ TÜKETİMİ...= 1670.00 Kw
ENERJİ BEDELİ...= 40000.00 TL
GÜÇLÜ FİYAT.....= 7.00 TL/TON
ÇALIŞMA SARTI...= 7.00 SAAT
SARTI.....= 240.00 TON
    
```

```

II. ÜNİTENİN BEDE PROGRAMI (KÜÇÜK)
*****
ENERJİ TÜKETİMİ...= 48785.00 Kw
ENERJİ BEDELİ...= 500000.00 TL

III. ÜNİTENİN BEDE PROGRAMI (KÜÇÜK)
*****
ENERJİ TÜKETİMİ...= 20120.00 Kw
ENERJİ BEDELİ...= 400000.00 TL

IV. ÜNİTENİN GÜÇLÜ PROGRAMI (KÜÇÜK)
*****
ENERJİ TÜKETİMİ...= 51875.00 Kw
ENERJİ BEDELİ...= 1500000.00 TL
    
```

BUNLARI İZLEYİN

```

I. ÜNİTENİN PROGRAMI
*****
ENERJİ TÜKETİMİ...= 7140.00 Kw/TON
ENERJİ BEDELİ...= 140000.00 TL/TON
ÇALIŞMA SARTI...= 7.00 SAAT/TON
SARTI.....= 100.00 TON
    
```

```

II. ÜNİTENİN PROGRAMI
*****
ENERJİ TÜKETİMİ...= 8100.00 Kw/TON
ENERJİ BEDELİ...= 100000.00 TL/TON
ÇALIŞMA SARTI...= 7.00 SAAT/TON
SARTI.....= 100.00 TON
    
```

```

III. ÜNİTENİN PROGRAMI
*****
ENERJİ TÜKETİMİ...= 3655.00 Kw/TON
ENERJİ BEDELİ...= 50000.00 TL/TON
ÇALIŞMA SARTI...= 11.77 SAAT/TON
SARTI.....= 100.00 TON
    
```

AYLIK PROGRAMI

```

I. ÜNİTENİN PROGRAMI
*****
ENERJİ TÜKETİMİ...= 20120.00 Kw/AY
ENERJİ BEDELİ...= 400000.00 TL/AY
ÇALIŞMA SARTI...= 500.00 SAAT/AY
SARTI.....= 2000.00 TON/AY
    
```

```

II. ÜNİTENİN PROGRAMI
*****
ENERJİ TÜKETİMİ...= 20120.00 Kw/AY
ENERJİ BEDELİ...= 400000.00 TL/AY
ÇALIŞMA SARTI...= 500.00 SAAT/AY
SARTI.....= 2000.00 TON/AY
    
```

```

III. ÜNİTENİN PROGRAMI
*****
ENERJİ TÜKETİMİ...= 20120.00 Kw/AY
ENERJİ BEDELİ...= 400000.00 TL/AY
ÇALIŞMA SARTI...= 500.00 SAAT/AY
SARTI.....= 2000.00 TON/AY
    
```

PERALAN NORTH DIN SAKALAN

- I. UNITENIN BULUN..... = 1266.00 kw
- II. UNITENIN BULUN..... = 2173.00 kw
- I. UNITENIN KAPASITASI..... = 27.65 TON/SARAF
- II. UNITENIN KAPASITASI..... = 60.05 TON/SARAF
- I. UNITENIN UZUN ENERJİ TÜKETİMİ... = 38.79 kw/TON DİRENTE
- II. UNITENIN UZUN ENERJİ TÜKETİMİ... = 36.15 kw/TON DİRENTE

İNDELEME ÜNİTENİN DİRENTE DALİME PROGRAMI

<p>1. UNITENİN BEDE PROGRAMI (BÜNLÜK)</p> <p>*****</p> <p>ENERJİ TÜKETİMİ... = 15211.00 kw</p> <p>ENERJİ BEDELİ... = 526590.00 TL</p> <p>UZUN FİYAT..... = 720.11 TL/TON</p> <p>DALİME SARTI... = 7.00 SARF</p> <p>ÜRETİM..... = 422.00 TON</p>	<p>12. UNITENİN BEDE PROGRAMI (AYLIK)</p> <p>*****</p> <p>ENERJİ TÜKETİMİ... = 471541.00 kw</p> <p>ENERJİ BEDELİ... = 9382666.00 TL</p>
<p>II. UNITENİN BEDE PROGRAMI (BÜNLÜK)</p> <p>*****</p> <p>ENERJİ TÜKETİMİ... = 7504.22 kw</p> <p>ENERJİ BEDELİ... = 156444.00 TL</p> <p>UZUN FİYAT..... = 771.71 TL/TON</p> <p>DALİME SARTI... = 7.00 SARF</p> <p>ÜRETİM..... = 194.00 TON</p>	<p>11. UNITENİN BEDE PROGRAMI (AYLIK)</p> <p>*****</p> <p>ENERJİ TÜKETİMİ... = 124368.00 kw</p> <p>ENERJİ BEDELİ... = 4603764.00 TL</p>
<p>III. UNITENİN BULUN PROGRAMI (BÜNLÜK)</p> <p>*****</p> <p>ENERJİ TÜKETİMİ... = 16070.77 kw</p> <p>ENERJİ BEDELİ... = 581001.00 TL</p> <p>UZUN FİYAT..... = 1174.74 TL/TON</p> <p>DALİME SARTI... = 7.77 SARF</p> <p>ÜRETİM..... = 466.00 TON</p>	<p>12. UNITENİN BULUN PROGRAMI (AYLIK)</p> <p>*****</p> <p>ENERJİ TÜKETİMİ... = 503006.00 kw</p> <p>ENERJİ BEDELİ... = 13800000.00 TL</p>

BÜNLÜK PROGRAM

I. UNITENİN PROGRAMI	II. UNITENİN PROGRAMI	III. UNITENİN PROGRAMI
*****	*****	*****
ENERJİ TÜKETİMİ... = 7504.22 kw/BUN	32084.77 kw/BUN	55844.77 kw/BUN
ENERJİ BEDELİ... = 156444.00 TL/BUN	623645.00 TL/BUN	584550.00 TL/BUN
DALİME SARTI... = 7.00 SARF/BUN	14.77 SARF/BUN	21.77 SARF/BUN
ÜRETİM..... = 194.00 TON/BUN	666.00 TON/BUN	1266.00 TON/BUN

AYLIK PROGRAM

I. UNITENİN PROGRAMI	II. UNITENİN PROGRAMI	III. UNITENİN PROGRAMI
*****	*****	*****
ENERJİ TÜKETİMİ... = 204000.00 kw/AY	594627.00 kw/AY	1206500.00 kw/AY
ENERJİ BEDELİ... = 4603764.00 TL/AY	24910000.00 TL/AY	29500000.00 TL/AY
DALİME SARTI... = 217.00 SARF/AY	437.70 SARF/AY	674.70 SARF/AY
ÜRETİM..... = 6340.00 TON/AY	27400.15 TON/AY	38000.00 TON/AY

İNCELENEN UNİTE: KÖMÜR DEĞİRMENİ

UNİTENİN GÜCÜ= 809,47 kW

İNCELENEN UNİTENİN OPTİMLİK ÇALIŞMA PROGRAMI

UNİTENİN BEDE PROGRAMI (GÜNLÜK)	UNİTENİN BEDE PROGRAMI (AYLIK)
ENERJİ TÜKETİMİ.= 3716,29 kWh	ENERJİ TÜKETİMİ.= 114895,88 kWh
ENERJİ BEDELİ...= 73795,17 TL	ENERJİ BEDELİ...= 2288410,88 TL
ORJENEL FİYAT.....= 257,73 TL/TON	
ÇALIŞMA SARTI...= 7,68 SAAT	
UNİTENİN GÜNLÜK PROGRAMI (GÜNLÜK)	UNİTENİN GÜNLÜK PROGRAMI (AYLIK)
ENERJİ TÜKETİMİ.= 5847,71 kWh	ENERJİ TÜKETİMİ.= 184589,88 kWh
ENERJİ BEDELİ...= 157839,28 TL	ENERJİ BEDELİ...= 4888828,88 TL
ORJENEL FİYAT.....= 364,65 TL/TON	
ÇALIŞMA SARTI...= 12,22 SAAT	

UNİTENİN GÜNLÜK PROGRAMI	UNİTENİN AYLIK PROGRAMI
ENERJİ TÜKETİMİ.= 9814,88 kWh/GÜN	279434,88 kWh/AY
ENERJİ BEDELİ...= 251354,88 TL/GÜN	7173219,88 TL/AY
ÇALIŞMA SARTI...= 17,88 SAAT/GÜN	527,76 SAAT/AY

İNCELENEN UNİTE: PAKETLEME

UNİTENİN GÜCÜ= 220,00 kW

İNCELENEN UNİTENİN OPTİMLİK ÇALIŞMA PROGRAMI

UNİTENİN BEDE PROGRAMI (GÜNLÜK)	UNİTENİN BEDE PROGRAMI (AYLIK)
ENERJİ TÜKETİMİ.= 1173,58 kWh	ENERJİ TÜKETİMİ.= 36378,58 kWh
ENERJİ BEDELİ...= 23852,65 TL	ENERJİ BEDELİ...= 723932,88 TL
ORJENEL FİYAT.....= 20,55 TL/TON	
ÇALIŞMA SARTI...= 5,67 SAAT	

UNİTENİN GÜNLÜK PROGRAMI	UNİTENİN AYLIK PROGRAMI
ENERJİ TÜKETİMİ.= 1173,58 kWh/GÜN	36378,58 kWh/AY
ENERJİ BEDELİ...= 23852,65 TL/GÜN	723932,88 TL/AY
ÇALIŞMA SARTI...= 5,67 SAAT/GÜN	161,65 SAAT/AY

ÜNİTELERİNİN ÜNİTELERİNE GÖRE

ÜNİTELERİNİN ÜNİTELERİNE GÖRE

ÜNİTELERİNİN ÜNİTELERİNE GÖRE

ÜNİTELERİNİN ÜNİTELERİNE GÖRE

 ENERJİ TÜKETİMİ...= 220.47 KWH
 ENERJİ BEDELİ...= 34.41.12 TL
 DİĞER FİYAT...= 13.55 TL/TON
 ÇALIŞMA SAATİ...= 7.82 SAAT

ÜNİTELERİNİN ÜNİTELERİNE GÖRE

 ENERJİ TÜKETİMİ...= 434.52 KWH
 ENERJİ BEDELİ...= 13405.24 TL
 DİĞER FİYAT...= 23.68 TL/TON
 ÇALIŞMA SAATİ...= 12.28 SAAT

ÜNİTELERİNİN ÜNİTELERİNE GÖRE

 ENERJİ TÜKETİMİ...= 181.01 KWH
 ENERJİ BEDELİ...= 7421.41 TL
 DİĞER FİYAT...= 32.94 TL/TON
 ÇALIŞMA SAATİ...= 5.08 SAAT

ÜNİTELERİNİN ÜNİTELERİNE GÖRE

 ENERJİ TÜKETİMİ...= 7827.37 KWH
 ENERJİ BEDELİ...= 122225.22 TL

ÜNİTELERİNİN ÜNİTELERİNE GÖRE

 ENERJİ TÜKETİMİ...= 13472.12 KWH
 ENERJİ BEDELİ...= 422222.22 TL

ÜNİTELERİNİN ÜNİTELERİNE GÖRE

 ENERJİ TÜKETİMİ...= 5611.31 KWH
 ENERJİ BEDELİ...= 222222.22 TL

ÜNİTELERİNİN ÜNİTELERİNE GÖRE

ÜNİTELERİNİN ÜNİTELERİNE GÖRE

 ENERJİ TÜKETİMİ...= 665.02 KWH/GÜN
 ENERJİ BEDELİ...= 25372.71 TL/GÜN
 ÇALIŞMA SAATİ...= 24.22 SAAT/GÜN

 ENERJİ TÜKETİMİ...= 22222.22 KWH/AY
 ENERJİ BEDELİ...= 742222.22 TL/AY
 ÇALIŞMA SAATİ...= 742.57 SAAT/AY

INCELENEREK UNITE PROGRAMI BEDELLEME

UNITENIN BULDU= 32.50 KVA

INCELENEREK UNITENIN OPTIMUM CALISMA PROGRAMI

UNITENIN BEDEL PROGRAMI (BUNLUK)	

ENERJİ TÜKETİMİ..=	307.50 KWH
ENERJİ BEDELİ...=	7312.25 TL
BİZELE FİYAT.....=	23.18 TL/TON
CALISMA SARTI...=	7.00 SART
UNITENIN BUNLUK PROGRAMI (BUNLUK)	

ENERJİ TÜKETİMİ..=	604.22 KWH
ENERJİ BEDELİ...=	14711.70 TL
BİZELE FİYAT.....=	21.62 TL/TON
CALISMA SARTI...=	12.00 SART
UNITENIN ÖMÜRLÜK PROGRAMI (BUNLUK)	

ENERJİ TÜKETİMİ..=	260.50 KWH
ENERJİ BEDELİ...=	14762.00 TL
BİZELE FİYAT.....=	47.79 TL/TON
CALISMA SARTI...=	8.00 SART

UNITENIN BEDEL PROGRAMI (AYLIK)	

ENERJİ TÜKETİMİ..=	11592.50 KWH
ENERJİ BEDELİ...=	226712.60 TL
UNITENIN BUNLUK PROGRAMI (AYLIK)	

ENERJİ TÜKETİMİ..=	15822.22 KWH
ENERJİ BEDELİ...=	382241.22 TL
UNITENIN ÖMÜRLÜK PROGRAMI (AYLIK)	

ENERJİ TÜKETİMİ..=	6137.50 KWH
ENERJİ BEDELİ...=	302807.50 TL

UNITENIN BUNLUK PROGRAMI		UNITENIN ÖMÜRLÜK PROGRAMI	
*****		*****	
ENERJİ TÜKETİMİ..=	1162.22 KWH/TON	29222.22 KWH/AY	
ENERJİ BEDELİ...=	26766.75 TL/TON	1142222.22 TL/AY	
CALISMA SARTI...=	24.00 SART/TON	744.22 SART/AY	

.../.

INCELENIEN UNITE: ISIK MURTELIF

UNITENIN BEDE= 115.88 KW

INCELENIEN UNITENIN OPTIMAL CALIOMA PROGRAMI

 UNITENIN BEDE PROGRAMI (BUNDUK)

 ENERGI TURKETIMI.= 823.88 KW
 ENERGI BEDELI...= 12431.11 TL
 DEBEL FIYAT.....= 83.88 TL/TON
 CALIOMA SAATI...= 7.88 SAAT

 UNITENIN BEDE PROGRAMI (AYLIK)

 ENERGI TURKETIMI.= 24873.88 KW
 ENERGI BEDELI...= 49694.42 TL

UNITENIN BUNDUK PROGRAMI (BUNDUK)

 ENERGI TURKETIMI.= 128.08 KW
 ENERGI BEDELI...= 4123.78 TL
 DEBEL FIYAT.....= 73.84 TL/TON
 CALIOMA SAATI...= 12.88 SAAT

UNITENIN BUNDUK PROGRAMI (AYLIK)

 ENERGI TURKETIMI.= 4281.88 KW
 ENERGI BEDELI...= 127.487.88 TL

UNITENIN BUNDUK PROGRAMI (BUNDUK)

 ENERGI TURKETIMI.= 373.42 KW
 ENERGI BEDELI...= 2288.88 TL
 DEBEL FIYAT.....= 124.78 TL/TON
 CALIOMA SAATI...= 3.88 SAAT

UNITENIN BUNDUK PROGRAMI (AYLIK)

 ENERGI TURKETIMI.= 17887.88 KW
 ENERGI BEDELI...= 78.884.88 TL

UNITENIN BUNDUK PROGRAMI

UNITENIN AYLIK PROGRAMI

 ENERGI TURKETIMI.= 2782.88 KW/YIL
 ENERGI BEDELI...= 2288.88 TL/YIL
 CALIOMA SAATI...= 24.88 SAAT/YIL

 ENERGI TURKETIMI.= 18882.88 KW/YIL
 ENERGI BEDELI...= 24888.88 TL/YIL
 CALIOMA SAATI...= 74.88 SAAT/YIL

INDONESIA 1975 TO 1980 ENERGY

MANGROVE BARTLANDA

BEDE PROGRAMINDA TÜKETILEN ENERJİ.....	=	1036556.72 KWH/YR
BÜNLÜ PROGRAMINDA TÜKETILEN ENERJİ.....	=	1014621.92 KWH/YR
PUVANT PROGRAMINDA TÜKETILEN ENERJİ.....	=	187430.68 KWH/YR
BEDE PROGRAMINDAKİ ENERJİ BEDELİ.....	=	3697942.22 TL/YR
BÜNLÜ PROGRAMINDAKİ ENERJİ BEDELİ.....	=	4793344.82 TL/YR
PUVANT PROGRAMINDAKİ ENERJİ BEDELİ.....	=	7422152.02 TL/YR
FABRİKADA TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ.....	=	3853513.28 KWH/YR
FABRİKADA TOPLAM ENERJİ ESSEBENİ GİDERİ.....	=	52957742.22 TL/YR

PIYALUK BARTLANDA

BEDE PROGRAMINDA TÜKETILEN ENERJİ.....	=	1780756.22 KWH/YR
BÜNLÜ PROGRAMINDA TÜKETILEN ENERJİ.....	=	1738207.22 KWH/YR
PUVANT PROGRAMINDA TÜKETILEN ENERJİ.....	=	112354.72 KWH/YR
BEDE PROGRAMINDAKİ ENERJİ BEDELİ.....	=	3885644.22 TL/YR
BÜNLÜ PROGRAMINDAKİ ENERJİ BEDELİ.....	=	48826432.02 TL/YR
PUVANT PROGRAMINDAKİ ENERJİ BEDELİ.....	=	7394842.22 TL/YR
FABRİKADA TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ.....	=	3687518.22 KWH/YR
FABRİKADA TOPLAM ENERJİ ESSEBENİ GİDERİ.....	=	65567202.02 TL/YR

BATILAMA BARTLANDA

BEDE PROGRAMINDA TÜKETILEN ENERJİ.....	=	1522512.22 KWH/YR
BÜNLÜ PROGRAMINDA TÜKETILEN ENERJİ.....	=	1512445.22 KWH/YR
PUVANT PROGRAMINDA TÜKETILEN ENERJİ.....	=	100058.02 KWH/YR
BEDE PROGRAMINDAKİ ENERJİ BEDELİ.....	=	33187522.22 TL/YR
BÜNLÜ PROGRAMINDAKİ ENERJİ BEDELİ.....	=	47253748.22 TL/YR
PUVANT PROGRAMINDAKİ ENERJİ BEDELİ.....	=	7422652.22 TL/YR
FABRİKADA TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ.....	=	3035015.22 KWH/YR
FABRİKADA TOPLAM ENERJİ ESSEBENİ GİDERİ.....	=	92976222.02 TL/YR

