

271

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ ÜRETİM VE TÜKETİM DENGESİ İÇİN BİR SİMÜLASYON MODELİ

Doktora Tezi

Yük. Müh. Seyhun Altunbay

Tezin Fen Bilimleri Enstitüsüne Verildiği Tarih : 9.Nisan. 1984

Tezin Savunulduğu Tarih : 3.Ekim. 1984

Doktorayı Yöneten : Doç. Dr. Gönül Özkaya

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ataç Soysal

: Doç. Dr. Gündüz Ulusoy

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

Marmara Bilimsel ve Endüstriyel
Araştırma Enstitüsü Matbaası

Kasım 1984

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
İNGİLİZCE ÖZET	viii
SEMBOLLER	xi

BÖLÜM 1. ENERJİ SORUNUNA MODELLEME YAKLAŞIMLARI

1.1. Giriş	1
1.2. ENERJİ POLİTİKASININ BELİRLENMESİNDE SİSTEM ANALİZİNİN ÖNEMİ - MODEL DENENMESİ VE GERÇEKLENMESİ . .	3
1.3. ENERJİ MODELLERİNİN KAPSAM DÜZEYİ	7
1.4. ENERJİ SORUNUNA MODELLEME YAKLAŞIMLARI	8
1.4.1. Sektörel Modeller	12
1.4.2. Endüstri Pazar Modelleri	13
1.4.3. Enerji Sistem Modelleri	14
1.4.4. Enerji Ekonomi Modelleri	16
1.5. ENERJİ SORUNUNA YÖNELİK BAZI MODELLERİN İNCELENMESİ	20

BÖLÜM 2. ENERJİ ÜRETİM VE TÜKETİM DENGESİ İÇİN SİMULASYON MODELİ

2.1. ÇALIŞMANIN AMACI	32
2.2. GELİŞTİRİLEN MODELİN KAPSAMI	35

	<u>Sayfa</u>
2.3. ENERJİ SİSTEMİ YATIRIM DİNAMİĞİ	43
2.4. ENERJİ TALEBİ	44
2.4.1. Sanayi Sektörü Enerji Talebi	44
2.4.2. Tarım Sektörü Enerji Talebi	54
2.4.3. Konut Sektörü Enerji Talebi	57
2.4.4. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi	59
2.5. ENERJİ ÜRETİMİ	59
2.5.1. İkincil Enerji Üretim Yatırımları	59
2.5.2. Birincil Enerji Üretim Yatırımları	71
2.5.3. Birincil Enerji-Petrol ve Türevleri-Üretim Yatırımları	80
2.5.4. Birincil Enerji Rezervleri ve Potansiyelleri .	89
 BÖLÜM 3. GELİŞTİRİLEN MODELİN TÜRKİYE İÇİN UYGULANMASI	
3.1. MODELİN GİRDİLERİ	93
3.1.1. Enerji Tüketimi	93
3.1.2. Enerji Tüketen ve Enerji Üreten Sektörlerde Gerçekleşmiş Yatırımlar ve Yatırım Planları .	94

Sayfa

3.2. SONUÇLAR	94
3.2.1. Sonuçların Denenmesi	94
3.2.2. Sonuçlar	95
3.2.3. Modelin Geliştirilmesi Üzerine Görüşler	105
3.2.4. Modelin Bir Planlama Aracı Olarak Kullanılması	111

KAYNAKÇA K.1

TESEKKÜR

ÖZGEÇMİS

ÖZET

1973 yılından itibaren başlayan petrol fiyat artışları bir çok ülkeyi enerji durumlarını yeniden gözden geçirmeye zorlamıştır. Pek çok ülkenin kısa ve orta vadedeki sorunu artan fiyat artışlarına karşı ülkenin öz enerji kaynaklarını daha fazla kullanmaya yönelmek ve ülkenin ithal edilen petrole karşı bağımlılığını azaltmak yönünde gelişmiştir. Öte yandan uzun vadede dünya enerji arzındaki ciddi yetersizliklerin ve fiyat artışlarının sorun olarak kabul edilmesi konusunda görüş birliği sağlandığı halde, petrolün yerini alacak enerji kaynaklarından hangisinin öncelikli olarak enerji sistemine dahil edileceği konusunda görüş birliği sağlanabilmiş değildir.

Enerji sorununun gelişmiş ve az gelişmiş ülkelerde yarattığı sorun farklı olmaktadır. Gelişmiş ülkeler fiyat artışlarını ürettikleri mallara yansıtmakta ve bu yolla petrol fiyat şokunu azaltabilmektedirler. Gelişmekte olan ülkeler ise hem ithal edilen pahalı enerjiden hem de yüksek fiyatla ithal edilen yatırım malları nedeni ile zarar görmektedirler. Böyle bir durumda, kalkınma için gerekli yatırımların yapılmasının yanı sıra enerji ihtiyacını öz kaynaklara dayalı olarak gidermek ve enerji arz ve tüketiminin dengesini kurmak önemli olmaktadır.

Enerji konusunun karmaşıklığı ve içerdiği belirsizlik gözönüne alındığında, bu konuda geliştirilebilecek modellerin konunun her yönünü kapsayamayacağı açıktır. Bu nedenle konunun değişik yönlerini içeren ve değişik amaçlara hizmet eden ve fakat birbirini tamamlayan bir çok modelin geliştirilmesi söz konusu olabilmektedir.

Her ülke ekonomisinde, ekonomiyi oluşturan sektörlerin üretimlerinin dengeli olarak birbirlerine girdi vermesi ekonominin sağlıklı olarak gelişmesinde önemli rol oynayan etkenlerden biridir.

Enerji sektörü ise bu özelliği açısından sektörler arasında önemli sektördür. Bu sektörde yapılması gereken yatırımların zamanında, yeterince ve istenen enerji türünde yapılamaması ve bu duruma bağlı olarak oluşan enerji açığı diğer tüm sektörlerde etkisini göstermekte, üretimin ve genel olarak yaşam düzeyinin düşmesine neden olmaktadır.

Ekonominin herhangi bir sektörüne yapılacak yatırım, diğer bazı sektörlerde talep yaratır. Ekonominin her sektörüne yapılacak her türlü yatırımın enerji sektörüne, değişik enerji türlerinde, talep yaratması ve bu talebi karşılayacak yatırımların gerçekleşmesinin uzun süreler alması, enerji üreten yatırımların daha dikkatli planlanmasını ve ekonominin tüm diğer sektörleri için yapılan yatırım planlarına dayandırılmasını gerektirmektedir. Enerji üretimi için yapılması gereken yatırımların enerji dışı sektörlerdeki yatırımlardan vazgeçilerek mi yoksa ekonomide sağlanacak tasarruflarla mı yapılacağı ise ülke yönetiminin üst düzeyde alacağı kararlara bağlı olacaktır.

Az gelişmiş veya gelişmekte olan ve özellikle kaynakları kıt ve planlı kalkınma yolunu seçmiş ülke ekonomilerinde, enerji tüketimindeki ve enerji üretimindeki dengenin sağlanması büyük önem taşımaktadır. Enerji üreten sektördeki yatırımlar ile enerji tüketen sektördeki yatırımlar arasında, enerji tüketimi ve üretimi açısından denge sağlanamadığı takdirde ya enerji tüketen sektörde enerji açığı nedeni ile kapasitesinin altında çalışan yatırımlar ve bu yatırımlarda çalışır gözüken işçiler ve yüksek maliyetli üretim oluşacak ya da enerji sektörüne yapılacak fazla yatırım ve kullanılmayan enerji, bu yatırımların alternatif maliyeti, diğer bir deyişle, enerji tüketen sektöre yapılamayan yatırım nedeni ile, üretim düşüklüğü, açık işsizlik vb. oluşacaktır.

Bu çalışmada gelişmekte olan ve planlı ekonomiye sahip ekonomilerde kullanılabilecek bir simulasyon modeli geliştirilmiştir.

Geliştirilen modelin aşağıda belirtilen özelliklere sahip olması amaçlanmıştır.

Model,

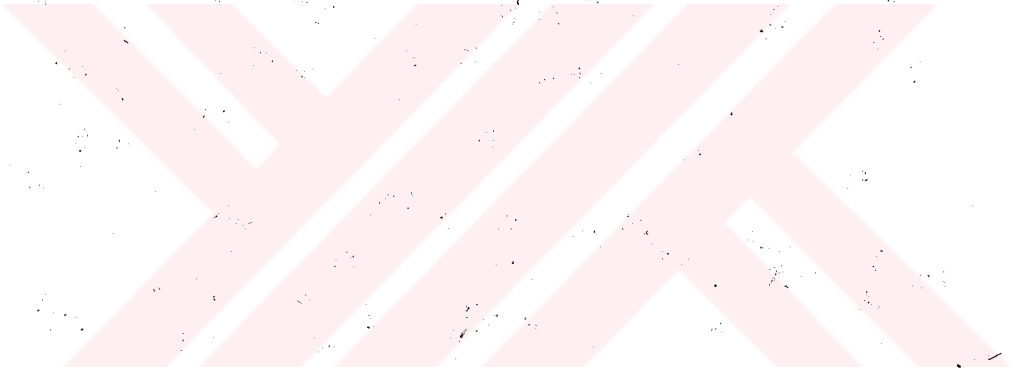
- . Enerji sisteminin (enerji üreten ve tüketen sektörler) bütününe kapsamalı talep, üretim, yatırım ile ilgili tüm bilgiler bir bütün içinde değerlendirilebilmelidir.
- . Ekonominin enerji tüketen sektörünün yarattığı enerji talebini enerji türlerine göre oldukça doğru bir şekilde belirliyeabilmelidir.
- . Enerji üreten ve enerji tüketen sektörlerde ülkenin planlama örgütlerince planlanan yatırımların enerji dengesi açısından geçerliliği denenebilmelidir.
- . Enerji türlerine göre enerji açığını giderici yatırım kararları alınabilmelidir.
- . Gerek enerji tüketen sektörde ve gerekse enerji üreten sektörde yatırımların gecikmesinden doğabilecek durumları alternatif senaryolar halinde belirliyeabilmelidir.
- . Kısa gelecekte enerji dengesini korumada, enerji üreten sektörde yatırım planlarını yapmada ülkenin planlama örgütüne veya ilgili bakanlıkca bir planlama aracı olarak kullanılabilmelidir.

Bu amaçla geliştirilen model tüm sektörleri kapsamaktadır. Modelde enerji tüketen sektördeki yatırımların hangi enerji türüne, ne zaman ve ne miktarda talep yaratacağı ve yaratılan bu talebin enerji üreten sektörde, hangi türde, ne zaman ve ne miktarda bir yatırımla karşılanabileceği incelenmekte ve böylece enerji üreten ve enerji tüketen sektörler arasında bir denge sağlanmaya çalışılmaktadır.

Birinci bölümde enerji politikasının belirlenmesinde sistem analizinin önemi, enerji modellerinin kapsam düzeyi, enerji sorununa modelleme yaklaşımları ve enerji sorununa yönelik bazı modellerin ayrıntılı incelenmesi yer almaktadır.

İkinci bölümde yapılan çalışmanın amacı, geliştirilen modelin kapsamı, enerji sistemi yatırım dinamiği, enerji talebi ve enerji üretimi içermektedir.

Üçüncü bölümde geliştirilen modelin Türkiye için uygulanması yer almaktadır. Uygulamada kullanılan model girdileri ve sonuçlar da bu bölüm içinde kapsamaktadır. Model 3950 kartlık bir bilgisayar programından oluşmakta ve bilgisayar kodu Ek 9'da yer almaktadır. Model 1970-1990 yılları için çalıştırılmıştır. Modelden 1970-1980 yılları için elde edilen sonuçlar aynı yıllardaki gerçekleşmiş rakamlarla karşılaştırılmış ve sonuçlar büyük ölçüde tatminkar çıkmıştır. Modelden 1980-1990 yılları için elde edilen sonuçlar üçüncü bölümde ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.



ABSTRACT

Many countries are obliged to reevaluate their energy situation after the increase of oil prices starting from the year 1973. The problem that is faced by many countries in the short and medium term is to increase the utilization of domestic energy resources in order to decrease the dependence of their countries on the imported oil. On the other hand, although in the long term the problem of the inadequacy of the energy production and the increase of oil prices are widely accepted by many countries there is no concensus among them on how to replace the oil with other energy resources.

The increase of oil prices created different problems in developed and developing countries. The developed countries charged the highly priced oil on the goods they produced and decrease the shock of high oil prices. The developing countries started to import both the oil from OPEC countries and the investment goods from developed countries with high prices and had no instrument to decrease the price shock. In this situation, it becomes extremely important for the developing countries to try to satisfy the energy need of the country by the domestic resources and to take care of the energy balance as well as to continue to the investments necessary for the development.

If the complexity and uncertainty of the energy problem is taken in to consideration no model can encompass the whole aspects of the energy problem. For this reason several models have been developed to comprise the different aspects of the energy problem serving for different purposes.

In the economy of every country, the balance and adequacy of the inputs, that are given by every sector to every other sector of the economy are necessary and play an important role for the healthy development of the economy.

The energy sector, giving input to every other sector of the economy, is the most important one among others from this

In the approach in which the model is based the economy is separated as the energy producing and the energy consuming sectors. The activities related to the new investments, the capacity increase of the old investments, the capacity increase of the transportation facilities, the mechanization of the agriculture, the increase of per capita energy demand, the increase of the population etc. takes place in the energy consuming sector. And these activities create demand for several types of energy to the energy producing sector. In order to satisfy the demand for various types of energy occurring in the energy consuming sector the capacity expansions of the existing plants and new investments takes place in the energy consuming sector.

The energy consuming sector of the economy consists of several subsectors. These subsectors are defined as industry, household, agriculture and transportation subsectors. The energy producing sector consists of two subsectors. These sectors are defined as primary energy producing and secondary energy producing subsectors. The secondary energy producing subsector produces energy by having input from the primary energy producing subsector. And the primary energy producing subsector takes input from the renewable and nonrenewable energy resources.

The nonrenewable energy resources are the resources such as petroleum, lignite, coal, nuclear fuel, asphaltite and natural gas which can be depleted by extensive use. The renewable energy resources are hydrolic power, solar, jeothermal, wind, tide energies and some biological energy resources. The mostly used secondary energy is the electricity. Coke and coal gas are also secondary resources but because they are not used extensively they are considered in the use of the energy resource of coal. Electricity can be produced from primary energy resources such as petroleum derivatives, lignite, coal, nuclear fuel, hydro power and jeothermal, wind, tide and solar energies. Some of the energy sources such as coal are used directly and after conversion to electricity in the energy consuming sector. And in these cases the total demand of coal is calculated as the sum of directly used amount of coal and the amount converted to electricity.

The reserves of the nonrenewable source of energies and the yearly potential of the renewable source of energies are also considered in the model.

The model is based on the system dynamics technique and the above mentioned sectors and subsectors are encompassed in the model.

The formulation of the model is based on a detailed causal diagram of energy consuming and producing subsectors of the economy. The driving force of the model is taken as the demand increase of several types of energies in the subsectors of the energy consuming sector. A demand increase of energy in the energy consuming sector increases the need of investments in the energy producing sector. And after a delay the investments in the energy producing sector will increase the energy production and the demand will be satisfied and the investments will be slowed down. During this causal effect the deficiency of some energy types will be imported and the surplus of some energy types will be exported. This is a negative feed-back loop. In this system once the demand is satisfied the system will reach to its equilibrium. And one important matter to be seriously considered to have the system to get in to equilibrium are the delays which occurs during the investments in the energy consuming sector (3-5 years) and during the investments in the energy producing sector (5-10 years).

This property of the system necessitates to have the investments in the energy producing sector to be planned beforehand and for this it is necessary to observe the investments and other activities in the energy consuming sector in detail. The formulated model comprises the features stated above in detail.

The model is implemented to the Turkish economy. The demand of various types of energy is estimated for the industrial subsector depending on the investment plan of the state planning organization. And various energy demands of other subsectors is estimated depending on the activities and need of energy per capita and population growth. With the planned energy investments of the state planning organization the deficiency and surplus for various types of energy is estimated for the years 1980-1990. The model is validated for the years 1970-1980 as well. In order not to have deficiencies in various energy types investment alternatives for various energy production are obtained from the simulation model. The results of the implementation are given in the third chapter of the study in several figures.

SEMBOLLER

- S - Sanayi Sektörü
- U - Ulaştırma Sektörü
- K - Konut Sektörü
- T - Tarım Sektörü
- E - Elektrik Talebi
- M - Mazot Talebi
- YY - Yakıt Yağı (Fuel Oil) Talebi
- LPG - LPG Talebi
- B - Benzin Talebi
- GY - Gaz Yağı Talebi
- L - Linyit Talebi
- TK - Taş Kömürü Talebi
- DG - Doğal Gaz Talebi
- O - Odun Talebi
- G - Güneş Enerjisi
- TZ - Tezek Talebi
- BA - Bitki Artıkları Talebi
- YYE - Yakıt Yağından Elektrik Üretimi
- ME - Mazottan Elektrik Üretimi
- LE - Linyitten Elektrik Üretimi
- TKE - Taş Kömüründen Elektrik Üretimi
- NE - Nükleer Yakıttan Elektrik Üretimi
- HE - Hidro Enerjiden Elektrik Üretimi
- JE - Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi
- PT - Petrol Tüketimi
- MT - Mazot Tüketimi
- YYT - Yakıt Yağı Tüketimi
- LPGT - LPG Tüketimi
- BT - Benzin Tüketimi
- GYT - Gaz Yağı Tüketimi
- LT - Linyit Tüketimi
- TKT - Taş Kömürü Tüketimi
- NYT - Nükleer Yakıt Tüketimi

- DGT - Doğal Gaz Tüketimi
OPY - Orman Potansiyelinden Yararlanma
HPY - Hidrolik Potansiyelden Yararlanma
JPY - Jeotermal Potansiyelden Yararlanma
GPY - Güneş Enerjisinden Yararlanma
TZY - Tezek Potansiyelinden Yararlanma
BAY - Bitki Artıklarından Yararlanma
PR - Petrol Rezervi
LR - Linyit Rezervi
TKR - Taş Kömürü Rezervi
NYR - Nükleer Yakıt Rezervi
DGR - Doğal Gaz Rezervi
OR - Orman Rezervi
OP - Orman Potansiyeli
HP - Hidrolik Potansiyel
JP - Jeotermal Potansiyel
GP - Güneş Enerjisi Potansiyeli
TZP - Tezek Potansiyeli
BAP - Bitki Artıkları Potansiyeli
CUK - Çelik Üretim Kapasitesi (ton/yıl)
ADCUK1- Demir Çelik Üretim artışı (1970-1980) (ton/yıl/yıl)
ADCUKA- Planlanan demir çelik kapasite artışı (1980-1990)
(ton/yıl/yıl)
DCUK - Planlanan demir çelik kapasitesi;gecikmeli (1981-1990)
(ton/yıl/yıl)
GCUKA - Gecikme süresi (yıl)
CUFO - Birim miktar çelik üretiminde yakıt yağı tüketimi
(ton/ton)
CUE - Birim miktar çelik üretiminde elektrik tüketimi
(kws/ton)
CUK - Birim miktar çelik üretiminde kömür tüketimi (ton/ton)
ADCUK2- ADCUKA, DCUK Seçme değişkeni
SICUK - ADCUK1, ADCUK2 Seçme değişkeni. 1970-80 yılları arası
SICUK=ADCUK1, 1981-1990 arası SICUK =ADCUK2 değerini
alır.
FOTDC - Demir çelik sektöründe yakıt yağı tüketimi ve tahmini
(ton/yıl)
ETDC - Demir çelik sektöründe elektrik tüketimi ve tahmini
(Kws /yıl)
KOMTDC- Demir çelik sektöründe kömür tüketimi ve tahmini
(ton/yıl)

BICSA	- Biçerdöver sayısı artış hızı (adet/yıl)
BICS	- Biçerdöver sayısı (adet)
MOTBIC	- Biçerdöver mazot tüketimi (ton)
BCS	- Biçerdöver ortalama yıllık çalışma süresi (saat/yıl)
BMK	- Birim sürede mazot kullanımı (ton/saat)
TRASA	- Traktör sayısı artış hızı (adet/yıl)
TRAS	- Traktör sayısı (adet)
MOTTRA	- Traktör mazot tüketimi (ton)
TCS	- Traktör ortalama yıllık çalışma süresi (saat/yıl)
TMK	- Birim sürede mazot kullanımı (ton/saat)
MOTSA	- Mazotlu motopomp sayısı artış hızı (adet/yıl)
MOTS	- Mazotlu motopomp sayısı
MOTMOT	- Mazotlu motopomp mazot tüketimi
MCS	- Mazotlu motopomp ortalama yıllık çalışma süresi (saat/yıl)
MMK	- Birim sürede mazot kullanımı (ton/saat)
MOTAR	- Tarım sektörü motorin talebi
MOTEA	- Elektrikli motopomp sayısı artış hızı (adet/yıl)
MOTE	- Elektrik motopomp sayısı (adet)
ETAR	- Tarım sektörü elektrik talebi (Kws)
MCS	- Motopomp çalışma süresi (saat/yıl)
MEK	- Birim sürede elektrik kullanımı (kws/saat)
NUFUS	- Nüfus (kişi)
NUA	- Nüfus artışı (kişi/yıl)
KBTK	- Kişi başına taş kömürü tüketimi (ton/kişi/yıl)
TKKEN	- Konut sektörü taş kömürü tüketimi (ton/yıl)
KBL	- Kişi başına linyit tüketimi (ton/kişi/yıl)
LKON	- Konut sektörü linyit tüketimi (ton/yıl)
KBGY	- Kişi başına gaz yağı tüketimi (ton/kişi/yıl)
GYKON	- Konut sektörü gaz yağı tüketimi (ton/yıl)
KBLPG	- Kişi başına LPG tüketim (ton/kişi/yıl)
LPGKON	- Konut sektörü LPG tüketimi (ton/yıl)
KBFO	- Kişi başına yakıt yağı tüketimi (ton/kişi/yıl)
FOKON	- Konut sektörü yakıt yağı tüketimi (ton/yıl)
KBE	- Kişi başına elektrik tüketimi (Kws/kişi/yıl)
EKON	- Konut sektörü elektrik tüketimi (Kws/yıl)
KBOD	- Kişi başına odun tüketimi (ton/kişi/yıl)
ODKON	- Konut sektörü odun tüketimi (ton/yıl)
KBTEZ	- Kişi başına tezek tüketimi (ton/kişi/yıl)
TEZKON	- Konut sektörü tezek tüketimi (ton/yıl)
KBBIT	- Kişi başına bitki artıkları talebi (ton/kişi/yıl)
BITKON	- Konut sektörü bitki artıkları tüketimi (ton/yıl)

- LEUK - Linyitten elektrik üretim kapasitesi (Kws/yıl)
SLEUK - Linyitten elektrik üretimi kapasitesi artışı -seçme değişkeni (CLIP) (Kws/yıl/yıl)
ALEUK1 - Linyitten elektrik üretimi kapasite artışı - Gerçekleşmiş yatırımlar için Tablo değişkeni (TABHL) (Kws/yıl/yıl)
TLEUK1 - ALEUK1 Tablo değişkeninin değerleri
ALEUK2 - Linyitten elektrik üretim kapasite artışı - Seçme Değişkeni (CLIP) (Kws/yıl/yıl)
ALEUKA - Linyitten elektrik üretimi kapasite artışı -Planlanan yatırımlar için Tablo değişkeni (TABHL) (Kws/yıl/yıl)
TLEUKA - ALEUKA tablo değişkeninin değerleri
DLEUK - Linyitten elektrik üretimi kapasite artışı -Gecikmeli planlanan yatırımlar (Kws/yıl/yıl)
D - Süreksiz gecikme
L1ALEU - Gecikme süresi (yıl)
OLEUK - Linyitten elektrik üretimi kapasite artışı - Planlanan veya modelin hesapladığı yatırımlar için seçme değişkeni (Kws/yıl/yıl)
TIME - DYNAMO derleyicisi zaman değişkeni
L,L1 - Kriter değişkenleri
REF - Referans değişkeni
LEUK - Linyitten elektrik üretim kapasitesi (Kws/yıl)
ET - Elektrik talebi (Kws/yıl)
ETL - Linyit santrallarına elektrik talebi (Kws/yıl)
OLEUK2 - Linyitten elektrik üretimi kapasite artışı - Modelin yaptığı yatırımlar (Kws/yıl/yıl)
OLEUK3 - Linyitten elektrik üretimi gecikmeli kapasite artışı modelin yaptığı yatırımlar (Kws/yıl/yıl)
L1OLEU - Gecikme süresi (yıl)
D - Süresiz gecikme
OLEUK1 - Linyitten elektrik üretimi kapasite artışı- Seçme değişkeni (Kws/yıl/yıl)
OLEUKA - Linyitten elektrik üretimi kapasite artışı - Seçme değişkeni (Kws/yıl/yıl)
L2 - Kriter değişkeni
TIME - DYNAMO derleyicisi zaman değişkeni - Kriter değişkeni olarak kullanılıyor.
REF - Referans değişkeni

- SLET - Linyit santrallarına elektrik talebinin iki yıllık ortalaması (Kws/yıl)
- S - Ortalama fonksiyonu
- YLEUK - Linyitten elektrik üretim kapasitesi ile linyet santrallarına elektrik talebi arasındaki fark (Kws/yıl)
- ELEUK - YLEUK değişkeninin bir dönem (yıl) önceki değeri
- EYLEUK - YLEUK ve ELEUK değişkenlerinin arasındaki fark (Kws/yıl)
- OLEUK7 - EYLEUK $EYLEUK \neq 0$
0 $EYLEUK = 0$
Yatırım kararı (Kws/yıl)
- OLEUK4 - 0 $ELEUK < YLEUK$
OLEUK7 $ELEUK > YLEUK$
Seçme değişkeni; Yatırım kararı (Kws/yıl)
- OLEUK6 - YLEUK ve ELEUK değişkenlerinin toplamı - değişkenler negatif değer aldığı takdirde- (Kws/yıl)
- OLEUK5 0 $YLEUK > 0$
OLEUK6 $YLEUK < 0$
Seçme değişkeni; Yatırım kararı (Kws/yıl)
- OLEUK2 - OLEUK4 $ELEUK > 0$
OLEUK5 $ELEUK < 0$
Seçme değişkeni; Yatırım kararı (Kws/yıl)
- LUYAT - Linyit üretim kapasitesi (ton/yıl)
- SLUY - Linyit üretimi kapasite artışı -seçme değişkeni (CLIP) (ton/yıl/yıl)
- ALUY1 - Linyit üretimi kapasite artışı - Gerçekleşmiş yatırımlar için Tablo değişkeni (TABHL) (ton/yıl/yıl)
- TLUY1 - ALUY1 Tablo değişkeninin değerleri
- ALUY2 - Linyit üretimi kapasite artışı - Seçme değişkeni (CLIP) (ton/yıl/yıl)
- ALUYA - Linyit üretimi kapasite artışı - Planlanan yatırımlar için tablo değişkeni
- TALUYA - ALUYA tablo değişkeninin değerleri.
- DLUY - Linyit üretimi kapasite artışı - Gecikmeli planlanan yatırımlar (ton/yıl/yıl)
- D - Süreksiz gecikme
- OLUY - Linyit üretimi kapasite artışı - Planlanan veya modelin hesapladığı yatırımlar için seçme değişkeni (ton/yıl/yıl)
- TIME - DYNAMO Derleyicisi zaman değişkeni
- LR,LR1 - Kriter değişkenleri
- REF - Referans değişkeni.

- LIT - Sektörler linyit talebi (ton/yıl)
LEUK - Linyitten elektrik üretim kapasitesi (Kws/yıl)
LELIN - 1 Kws elektrik üretimi için linyit tüketimi (ton/Kws)
LISAN - Linyitten elektrik üreten santrallerin linyit talebi (ton/yıl)
LINTUA - Linyit talebi (ton/yıl)
OLUY2 - Linyit üretimi kapasite artışı - Modelin yaptığı Yatırımlar (ton/yıl/yıl)
OLUY3 - Linyit üretimi gecikmeli kapasite artışı - Modelin yaptığı yatırımlar (ton/yıl/yıl)
L1OLUY - Gecikme süresi (yıl)
D - Süreksiz gecikme
OLUY1 - Linyit üretimi kapasite artışı - Seçme değişkeni (ton/yıl/yıl)
OLUYA - Linyit üretimi kapasite artışı - Seçme değişkeni (ton/yıl/yıl)
LR1,LR2- Kriter değişkeni
TIME - DYNAMO derleyicisi zaman değişkeni - Kriter değişkeni
REF - Referans değişkeni.
LUYAT - Linyit üretim kapasitesi (ton/yıl)
LRA - Linyit rezerv artışı (ton/yıl)
LINREZ - Linyit rezervi (ton)
LINURE - Linyit üretimi (ton/yıl)
LINSTO - Linyit stoğu (ton)
LINTUK - Linyit tüketimi (ton/yıl)
LINSTA - Linyit üretim ve stoğu (ton)
LINTUA - Linyit talebi (ton)
LINIT - Linyit ithalatı - seçme değişkeni (ton/yıl)
LINIH - Linyit ihracatı - seçme değişkeni (ton/vıl)
PRA - Petrol rezerv artışı (ton/yıl)
PETREZ - Petrol rezervi (ton)
PETURE - Petrol üretimi (ton/yıl)
PETSTO - Petrol stoğu (ton)
PETIT - Petrol ithalatı (ton/yıl)
PUYAT - Petrol üretim kapasite artışı (ton/yıl/yıl)
PUKAP - Petrol üretim kapasitesi (ton/yıl)
ISPET - Rafinerilerde işlenen petrol (ton/yıl)
SPRAY - Rafineri kapasite artışı (ton/yıl/yıl)
RAFKAP - Rafineri kapasitesi (ton/yıl)

BENUR	- Benzin üretimi -yardımcı değişken- (ton/yıl)
RBENO	- Rafinerilerde benzin üretim oranı
BENURE	- Benzin üretimi (ton/yıl)
BENSTO	- Benzin stoğu (ton)
BENSTA	- Benzin üretim ve stok toplamı -yardımcı değişken- (ton/yıl)
BENIT	- Benzin ithalatı -seçme değişkeni- (ton/yıl)
BENIH	- Benzin ihracatı -seçme değişkeni- (ton/yıl)
BENTUK	- Benzin tüketimi (ton/yıl)
BET	- Benzin talebi (ton/yıl)
MAZUR	- Mazot üretimi -yardımcı değişken (ton/yıl)
RMAZO	- Rafinerilerde mazot üretim oranı
MAZURE	- Mazot üretimi (ton/yıl)
MAZSTO	- Mazot stoğu (ton)
MAZSTA	- Mazot üretim ve stok toplamı -yardımcı değişken- (ton/yıl)
MAZIT	- Mazot ithalatı -seçme değişkeni- (ton/yıl)
MAZIH	- Mazot ihracatı -seçme değişkeni- (ton/yıl)
MAZTUK	- Mazot tüketimi (ton/yıl)
MAZTUA	- Mazot talebi (ton/yıl)
FOUR	- Yakıt yağı üretimi -yardımcı değişken (ton/yıl)
RFOO	- Rafinerilerde yakıt yağı üretim oranı
FOURE	- Yakıt yağı üretimi (ton/yıl)
FOSTO	- Yakıt yağı stoğu (ton)
FOSTA	- Yakıt yağı üretim ve stok toplamı -yardımcı değişken- (ton/yıl)
FOIT	- Yakıt yağı ithalatı -seçme değişkeni- (ton/yıl)
FOIH	- Yakıt yağı ihracatı -seçme değişkeni- (ton/yıl)
FOTUK	- Yakıt yağı tüketimi (ton/yıl)
FOTUH	- Yakıt yağı talebi (ton/yıl)
LPGUR	- LPG üretimi -yardımcı değişken- (ton/yıl)
RLPGO	- Rafinerilerde LPG üretim oranı
LPGURE	- LPG üretimi (ton/yıl)
LPGSTO	- LPG stoğu (ton)
LPGSTA	- LPG üretim ve stok toplamı -yardımcı değişken-(ton/yıl)
LPGIT	- LPG ithalatı -seçme değişken- (ton/yıl)
LPGIH	- LPG ihracatı -seçme değişkeni- (ton/yıl)
LPGTUK	- LPG tüketimi (ton/yıl)
LPT	- LPG talebi (ton/yıl)
GAZUR	- Gaz yağı üretimi -yardımcı değişken- (ton/yıl)
RGAZYO	- Rafinerilerde gaz yağı üretim oranı
GAZURE	- Gaz yağı üretimi (ton/yıl)
GAZSTO	- Gaz yağı stoğu (ton)

GAZSTA	- Gaz yağı üretim ve stok toplamı -yardımcı değişken- (ton/yıl)
GAZIT	- Gaz yağı ithalatı -seçme değişkeni- (ton/yıl)
GAZIH	- Gaz yağı ihracatı -seçme değişkeni- (ton/yıl)
GAZTUK	- Gaz yağı tüketimi (ton/yıl)
GYT	- Gaz yağı tüketimi (ton/yıl)
LINTUA	- Linyit talebi (ton/yıl)
LINTUK	- Linyit tüketimi (ton/yıl)
LINSTO	- Linyit stoğu (ton)
LINURE	- Linyit üretimi (ton/yıl)
LINREZ	- Linyit rezervi
LRA	- Linyit rezerv artışı
TKTUA	- Taş kömürü talebi (ton/yıl)
TKTUK	- Taş kömürü tüketimi (ton/yıl)
TKSTO	- Taş kömürü stoğu (ton)
TKURE	- Taş kömürü üretimi (ton/yıl)
TKREZ	- Taş kömürü rezervi (ton)
TKRA	- Taş kömürü rezerv artışı (ton/yıl)
DGT	- Doğal gaz talebi (M3/yıl)
DGURE	- Doğal gaz üretimi (M3/yıl)
DGREZ	- Doğal gaz rezervi (M3)
DGRA	- Doğal gaz rezerv artışı (M3/yıl)
JEUK	- Jeotermalden elektrik üretim kapasitesi (kws/yıl)
JEPOYA	- Jeotermal potansiyelden yararlanma
JEPOT	- Jeotermal potansiyel (kws/yıl)
ODUT	- Odun tüketimi (ton/yıl)
OUPOT	- Odun üretim potansiyeli
OPAYA	- Odun potansiyelinden yararlanma
ORAZ	- Orman rezerv azalması (ton/yıl)
OR	- Orman rezervi
ORA	- Orman rezerv artışı (ton/yıl)
TEZT	- Tezek tüketimi (ton/yıl)
TEPOYA	- Tezek potansiyelinden yararlanma
TEPOT	- Tezek potansiyeli (ton/yıl)
BITAT	- Bitki artıkları tüketimi (ton/yıl)
BAPOYA	- Bitki artıkları potansiyelinden yararlanma
BAPOT	- Bitki artıkları potansiyeli (ton/yıl)
HEUK	- Hidroelektrik üretim kapasitesi (kws/yıl)
HIPOYA	- Hidrolik potansiyelden yararlanma
HIDPOT	- Hidrolik potansiyel (kws/yıl)

EÖLÖM I

ENERJİ SORUNUNA

MODELLEME YAKLAŞIMLARI

1.1. GİRİŞ

1980'li yılların başlarında, dünyanın ciddi bir enerji sorunu ile karşı karşıya olduğu pek çok ülke tarafından anlaşılmış durumdadır. Pek çok ülkenin kısa ve orta vadedeki sorunu 1973 yılından itibaren artan petrol fiyatlarına karşı ülkenin öz enerji kaynaklarını daha fazla kullanmaya yönelerek ve ülkenin ithal edilen petrole karşı bağımlılığını azaltmak yönünde gelişmiştir. Uzun vadede ise, önemli olan sorun, gelecekte tükeneyeceği belirlenmiş olan petrolün yerini hangi enerji kaynaklarının alabileceği ve bu kaynakların enerji talebini yeterli olarak karşılayıp karşılamayacağı sorunudur [1].

Son yıllarda, dünya enerji arzındaki ciddi yetersizliklerin ve fiyat artışlarının sorun olarak kabul edilmesi konusunda görüş birliği sağlandığı halde, petrolün yerini alacak enerji kaynaklarından hangisinin öncelikli olarak enerji sistemine dahil edileceği konusunda görüş birliği sağlanabilmiş değildir. Bazı gruplar (her grup kendi ülkesinin enerji kaynaklarına ve teknolojik yapısına bağımlı olarak) kömür kullanımının arttırılmasını ve nükleer enerji santrallerinin kurulmasını önermekte diğer başka grup ise enerji tüketiminde tasarrufa önem verilmesi gerektiğini savunmaktadırlar.

Diğer bazı gruplar ise, yalnızca yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygın ve ufak birimler halinde kullanılması ile enerji sorununa çözüm getirebileceğini savunmaktadırlar. Ekonomik ve teknik tartışmaların yanısıra çevre sorunları, nükleer enerji üretiminden kaynaklanan emniyet ve nükleer silahların çoğalması, olayın diğer politik yönleri, üzerinde tartışılan konular olmaktadır.

Kömürün saflaştırılması, yenilebilir enerji kaynaklarının kullanılması gibi yeni teknolojiler henüz gelişme halindedir. Bu teknolojilerin maliyeti, teknik parametreleri, verimlilikleri ve ticari olarak kullanılabileceği zaman ile ilgili bilgiler kesin olmayan sınırlar içinde ifade edilmektedir. Bu durumun ötesinde enerji sistemi ile ekonominin diğer sektörleri arasındaki etkileşim ise yeterli düzeyde bilinmemektedir.

Enerji fiyatlarındaki artışların veya kısıtlı enerji arzının ekonomik gelişme üzerindeki etkileri, enerji politikası kararlarının alınmasında dikkate alınması gereken konular olmaktadır. Enerji talebinin gelecekte nasıl gelişeceği de tam olarak kestirilememektedir çünkü bazı ülkeler açısından kalkınma artık doğal olarak istenen bir durum olmamakta, öte yandan da enerji tasarrufu çalışmaları ve önlemlerinin ne ölçüde başarılı olacağı bilinmemektedir. Petrolün yeterli düzeyde üretilebilmesi ve fiyatı, nükleer enerjinin kamu oyunca kabul edilebilirliği, çevre kirlenmesi konuları enerji sorununu karmaşık bir duruma sokan ve enerji politikası saptanırken dikkate alınması gereken konular olmaktadır.

Enerji modellerinin karar almaya yardımcı araçlar olduğu düşünülürse, yalnızca enerji sisteminin gelecekte ne durumda olabileceğini belirlemek yeterli olmamakta, ekonomik, teknik ve çevre şartlarındaki belirsizlikleri de dikkate alarak tedbirlerin geliştirilmesi gerekli olmaktadır. Bu tedbirlerin, uygulandığı takdirde, gelecekte pişmanlık yaratmayacak tedbirler olması da önemli olmaktadır.

Enerji konusunun karmaşıklığı ve içerdiği belirsizlik göz-önüne alındığında, bu konuda geliştirilebilecek modellerin konunun her yönünü kapsamayacağı açıktır. Bu nedenle konunun değişik yönlerini içeren ve değişik amaçlara hizmet eden ve

fakat birbirini tamamlayan bir çok modelin geliştirilmesi söz konusu olabilmektedir.

Enerji modellemesi bir çok disiplin içinde gerçekleştirildiği gibi disiplinler arası yaklaşımlar da gerçekleştirilmektedir. Enerji modelleri arasında, enerji akışlarını ve çevrimlerini içeren analitik metodları kullanarak geliştirilen modeller yeni ve verimli enerji teknolojilerinin geliştirilmesi için önemli olmaktadır [2]. Enerji, ekonominin en temel ürünü olarak uzun bir süreden beri ekonomistler tarafından da incelenmektedir. Ekonomistlerin enerji konusunu incelemesi, enerji sistemindeki değişmelerin ekonomiyi büyük ölçüde etkilemeye başlaması ile daha da hızlanmıştır. Enerjinin, teknolojiye, ekonomide ve sosyal yaşantımızda büyük etkinliğe sahip olması nedeni ile disiplinler arası yaklaşımlarla incelenmesi doğal bir gelişme sayılmaktadır. Sistem analizi ve yöneylem araştırmasının bir çok teknikleri enerji konusunda başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Bir çok disiplinler arası çalışmaya, daha önce yalnız mühendislik analizi yaklaşımı yapılarak geliştirilen modellerde kullanılan fiziksel değerler, enerjinin ekonomi modelleri ile birleştirilmesi ile girmiştir.

Bu durum, enerji politikalarının belirlenmesinde, mühendislik ve ekonomik analizlerin uygulanabilirliğini arttıran önemli bir etken olmuştur. Enerji sisteminin teknik ve ekonomik politikalarının belirlenebilmesi için geliştirilen kantitatif modellerde fiziksel ve parasal değerler bir arada kullanıldığında, modelin politikaları belirlemedeki katkısı artmaktadır [2].

1.2. ENERJİ POLİTİKASININ BELİRLENMESİNDE SİSTEM ANALİZİNİN ÖNEMİ-MODEL DENENMESİ VE GERÇEKLENMESİ

Enerji politikalarının belirlenmesinde kullanılabilecek modeller geliştirilirken, tercih edilen alternatif politikalar ile hedefler arasındaki kantitatif ilişkilerin, diğer bir deyişle enerji sisteminin çok iyi anlaşılması gerekmektedir. Enerji sisteminin çok iyi tanınması ve modellenmesi, enerji sistemi

ile ilgili politikaların saptanmasına yardımcı olduğu kadar enerji girdisinin önem arzettiği ulaşım, sanayi, tarım vb. alanlarda da ilişkilerin ve durumun belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Öte yandan, enerji sistemi ve bu sistemin ilgili olduğu diğer alanlarda toplanan veriler ve modelleme çalışmaları, karar vericilere ışık tutacak ve yararlı olabilecek çalışmalar olmalıdır. Enerji sisteminin teknik, ekonomik ve çevre faktörlerine yönelik olarak toplanan veriler karar vericiler tarafından değerlendirilmektedir. Enerji sistemine yönelik olarak geliştirilen modeller ise toplanan bu verileri, planlı bir biçimde düzenliyerek verilerin kullanılabilirliğini arttırmakta ve enerji sisteminin çok yönlü karmaşık etkileşim içinde olan değişik yönlerinin açıklanmasına yardımcı olmaktadır. Enerji sistemine yönelik, bazen ufak boyutta kararlar bile, yalnızca verilere dayanarak belirlenemeyecek, ekonomik sonuçlara neden olabilmektedir.

Matematik modeller ve bunların politika belirlemede ve karar almada kullanılması ile ilgili olarak, modelleri geliştirilenlerin ve kullananların gerçekçi olmayan tutumları bulunmaktadır. Karar vericiler bazen, karar vermedeki rollerinin ve serbestliklerinin azalacağını sanarak yapılan analizlere karşı ihtiyatlı bir davranış göstermektedirler. Araştırmacıların geliştirdikleri modelleri geleceği tam olarak doğru ve gerçekçi olarak yansıtabilecekmiş gibi görme eğilimleri karar vericilerin bu ihtiyatlı tutumlarını haklı çıkarmaktadır. Karar vermeye yönelik olarak yapılacak araştırmalarda ve analizlerde karar verici kişi veya grubun rolü ile yapılan araştırma veya analizlerin rolü arasında bir dengenin ve güvenin kurulması zorunlu olmaktadır. Kurulan modeller ve bu modellere dayanılarak yapılan analizler konu ile ilgili bir kararın alınması olarak nitelendirilmemelidir.

Gelecekteki gelişmelerin belirsizlikleri dikkate alındığında hiç bir model gelecekteki gelişmelerin hassas olarak tahminini yapamamaktadır. Herhangi bir model ile geliştirilen bir tahmin büyük ölçüde modelin dayandırıldığı temel varsayımlara bağımlı olmaktadır. Geliştirilmiş modelin geçmiş bilgileri üretebilmesi ve model yapısının doğruluğunun gerçekleşmesi üzerine bir çok çalışmalar ve tartışmalar yapılmış olmasına rağmen elle tutulur bir sonuç elde edilebilmiş değildir [2].

Modelin geçmiş bilgileri üretebilmesi - modelin denenmesi-model sonuçları ile gerçekleşmiş olaylara ait bilgilerin mukayese edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Öte yandan modelin yapısının tutarlılığının ve doğruluğunun sağlanması modelin gerçekleşmesi olarak tanımlanmaktadır. Geliştirilen modelin girdilerinin değişimi modelin işleyeceği zaman sınırları içinde geçerli ise kısa vadeli tahminler ve projeksiyonlar için kullanılmasında modelin denenmesi oldukça önemli olmaktadır. Uzun vadeli modellerde veya model girdilerinin değişmesinin yalnızca geçmiş bilgilere dayandırılmayacağı durumlarda, model yapısının doğruluğunun sağlanmasının -modelin gerçekleşmesinin- daha fazla önem taşıdığını söylemek mümkündür. Örneğin, enerji talebini tahmin edebilmek için, enerji talebi ile zaman ve GSMH arasında ayrı ayrı en küçük kareler yöntemi kullanılarak ilişki saptanmak istendiğinde, hem zamana bağlı ilişki hemde GSMH'ya bağlı ilişki gerçekleşmiş bilgilere yaklaşılabılır. Ancak modelin gerçekleşmesine yönelik bir analizde enerji talebi ile GSMH arasındaki ilişki, gerçekleşmiş bilgilere tam olarak yaklaşamasa bile, GSMH'nın daha anlamlı bir değişken olması nedeni ile, daha iyi bir model olarak kabul edilmektedir. Yukarıda verilen örneği geliştirmek mümkündür. Enerji talebini tahmin etmek için iki model geliştirilirse, bu modellerden ilki ekonometrik bir model olsa ve enerji fiyatlarına, nüfusa ve GSMH'ya bağımlı olarak enerji fiyatları saptansa ikinci model ise enerji sisteminin yapısını dikkate alarak ve aynı değişkenleri içeren bir model olsa, sürekli olarak enerji fiyatlarının düştüğü bir sistemde ekonometrik model iyi sonuçlar verebilir. Ancak bu sonuç aldatıcı olabilir ve enerji fiyatlarının sürekli azalması yerine artma veya değişmeler göstermesi veya enerji sisteminde oluşacak yapısal değişiklikler ekonometrik model ile yapılan enerji talebi tahmini sonuçlarının yanlış olmasına neden olabilir. Bu nedenle sistem yapısının incelenmesine dayanan modeller ve modelin yapısının ve tutarlılığının sağlanması diğer bir deyişle modelin gerçekleşmesi modelin denenmesinden daha önemli olmaktadır.

Yukarıda açıklanmış türde olan modeller sistemin bazı değişkenlerinin gelecekte alacağı durumu tahmin etmeye yarayan modellerdir. Sistem değişkenlerinin veya parametrelerinin gelecekte alacağı durumu tahmin etmek çok gerekli olduğu kadar, gelecekteki belirsizlikler nedeni ile de, zordur. Bu tür modellerin yanı sıra geliştirilen normatif ve tanımsal modeller de

enerji sisteminde politika belirleme ve karar alma sorunlarına ışık tutmada oldukça önemlidir. Normatif modeller olayların nasıl gelişeceğini belirlemekten ziyade, belirlenmiş bir hedefe yönelik olarak olayların nasıl olması gerektiğini saptamağa yöneliktir. Tahmin modellerinde genellikle benzetim tekniklerine ağırlık verilirken normatif modellerde eniyileme tekniklerine ağırlık verilmektedir. Bazı durumlarda modeli kurulan sistem daha iyi duruma saptanmış bazı kurallar ile yönlendirilmektedir. Bu tür modeller normatif modelden ziyade tanımsal modeller olarak nitelendirilmektedir. Tanımsal modeller normatif türdeki modeller ile çok yakından ilişki içindedir. Tanımsal modeller, kullanılan bazı dış ve genel girdiler hakkında daha ayrıntılı bilgi edinmek amacı ile geliştirilmektedir. Bunun ötesinde tanımsal modeller, rafineri gibi teknolojik sistemlerin yapılarını ve su, hava kirleticilerin çevre üzerindeki etkilerini analiz etmek üzere de geliştirilmektedir.

Özetle enerji sistemine yönelik geliştirilen veri bazı ve modeller, karar almayı kolaylaştırıcı ve geliştirici derlenmiş ve işlenmiş bilgi üretme amacı ile kullanılmaktadır. Kullanılan modeller ve analizler normatif, tanımsal veya tahmin modelleri veya bu türlerin birleştirilmesi şeklinde olabilmektedir. Geliştirilen modeller normatif, tanımsal veya tahmin modellerinin hangisi olursa olsun, modellerin kendi içinde tutarlılığının ve yapısının gerçekleşmesi önemli olmaktadır. Belirli bir politikanın saptanmasına yönelik olarak geliştirilen modelin kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde modelin kapsamı ayrıntıların düzeyi, teknik, ekonomik ve çevresel ilişkilerin ele alınış biçimi önemli olmaktadır. Modelin hassasiyetinin gerçekleşmiş bilgileri üretebilmesi açısından denenmesi daha fazla tanımsal modellere ait bir sorun olmaktadır.

Modelin denenmesi,

- i) Sistemi etkileyen bir etkene karşı sistemin cevabının yönünü tayin etmesi,
- ii) Sistemi etkileyen etkinin büyüklüğüne göreli olarak sistemin cevabının büyüklüğünü tayin etmesi,
- iii) Sistemin cevabının mutlak büyüklüğünü tayin etmesi,

aşamalarını içermektedir [2]. Modelin denenmesinin üçüncü aşamasını gerçekleştirebilmek oldukça zordur ve genellikle aranmayan

bir koşuldur. Ancak bu durumda sistemi etkileyen faktörlerin ve sistemin cevabının saptanmasının büyüklüğünü belirtmek gerekmektedir. Sistemin denenmesinin ikinci aşaması alternatif politikaların belirlenmesi ve bu politikaların arasından seçim yapılabilmesi açısından önemli olmaktadır.

1.3. ENERJİ MODELLERİNİN KAPSAM DÜZEYİ

Enerji sistemi modelleri bir çok enerji planlaması ve enerji politikası belirleme faaliyetine yönelik olarak geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Model geliştirme faaliyetlerinin kapsamları ve her duruma yönelik ihtiyaçları gözden geçirildiğinde, enerji konusunda neden bir çok modelin geliştirildiği anlaşılmaktadır.

Enerji modelleri çeşitlerine ve planlama düzeylerine göre uygun bir sınıflandırmaya sokulmuşlardır [3]. Bu sınıflandırma,

- i) Politika planlaması,
- ii) Stratejik planlama,
- iii) Taktik veya operasyonel planlama,

şeklinde üç düzey planlamayı içermektedir. Politika planlaması uzun ve orta vadedeki hedefleri kapsamaktadır. Politika planlamasında teknolojik sorunlar hedeflere ulaşmada bir kısıt teşkil etmediği sürece dikkate alınmamaktadır. Stratejik planlama, saptanmış uzun ve orta vadedeki hedefleri gerçekleştirebilmek için alternatif yolların geliştirilmesini kapsar ve genellikle alternatif stratejilerin sıralanmasına ve değerlendirilmesine yönelik kriterleri geliştirir. Taktik veya operasyonel planlama ise saptanmış bir stratejinin uygulanmasındaki aşamaların belirlenmesini kapsamaktadır.

Enerji sistemi modelleri her düzeydeki planlama faaliyetinin oluşturulmasına katkı vermektedir. Bu planlama faaliyetleri arasında sıkı bir etkileşim vardır ve her çeşit planlama faaliyeti için kullanılan modeller farklılıklar göstermektedir. Politika planlaması ve stratejik planlama, çevre faktörleri, teknolojik tercihleri ve sanayinin ihtiyacını yansıtabilmelidir. Öte yandan araştırma geliştirme faaliyetleri ve endüstriyel

faaliyet de stratejik planlamadan elde edilen ulusal hedeflere yönelik olmalıdır. Her düzeydeki planlama faaliyeti arasında da doğal bir bilgi akışı gerçekleştirilebilmelidir. Bu özellikleri içeren bir çok model bir çok ülkede geliştirilmektedir [4]. Bunun yanında model ve bilgi geliştirme çabaları, enerji sistem modellerinin, makroekonomi ve çevre modelleri ile birleştirilmelerini, ekonomik kalkınmanın ve sosyal hedeflerin çevre politikasına, enerji emmiyetine ve gelecekteki enerji pazarına yansımalarını da içermektedir.

Enerji sektörünün stratejik planlamasının hiyerarsik bir düzen içinde, bireyin davranışını, enerji sisteminin teknik yapısını, ekonomiyi ve sosyal hayatı kapsayacak şekilde düşünmekte fayda bulunmaktadır. Enerji planlaması ve analizi tarihsel gelişmesi içinde de, enerji talebini tahmin etmeye yönelik olarak bireyin davranışı tahmin etmeye çalışmıştır. Bu enerji talebi ise enerji sisteminin teknik yapısı içinde karşılanmaya çalışılmıştır. Bu kısıtlı bakış açısı, enerji sisteminin ve enerji talebinin çevresel faktörlerle sınırlandırılmadığı ve enerji fiyatlarının ve bulunabilirliğinin değişmediği zamana kadar geçerliliğini korumuştur. Son yıllardaki enerji fiyatlarının ve bulunabilirliğinin değiştiği bir ortamda dikkatler stratejik planlamanın üst hiyerarsisine, diğer bir deyişle ekonomiye, sosyal faktörlere enerji sisteminin teknik yapısını da kapsayacak şekilde, çevrilmiştir. Bireylerin enerji talebini etkilemesinin yanı sıra, çevre koşulları ve enerji fiyatı ile ilgili olarak alınacak sosyal ve ekonomik kararların da enerji sisteminin teknik yapısını etkilediği anlaşılmıştır.

1.4. ENERJİ SORUNUNA MODELLEME YAKLAŞIMLARI

Enerji modellerinin boyutları, basit matematiksel deyimlerden, çözümü için teferruatlı bilgisayar tekniklerinin kullanılmasını gerektiren karmaşık modellere kadar uzanmaktadır. Geliştirilen bu modeller, kullanılan metodoloji, kapsadığı coğrafik alan ve konularına göre karakterize edilebilmektedir. Kullanılan modeller genellikle dört sınıfa ayrılmaktadır [3]. Bu sınıflar ,

- . Sektörel modeller
- . Endüstri pazar modelleri
- . Enerji sistem modelleri
- . Enerji ekonomi modelleri

olarak adlandırılmaktadır. Sektörel modeller belirli bir yakıtın arzını veya talebini incelemektedir. Pazar modelleri belirli bir yakıtın veya ilgili başka bir yakıtın hem arzını hem de talebini kapsamaktadır. Enerji sistemi modelleri her tür enerji kaynağının arz ve talep ilişkilerini kapsamaktadır. Enerji ekonomi modelleri ise enerji sistemi ile tüm ekonomi arasındaki ilişkileri içermektedir. Çevresel etkenler yukarıda belirlenmiş olan her sınıf içinde incelenebilmektedir. Enerji modellemesinde kullanılan metodolojiler her sınıf için farklılıklar göstermektedir. Ekonometrik modeller her sınıf model içinde kullanılmaktaysa da genellikle herhangi bir yakıtın veya elektriğin talebinin, fiyatın, gelirin vb. fonksiyonu olarak hesap edilmesinde kullanılmaktadır. Bu teknik daha sık olarak da enerji sistem modellerinin veya pazar modellerinin proses analizi ile birlikte kullanılmaktadır. Proses analizi yaklaşımı enerjinin arzında, çevriminde ve kullanımında kullanılan teknolojilerin özelliklerinin belirlenmesi için kullanılmaktadır. Matematiksel programlama ise yoğunlukla teknolojik proseslerin yapılarının belirlenmesinde ve analizinde ve enerji-ekonomi modellerinde ekonometrik ve girdi-çıktı modelleri ile birlikte kullanılmaktadır [4,5]. Sistem dinamiği enerji sistemi sektörlerine (kömür) ve global analizler için kullanılmıştır [6,7]. Oyun teorisi teknikleri ise ülkeler arasında, enerjiye yönelik alternatiflerin bulunduğu durumlar için kullanılma çalışmaları yapılmaktadır [2].

Yukarıda verilmiş olan her sınıfta bir çok model geliştirilmiştir. Geliştirilen modellerden bazı tipik örnekler Tablo 1.1'de verilmektedir. Bu bölümün alt bölümlerinde her sınıf içinde geliştirilen modellerin genel özellikleri verilecek bir sonraki bölümde ise geliştirilmiş bazı modellerin açıklamaları yer alacaktır.

Tablo 1.1. Geliştirilmiş Bazı Enerji Modelleri

MODEL	METOD	UYGULAMA
Sektörel Modeller :		
. EDM [8]	Olursa-Ne olur (what-If)	Kuzey Irlanda için, her türde ve sektörel enerji tahmini.
. ESM [9]	Aktivite Analizi	Avrupa ülkeleri enerji arzı tahmini.
Endüstri Pazar Modelleri :		
. AVOY-PINDYCK [10]	Ekonometrik	Doğal Gaz arz ve talep dengesi
. DEBANNE [11]	Eniyileme	Kuzey Amerika için boru hattı belirlenmesi.
. BAUGHMAN-JOSKOW [12]	Ekonometrik	Elektrik arzının ve tale- binin belirlenmesi.
. NAILL-MEADOWS [6]	Sistem dinamiği	A.B.D.Kömür arz ve talebi- nin belirlenmesi.
Enerji Sistemi Modelleri :		
. BESOM [13]	Doğrusal Eniyileme	A.B.D. Araştırma+Geliştir- me politikası için enerji teknolojilerinin değerklen- dirilmesi.
. EFOM [14]	Doğrusal Eniyileme	Fransa için enerji senar- yolarının belirlenmesi.
. MARKAL [15]	Doğrusal Eniyileme	Yeni ve tasarrufa dönük enerji teknolojilerinin değerlendirilmesi.
. ÖZKAYA [48]	Doğrusal Eniyileme	Yeni ve tasarrufa dönük enerji teknolojilerinin değerlendirilmesi.

Tablo 1.1. Geliştirilmiş Bazı Enerji Modelleri (Devam)

MODEL	METOD	UYGULAMA
. MESSAGE [16]	Doğrusal Eniyileme	Enerji arzı ve değişiminin belirlenmesi.
. BÜTEM [17]	Karmaşık tam sayılı Eniyileme	Enerji yatırımları planlanması ve enerji kaynaklarının verimli kullanılması.
Enerji-Ekonomi Modelleri :		
- Birleşik Modeller :		
. ETA-MACRO [18]	Doğrusal olmayan Eniyileme-Ekonometrik	A.B.D.için Nükleer ve alternatif enerji sistemleri belirleme çalışması.
. PILOT [19]	Dinamik doğrusal Eniyileme	A.B.D.için enerji ve ekonomik büyüme ilişkisinin incelenmesi.
. SRI [20]	Proses gösterimi-Ekonometrik	A.B.D.için sentetik yakıtlar stratejisinin analizi.
. HUDSEN JORGENSON [21]	Ekonometrik	A.B.D.için uzun vadeli enerji ve ekonomik büyüme analizi ve enerji vergisi politikası.
. ESPM [22]	Aritmetik Hesaplama	Enerji arzının planlanması için kapital, endüstriyel işgücü ve malzeme ihtiyacının hesaplanması. A.B.D. Peru, Mısır, Endonezya için uygulanmıştır.
. PIES [23]	Proses gösterimi. Doğrusal eniyileme.Ekonometrik.	A.B.D. ulusal enerji planı için alternatif stratejilerin analizi.

Tablo 1.1. Geliştirilmiş Bazı Enerji Modelleri (Devam)

MODEL	METOD	UYGULAMA
- Model Takımları :		
. DRI-BROOKHAVEN [24] (Hudson-Jergenson ve BESOM Modellerinin incelenmesi)	Doğrusal Eniyileme Ekonometrik	A.B.D.de alternatif enerji stratejilerinin ekonomiyeye etkilerinin incelenmesi.
. CEC [25] (Makroekonomik büyüme, enerji talebi, girdi-cıktı enerji arz modellerinin birleştirilmesi)	Doğrusal Eniyileme Ekonometrik	Enerji sistemi çalışmaları için Avrupa ülkelerince uygulanmaktadır.
. IIASA* [26] (Makroekonomi enerji talebi, enerji arzı enerji etki modellerinin birleştirilmesi)	Doğrusal Eniyileme Ekonometrik	Dünyanın yedi bölgesine enerji-ekonomi büyüme çalışmaları için uygulanmaktadır. Enerji stratejilerinin etkisi incelenmektedir.

* IIASA-International Institute for Applied System Analysis.

1.4.1. Sektörel Modeller

Bu sınıftaki enerji modelleri, enerjinin elde edilmesini çevrimini, iletimini ve kullanımını içeren, talep modellerini, kaynak modellerini ve teknolojik modelleri kapsamaktadır. Tüketicilerin, enerji fiyatlarına bağımlı olarak, yakıt türlerini değiştirmesi veya enerji tasarrufuna yönelmesi açısından

enerji talebine yönelik analizler oldukça önemli olmaktadır. Bu tür analizler için kullanılan modeller genellikle, enerji talebi ile fiyat, gelir ve diğer faktörler arasında ilişki arayan ekonometrik teknikler olmaktadır. Bu tür uygulamalardaki temel sorun kullanılan bilgilerin, enerji fiyatlarının sürekli olarak düştüğü döneme ait olmasıdır. Enerji fiyatlarının geçmişteki fiyatların bile üzerine çıkarak gittikçe artması ve dalgalanması bu modellerin geçerliliği hakkında sorular yaratmaktadır. Son zamanlarda oluşan enerji fiyatlarındaki değişikliklere karşı sistemin tepkisini ölçecek kadar zaman geçmemiş ve bilgi oluşmamıştır. Bu nedenle ekonometrik modellerin kullanılmasında dikkatli davranıldığı söylenebilir. Öte yandan olursa-ne olur (what-if) türü ve aktivite analizi türü modeller geliştirilmektedir [8,9].

Enerji talep tahminlerindeki diğer bir sorun da enerji talebine yönelik bilgilerin ayrıntı düzeyidir. Genellikle enerji tüketimine yönelik bilgiler mekan ısıtması, otomobillerde benzin tüketimi vb. ayrıntı düzeyde olmamaktadır. Bu kısıt enerji türlerindeki tahminlerde ve buna bağlı olarak yapılabilecek tahminlerde sorunlar yaratmaktadır. Elektrik talep modellerinde kullanılan talep tahmin modellerinin ayrıntılı incelemeleri literatürde yer almaktadır [27].

Kaynak geliştirmeye yönelik olarak kurulan modellerin hiçbirisi fiziksel olarak kaynak belirleyecek yöntemlerin yerini alamamaktadır. Ancak fiyata bağımlı olarak enerji arzındaki gelişmeleri tahmin edebilecek modeller geliştirilmiştir [28].

1.4.2. Endüstri Pazar Modelleri

1960'larda geliştirilen enerji modelleri, elektrik, petrol veya doğal gaz gibi tek bir enerji formunun veya yakıtın arz ve talebi üzerine odaklanmıştır. Petrolün ve petrol ürünlerinin, petrol kuyularından rafinerilere ve tüketim merkezlerine en iyi bir biçimde dağıtımının yapılabilmesi için gelişmiş ülkelerdeki petrol şirketleri bu amaca yönelik bir çok modelin yanında rafineri işletmeciliğine yönelik modeller de geliştirmişlerdir. Bu tür modeller arasında yapılan çalışmalar arasında elektrik santrallerinin kurulması, genişletilmesi ve işletilmesine yönelik

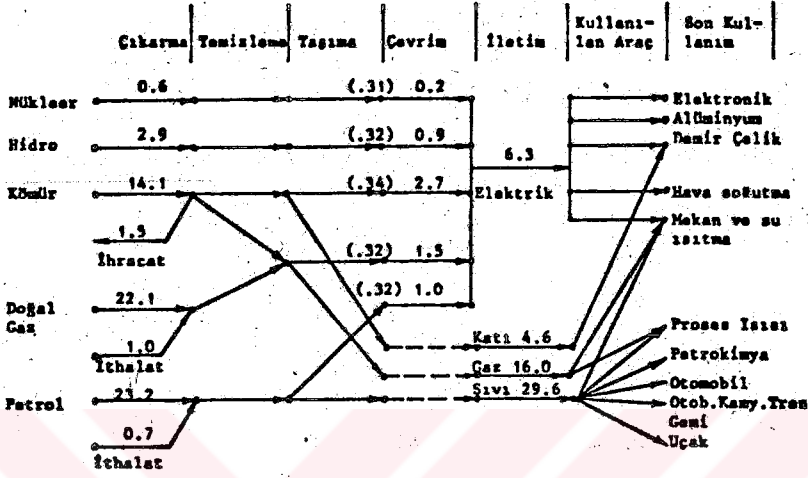
modeller de yer almaktadır. Elektrik santrallarının geliştirilmesine yönelik modeller, santralların ne zaman açılması ve hangi tür enerji kullanması gerektiğini, belirli bir plan döneminde oluşacak elektrik talebini karşılayacak ve yatırım, yakıt ve işletme maliyetinin indirgenmiş toplamını en az yapacak şekilde saptamaktadır.

Bu tür modellerin hepsinde, tahmin edilen ve oluşacağı kabul edilen enerji taleplerini karşılayacak enerji arz sistemi işlenmektedir. Enerji talebi bu modellere bir dış değişken olarak girmekte ve bir önceki bölümde belirtilen ekonometrik yöntemlerle saptanmaktadır. Bu tür modellere yapılan eleştiri ise modellerin ele aldıkları yakıt türünü enerji sisteminden ve ekonomiden bağımsız olarak değerlendirmeleridir. Çünkü belirli bir ihtiyaç için oluşan enerji talebini, ısınmada, endüstriyel tüketimde ve ulaşımda olduğu gibi, birden fazla enerji türü veya yakıt ile karşılamak mümkün olabilmektedir. Bu durumda bu tür modeller, enerji fiyatlarını, teknolojik değişmeyi ve çevre faktörlerini dikkate alarak enerji türleri arasındaki ikameyi içerebilmektedir.

1.4.3. Enerji Sistem Modelleri

Bir önceki bölümde belirtilen modellere yapılan eleştiriler sonucunda 1970'li yıllardan itibaren, değişik enerji kaynaklarını, çevrimleri ve tüketim alanlarını kapsayan enerji sistem modelleri geliştirilmiştir. Bu tür modellerde kullanılmak üzere şekil 1.1'de verilen enerji akış şeması oluşturulmuştur.

Şekil 1.1.de görülen enerji akış şeması, enerji sisteminin statik bir yapısını vermekte ve bu yapıya dayalı olarak enerji kaynaklarının son kullanımına kadar akışı, zamanın herhangi bir anı için, hesap edilebilmektedir. Bir çok enerji sistemi modelleri bu şemaya dayalı olarak yapılmaktadır. Kömür, petrol, gaz, nükleer, güneş gibi enerji kaynaklarının sanayi, ulaştırma, tarım, konut gibi sektörlerle akışı, bu tüketim sektörlerinde kabul edilmiş tüketim tahminlerinin karşılama seçenekleri, birincil enerji türleri, çevrim kapasiteleri dikkate alınarak hesap edilebilmekte ve değerlendirilebilmektedir.



Şekil 1.1. Genel Enerji Akış Şeması

Enerji akış ağına dayalı olarak geliştirilen bu tür modellerin yanı sıra, yine enerji sistemini bir bütün olarak ele alan eniyileme modelleri de geliştirilmiştir [13,14,15,16,17]. Bu tür modeller enerji kaynaklarının ve çevrim teknolojilerinin son kullanım alanlarına dağıtılmasını, enerji akış ağına dayalı olarak gerçekleştirecek şekilde tasarlanmıştır. Bu modeller ya yalnızca bir yıl için geçerli, maliyeti enazlayan statik modeller olmakta ya da yarı dinamik olup, bir plan periyodunda oluşacak maliyetlerin şimdiki değerini enerji arzı ve talep kısıtları altında enazlamaktadır.

Belirtilen enerji akış hesabı ve eniyileme model türlerinin her ikisinde de enerji sisteminin teknik yapısı bütün ayrıntıları i ele alınmaktaysa da enerji talebi her iki tür için yine ş değişken olarak modele girmektedir. Enerji talebinin sabit bir değer olarak modele girmesi nedeni ile, bu modeller, enerji fiyatlarındaki büyük değişikliklerin veya bu fiyat değişikliği nedeni ile GSMH da olabilecek değişikliklerin yol açacağı enerji talep değişikliklerini içerebilmektedir. Bu durumun düzeltililebilmesi için de enerji sisteminin tüm ekonomi ile ilişkisini kurabilen modellerin geliştirilmesi zorunlu olmaktadır.

1.4.4. Enerji Ekonomi Modelleri

1973 yılından itibaren başlayan enerji fiyatlarındaki değişmelerden önce enerji sistemi ile ekonomi arasındaki ilişki tek yönlüydü. Bu yön ekonomiden enerji sistemine enerji talebi olarak yansımaktadır. Ekonomik gelişmenin ortaya çıkardığı bu enerji talebi ise denklem 1.1. de verilen Cobb-Douglas tipi bir fonksiyonla ifade edilmektedir.

$$E = b_0 Y^{b_1} P^{b_2} \quad (1.1)$$

Denklem (1.1)'de,

- E - Enerji talebi
- Y - Gayri safi milli hasıla (GSMH)
- P - Enerji fiyatı
- b_1 - Talebin gelir esnekliği
- b_2 - Talebin fiyat esnekliği
- b_0 - Sabit

olarak tanımlanmaktadır. Enerji ekonomi ilişkisinde b_1 ve b_2 esneklik rakamları oldukça önemli olmaktadır. Talebin gelir esnekliği b_1 GSMH'nin enerji talebi üzerindeki etkisini ölçmekte ve bu değer enerji talebinin ve GSMH'nin yıllık büyümesinin oranına, enerji fiyatlarının kararlı olduğu durumlarda, eşit olmaktadır. Son yirmi yılda çoğu gelişmiş ülkelerde bu oran bire eşit olmakta ve enerji talebinin büyümesi ile GSMH'nin büyümesi eşit olmaktadır [29,30]. Öte yandan gelişmekte olan ülkelerde ise enerji talebi GSMH'dan daha hızlı büyümekte ve talebin gelir esnekliği 1.3 ile 1.6 arasında değişmektedir [31]. Bu durum gelişmekte olan ülkelerdeki endüstriyel kalkınmanın tarımsal gelişmeye oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

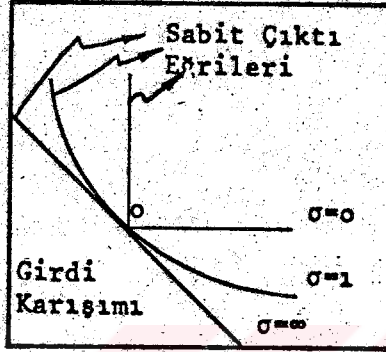
Talebin fiyat esnekliği, b_2 , enerji fiyatındaki değişmelerin enerji talebi üzerindeki etkisini, gelirin kararlı olduğu durumlarda, ölçmektedir. Bu oran yaklaşık olarak yıllık enerji talebi artışının enerji fiyatlarına oranı olmakta ve hem gelişmiş hemde gelişmekte olan ülkelerde 0.1 ile 0.7 arasında değerler almaktadır [31,32].

Gelişmiş ülkeler için yapılan çalışmalarda b_1 oranından pek söz edilmemektedir. Çünkü bu oran gelişmiş ülkeler için bir değeri almaktadır. Denklem (1.1)'de verilen bağıntının temel özelliği GSMH ile enerji fiyatını iki bağımsız değişken olarak ele almasıdır. Bu varsayım 1973 yılına kadar geçerliliğini korumakta idi çünkü enerji fiyatları çok küçük miktarlarda değişiyordu ve enerji sektörü GSMH'nin küçük bir oranını teşkil ediyordu. 1973 yılından sonra durum değişmiş ve GSMH ve enerji fiyatları artık bağımlı iki değişken haline dönüşmüştür. Enerji fiyatlarındaki büyük artışlar GSMH'nin azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle denklem (1.1)'in enerji sektöründen ekonomiye geribildirim verecek şekilde değişmesi gerekmektedir. Enerji sektörü ile ekonomi arasındaki bu ilişki ikame esnekliği kavramı ile açıklanabilmektedir.

Genel olarak ekonomi iki girdi ile açıklanabilmektedir. Bu girdilerden birincisi enerji (E) ikincisi ise (R) girdilerdir. E ve R'nin verilen değerleri için ekonomi Y çıktısını üretebilir. Ancak Y çıktısı üretilirken E ve R arasındaki ilişki sabit değildir. Aynı Y çıkıntısı değişik E ve R girdileri ile elde edilebilmektedir. Bu durumda enerji kullanımında yapılabilecek azaltmalar, diğer girdiler tarafından ikame edildiği takdirde, Y çıktı değerini etkilememektedir. Bu özellik ekonomistler tarafından ikame esnekliği (σ) olarak adlandırılmaktadır. Bu parametre enerjinin yerine ikame edilebilecek diğer girdilerin ikame edilebilme kolaylığını veya zorluğunu göstermektedir. Şekil 1.2'de çizilen sabit çıktı eğrileri dikkate alındığında, sonsuz esnekliği olan eğri için, her enerji girdisinin diğer girdilerle ikame edilebileceği görülmektedir. Bu durumda ekonominin enerjinin tümüyle diğer girdilerle çalışması düşünülebilir ki bu gerçekçi değildir. İkame esnekliğinin sıfır olduğu durumda enerji ve diğer girdiler arasında hiç bir ikame söz konusu değildir ve enerji girdisinin ve diğer girdilerin toplam çıktı Y'ye oranı değişmez sabit bir değer olmaktadır. İkame esnekliğinin bir olduğu durumda ise enerji girdileri ile diğer girdiler öyle ayarlanabilmektedir ki enerji girdisinin eniyi değerinin çıktı değeri Y'ye oranı sabit kalmaktadır [33,34,35].

İkame esnekliğinin (σ) enerji ekonomi ilişkilerindeki önemli enerji girdisinin toplamı çıktıya oranı (s) ile, denklem 1.2'de olduğu gibi, ifade edilmektedir.

Diğer
Girdiler
(R)



Enerji Girdileri
(E)

Şekil 1.2. İkame Esnekliği Kavramı [36]

$$s = \frac{PE}{Y} = a^{\sigma} (P)^{1-\sigma} \quad (1.2)$$

Burada,

S = Enerji girdisinin toplam çıktıya oranı

P = Enerji fiyatı

E = Enerji talebi

Y = Ekonominin toplam çıktısı

a = Sabit

σ = İkame esnekliği

olarak tamamlanmaktadır [34]. Bu denklemin anlamı (s) oranını enerji fiyatının bir fonksiyonu olduğunu belirtmesidir. İkame esnekliği bir olduğunda ($\sigma=1$), (s) oranı enerji fiyatından bağımsız olmakta, diğer bir deyişle enerji fiyatının değişmesi enerji girdisinin toplam çıktıya oranını etkilememektedir. Bu durumda enerjinin az olması toplam çıktı Y'yi etkilememektedir. İkame esnekliğinin birden küçük fakat bire yakın olduğu durumda fiyatın toplam çıktı değerine etkisi başlamakta ve ikame esnekliğinin küçük değerlerinde toplam çıktı Y fiyata çok bağımlı olmaktadır. Bu durumda küçük fiyat oynamaları GSMH'da

büyük düşüslere neden olmaktadır. Bu yaklaşımda sorun o değe-
rinin gelecekte ne değer alacağını tahmin etmek olmaktadır.
Bazı araştırmacılar enerji ile ekonomi ilişkisinin talebin fi-
yat esnekliği ile ele alınmasının daha kolay bir yaklaşım oldu-
ğunu savunmaktadırlar [37,32].

Genellikle enerji-ekonomi modelleri birden fazla modelden
oluşmaktadır. Bu modeller

- . Büyüme modeli - makroekonomik model,
- . Girdi-çıkıtı modeli - arz modeli,
- . Tüketim modeli,
- . Enerji talep modeli,
- . Enerji arz modelidir.

Büyüme modeli, diğer modelleri bir araya getiren ve sistemin
şimdiki ve gelecekteki durumunu ilişkilendiren model olmaktadır.
Girdi-çıkıtı modeli, ekonominin değişik sektörlerindeki değer
akışlarını ve bunların denge durumlarının hesabını tutan model
olmaktadır. Bu model, mal ve hizmetlerde verilen talebi, iç ve
dış pazarları tatmin edecek şekilde, ekonominin her sektörün-
deki çıktı değerlerini belirtmektedir. Tüketicilerin tüketim
eğilimlerini belirleyen tüketim modeli toplam talebi girdi-çık-
tı modelinin ekonomik sektörlerine uygun olarak ayrıştırmakta-
dır. Her sektörün çıktısına olan talebi de görelî fiyat ve ge-
lîre ilişkilendirmektedir. Enerji talep modeli, her mal için
gerekli enerji talebini, enerji fiyatı, teknik değişkenler gibi
ekonomik göstergelere ilişkilendirmektedir. Enerji arz modeli
ise, enerji arz sisteminin yapısını bir veya birden fazla eko-
nomik hedeflerle ilişkisini kurmaktadır. Bu modeller aracılığı
ile enerji sektörünün girdi ihtiyaçları belirlenmekte ve büyü-
me modeline girdi teşkil etmektedir.

Enerji-ekonomi modellerinin ayrı modeller halinde gelişt-
tirilmesi bu modellerin özelliklerinin belirlenmesinde faydalı
olmaktadır. Modelin büyüklüğü girdi-çıkıtı modelinde ele alı-
nan ekonomik sektörlerin sayısına bağımlı olmaktadır. Bazı mo-
dellerde ise yalnızca iki sektör ele alınmaktadır. Bu sektörler
enerji üreten ve enerji tüketen sektörler olmaktadır. Bunun ya-
nında iki yüz sektörü içeren modeller de bulunmaktadır. İkame
esnekliğinin işleniş biçimi ise daha önce belirtildiği gibi iki
şekilde ele alınmaktadır. Bunlardan birincisi yakıtlar arası

ikame olmaktadır. Yakıtlar arasındaki ikame ya son kullanımdaki yakıtlar arasındaki ikame olabilmekte ve enerji talep modellerinde ele alınmakta veya birincil enerji kaynakları arasındaki ikame olabilmekte ve enerji arz modellerinde ele alınmaktadır. İkame esnekliğinin ikinci şekilde ele alınması faktör ikamesi olarak adlandırılmaktadır. Faktör ikamesi ekonomiye girdi teşkil eden enerji ile kapital, işgücü gibi diğer girdiler arasındaki ikame olmaktadır. Faktör ikamesi ise ya tüketim modellerinde ya da girdi çıktı modellerinde ele alınmaktadır.

Yakıtlar arası ikamede ve faktör ikamesinde dört yaklaşım kullanılabilir. Birinci yaklaşımda hiç ikame olmayacağı varsayılmakta ve $\sigma=0$ alınmaktadır. İkinci yaklaşımda ise ikame bir dış değişken olarak değerlendirilmektedir. Üçüncüsü ise ekonometrik bir yaklaşım olmakta ve ikame parametreleri, göreceli fiyatlar kullanılarak ekonometrik olarak belirlenmektedir. Dördüncü yaklaşımda ikame mühendislik analizleri ile yapılmaktadır. Geliştirilen modellerde çoğunlukla son iki yaklaşım kullanılmaktadır.

Geliştirilen enerji ekonomi modellerinin bir çoğu ise dinamik modeller olmaktadır. Çünkü ekonomik sürecin, kendisi dinamik özelliğe sahiptir. Geliştirilen modellerin tümünde dış değişkenler bulunmakta ve bu değişkenler modelin itici parametreleri olmaktadır. Bu parametreler ise genellikle nüfus, iş gücü, enerji dışı kaynaklar vb. olarak alınmaktadır.

1.5. ENERJİ SORUNUNA YÖNELİK BAZI MODELLERİN İNCELENMESİ

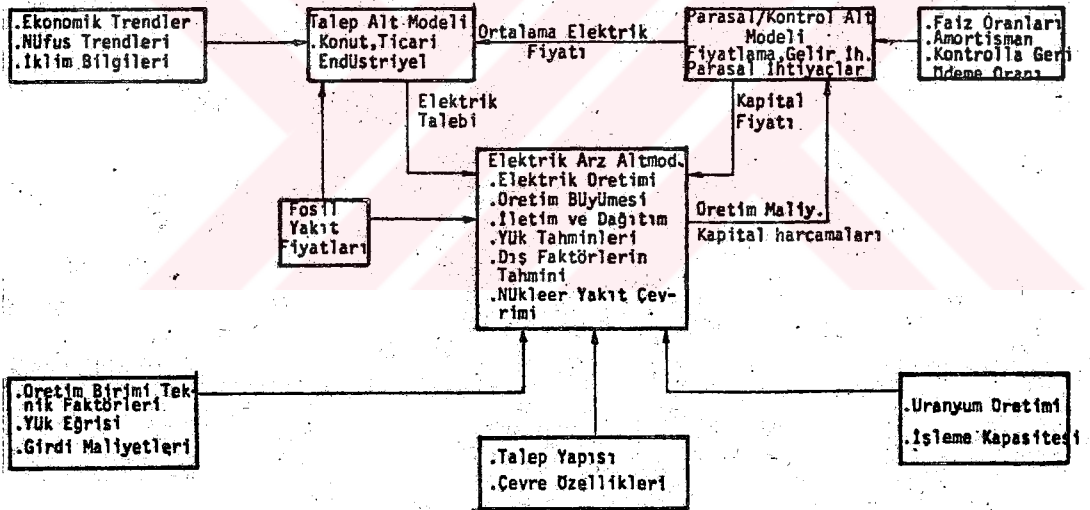
Değişik amaçlara yönelik olarak geliştirilmiş modellerin hepsini böyle bir çalışma içinde vermek mümkün olmayacağı için Tablo 1.1.'de yer alan modellerden bazıları bu bölüm içinde ana hatları ile özetlenmeye çalışılacaktır.

i) Baughman - Jaskow Modeli [12]

Baughman-Jaskow modeli diğer adı ile REM modeli (REM-Regionalized Electricity Model) endüstri pazar modeli sınıfına giren modellerden biridir. Model, halen kullanımda olan teknolojinin varlığında elektrik üreticilerini, tüketicilerini ve

konu ile ilgili teçhizat üreticilerini etkileyen politika kararlarını analiz etmek üzere kurulmuştur. Tepe yük fiyatlaması tevsii ve ilgili maliyetler de modelin kapsamına girmektedir. Model, eşzamanlı olarak, arz ve talebin fiyatlandırılmasını, kurulan ekonomik, parasal ve ekonometrik modellerin birleştirilmesi ile ele almaktadır.

REM modeli üç alt modelden oluşmaktadır. Bu modeller arz, talep ve parasal/kontrol alt modelleridir. Şekil 1.3'de modelin ana hatları verilmektedir. Ekonometrik talep modeli, bölgesel elektrik taleplerini, endüstriyel, konut ve ticari sektörlerin elektrik fiyatlarının ve alternatif yakıtların bir fonksiyonu olarak ele almakta ve tahmin yapmaktadır. Arz alt modeli, elektrik sistemindeki işletme ve geliştirme ile ilgili mühendislik işlerini ve alternatiflerini de kapsamaktadır.



Şekil 1.3. Baughman-Jaskow Modelinin Ana Hatları

Kapasite büyüme kararları tek dönemde, ağırlıklı hareketli ortalama yöntemi kullanılarak yapılan elektrik talep tahminlerini karşılayacak şekilde, yıllık maliyetlerin enazlanması ile alınmaktadır. Parasal/Kontrol alt modeli, elektrik endüstrisinin yatırım kapitalini nasıl arttırdığının benzetimini yapmakta ve devletin fiyat politikasını da dikkate alarak elektrik fiyatlarını ayarlamaktadır. Bu alt model, işletme ve

kapasite arttırmaya yönelik oluşan marjinal maliyetlerden farklı bir fiyatın saptanmasına olanak tanımaktadır.

ii) BÜTEM Modeli [17]

BÜTEM Modeli (Boğaziçi Üniversitesi Türkiye Enerji Modeli) enerji sistem modelleri sınıfına girmektedir. Model maliyeti (ve enerji girdisini) enazlayacak ve plan dönemi için saptanmış enerji talebini karşılayacak şekilde yeni ve tevsii yatırım kararlarını belirlemektedir. Model 2000 yılına kadar olan bir süreyi planlama süresi olarak almaktadır. Model birincil enerji kaynakları olarak linyit, kömür, petrol, doğal gaz, nükleer yakıt, turba kömürü, bitümlü şis, asfaltit, gayri ticari yakıt, hidrolik, jeotermik, güneş, rüzgar kaynaklarını almıştır. Enerji çevrimi olarak yakıt çıkarma, rafinasyon, enerji nakli, birincil çevrim, ikincil çevrim, kullanıcı çevrimi alınmaktadır. Elektrik sektörü ayrı bir sektör olarak ele alınmış ve kömür, linyit, hidrolik, nükleer, yakıt yağı, jeotermik, gaz türbinü, otoproduktör olmak üzere modele dahil edilmiştir. Enerji talebi konut, tarım, ulaştırma ve sanayi sektörlerinde her tür enerji türüne olan ihtiyaçları ile belirlenmiştir. Enerji tüketimindeki payının büyüklüğünden ötürü sanayi sektörü ve petrole olan bağımlılığından ötürü ulaşım sektörü ayrıntılı olarak ele alınmıştır. BÜTEM, 1977-2000 yılları arasındaki dönem kapsamakta ve üçer yıllık zaman dilimlerini -dönemlere ayırmaktadır. Böylece tüm tesislerin ve enerji akışlarının zaman içindeki gelişmesi izlenebilmektedir. Modeli oluşturan parametrelerin bir kısmı ekonomik diğerleri ise teknolojik unsurları olmaktadır. Teknolojik parametreler, enerji çevrim verimleri ve enerji teknolojisindeki gelişmelerle ilgilidir. Ekonomik konular ise çeşitli faaliyetlere ya da yakıtlara olan talep ve maliyetlerle ilgilidir.

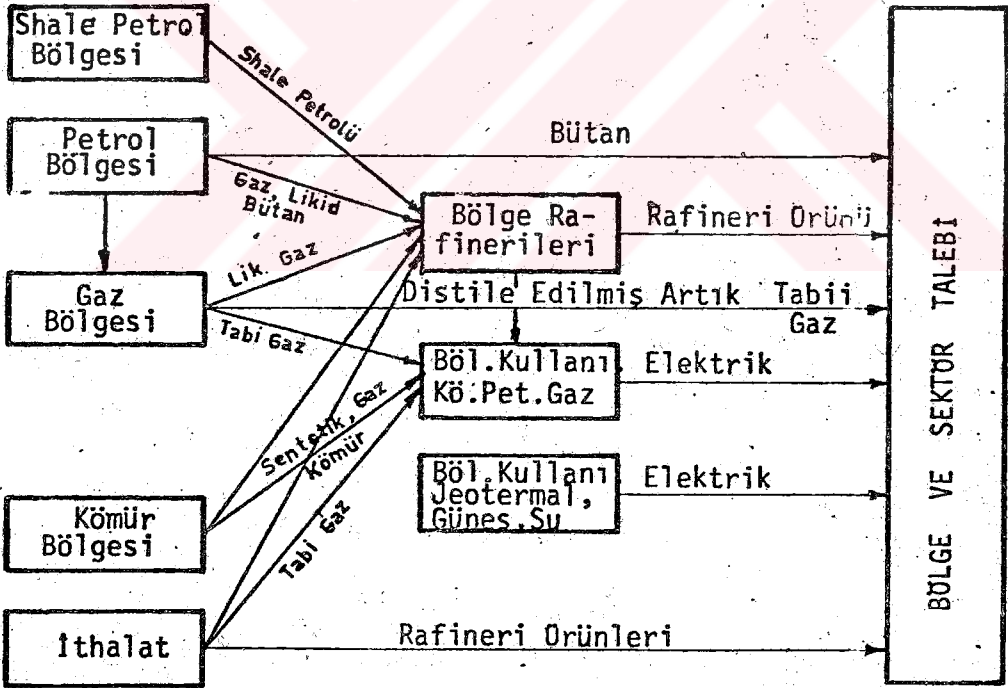
Karmaşık tam sayı formülasyonu ile kurulan modelde iki tür değişken yer almaktadır. Bunlardan biri sürekli diğeri ise tam sayı değişkendir. Belirli tesislerin açılış kararları 0 veya 1 değerlerini alabilen tam sayı değişkenlerle ifade edilmiş, diğer unsurlar ise sürekli değişkenlerle belirlenmiştir. Model, belirli tesislerin açılıp açılmayacağını veya hangi dönem açılacağını belirlemektedir.

Modeli oluşturan denklemler, enerji dengesi, talepler,

rezervler, üretim ve kapasiteler, yatırım ve harcamaları içermektedir.

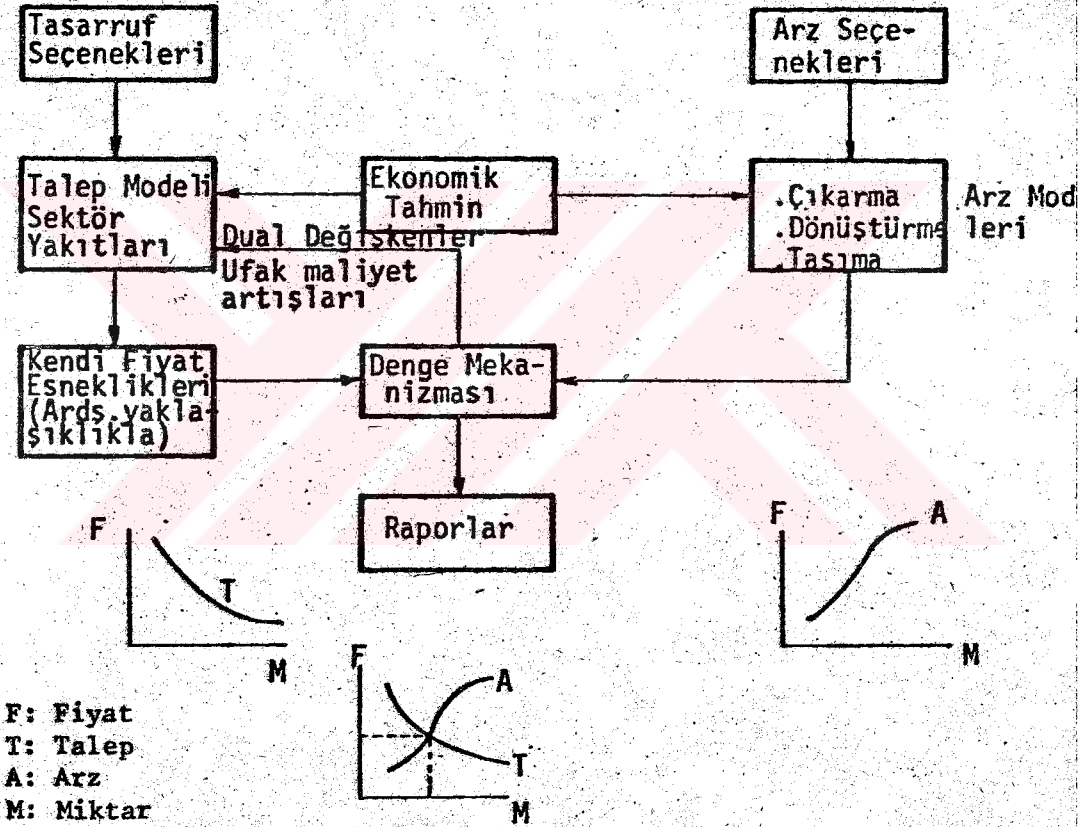
iii) PIES Modeli [23]

PIES Modeli (PIES-The Project Independence Evaluation System) yerli petrol ve gaz fiyatlarını serbest bırakmak gibi alternatif politikaların Amerika'nın 1980'lerdeki ithalat ihtiyaçlarını nasıl etkileyeceğini irdelemek üzere geliştirilmiştir. Geliştirilen politikalar gelecekteki uluslararası petrol fiyatlarındaki belirsizlikler gözönüne alınarak değerlendirilmiştir. Model 1985, 1990 yıllarına kadar alternatif üretim alanlarından 9 tüketim alanına günlük enerji akışını tahmin etmektedir. Enerji akışı Şekil 1.4.'te gösterilmektedir.



Şekil 1.4. Enerji Akışları [23]

PIES bir ekonometrik talep modeli, bir seri arz modelleri ve bir de bu modelleri birleştiren modelden oluşmaktadır. Birleştirici model bir doğrusal programlama modelidir. Birleştirici model diğer modellerin çıktıları olarak fiyat, arz ve talep için çözüm yapmaktadır. Şekil 1.5.'de modelin çalışması ile ilgili şema verilmektedir. Kaynak arzını gösteren basamak fonksiyonu, özel amaçla hazırlanmış bir arz fonksiyonundan



Şekil 1.5. Birleştirici Modelin Çalışması.

alınmakta ve doğrusal programlama modeline aktarılmaktadır. Burada yapılan yaklaşım normal ekonometrik modellerle yapılamamaktadır. Çünkü herhangi bir yakıtın fiyatı hem kendi fiyatına (kendi fiyat esnekliği ile) hem de ikame edilebilir diğer yakıtların fiyatına (çarpraz fiyat esnekliği ile) bağlı olmaktadır.

Simetrik olmayan çarpraz fiyat esnekliği terimleri nedeni ile PIES modelin içindeki ekonometrik talep fonksiyonları bir sosyal refah fonksiyonu olarak birleştirilememektedir. Bu nedenle alışlagelmiş eniyileme teknikleri burada kullanılamamaktadır. Eniyileme tekniği yerine iteratif bir yöntem uygulanmıştır. Her iterasyonda çarpraz fiyat esneklikleri ihmal edilmiş fakat enerji türünün kendi fiyat esnekliğinin etkileri bir basamak fonksiyonu ile birleştirici doğrusal programlama modeline konmuştur. Doğrusal programlama modelinin her eniyi çözümünde gölge değişkenlerden (maliyet değişimleri) her yakıt için hesaplanmakta ve ekonometrik talep modellerine girdi olmaktadır. Ekonometrik modeller yeni (yakıtların kendi fiyat esneklikleri ile) talep fonksiyonları üretmektedir. Bu talep fonksiyonları tekrar birleştirici modele konarak yeni çözümler bulunmakta ve yinelemeye bu şekilde devam edilmektedir.

PIES modelinde fiyatlar birleştirici doğrusal programlama modelinden hesap edilmekte ekonometrik alt modellerden ise fiyatla etkilenen talep fonksiyonları elde edilmektedir. Standard eniyileme yöntemlerinin tersine, PIES modeli yakıt türlerinin fiyatlandırılmasına, gölge fiyatların dışında olanak tanımaktadır.

iv) IIASA'nın Geliştirdiği Enerji Modelleri [38]

a) Model Özetleri

Bu bölümde IIASA'da (International Institute for Applied Systems Analysis) geliştirilmiş olan bazı modellerin ana hatları yer alacaktır. Bu modeller kalkınmış ve kalkınmakta olan ülkeler için iki ayrı sistemde geliştirilmiştir. Kalkınmış ülkeler için geliştirilmiş olan modeller sistemi Şekil 1.6.'da, kalkınmakta olan ülkeler için geliştirilmiş olan modeller sistemi ise Şekil 1.7.'de verilmektedir. Şekillerde görüldüğü gibi sistem içindeki bütün modeller etkileşim halindedir ve bu

sistem bir çok ulusların kullanabileceği bir sistem olarak geliştirilmiştir. Bu modeller enerji-ekonomi model takım sınıfına girmektedir.

aa) Makroekonomi Modeli (MACRO)

Bu model, ekonominin yalnızca bir sektörden oluştuğu düşünülerek hazırlanmış ve ekonominin geçmiş yapısının benzetimini elde etmek için kullanılmaktadır. MACRO modeli, gelişmiş ülkelerin uzun vadeli ekonomik yapılarındaki değişimler gözönüne alınarak hem gelecekteki bazı değişiklikleri yapmağa yönelik hem de geçmiş yıllardaki trendleri gösterebilmek için geliştirilmiştir. Model 15-20 yıllık bir dönemi anlamlı bir şekilde açıklayabilecek ölçüde ayrıntıya girilerek hazırlanmıştır.

bb) Enerji Talep Modelleri (MUSE, MEDEE)

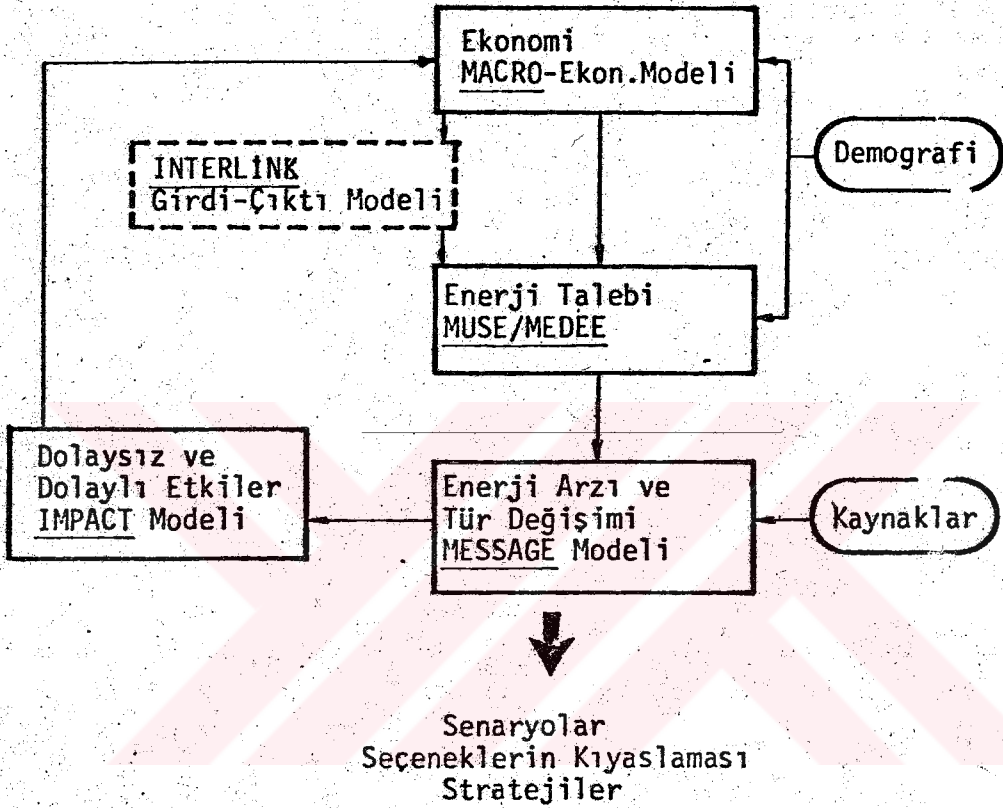
Bu iki model makro ekonomi modellerinin çıktıları olan GSMH, toplam yatırım, tüketim gibi verileri kullanarak enerji talebini hesaplamada kullanılmaktadır. MUSE modeli seneryo türetmeye yönelik bir model olup yaşam biçimi, teknoloji, ekonomi ve verimliliği kullanılmaktadır. MEDEE modeli, bazı yeni enerji türlerinden oluşan pazarlar ve hükümetlerin enerji politikaları için bazı enerji ihtiyaçlarında doyum noktasına erişmenin etkilerinden hareketle kurulmuştur. Bu iki modelde kalkınmış ülkelerin enerji taleplerini modellemede kullanılmaktadır.

cc) Kalkınmakta olan Ülkeler için Ekonomi ve Enerji Talebi Modeli (SİMA)

Model ekonometrik bir yapıya sahiptir. Tarım ve tarım dışı iki sektör kullanılmaktadır. Modelde az gelişmiş ülkelerin özellikleri yansıtılmaya çalışılmıştır. Özellikle, ekonominin taleple körüklenmesi yerine arz kısıtlı olmasının ve tarım, ithalat ve dış yardım konuları modellemede önem kazanmıştır.

dd) Enerji Kaynakları Modeli

Her bölge için değişik maliyetlerde çıkarılabilecek



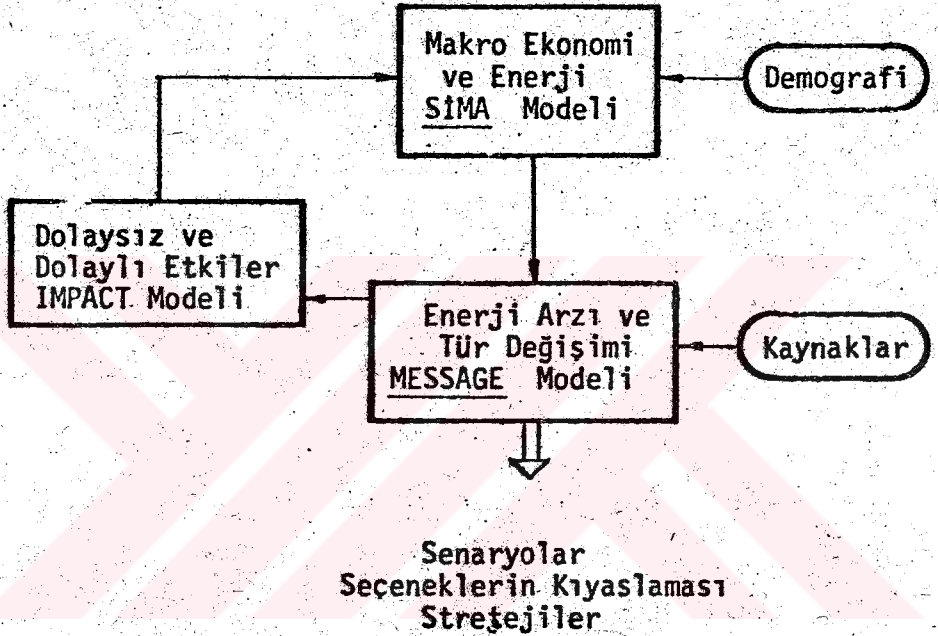
Şekil 1.6. IIASA'nın Kalkınmış Ülkeler için Geliştirdiği Modeller Sistemi [38]

enerji kaynakları gelecekteki muhtemel kaynaklar da dikkate alınarak tahmin edilmiştir.

ee) Enerji Arzı ve Değişimi Modeli (MESSAGE)

Model, gelecekteki enerji talebini karşılayabilmek ve enerjinin arzı, değişimi ve dağıtımı için var olan ve gelişmekte olan teknolojileri kıyaslamaktadır. MESSAGE modeli enerji stratejilerini tayin etmede kullanılan temel modeldir. Dinamik doğrusal programlama kullanılmıştır. Modelde, birincil

enerji kaynaklarının üretimi enerji tüketimine bağlanmaktadır. Enerji yatırımları işletimi, taşınması ve dağıtımı için, çevre koşullarıyla ilgili parametrelerde dikkate alınarak eniyi stratejiler saptanmağa çalışılmaktadır.



Şekil 1.7. IIASA'nın Kalkınmakta olan Ülkeler için Geliştirdiği Modeller Sistemi [38]

ff) Ekonomik Etki Modeli (IMPACT)

Impact modeli, MESSAGE modelinden alınan enerji stratejileri için enerji yatırımlarını ve yatırım hızlarını ekonominin kaldırıp kaldıramayacağını tayin etmede kullanılmaktadır. Model bilinen bir strateji için yatırım kararlarını kapital, malzeme, ekipman ve işgücüne yönelik dolaylı ve dolaysız ihtiyaçları da gözönüne alarak oluşturmaktadır.

ff) Girdi-Çıktı Modeli (INTERLINK)

Model, değişik üretim sektörleri arasında uyum sağlamağa ve bazı sektörlerin geliştirilmesi ile ilgili ve genel olarak ekonomik büyüme ile ilgili bilgilerin alınmasına yöneliktir.

b) Geliştirilmiş Olan Modellerin Sınırları

IIASA'nın geliştirmiş olduğu modellerin sınırları bulunmakta ve her soruya cevap verememektedir. Model takımının dikkate aldığı ve alamadığı konular şunlardır.

Modelde dikkate alınmayan konular :

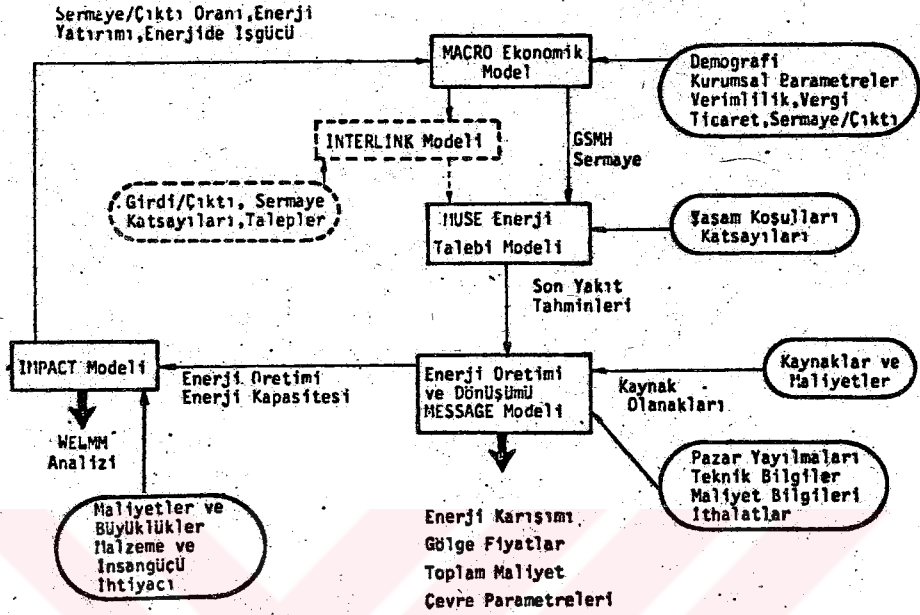
- . Kurumsal, sosyal ve politik konular,
- . Enerji fiyatlaması, pazar değişimleri, faiz oranları, sektörler arası ekonomi dinamiği,
- . Küçük boyutta teknolojik ayrıntılar,
- . Vergi, kota, kontrol ve parasal teşvik.

Modelde dikkate alınan konular :

- . Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin uzun vadeli makro ekonomik özellikleri
- . Endüstriyel yapının gelişmesinin modellenmesi
- . Enerji talebinin tahmini
- . Enerji arzı, değişim ve dağıtım sistemlerinin, kaynak, maliyet, çevre ve politik kısıtları dikkate alarak modellenmesi
- . Alternatif enerji stratejilerinin kapital, işgücü malzeme gibi ekonomik etkilerinin hesaplanması
- . Dünya bölgeleri düzeyinde senaryolar geliştirilmesi.

c) Enerji Modellerinin İşleyişi

Şekil 1.8.'de kalkınmış ülkeler için geliştirilmiş olan modeller sisteminin modelleri arasında bağlantılar, bilgi akışları, girdi ve çıktılar gösterilmektedir. Kalkınmakta olan ülkeler içinde şekil aynı olmaktadır. Şekil 1.8.'deki kutular geliştirilmiş olan modelleri, oval şekiller dış girdileri oklar ise modeller arasındaki bilgi akışını göstermektedir.



Şekil 1.8 Kalkınmış Ülkeler İçin Hazırlanmış Enerji Modelleri Si Bilgi Akış Şeması

Makro ekonomik modele nüfus, verimlilik, sermaye çıktı oranı, vergi, ticaret vb. bilgiler girmekte ve modelden GSMH, tüketim, özel ve kamu yatırımları ve işgücü çıkmaktadır. Bu parametreler ya enerji talep modelinde kullanılmakta ya da Interlink modelinde kullanılmakta ve bu modelden GSMH'ya uygun olarak hesaplanan endüstriyel çıktı karışımı enerji talep modelinde kullanılmaktadır.

Makroekonomik modelde bir dış değişken olarak kullanılan sermaye/çıktı oranı oldukça önemli olmaktadır. Bu oranla, gelecekteki enerji stratejilerinin sermaye yoğunluğuna yönelik varsayımlara modelle bu stratejileri üretmeden önce yer verilebilir. Örneğin sermaye/çıktı oranını yükselterek, gelecekteki enerji de daha yüksek bir sermaye yoğunluğu varsayılabilir. Belirlenmiş bir enerji stratejisi için belirli bir enerji sermaye yoğunluğu olmaktadır. Bu enerji sermaye yoğunluğu ile başlangıçtaki durum kıyaslanmakta ve sermaye/çıktı oranı ile bu yoğunluk değiştirilebilmektedir.

Enerji talep modellerine, ortalama konut büyüklüğü, ortalama oda sıcaklığı, ulaşım çeşitlerindeki oran gibi dış

değişkenler ve son kullanımlardaki verimlilik artış olanakları gibi bilgiler girmektedir.

Bu teknik ve yaşam koşullarına yönelik katsayılara makroekonomik modelden ekonomik bilgiler de girmekte ve modelden yakıt çeşitleri itibarı ile enerji talepleri çıkmaktadır. Enerji talep modellerinde enerji fiyatları yer almaktadır. Ancak enerji arz ve dönüşüm modeli enerji fiyatlarını ve maliyetlerini yakıtlar ve elektrik için gölge fiyatlarını her seneryo için dual çözüm verecek şekilde ele almaktadır. Bu fiyatlar ise, eğer bölge kaynaklısı altında değilse, vergiden önceki yakıt fiyatlarıdır ve enerji arzı ve dönüşüm modelinde talebi düşürmek için kullanılmaktadır. Bu talep azalmasına fiyatın yol açtığı tasarruf denilmektedir. Yakıt ve elektrik fiyat esneklikleri ve bu esnekliklerin geniş bir fiyat miktar arasındaki davranışları bize enerji fiyatları ile enerji tasarrufunun sağlanabileceğini göstermektedir.

Enerji arzı ve dönüşümü modeline (MESSAGE), enerji talep modellerinden gelen enerji talep bilgilerine ek olarak, değişik maliyet düzeylerinde kaynak olanakları, enerji üretim birimlerinin verimlilikleri ve enerji teknolojilerinin imalata geçme hızları da dış değişken olarak verilmektedir. Bu bilgilerle maliyet enazlaması yapan enerji arzı ve dönüşümü modeli, toplam maliyet, gölge fiyatları, çevre parametreleri, yeni enerji yatırım gereksinimleri ile birlikte gelecekte enerji arzının karışımının ne olacağına yönelik bilgiler vermektedir. MESSAGE modelinden alınan senaryolar dolaylı ve dolaysız etkiler (IMPACT) modeline verilmektedir. IMPACT modeline üretim birimlerinin büyüklüğü, malzeme ve işgücü gereksinimleri gibi dış değişkenler de verilerek modelle verilen bir strateji için enerjiye yönelik dolaylı ve dolaysız gereksinimler hesaplanmaktadır. IMPACT modelinin dolaysız gereksinimleri ise makroekonomik modele girdi teşkil etmekte ve makroekonomik modelde kabul edilen ilk ekonomik varsayımların çıkan enerji gereksinmesine uygunluğu gözlenmektedir. Uygun olmadığı takdirde iterasyon yenilenmektedir.

BÖLÜM 2

ENERJİ ÜRETİM VE TİKETİM DENGESİ İÇİN SİMULASYON MODELİ

2.1. ÇALIŞMANIN AMACI

Her ülke ekonomisinde, ekonomiyi oluşturan sektörlerin üretimlerinin birbirlerine dengeli bir biçimde girdi vermesi ekonominin sağlıklı olarak gelişmesinde önemli rol oynayan etkenlerden biridir. Ekonomideki her sektöre girdi veren enerji sektörü ise bu özelliği açısından sektörler arasında ayrı bir öneme sahiptir. Bu sektörde yapılması gereken yatırımların zamanında, yeterince ve istenen enerji türünde yapılamaması ve bu duruma bağlı olarak oluşan enerji açığı diğer tüm sektörlerde etkisini göstermekte, üretimin ve genel olarak yaşam düzeyinin düşmesine neden olmaktadır.

Ekonominin herhangi bir sektöründe yapılacak yatırım, diğer bazı sektörlerle talep yaratır. Ekonominin her sektörüne yapılacak her türlü yatırımın enerji sektörüne, değişik enerji türlerinde, talep yaratması ve bu talebi karşılayacak enerji üreten yatırımların gerçekleşmesinin uzun süreler alması,

enerji üreten yatırımların daha dikkatli planlanmasını ve ekonominin tüm diğer sektörleri için yapılan yatırım planlarına dayandırılması gerektirmektedir. Esasen bu kavram tek yönlü değildir ve enerji sektörü dışındaki sektörlerde yapılacak yatırımlar planlanırken de, uygun türde ve miktarda enerjinin varlığı önemli olmakta ve bu sektörlerde yapılacak yatırım planlarının da enerji sektöründe yapılacak yatırım planlarına dayandırılması zorunlu olmaktadır.

Ekonomi, enerji üreten sektör (EÜS) ve enerji tüketen sektör (ETS) olarak düşünüldüğünde, enerji tüketen sektörün vazgeçilmez bir girdisini teşkil eden enerjinin üretimi için, enerji üreten sektörde yapılacak yatırımların, enerji tüketen sektörde planlanan yatırımların bazılarından vazgeçilerek mi yoksa ekonomide sağlanacak tasarruflarla mı yapılacağı ise ülke yönetiminin üst düzeyde olacağı kararlardan biri olmaktadır.

Az gelişmiş veya gelişmekte olan ve özellikle kaynakları kıt ve planlı kalkınma yolunu seçmiş ülke ekonomilerinde, enerji üretimindeki ve enerji tüketimindeki dengenin sağlanması açısından, enerji üreten ve tüketen sektörlerde yatırım kararlarının alınması büyük önem taşımaktadır.

Enerji üreten sektörlerdeki yatırımlar ile enerji tüketen sektörlerdeki yatırımlar arasında, enerji tüketimi ve üretimi açısından denge sağlanamadığı takdirde ya enerji tüketen sektörde enerji açığı nedeni ile kapasitenin altında çalışan yatırımlar ve bu yatırımlarda çalışır gözüken işçiler ve yüksek maliyetli üretim oluşacak ya da enerji sektörüne yapılacak fazla yatırım ve kullanılmayan enerji, bu yatırımların alternatif maliyeti, diğer bir deyişle enerji tüketen sektöre yapılamayan yatırım nedeni ile , üretim düşüklüğü, açık işsizlik vb. oluşacaktır.

Ekonominin enerji tüketen sektöründe yapılmış ve yapılması planlanan her yatırım enerji üreten sektöre talep yaratacağı belirtilmişti. Yaratılan bu talebin hangi enerji türüne ne zaman ve ne miktarda olacağını bilmesi enerji üreten sektörde planlama yapma açısından gerekli olmaktadır.

Enerji talebinin incelenmesinde değişik yöntemlerin kullanıldığı gözlenmektedir. Bu yöntemlerin en çok kullanılanları

arasında zaman serisi analizleri ve regresyon analizleri sayılabilir. Regresyon analizleri Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH) ve benzeri diğer göstergelerle enerji tüketimi arasında ilişkiyi arayarak enerji talebinin, GSMH'nin veya kullanılan göstergenin gelişmesine göre, nasıl değişeceğini tahminde kullanılmaktadır. Zaman serisi analizleri ise her enerji türünde yapılabilmekte ve zaman içinde enerji türlerine olan talebin nasıl geliştiği gözlenerek, gelecek tahmin edilmektedir.

Yapılan bu enerji tahminleri baz alınarak enerji talebini karşılayan ve maliyeti enazlayan vb. modeller geliştirilerek enerji yatırım planları yapılmakta ve enerji yatırımları bu planlara dayandırılmaktadır. Geliştirilen tahmin ve planlama modelleri ile ilgili literatürde yer almış çalışmalar daha önceki bölümlerde verildiğinden bu bölümde yer almamaktadır. Ancak, son yıllarda enerji ve ekonomi ilişkilerini bir bütün içinde fakat ayrı modeller halinde ele alan ekonometrik ve eniyileme modellerinin geliştirildiği de gözlenmektedir.

Bu çalışmada az gelişmiş ve gelişmekte olan ve planlı ekonomiye sahip veya yatırımları kontrol edebilen liberal ekonomilerde kullanılabilecek bir simülasyon modelinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Geliştirilmesi amaçlanan modelin aşağıda belirtilen özelliklere sahip olması istenmiştir.

Model,

- Enerji sisteminin (enerji üreten ve enerji tüketen sektörler) bütünü kapsamalı, talep, üretim, yatırım, çevrimle ilgili tüm bilgiler bir bütün içinde değerlendirilmelidir.
- Ekonominin enerji tüketen sektörünün yarattığı enerji talebini enerji türlerine göre oldukça doğru bir şekilde belirleyebilmelidir.
- Enerji üreten ve enerji tüketen sektörlerde ülkenin planlama örgütlerince planlanan yatırımların enerji dengesi açısından geçerliliği denenebilmelidir.

- . Enerji türlerine göre enerji açığını giderici yatırım kararlarına ışık tutabilmelidir.
- . Gerek enerji tüketen sektörde ve gerekse enerji üreten sektörde yatırımların gecikmesinden doğabilecek durumları alternatif senaryolar halinde belirleyebilmelidir.
- . Kısa gelecekte enerji dengesini korumada, enerji üreten sektörde yatırım planlarını yapmada ülkenin planlama örgütüncü veya ilgili bakanlıkça bir planlama aracı olarak kullanılabilirmelidir.

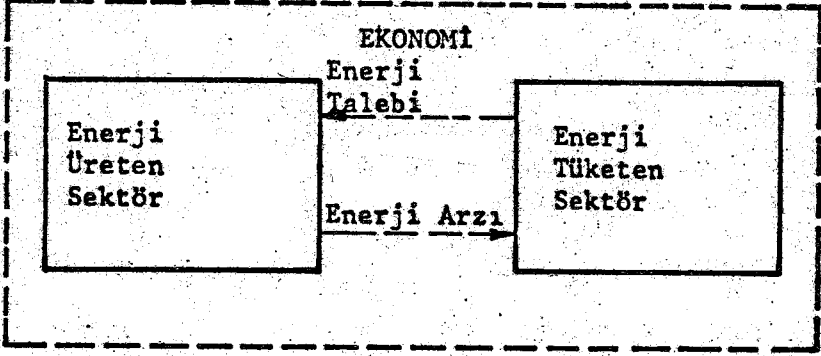
Bu amaçla geliştirilen simülasyon modeli ekonominin tüm sektörlerini içine almakta ve enerji tüketen sektördeki yatırımların hangi enerji türüne, ne zaman ve ne miktarda talep yaratacağı ve yaratılan bu talebin enerji üreten sektörde, hangi türde, ne zaman ve ne miktarda bir yatırımla karşılanabileceğini gösterebilmekte böylece, enerji tüketen ve enerji üreten sektörler arasında enerji üretimi ve enerji tüketimi açısından denge sağlamaya çalışılmaktadır. Model, özellikle planlamaya dayalı olarak yatırım yapmakta olan ülkelerde, enerji tüketen ve enerji üreten sektörlerde yapılan yatırım planlarının geçerliliğini de enerji dengesi açısından test edebilmektedir.

2.2. GELİŞTİRİLEN MODELİN KAPSAMI

Geliştirilen modele temel teşkil eden yaklaşımda, ekonomi enerji üreten ve enerji tüketen sektörler olarak iki sektör halinde düşünülmektedir (Şekil 2.1).

Enerji tüketen sektörde gerçekleşen üretim, yeni yatırımların yapılması, var olan yatırımların tevsi, ulaştırma olanaklarının genişlemesi, tarımın makinalaşması, kişi başına ısınma talebinin artması, nüfus artması gibi etkenlerle enerji talebi oluşmakta ve bu talep enerji üreten sektöre yansımaktadır.

Enerji üreten sektörde ise değişik enerji türlerinde oluşan enerji talebini karşılayabilmek için bu enerji türlerinde enerji üretimi ve yeni yatırımlar yapılmaktadır.



Şekil 2.1. Ekonominin Enerji Üreten ve Enerji Tüketen Sektörler Olarak Gösterimi.

Ekonominin enerji tüketen sektörü ise değişik alt sektörlerden oluşmaktadır. Bu sektörleri sanayi, tarım, konut, ulaşım sektörleri olarak ayırmak mümkündür. Enerji üreten sektör ise iki alt sektör halinde gösterilmektedir. Bu sektörler birincil enerji üretim sektörü ve ikincil enerji üretim sektörü olarak tanımlanmaktadır. Enerji üreten ve tüketen sektörlerin alt sektörler halinde gösterilmesi Şekil 2.2'de verilmektedir. İkincil enerji alt sektörü birincil enerji alt sektöründen girdi alarak üretim yapmaktadır. Birincil enerji alt sektörü ise yenilenmeyen ve yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmaktadır.

Yenilenmeyen enerji kaynakları

- . Petrol
- . Linyit Kömürü
- . Taş Kömürü
- . Nükleer Yakıt
- . Asfaltit
- . Bitümlü Şist
- . Doğal Gaz

gibi belirli bir rezerve sahip olan ve kullanıldıkça tükenen birincil enerji kaynaklarıdır.

- . Petrol türevleri
 - . Mazot
 - . Yakıt Yağı (Fuel Oil)
- . Linyit Kömürü
- . Taş Kömürü
- . Nükleer Yakıt
- . Hidrolik Enerji
- . Jeotermal Enerji
- . Güneş Enerjisi
- . Rüzgar Enerjisi
- . Gel-Git Enerjisi

gibi birincil enerji kaynaklarından üretilmektedir. Birincil enerji kaynaklarından güneş, rüzgar ve gel-git enerjisi elektrik enerjisi üretiminde henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır. Elektrik enerjisi üretebilen diğer birincil enerji kaynaklarının, özellikle yenilenmeyen enerji kaynaklarının, zaman içinde tükenmesi veya fiyat artışları ile ekonomikliğini yitirmesi bu üç birincil enerji kaynağından elektrik enerjisi üretimini gündeme getirebilecektir.

Bir ekonominin enerji talebi akışı Şekil 2.3.'deki gibi gösterilebilir. Enerji talebinin kaynaklandığı nokta ekonominin enerji tüketen sektörleri olan

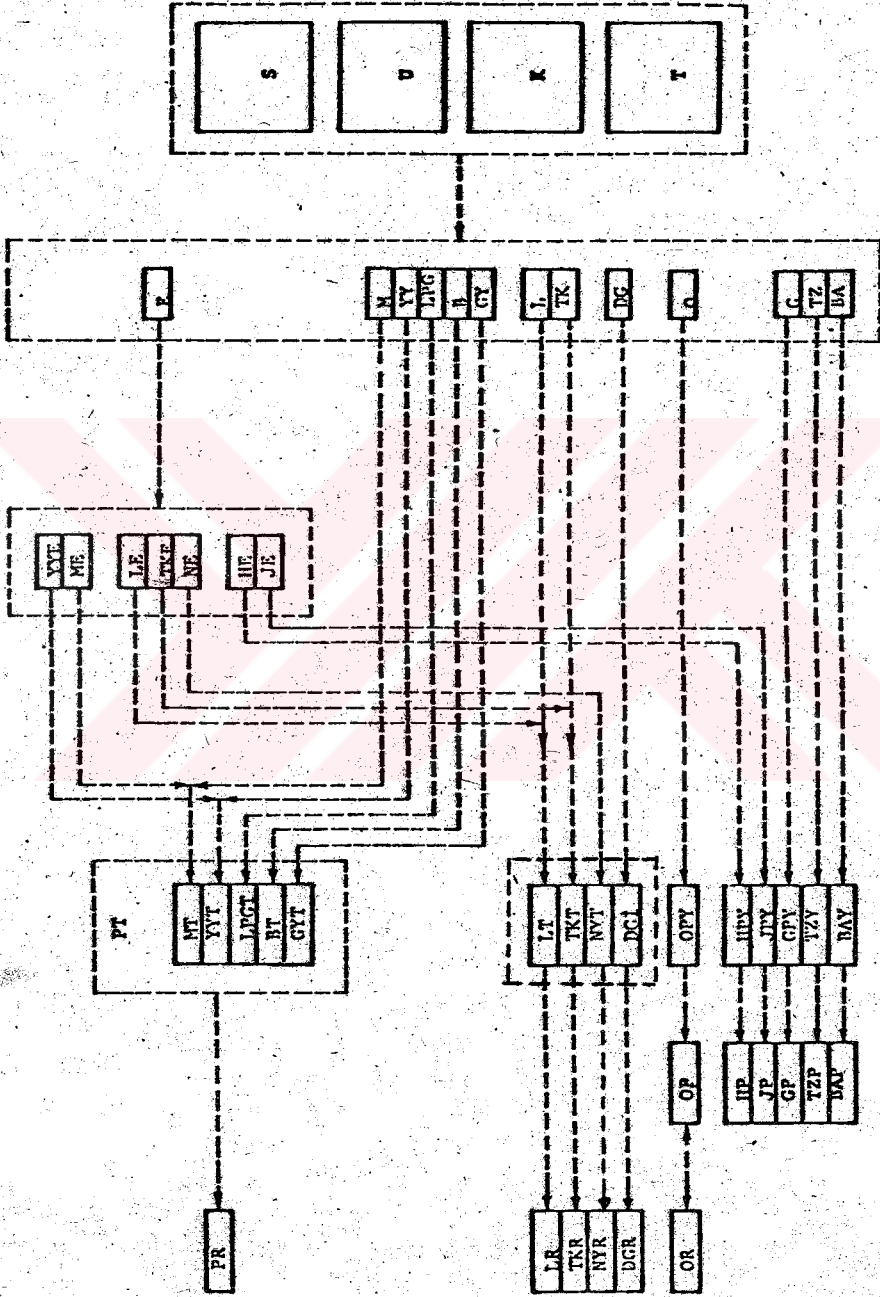
- . Sanayi
- . Ulaştırma
- . Konut
- . Tarım

sektörleridir.

Şekil 2.3'de kullanılan sembollerin tanımları Tablo 2.1.'de verilmektedir.

Tablo 2.1. Şekil 2.3.'de Kullanılan sembollerin Tanımları.

- S - Sanayi Sektörü
- U - Ulaştırma Sektörü
- K - Konut Sektörü
- T - Tarım Sektörü



Şekil 2.3. Ekonomideki Enerji Talebi Akış Şeması

E - Elektrik Talebi
M - Mazot Talebi
YY - Yakıt Yağı (Fuel Oil) Talebi
LPG - LPG Talebi
B - Benzin Talebi
GY - Gaz Yağı Talebi
L - Linyit Talebi
TK - Taş Kömürü Talebi
DG - Doğul Gaz Talebi
O - Odun Talebi
G - Güneş Enerjisi
TZ - Tezek Talebi
BA - Bitki Artıkları Talebi
YYE - Yakıt Yağından Elektrik Üretimi
ME - Mazottan Elektrik Üretimi
LE - Linyitten Elektrik Üretimi
TKE - Taş Kömüründen Elektrik Üretimi
NE - Nükleer Yakıttan Elektrik Üretimi
HE - Hidro Enerjiden Elektrik Üretimi
JE - Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi
PT - Petrol Tüketimi
MT - Mazot Tüketimi
YYT - Yakıt Yağı Tüketimi
LPGT- LPG Tüketimi
BT - Benzin Tüketimi
GYT - Gaz Yağı Tüketimi
LT - Linyit Tüketimi
TKT - Taş Kömürü Tüketimi
NYT - Nükleer Yakıt Tüketimi
DGT - Doğal Gaz Tüketimi
OPY - Orman Potansiyelinden Yararlanma
HPY - Hidrolik Potansiyelden Yararlanma
JPY - Jeotermal Potansiyelden Yararlanma
GPY - Güneş Enerjisinden Yararlanma
TZY - Tezek Potansiyelinden Yararlanma
BAY - Bitki Artıklarından Yararlanma
PR - Petrol Rezervi
LR - Linyit Rezervi
TKR - Taş Kömürü Rezervi
NYR - Nükleer Yakıt Rezervi
DGR - Doğal Gaz Rezervi
OR - Orman Rezervi

Tablo 2.1. Şekil 2.3.'de Kullanılan sembollerin Tanımları (Devam)

OP	- Orman Potansiyeli
HP	- Hidrolik Potansiyel
JP	- Jeotermal Potansiyel
GP	- Güneş Enerjisi Potansiyeli
TZP	- Tezek Potansiyeli
BAP	- Bitki Artıkları Potansiyeli

Enerji tüketen sektörde oluşan enerji talebi, enerji türlerine olan talep şeklinde gösterilebilir. Bu enerji türleri ise

- . Elektrik
- . Mazot
- . Yakıt Yağı
- . LPG
- . Benzin
- . Gaz Yağı
- . Linyit
- . Taş Kömürü
- . Doğal Gaz
- . Odun
- . Güneş Enerjisi
- . Tezek
- . Bitki Artıkları

olarak belirlenebilmektedir.

Bu enerji türlerinden mazot, yakıt yağı, LPG, benzin ve gaz yağı petrol türevleri olup, petrolün ayrıştırılması ile elde edilmektedir.

Elektrik enerjisi ise yakıt yağı, mazot, linyit, taş kömürü, nükleer, hidrolik, jeotermal yakıt türlerini kullanan elektrik santrallerinden elde edilmektedir. Bazı enerji türleri hem doğrudan hem de elektrik enerjisine çevrilerek, enerji tüketen sektörde kullanılabilir. Bu enerji türlerindeki tüketim iki şekilde oluşan tüketimin toplamı olmaktadır.

Petrol tüketimi mazot, yakıt yağı, LPG, benzin ve gaz yağı

tüketimlerinin toplamı olarak belirlenmektedir. Yenilenmeyen enerji türlerinden linyit ve taş kömürü hem elektrik üretimi için hem de enerji tüketen sektörde kullanılmaktadır. Diğer iki yenilenmeyen enerji türlerinden nükleer yakıt elektrik üretiminde, doğal gaz ise enerji tüketen sektörde kullanılmaktadır.

Yenilenebilir enerji türlerinden hidrolik enerji potansiyelinden ve jeotermal enerji potansiyelinden elektrik üretiminde yararlanılmaktadır. Güneş enerjisi potansiyelinden, tezekten ve bitki artıklarından yararlanma ise doğrudan enerji tüketen sektörde ısı enerjisi olarak gerçekleşmektedir.

Yenilenmeyen enerji kaynakları için 'Tüketim' yenilenebilir enerji kaynakları için ise 'yararlanma' terimlerinin kullanılması uygun olmaktadır.

Yenilenmeyen birincil enerji kaynakları olan petrol, linyit, taş kömürü, nükleer yakıt ve doğal gaz rezervleri bu kaynaklardan yapılan üretim neticesinde azalabilmektedir. Yenilenebilir birincil enerji kaynakları olan odun, hidrolik, jeotermal, güneş, tezek ve bitki artıkları ise yıllık potansiyel olarak belirtilmektedir. Ancak yenilenebilir enerji kaynağı olan odun yıllık potansiyel olarak gösterilmesine rağmen, potansiyelin üstünde yapılan tüketim orman rezervini azaltabilmektedir.

Şekil 2.3'de gösterilmekte olan ekonominin enerji talebi akış şemasındaki oklar ters yöne çevrildiği takdirde değişik türlerdeki enerji arzı akışlarını verebilmektedir. Ancak, petrol türevleri üretimi için rafineri kapasitesi, elektrik üretimi için elektrik santralleri üretim kapasiteleri ve birincil enerji kaynaklarının çıkartılması için üretim kapasitelerinin varlığı söz konusudur.

Geliştirilen modelde Şekil 2.3'te gösterilen Ekonomideki Enerji Talebi Akış Şeması'ndaki tüm enerji türleri ve bu talebi karşılayacak enerji türleri üretim birimleri de içermektedir. Enerji tüketen sektördeki dört alt sektörden sanayi sektörü de

- . Demir Çelik
- . Demir Dışı Metaller
- . Cam

- . Toprak (Tuğla+Seramik)
- . Kimya
- . Petrokimya
- . Gübre
- . Otomotiv
- . Havagazı
- . Şeker
- . Tekstil
- . Çimento
- . Elektromekanik ve Elektrik Mak.
- . Küçük Sanayi

alt sektörlerle ayrılarak kapsamıştır. Konut, Tarım ve Ulaştırma sektörleri de ve sektörlerin özellikleri kapsanacak şekilde modelde yer almıştır.

Bu sektörlerin tümünde oluşan her değişik tür enerjinin talebi, bu sektörlerde yapılan ve yapılması planlanan gelişmelere bağlı olarak ele alınmaktadır.

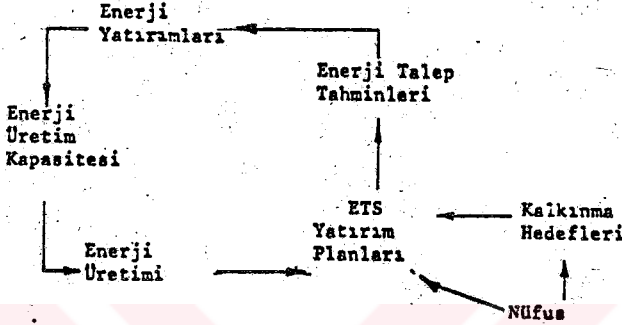
2.3. ENERJİ SİSTEMİ YATIRIM DİNAMİĞİ

En genel hali ile enerji üreten sektörün yatırım dinamiğini Şekil 2.4.'teki gibi göstermek mümkündür.

Enerji talebinde bir artış olduğunu varsaysak bu artış enerji açığını arttıracaktır. Enerji açığının artması enerji yatırımlarını arttıracak, artan yatırımlar belirli bir süre sonra enerji üretim kapasitesini arttıracak, artan enerji üretimi enerji açığını azaltacaktır. Bir süre sonra enerji üretimi enerji talebini karşılayacak duruma geleceğinden yatırımlar duracaktır. Ancak, enerji yatırımlarının enerji üretim kapasitesine dönüşmesi belirli bir süre alacağından bu durumda enerji ithalatının yapılması söz konusu olacaktır. Diğer etkileşimler şekilde görülmektedir.

Böyle bir sistem negatif geri beslemeli sistemdir. Bu sistemde talep karşılandığı an sistem dengeye kavuşmuş olacaktır. Enerji yatırımlarının, enerji açığının büyüklüğüne göre belirlendiği bazı ekonomik sistemler varsa da iyi işleyen bir ekonomide enerji yatırımları, oluşan enerji açığına göre saptanmak

yatırımların yapılması ile enerji talebi artmakta bu ise enerji yatırımları ile enerji üretim kapasitesini arttırmaktadır. Böyle bir sistem devamlı büyüyen bir sistemdir. Sistemin büyümesini etkileyen en temel etken ise enerji tüketen sektördeki yatırımlar olmaktadır.



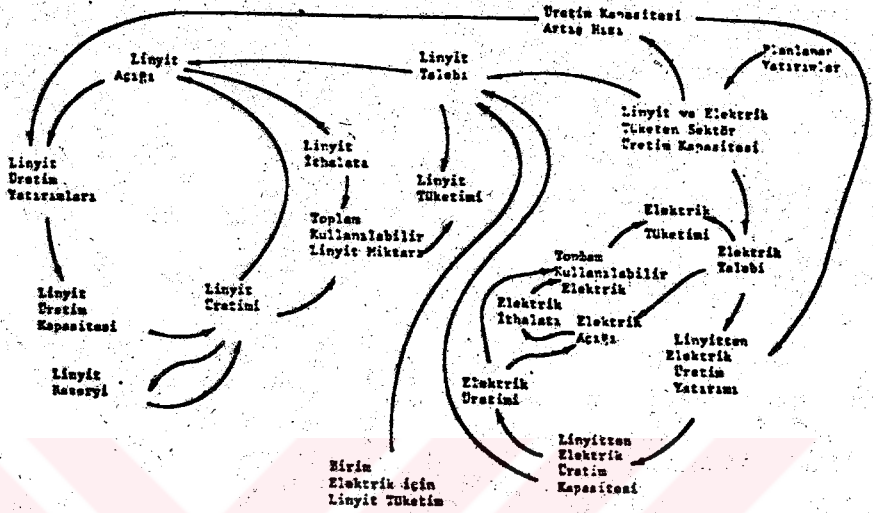
Şekil 2.5. Enerji Yatırımlarının Yapılmasına Yol Açan Pozitif Geri Beslemeli Dönüşüm Şeması.

Enerji üreten sektörün yatırım dinamiği etkileşim şemasında 'Enerji' olarak kısaca belirtilen terim enerji türleri olarak yazıldığında gerçek sistemde oluşan etkileşim şeması elde edilmektedir.

Yalnız linyit kömürü ve elektrik enerjisi tükettiği varsayılan bir enerji tüketim sektöründe ve elektrik enerjisinin yalnız linyit kömüründen üretildiği varsayılan bir enerji üretim sektöründe yatırım dinamiği etkileşim şeması Şekil 2.6.'daki gibi gösterilebilir.

Esasen tüm yakıt türleri için etkileşim şeması aynıdır ve Şekil 2.6.'dakine benzer bir şema bütün yakıt türleri için çizilebilir. Ancak bu şemaların birleşmesi ile oluşan şemada elektrik enerjisi kısmı ayrı bir model olacak ve elektrik enerjisi üretebilen diğer yakıt alt modellerinden girdi alacaktır.

Sistem dinamiği yaklaşımı kullanılarak geliştirilen simülasyon modelinde, her enerji türünü ayrı bir alt sektör olarak ele alıp açıklamak yerine sistemin tümü daha önce belirtildiği gibi enerji tüketen sektör ve enerji üreten sektör şeklinde düşünülerek açıklanacaktır.



Şekil 2.6. Linyit ve Elektrik Tüketen bir Sistem için Etkileşim Şeması

2.4. ENERJİ TALEBİ

Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi enerji tüketen sektör dört alt sektör halinde düşünülmüştür. Bu alt sektörler sanayi, tarım, ulaştırma ve konut sektörleridir.

2.4.1. Sanayi Sektörü Enerji Talebi

Sanayi sektörünü de alt sektörler halinde, düşünmek mümkündür. Bu alt sektörler ekonomik sistemin yapısına göre değişse de bölüm 2.2.'de belirtildiği gibi

- Demir Çelik
- Demir Dışı Metaller
- Cam
- Toprak
- Kimya

alt sektörler halinde düşünülebilir. Ancak bütün bu yapay ayrımların temelinde üretimin veya enerji tüketiminin gerçekleştiği üretim birimleri -fabrikalar-vardır.

Bu üretim birimleri ürettikleri her birim miktar ürün için değişik türde ve miktarda enerji tüketmektedirler. Tüketilen enerji türü ve miktarı üretim biriminin ürettiği ürüne, kullandığı teknolojiye ve verimliliğine bağımlı olmaktadır.

Elektrik, linyit, mazot ve yakıt yağı tükettiği varsayılan herhangi bir üretim biriminin enerji tüketim etkileşim ve akış şeması Şekil 2.7. ve Şekil 2.8. gibi gösterilebilir. Üretim biriminin genişletilmesine yönelik planlanan yatırımlar (UBPY) dış. değişken olarak modele girmektedir. Üretim birimi kapasite artışı hızı ise (UBKAH) planlanan yatırımlara dayalı olarak üretim biriminin kapasitesini (ÜBK) arttırmaktadır. Ancak kapasite artışı çoğu zaman planlanan tarihten daha sonra gecikmeli olarak (GUBKAH) üretim birim kapasitesine yansıyabilmektedir. Gecikme süresi ise, üretim birimi kapasite artışı gecikmesi (UBKAG) olarak tanımlanmaktadır.

Üretim biriminin yaptığı her birim miktar ürünün üretimi için kullanılacak enerji türleri ve miktarları toplanabilen istatistiklerle belirlenebilmektedir. Böylelikle üretim biriminin kapasitesine (ÜBK) bağlı olarak enerji türlerinin tüketilen miktarı saptanabilmektedir. Şekil 2.8.'de elektrik, linyit, mazot, ve yakıt yağı tüketilen miktarları sırası ile UBET, UBU, UBYTT olarak gösterilmiştir.

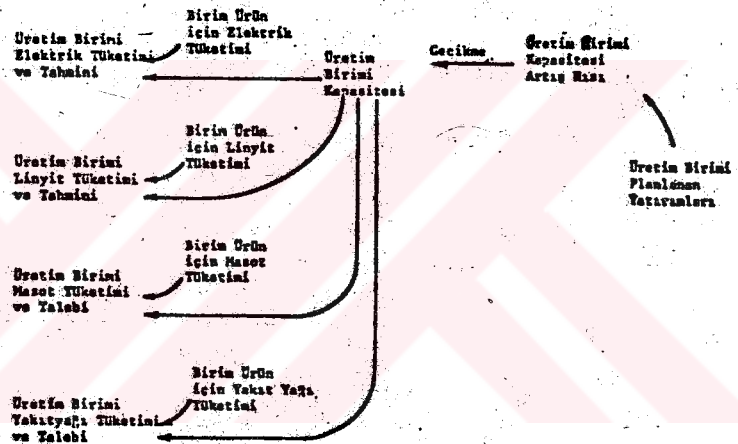
Modelde, sanayi sektörü içinde kapsanmış olan 15 alt sektör içindeki 100'ü aşkın üretim biriminde birim miktar üretim için enerji tüketim istatistikleri çıkarılmış ve bu üretim birimlerinin planlanan yatırımları da modelde kullanılmıştır.

Modelde yer almış olan 100'ü aşkın üretim biriminin etkileşim ve akış şemasını ve bilgisayar programını burada vermek yerine modelde yer alan, bir üretim biriminin etkileşim ve akış şeması sırası ile Şekil 2.9. ve Şekil 2.10.'da, kullanılan değişkenlerin tanımları ise Tablo 2.2.'de verilmektedir.

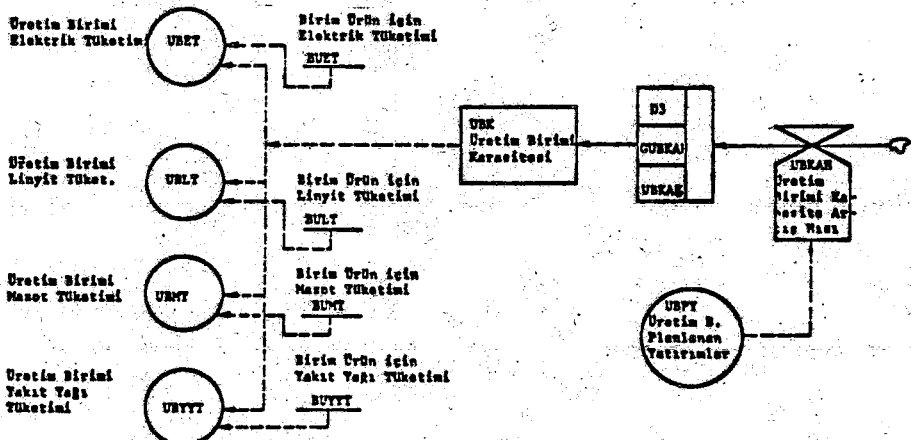
Tablo 2.2. Demir Çelik Üretim-Model Değişkenleri

CUK	- Çelik Üretim Kapasitesi (ton/yıl)
ADCUK1-	Demir Çelik Üretim artışı (1970-1980) (ton/yıl/yıl)
ADCUKA-	Planlanan demir çelik kapasite artışı (1980-1990) (ton/yıl/yıl)
DCUK	- Planlanan demir çelik kapasitesi;gecikmeli (1981-1990) (ton/yıl/yıl)
GCUKA	- Gecikme süresi (yıl)

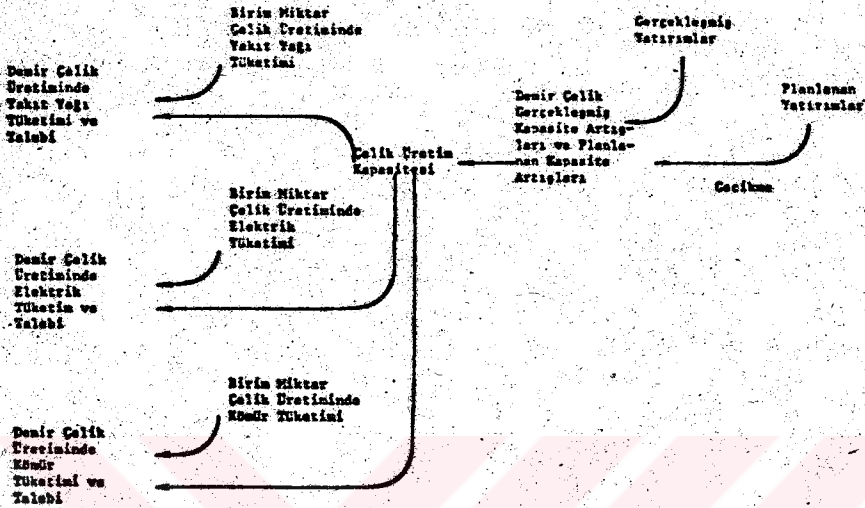
- CUFO - Birim miktar çelik üretiminde yakıt yağı tüketimi (ton/ton)
CUE - Birim miktar çelik üretiminde elektrik tüketimi (kws/ton)
CUK - Birim miktar çelik üretiminde kömür tüketimi (ton/ton)
ADCUK2- ADCUKA, DCUK Seçme değişkeni
SICUK - ADCUK1, ADCUK2 Seçme değişkeni. 1970-80 yılları arası SICUK=ADCUK1, 1981-1990 arası SICUK= ADCUK2 değerini alır.
FOTDC - Demir çelik sektöründe yakıt yağı tüketimi ve tahmini (ton/yıl)
ETDC - Demir çelik sektöründe elektrik tüketimi ve tahmini (Kws /yıl)
KOMTDC- Demir çelik sektöründe kömür tüketimi ve tahmini (ton/yıl)



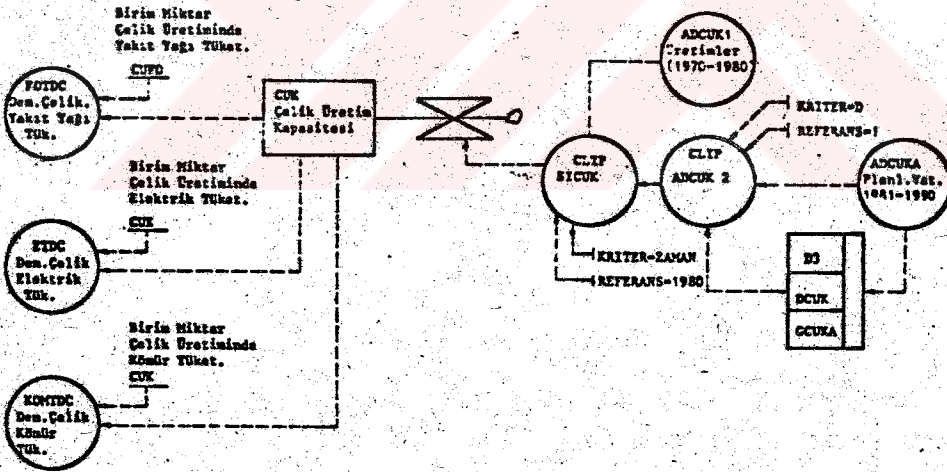
Şekil 2.7. Örnek bir Üretim Birimi için Enerji Tüketimi Etkileşim Şeması



Şekil 2.8. Örnek bir Üretim Birimi için Enerji Tüketimi Akış Şeması



Şekil 2.9. Demir Çelik Üretim Birimi Etkileşim Şeması



Şekil 2.10. Demir Çelik Üretim Birimi Akış Şeması

Modelde 1970-1980 yılları arasında üretim kapasitesi üretim olarak düşünülmüş ve gerçek üretim değerleri modele girmiştir.

tir.(ADCUK1) 1981-1990 yılları arasında planlanan yatırımlar modele doğrudan (ADCUKA) ve gecikmeli olarak (DCUK) girmiştir. Bu seçimi yapabilmek için ADCUK2 seçme değişkeni kullanılmıştır. Kriter=D, Referans=1'den büyükse gecikmeli yatırım (DCUK) modelde kullanılmaktadır.

1970-1980 yılları arasında gerçek üretimin 1981-1990 yılları arasında ise planlanan yatırımların kullanılabilmesi için SICUK değişkeni kullanılmıştır. Burada kriter zaman, referans ise 1981 alınmıştır. Kriter değişkeni referans değişkeninden büyük olduğu zaman planlanan yatırımlar kullanılmaktadır. Zaman (TIME) değişkeni DYNAMO derleyicisinde tanımlanmaktadır. Çelik üretim kapasitesinin artması ile üretim için gerekli yakıt yağı, elektrik ve kömür ihtiyacının zaman içinde artması sözkonusudur. Bu ihtiyaç örneğin yakıt yağı için

$$FOTDC = CUFO . CUK$$

şeklinde belirlenmektedir.

Her üretim-birim için geliştirilen bu akış şemasının DYNAMO derleyicisi denklemi yazış biçimi kullanılarak yazılması Tablo 2.3 'de verilmektedir.

Tablo 2.3. Demir Çelik Enerji Talebi Bilgisayar Programı

NOTE

NOTE ÇELİK ÜRETİM KAPASİTESİ

NOTE

L $CUK.K = CUK.J + (DT) (SICUK.JK)$

N $CUK =$

R $SICUK.KL = (CLIP(ADCUK2.K, ADCUK1.K, TIME.K, 1981))$

A $ADCUK.K = TABHL (TDCUK1 = TIME.K, 1970, 1980, 1)$

T $TDCUK1 =$

A $ADCUK2.K = CLIP(DCUK.K, ADCUKA.K, D, 1)$

A $DCUK.K = DELAY3(DCUKA.JC, GCUKA)$

C $GCUKA =$

R $DCUKA.KL = ADCUKA.K$

A ADCUKA.K=TABHL(TDCUKA, TIME.K, 1981, 1990, 1)

T TDCUKA=

NOTE

A CUFO.K=

A CUE.K=

A CUKK.K=

NOTE

A ETDC.K=CUK.KxCUE.K

A FOTDC.K=CUK.KxCUFO.K

A KOMTDC.K=CUK.KxCUKK.K

Demir çelik sektörü içinde yer alan diğer tüm üretim birimlerinin değişik türlerde oluşan enerji tüketimleri ve tahminleri her tür için ayrı olmak üzere bir değişken altında toplanmaktadır. Bu değişkenler verilen örnekte

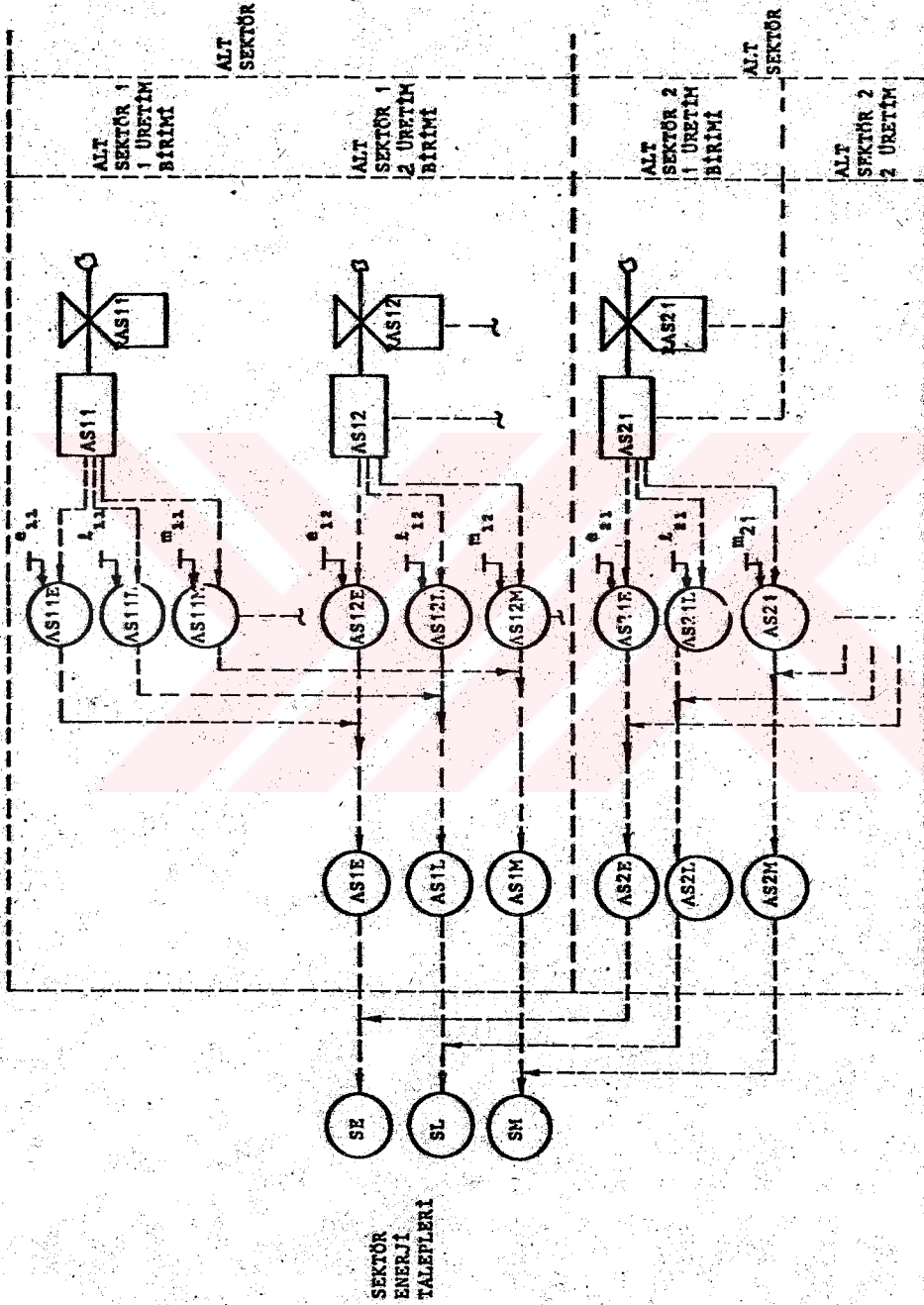
ETDC - Demir çelik sektöründe elektrik tüketimi ve tahmini

FOTDC - Demir çelik sektöründe yakıt yağı tüketimi ve tahmini

KOMTDC- Demir çelik sektöründe kömür tüketimi ve tahmini

olarak gösterilmektedir. Sektör enerji taleplerinin etkileşim şeması ve akım şeması sırası ile Şekil 2.11 ve Şekil 2.12'de gösterilmektedir. Şekil 2.12.'de birinci alt sektörün birinci üretim birimi kapasitesi (AS11) ve bu kapasitenin talep ettiği elektrik (AS11E) linyit (AS11L) ve mazot (AS11M) miktarları görülmektedir. Birinci alt sektördeki tüm üretim birimlerinin her enerji türündeki taleplerinin toplamı birinci alt sektördeki elektrik (AS1E), linyit (AS1L) mazot (AS1M) gibi enerji talebini oluşturmaktadır. Sektör enerji talepleri ise her enerji türünde, her alt sektörde oluşan enerji taleplerinin her tür için toplamına eşit olmaktadır. Şekil 2.12.'de ve bu değerler sektör elektrik (SE) sektör linyit (SL), sektör mazot (SM) olarak görülmektedir.

Her ülke ekonomisinde yer alan sektörler ve alt sektörler için böyle bir yaklaşım kullanılarak her enerji türü için enerji tüketimlerini ve tüketim tahminlerini saptamak mümkün olabilmektedir. Modelde 1970-1980 yılları arasındaki yıllar için saptanan tüketimler bu yıllardaki gerçek tüketimlerle modelin sonuçlarını karşılaştırabilmek için hesaplanmıştır. 1980-1990 yılları arasındaki model sonuçları ise enerji türleri itibarı ile talep tahminlerini vermektedir. Modeli başlangıç yılı



Şekil 2.12. Sektör Enerji Talepleri Akış Şeması

olan 1970 yılından başlayarak istenilen süre kadar çalıştırmak mümkündür. Ancak bu süre içindeki yatırım planlarının bilinmesi modeli çalıştırmak için gerekli olmaktadır. Yatırım planları modele konmadan uzun bir süre için model çalıştırıldığı takdirde ekonomik büyüme olmayacağından enerji arzı enerji talebini karşılayacak ve sistem dengeye ulaşacaktır.

Şekil 2.12.'de kullanılan değişkenlerin tanımları,

- R - Artış Hızı (Kapasite)
- S - Sektör
- AS - Alt sektör
- ES_{ij} - i Alt sektörde j inci üretim birimi (Kapasitesi)
- E,L,M - Sırası ile elektrik, linyit ve mazot
- AS_{ijE} - i Alt sektöründe j inci üretim biriminde elektrik tüketimi
- E_{ij} - i Alt sektöründe, j inci üretim biriminde birim üretim için elektrik tüketimi.

şeklinde belirtilen değişkenlerin birleşimleri ile ifade edilmiştir.

2.4.2. Tarım Sektörü Enerji Talebi

Tarım sektöründe temel olarak üç tüketim aracı enerji tüketimini gerçekleştirmektedir. Bu araçlar biçerdöver, traktör ve motopomplardır. Tarım sektörünün gelişmesine bağımlı olarak bu araçların tarımda kullanılması yoğunlaşmakta ve sayıları da artmaktadır.

Biçerdöver ve traktörlerde mazot tüketilmekte, motopompların bir kısmında mazot ve bir kısmında da elektrik tüketilmektedir. Tarım sektörü enerji talebi etkileşim ve akış şeması sırası ile Şekil 2.13 ve Şekil 2.14.'de verilmektedir. Tarım sektöründe kullanılmakta olan biçerdöver, traktör ve motopompların sayılarındaki artışlar ülkedeki tarım sektörünün gelişmesine göre tahmin edilmektedir. Modelde, 1970-1980 yılları arasındaki gerçek araç sayıları, 1981-1990 yılları arasında ulaşılması planlanan araç sayıları yer almıştır.

Kullanılan tarım araçlarının yıl içinde çalıştıkları süreler araçların cinsine göre ortalama bir rakam olarak saptanmakta ve modele bir dış değişken olarak girmektedir. Aracın birim zamanda tükettiği enerji miktarı, aracın gücüne bağlı

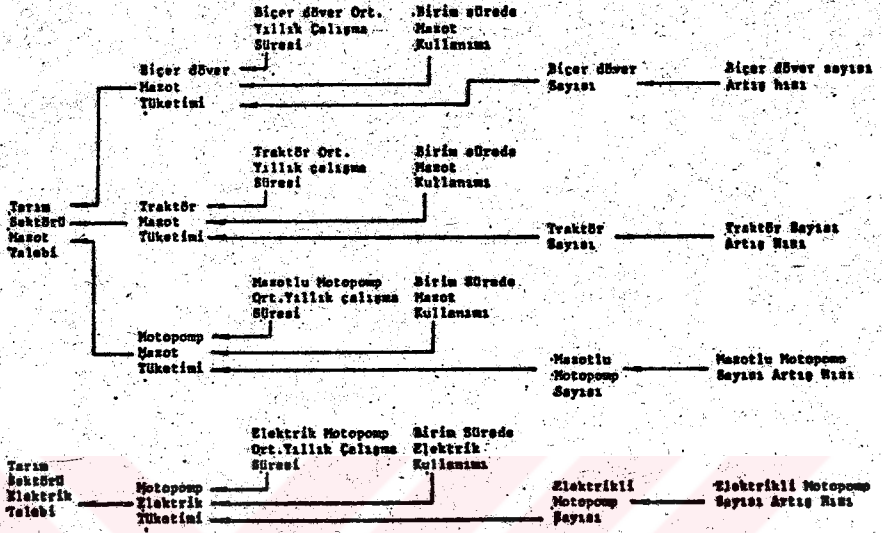
olmaktadır. Belirli bir zamanda hangi güçteki araçtan ne miktarda çalışır durumda olduğunu bilmek tüketilen enerjinin miktarını etkilemektedir. Ancak belirli bir araç türünde enerji tüketimi kullanılan araç sayısına yıllık çalışma süresine ve birim zamanda tükettiği enerjiye bağımlı olmaktadır.

Tarım sektöründe kullanılan traktör, biçerdöver ve mazotla çalışan motopompların mazot tüketimlerinin toplamı tarım sektöründe tüketilen mazot miktarını vermektedir. Elektrikle çalışan motopompların elektrik tüketimi ise tarım sektöründeki elektrik tüketimini vermektedir.

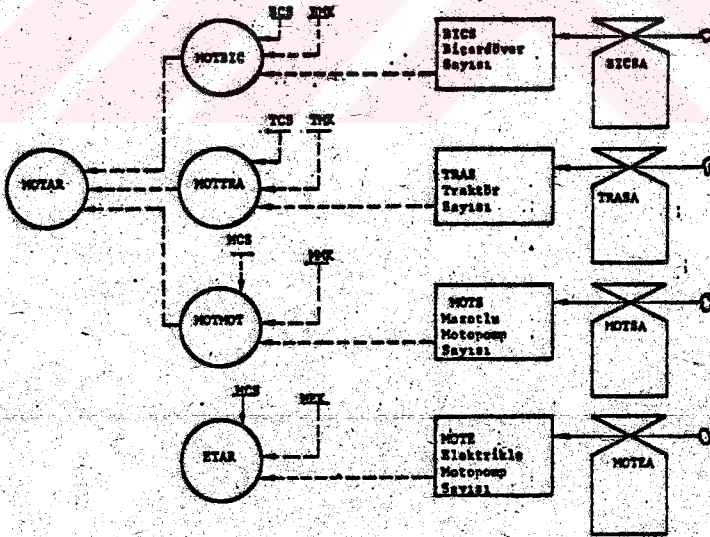
Şekil 2.14.'te kullanılan değişkenlerin tanımları Tablo 2.4.'te verilmektedir.

Tablo 2.4. Şekil 2.14.'de Kullanılan Değişkenlerin Tanımları

BICSA	- Biçerdöver sayısı artış hızı (adet/yıl)
BICS	- Biçerdöver sayısı (adet)
MOTBIC	- Biçerdöver mazot tüketimi (ton)
BCS	- Biçerdöver ortalama yıllık çalışma süresi (saat/yıl)
BMK	- Birim sürede mazot kullanımı (ton/saat)
TRASA	- Traktör sayısı artış hızı (adet/yıl)
TRAS	- Traktör sayısı (adet)
MOTTRA	- Traktör mazot tüketimi (ton)
TCS	- Traktör ortalama yıllık çalışma süresi (saat/yıl)
TMK	- Birim sürede mazot kullanımı (ton/saat)
MOTSA	- Mazotlu motopomp sayısı artış hızı (adet/yıl)
MOTS	- Mazotlu motopomp sayısı
MOTMOT	- Mazotlu motopomp mazot tüketimi
MCS	- Mazotlu motopomp ortalama yıllık çalışma süresi (saat/yıl)
MMK	- Birim sürede mazot kullanımı (ton/saat)
MOTAR	- Tarım sektörü motorin talebi
MOTEA	- Elektrikli motopomp sayısı artış hızı (adet/yıl)
MOTE	- Elektrik motopomp sayısı (adet)
ETAR	- Tarım sektörü elektrik talebi (Kws)
MCS	- Motopomp çalışma süresi (saat/yıl)
MEK	- Birim sürede elektrik kullanımı (kws/saat)



Şekil 2.13. Tarım Sektörü Enerji Talebi Etkileşim Şeması



Şekil 2.14. Tarım Sektörü Enerji Talebi Akış Şeması

2.4.3. Konut Sektörü Enerji Talebi

Konut sektöründe tüketilen enerji temel olarak ısınma ve aydınlatmada olmaktadır. Aydınlatma için çoğunlukla elektrik ısınma için ise yakıt, gaz yağı, linyit, odun, tezek, bitki artıkları ve elektrik tüketilmektedir.

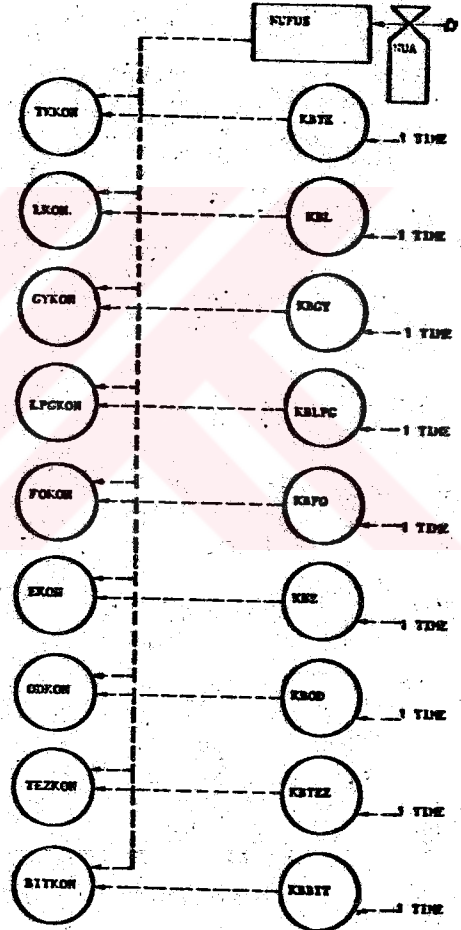
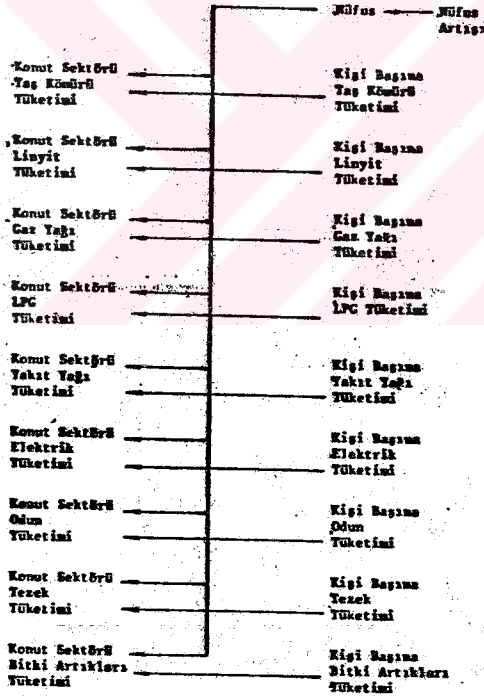
Bu enerji türlerinde talebin gelişmesini etkileyen çok değişik etkenler olabilmektedir. Nüfus artışı ve millî gelir artışına paralel olarak kişi başına enerji talebi artışı talebi en fazla etkileyen etkenlerdendir.

Enerji türlerine göre talebi etkileyen kentleşme, yakıt türleri arasındaki fiyat farklılıkları ve diğer benzer etkenler modelde yer almamaktadır. Konut sektöründe tüketilen her enerji türünde, kişi başına enerji tüketimindeki artış ile nüfus artışı projeksiyonları, talebi etkileyen unsurlar olarak modelde yer almıştır. Şekil 2.15'de ve Şekil 2.16'da sırası ile konut sektörü etkileşim ve akım şeması, Şekil 2.16'da kullanılan değişkenlerin tanımları ise Tablo 2.5.'de verilmektedir.

Tablo 2.5. Şekil 2.24.'de Kullanılan Değişkenlerin Tanımları

NUFUS	- Nüfus (kişi)
NUA	- Nüfus artışı (kişi/yıl)
KBTK	- Kişi başına taş kömürü tüketimi (ton/kişi/yıl)
TKKEN	- Konut sektörü taş kömürü tüketimi (ton/yıl)
KBL	- Kişi başına linyit tüketimi (ton/kişi/yıl)
LKON	- Konut sektörü linyit tüketimi (ton/yıl)
KBGY	- Kişi başına gaz yağı tüketimi (ton/kişi/yıl)
GYKON	- Konut sektörü gaz yağı tüketimi (ton/yıl)
KBLPG	- Kişi başına LPG tüketim (ton/kişi/yıl)
LPGKON	- Konut sektörü LPG tüketimi (ton/yıl)
KBFO	- Kişi başına yakıt yağı tüketimi (ton/kişi/yıl)
FOKON	- Konut sektörü yakıt yağı tüketimi (ton/yıl)
KBE	- Kişi başına elektrik tüketimi (Kws/kişi/yıl)
EKON	- Konut sektörü elektrik tüketimi (Kws/yıl)
KBOD	- Kişi başına odun tüketimi (ton/kişi/yıl)
ODKON	- Konut sektörü odun tüketimi (ton/yıl)
KBTEZ	- Kişi başına tezek tüketimi (ton/kişi/yıl)
TEZKON	- Konut sektörü tezek tüketimi (ton/yıl)
KBBIT	- Kişi başına bitki artıkları talebi (ton/kişi/yıl)
BITKON	- Konut sektörü bitki artıkları tüketimi (ton/yıl)

Konut sektöründe kentleşme, sosyal konut yatırımları vb. etkenleri modele koyarak konut sektörü enerji talebinin hesaplanması ayrı bir çalışma konusu olmaktadır. Bu nedenle her tür enerji için oluşan enerji talebi, zaman serisi analizi ile kişi başına enerji tüketiminin zamana bağımlı olarak bulunması ve bu değerın nüfus ile çarpılması ile elde edilmiştir. [Ek 2]



Şekil 2.15. Konut Sektörü Enerji Tüketimi Etkileşim Şeması

Şekil 2.16 Konut Sektörü Enerji Tüketimi Akış Şeması

2.4.4. Ulaştırma Sektörü Enerji Talebi

Ulaştırma sektörü enerji talebi temel olarak deniz yolları, hava yolları, demiryolları ve kara yollarında yapılan ulaştırma faaliyetlerine dayalıdır. Bu sektörde enerji talebi saptayabilmede her ulaşım çeşidinde yapılacak ulaşım yatırımının yanı sıra bu ulaşım yatırımının kullanılması da önemli olmaktadır. Bu sektörde yapılmış ve yapılacak yatırımların yaratacağı enerji talebi en fazla, bu yatırımların kapasitelerinin üst sınırında kullanılması ile bulunabilmektedir. Ancak yaratılmış olan kapasitenin ne miktarının kullanıldığı da ülkenin içinde oluşan ekonomik ve sosyal faaliyetin büyüklüğüne bağımlı olmaktadır.

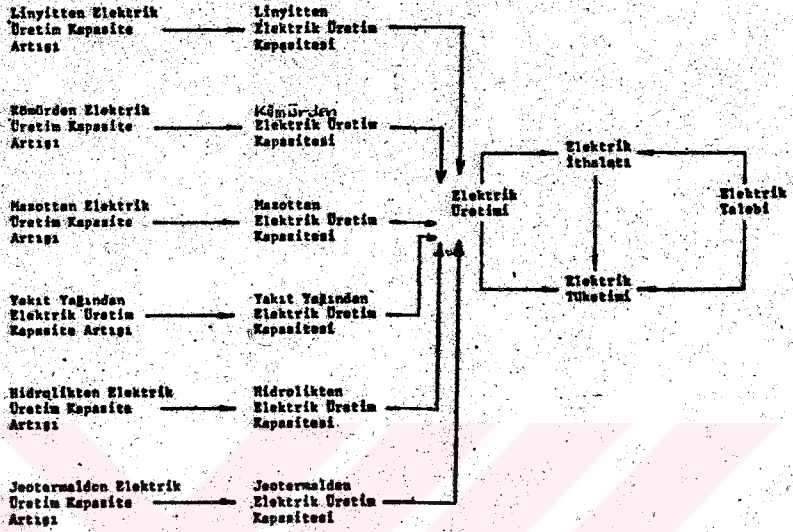
Bu nedenle ulaştırma sektöründe yapılacak yatırımların yaratacağı enerji talebi, talebin üst sınırını teşkil ederken ekonomik ve sosyal faaliyete dayalı olarak oluşan ulaştırmadaki enerji talebi, talebin üst sınırına eşit veya daha küçük olacaktır. Ülkedeki ekonomik ve sosyal faaliyete dayalı olarak oluşacak enerji talebinin saptanması ise ayrı bir ayrıntılı çalışmayı gerektirdiğinden bu sektörde oluşacak enerji talebi istatistiksel rakamlara dayandırılarak modele konmuştur. Geleceğe yönelik olarak saptanan enerji talebinin, enerji talebi üst sınırını aşmayacağı varsayılmıştır. Diğer bir deyişle ulaştırma sektörüne yapılacak yatırımlarla enerji talebi üst sınırı sürekli büyüyeceğinden, enerji talebinin üstünde olacağı varsayılmıştır. [Ek 3]

2.5. ENERJİ ÜRETİMİ

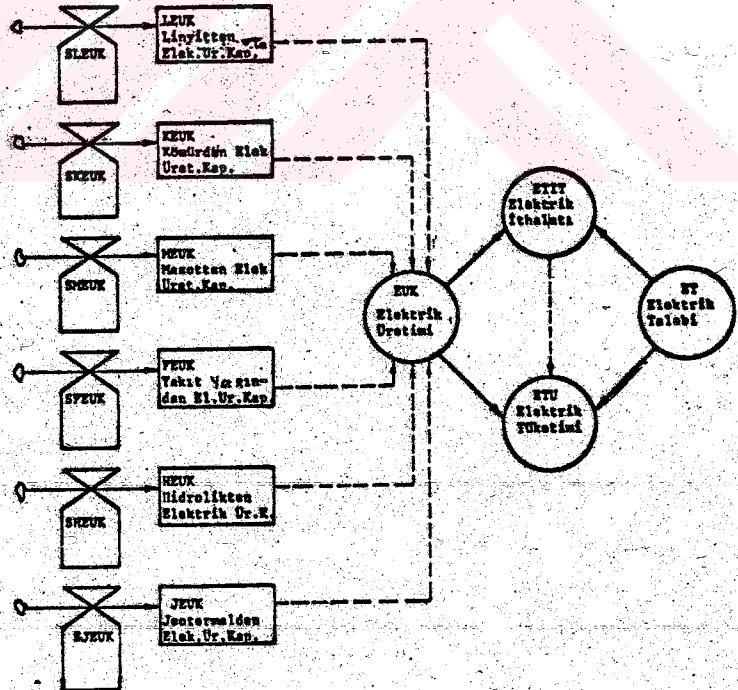
Enerji tüketen sektörde oluşan enerji talebinin karşılanabilmesi için enerji üreten sektörde enerji yatırımları yapılmaktadır. Bu yatırımlar birincil ve ikincil enerji türlerine olmaktadır.

2.5.1. İkincil Enerji Üretim Yatırımları

İkincil enerji olarak yalnızca elektrik enerjisi modelde yer almaktadır. Elektrik enerjisi üretimi bir çok birincil ener-



Şekil 2.17. Elektrik Üretim Etkileşim Şeması



Şekil 2.18. Elektrik Üretimi Akış Şeması

ji kaynağına dayandırılarak yapılabilmektedir. Şekil 2.17'de ve Şekil 2.18'de, mazot, yakıt yağı, hidrolik, jeotermal, linyit, taş kömürü enerji türlerine dayanılarak üretilen elektrik enerjisi üretimi etkileşim ve akış şeması verilmektedir. Elektrik enerjisi özellikle nükleer enerjiden yararlanılarak da üretilmektedir. Bir ekonomide nükleer veya daha değişik bir enerji türünden de yararlanılarak elektrik üretildiği takdirde bu durumun Şekil 2.18'e yansıtılması zor değildir.

Şekil 2.18'de altı tür birincil enerjiden elektrik üretiminin gerçekleşebildiği görülmektedir. Hangi birincil enerji elektrik üretim kapasitesinin ne miktarda arttırılarak elektrik talebinin karşılanacağı ise ayrı bir karar sorunu olmaktadır. Esasen bu kararın alınması ülkenin planlama kuruluşu ve ilgili bakanlıkça yapılmaktadır.

Geliştirilen modelde bu durum iki aşamada ele alınmaktadır. Birinci aşamada karar organları tarafından elektrik enerjisi üretim sektöründe elektrik enerjisinin elektrik talebini ne ölçüde karşılayabildiği ve bu yatırımlarda gecikme söz konusu olduğu takdirde bu gecikmenin elektrik üretimini ne ölçüde azaltacağı gözlenebilmektedir. İkinci aşamada ise elektrik talebinin hangi birincil enerji kaynağına ne ölçüde yansıtacağına bilindiği varsayılarak model yatırım kararlarını belirlemiş kurallara göre kendi almakta ve kararlar sonunda üretilen elektrik enerjisinin elektrik talebini ne ölçüde karşılayabildiği ve yine bu yatırımlarda gecikme söz konusu olduğu takdirde bu gecikmenin elektrik üretimini nasıl etkileyeceği gözlenebilmektedir. Bu kurallar Şekil 2.27'de görülmektedir.

Elektrik enerjisi üretim sektöründe, ülkenin karar organlarınınca planlanan yatırımlarla linyitten elektrik üretimi etkileşim ve akış şeması sırası ile Şekil 2.19 ve Şekil 2.20'de gösterilmektedir. Taş kömürü, mazot, yakıt yağı, hidro ve jeotermal enerjiden elektrik üretimi planlanan yatırımlar için akış şeması Şekil 2.20'in benzeri olduğundan ayrıca verilmemiştir. Şekil 2.20'de kullanılan değişkenlerin tanımları ise Tablo 2.6'da verilmektedir.

Şekil 2.20'de 1970-1980 yılları arasında modele giren değerler gerçek üretim değerleri olmaktadır. Gerçekleşmiş değerlerde gecikme söz konusu olamayacağından modele gecikme fonksi-

yonu konmamıştır. 1981 yılından sonraki yatırımlar ise planlama kuruluşlarınca planlanmış yatırımlardır. Bu yatırımları ilk aşamada hiç gecikme olmayacakmış gibi -L parametresi 1'den küçük alınarak- modele girmiştir. İkinci aşamada ise bu yatırımlarda gecikme olacağı düşünülmüş ve modele bir gecikme (sürekli gecikme-D) fonksiyonu konmuştur. Bu fonksiyon L parametresi 1'den büyük alınarak devreye sokulabilmekte ve bu durumda gecikmesiz yatırımlar devreden çıkmaktadır. Yatırımlardaki gecikme sürekli (discrete) gecikmeler olup 1 yıl, 2 yıl şeklinde olabilmektedir. Bu gecikmeyi modelde sağlayan parametre LxALEU olmakta ve X yerine 1,2,... yazılarak gecikme sırası ile 1 yıl 2 yıl olarak değiştirilebilmektedir.

Tablo 2.6 Şekil 2.20'de Kullanılan Değişkenlerin Tanımları

LEUK	- Linyitten elektrik üretim kapasitesi (Kws/yıl)
SLEUK	- Linyitten elektrik üretimi kapasitesi artışı -seçme değişkeni (CLIP) (Kws/yıl/yıl)
ALEUK1	- Linyitten elektrik üretimi kapasite artışı - Gerçekleşmiş yatırımlar için Tablo değişkeni (TABHL) (Kws/yıl/yıl)
TLEUK1	- ALEUK1 Tablo değişkeninin değerleri
ALEUK2	- Linyitten elektrik üretim kapasite artışı - Seçme Değişkeni (CLIP) (Kws/yıl/yıl)
ALEUKA	- Linyitten elektrik üretimi kapasite artışı -Planlanan yatırımlar için Tablo değişkeni (TABHL) (Kws/yıl/yıl)
TLEUKA	- ALEUKA tablo değişkeninin değerleri
DLEUK	- Linyitten elektrik üretimi kapasite artışı -Gecikmeli planlanan yatırımlar (Kws/yıl/yıl)
D	- Sürekli gecikme
L1ALEU	- Gecikme süresi (yıl)
OLEUK	- Linyitten elektrik üretimi kapasite artışı - Planlanan veya modelin hesapladığı yatırımlar için seçme değişkeni (Kws/yıl/yıl)
TIME	- DYNAMO derleyicisi zaman değişkeni
L,L1	- Kriter değişkenleri
REF	- Referans değişkeni

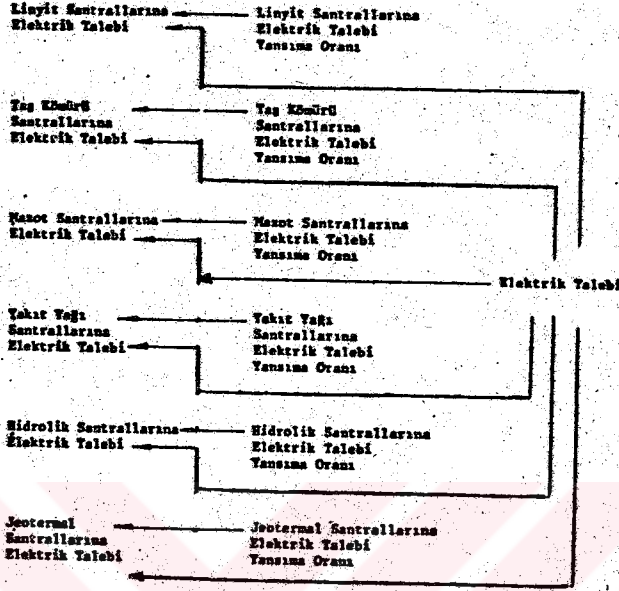
Modelin bu kısmının çalıştırılması ile, planlanan yatırımlar gecikme olmaksızın gerçekleştiğinde veya gecikme olduğu zaman, değişik gecikmeler için linyitten elektrik üretim miktarının ne miktarda olabileceğinin hesaplanmasında kullanılabilir. Bu yolla gecikmelerin eğer varsa enerji açığını nasıl etkileyeceğini incelemek mümkün olabilmektedir.

Yatırım kararlarının, elektrik talebine bağılı olarak, model tarafından alınması söz konusu olduğunda her birincil enerji türünden elektrik üretebilecek santrale elektrik enerjisi talebinin nasıl yansıtılması gerektiğinin ve bu talebin ne miktarda olacağının bilinmesi gerekmektedir. Diğer bir deyişle uzunca bir planlama periyodu sonunda örneğin 20 yıl içinde elektrik enerjisi talebinin hangi oranlarla hangi tür birincil enerji türünden karşılanacağını kararlaştırılmış olması gerekmektedir. Bu durum Şekil 2.21 ve Şekil 2.22'de gösterilmektedir. Her tür elektrik santralına elektrik talebinin nasıl yansıdığına bilindiği varsayılarak modelin yatırım kararlarını alma, etkileşim ve akış şeması sırası ile Şekil 2.23 ve 2.24'de verilmektedir. Şekil 2.24'de kullanılan değişkenlerin tanımları Tablo 2.7'de verilmektedir.

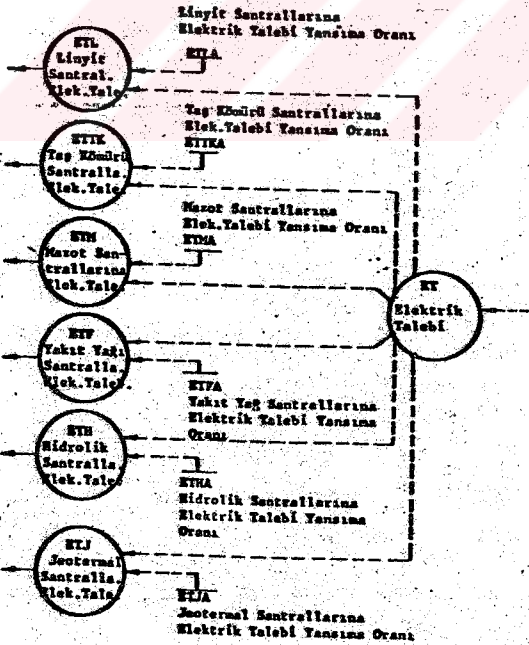
Tablo 2.7. Şekil 2.24'de Kullanılan Değişkenlerin Tanımları

LEUK	- Linyitten elektrik üretim kapasitesi (Kws/yıl)
ET	- Elektrik talebi (Kws/yıl)
ETL	- Linyit santrallarına elektrik talebi (Kws/yıl)
OLEUK2	- Linyitten elektrik üretimi kapasite artışı - Modelin yaptığı yatırımlar (Kws/yıl/yıl)
OLEUK3	- Linyitten elektrik üretimi gecikmeli kapasite artışı - modelin yaptığı yatırımlar (Kws/yıl/yıl)
L1OLEU	- Gecikme süresi (yıl)
D	- Süresiz gecikme
OLEUK1	- Linyitten elektrik üretimi kapasite artışı - Seçme değişkeni (Kws/yıl/yıl)
OLEUKA	- Linyitten elektrik üretimi kapasite artışı - Seçme değişkeni (Kws/yıl/yıl)
L2	- Kriter değişkeni
TIME	- DYNAMO derleyicisi zaman değişkeni - Kriter değişkeni olarak kullanılıyor.
REF	- Referans değişkeni

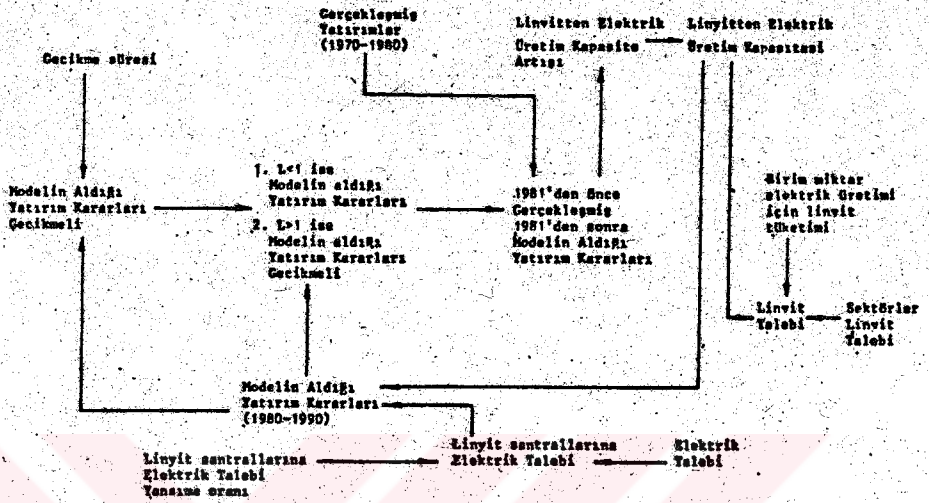
Bu durumda da modelde, 1970-1980 yılları arasındaki gerçekleşmiş yatırımlar veri olarak kabul edilmiş ve bu değerlerde gecikme söz konusu olamayacağından modele gecikme fonksiyonu konmamıştır. 1981 yılından sonraki yatırımları ise model



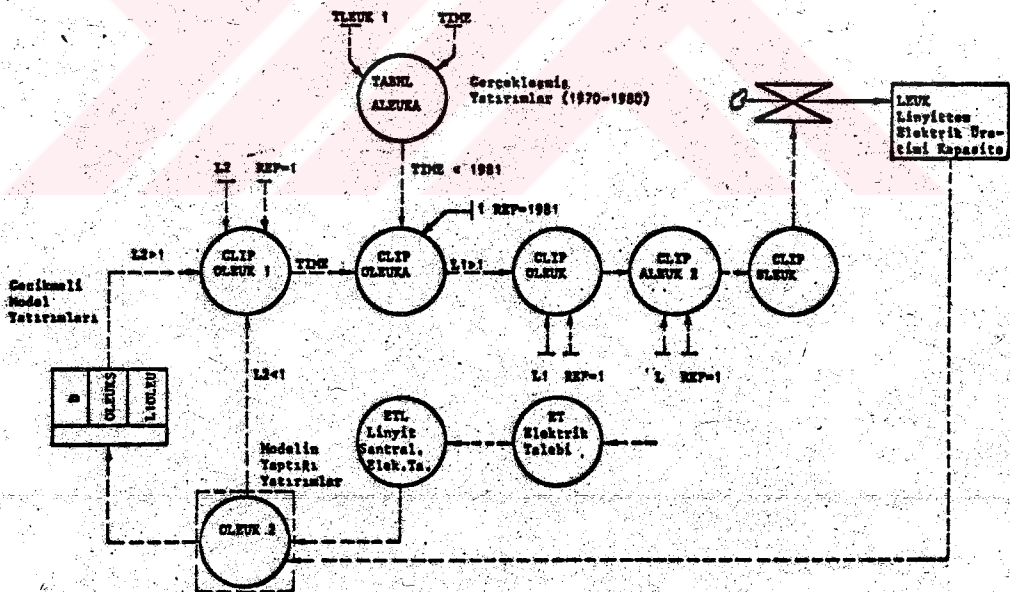
Şekil 2.21. Elektrik Talebinin Birincil Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretim Santrallerine Yansıtılması



Şekil 2.22. Elektrik Talebinin Birincil Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretim Santrallerine Yansıtılması Akış Şema



Şekil 2.23. Modelin Aldığı Yatırım Kararları ile Linyitten Elektrik Üretimi Etkileşim Şeması



Şekil 2.24. Modelin Aldığı Yatırım Kararları ile Linyitten Elektrik Üretimi Akış Şeması

belirlemiş kriterlere göre kendisi kararlaştırmaktadır. Modelin yatırım kararlarını alabilmesi için $L > 1$ ve $L1 > 1$ değerleri modele girdi olarak verilmektedir. Yatırım kararları ilk aşamada, $L2 < 1$ küçük alınarak, hiç gecikme olmayacakmış gibi hesaplanmakta ikinci aşamada ise $L2 > 1$ alınarak alınan kararlar geciktirilmektedir. Bu durumda gecikmesiz yatırımlar devreden çıkmaktadır. Gecikmesiz yatırım kararları OLEUK2 değişkeni ile gecikmeli yatırım kararları ise OLEUK3 değişkeni ile gösterilmektedir. Gecikmede süresiz gecikme fonksiyonu kullanılmakta ve 1 yıl, 2 yıl şeklinde olmaktadır. Bu gecikmeyi modelde sağlayan parametre LXOLEU olmakta ve x yerine 1,2.. yazılarak gecikme sırası ile 1 yıl, 2 yıl olarak değiştirilebilmektedir.

Şekil 2.24'de OLEUK2 değişkeni, kesikli çizgilerle çizilmiş bir kare içinde gösterilmektedir. Bu yatırım kararı değişkeni basit bir şekilde Şekil 2.24'de gösterilmesine rağmen bu kararın gerçekleşmesi, diğer bir deyişle OLEUK2 değişkeninin değerinin saptanması etkileşim ve akım şeması sırası ile Şekil 2.25 ve Şekil 2.26'da gösterilmektedir. Şekil 2.26'da kullanılan değişkenlerin tanımları ise Tablo 2.8'de verilmektedir.

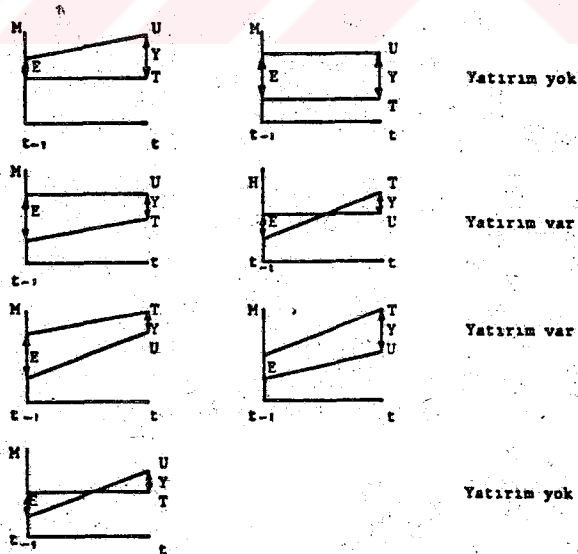
Tablo 2.8. Şekil 2.26'da Kullanılan Değişkenlerin Tanımları

SLET	-	Linyit santrallarına elektrik talebinin iki yıllık ortalaması (Kws/yıl)
S	-	Ortalama fonksiyonu
YLEUK	-	Linyitten elektrik üretim kapasitesi ile linyit santrallarına elektrik talebi arasındaki fark (Kws/yıl)
ELEUK	-	YLEUK değişkeninin bir dönem (yıl) önceki değeri
EYLEUK	-	YLEUK ve ELEUK değişkenlerinin arasındaki fark (Kws/yıl)
OLEUK7	-	EYLEUK $\neq$ 0 0 $\neq$ EYLEUK = 0 Yatırım kararı (Kws/yıl)
OLEUK4	-	0 $\neq$ ELEUK < YLEUK OLEUK7 $\neq$ ELEUK > YLEUK Seçme değişkeni; Yatırım kararı (Kws/yıl)
OLEUK6	-	YLEUK ve ELEUK değişkenlerinin toplamı - değişkenler negatif değer aldığı takdirde- (Kws/yıl)
OLEUK5	-	0 $\neq$ YLEUK > 0 OLEUK6 $\neq$ YLEUK < 0 Seçme değişkeni; Yatırım kararı (Kws/yıl)

OLEUK2 - OLEUK4 ELEUK > 0
OLEUK5 ELEUK < 0
Seçme değişkeni; Yatırım kararı (Kws/yıl)

Şekil 2.26'da belirtilen, modelin aldığı yatırım kararlarının temelinde yatan mantık ise Şekil 2.27'de gösterilmektedir. Şekilde T-talep, U-Üretim, E-ELEUK, Y-YLEUK, M-Miktar, t-Zaman değişkenlerini göstermektedir. İki dönem (yıl) arasında, üretim talepten büyük olduğu sürede, üretimle talep arasındaki fark aynı kalıyor veya açılıyorsa yatırım kararı alınmamakta, fark kapanıyor veya talep üretimi geçiyorsa yatırım kararı alınmaktadır. İki dönem arasında, talep üretimden büyük olduğu sürede, üretimin talebin altında olduğu her durumda yatırım kararı alınmakta, üretim talebin üstüne çıktığı an yatırım kararı o dönem alınmamakta bir sonraki dönem durumuna bağlı olmaktadır. Modelde yatırım miktarı üretimin sürekli olarak talebin üstünde olmasını sağlayacak ekonomik büyüklüklerde ve bunların katlarında olmaktadır.

Linyitten elektrik üreten santrallerin linyit talebi, bir kws elektrik üretebilmesi için harcanan linyit miktarı (LELIN) ile santral elektrik üretiminin çarpılması ile elde edilmektedir.



Şekil 2.27. Modelin Yatırım Kararları

Şekil 2.20, Şekil 2.24 ve Şekil 2.26'da verilen linyitten elektrik üretim santralleri akım şemaları için DYNAMO derleyicisi kullanılmak üzere yazılmış bilgisayar programı Tablo 2.9'da verilmektedir.

Tablo 2.9: Linyitten Elektrik Üretim Santralleri Bilgisayar Programı

```

NOTE *****
NOTE LINVIT SANTPALLA=1(ELEKTRİK ENERJİ TALEPİ-TALEPİ-ÜRETİM)
NOTE *****
C L=
C L1=
C L2=
NOTE *****
L LEUK.K=LEUK.J+(DT)*(SLEUK.JK)
N LEUK=
NOTE
R SLEUK.K=CLIP1ALEUK2.K,ALEUK1.K,TIME.K,1961
A ALEUK1.K=TAHMLILEUK1.TIME.K,1970,1980,1
T YLEUK1=
A ALEUK2.K=CLIP1OLEUK.K,ALEUKA.K,L,1
NOTE
NOTE LINVIT SANT.DA İKWS İÇİN LINVIT TUKETİMİLELİNDİ
NOTE
A LELIN.K=
NOTE
NOTE PLANLANAN YATIRIMLAR GECİKMESİZ(L=0)
NOTE
A ALEUKA.K=TAHMLILEUKA.TIME.K,1981,1990,1
T YLEUKA=
NOTE
A OLEUK.K=CLIP1OLEUKA.K,OLEUK.K,L,1
NOTE
NOTE PLANLANAN YATIRIMLAR-GECİKMELİ(L=2,L1=0)
NOTE
NOTE 2,3,4 YIL GECİKMELER İÇİN OLEUK.K=L(2,3,4)ALEUK OLUR
NOTE
A OLEUK.K=L1ALEUK
NOTE
R R1ALEUK.K=ALEUKA.K
L L1ALEUK.K=(DT)*(R1ALEUK.JK)
N L1ALEUK=0
R R2ALEUK.K=L1ALEUK
L L2ALEUK.K=(DT)*(R2ALEUK.JK)
N L2ALEUK=0
R R3ALEUK.K=L2ALEUK
L L3ALEUK.K=(DT)*(R3ALEUK.JK)
N L3ALEUK=0
R R4ALEUK.K=L3ALEUK
L L4ALEUK.K=(DT)*(R4ALEUK.JK)
N L4ALEUK=0
S OUT3.K=L4ALEUK
NOTE
A OLEUKA.K=CLIP1OLEUK1.K,ALEUK1.K,TIME.K,1981
NOTE
A OLEUK1.K=CLIP1OLEUK3.K,OLEUK2.K,L2,1
NOTE
NOTE MODELİN YATIRIM HESAPLAMASI-GECİKMESİZ(L=2,L1=2,L2=0)
NOTE
A OLEUK2.K=CLIP1OLEUK4.K,OLEUK5.K,YLEUK.K,0
A OLEUK5.K=CLIP1EKLEUK.K,OL1.K,LEUK.K,EKLEUK.K,ETL,K
A OL1.K=CLIP12EKLEUK.K,OL2.K,LEUK.K,2=EKLEUK.K,ETL,K
A OL2.K=CLIP13EKLEUK.K,OL3.K,ETL,K,3=EKLEUK.K,ETL,K
A OL3.K=CLIP14EKLEUK.K,OL4.K,ETL,K,4=EKLEUK.K,ETL,K
A OL4.K=CLIP15EKLEUK.K,OL5.K,LEUK.K,5=EKLEUK.K,ETL,K
A OL5.K=5=EKLEUK.K

```

```
A      OLEUK4.K=CLIP(OLEUK7.K,O,OLEUK.K,YLEUK.K)
A      OLEUK7.K=SWITCH(10,TSLEUK.K,2YLEUK.K)
A      TSLEUK.K=CLIP(OL6.K,O,ETL.K,O,3OLEUK.K)
A      OL6.K=CLIP(OL7.K,2EKLEUK.K,ETL.K,O,8OLEUK.K+EKLEUK.K)
A      OL7.K=CLIP(OL8.K,3EKLEUK.K,ETL.K,O,9OLEUK.K+2EKLEUK.K)
A      OL8.K=CLIP(OL9.K,4EKLEUK.K,ETL.K,O,10OLEUK.K+3EKLEUK.K)
A      OL9.K=CLIP(OL10.K,5EKLEUK.K,ETL.K,O,11OLEUK.K+4EKLEUK.K)
A      OL10.K=5EKLEUK.K
A      EYLEUK.K=ELEUK.K-YLEUK.K
A      EKLEUK.K=
A      ELEUK.K=SMOOTH(YLEUK.K,1)
A      YLEUK.K=LEUK.K-ETL.K
NOTE
NOTE  MODELİN YATIRIM HESAPLAMASI-GEÇİKMELİ:L1=2,L2=2)
NOTE
NOTE  2,3,4 YIL GEÇİKMELEŞ İÇİN OLEUK3.K=L1(2,3,4)OLEU.K OLUR
NOTE
A      OLEUK3.K=L1OLEU.K
NOTE
R      R1OLEU.KL=OLEUK2.K
L      L1OLEU.K=(DT1)R1OLEU.JK)
N      L1OLEU=0
R      R2OLEU.KL=L1OLEU.K
L      L2OLEU.K=(DT1)R2OLEU.JK)
N      L2OLEU=0
R      R3OLEU.KL=L2OLEU.K
L      L3OLEU.K=(DT1)R3OLEU.JK)
N      L3OLEU=0
R      R4OLEU.KL=L3OLEU.K
L      L4OLEU.K=(DT1)R4OLEU.JK)
N      L4OLEU=0
S      OUT4.K=L4OLEU.K
NOTE
```

Taş Kömürü, hidro, jeotermal, mazot, yakıt yağı vb. diğer birincil enerji kullanarak elektrik üreten santraller yatırım-ları için benzer bilgisayar programları geliştirmiştir.

2.5.2. Birincil Enerji Üretim Yatırımları

Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi birincil enerji kaynaklarından taş kömürü, linyit ve petrol yenilenmeyen enerji kaynaklarıdır. Bu kaynakların gerek ikincil enerji üretiminde ve gerekse doğrudan sektörlerde tüketilebilmeleri için üretilmeleri, bu üretimleri gerçekleştirmek için de yatırımlar gerekmektedir. Hidrolik enerji, jeotermal enerji gibi birincil enerji kaynaklarının üretimi için ayrıca yatırım söz konusu olmamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları için yatırımlar ikincil enerji üretim yatırımları kesiminde yer almaktadır.

Linyit ve taş kömürü üretim yatırımları için yapılan

modelleme yaklaşımı ikincil enerji kaynakları için yapılan yaklaşımın benzeridir. Taş kömürü üretim yatırımları için yapılan modelleme yaklaşımı da linyit için yapılan modelleme yaklaşımının aynısı olduğundan burada yalnızca linyit üretim yatırımları için modelleme anlatılacaktır. Petrol ve petrol ürünleri için yapılan modelleme yaklaşımı ise ayrıca açıklanacaktır.

Linyite olan talep, linyitten elektrik üreten santrallerin linyit talebi ile sektörlerin linyit talebinin toplamından oluşmaktadır. Bu durumda linyit talebi hem enerji tüketen sektörlerdeki gelişmelere hem de enerji üreten sektörün kendi içindeki gelişmelere bağımlı olmaktadır.

Modelde linyit üretimi için yatırım kararlarının alınması iki aşamada düşünülmektedir. Birinci aşamada yatırım kararlarının ülkenin planlama kuruluşlarınca alındığı varsayılmakta ve kararlar dış değişken olarak modele girmektedir. Planlanan yatırımların ilk önce gecikmesiz olarak gerçekleşeceği kabul edilerek linyit üretiminin ne ölçüde linyit talebini karşılayabildiği incelenebilmektedir. Daha sonra bu yatırımlarda gecikme olduğu takdirde, bu gecikmelerin linyit üretimini ve üretim açığını veya fazlalığını nasıl etkileyeceği de incelenebilmektedir. İkinci aşamada ise model yatırım kararlarını belirleyebilmiş kurallara göre kendisi almakta ve bu kararlar sonunda yapılan yatırımların ve üretilen linyitin, talebi ne ölçüde karşılayacağı ve yatırımlarda gecikme olduğu takdirde bu gecikmenin linyit üretimine nasıl yansıtacağı incelenebilmektedir.

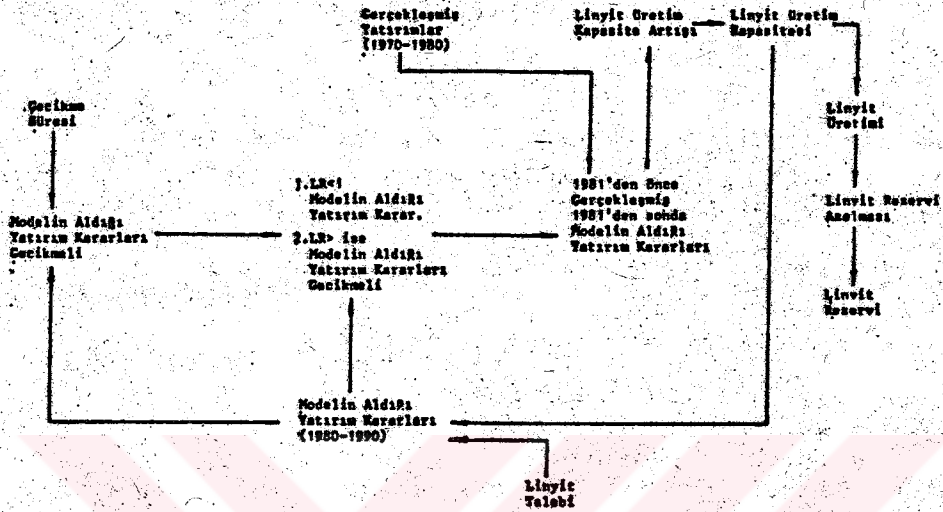
Planlanan yatırımlarla linyit üretimi etkileşim ve akış şeması sırası ile Şekil 2.28 ve Şekil 2.29'da verilmektedir. Şekilde yer alan değişkenlerin tanımları Tablo 2.10'da yer almaktadır. Şekil 2.29'da ALUY1 değişkeni ile modele girmiş olan değerler gerçekleşmiş yatırımlardır ve gecikme söz konusu olmamaktadır. 1980 yılından itibaren planlanan yatırımlar ise birinci alternatifte ($LR < 1$) gecikmesiz olarak linyit üretim kapasitesine yansımaktadır. İkinci alternatifte ($LR > 1$) planlanan yatırımlar DLUY değişkeni ile gecikmeli olarak linyit üretim kapasitesine yansımaktadır. Gecikme süresi LXALUY parametresi ile sağlanmakta ve $X=1$ $X=2$ değerleri ile L1ALUY=1 yıl L2ALUY=2 yıl... gecikmeler modele konularak sonuçlar incelenebilmektedir.

Tablo 2.10. Şekil 2.29'da Kullanılan Değişkenlerin Tanımları

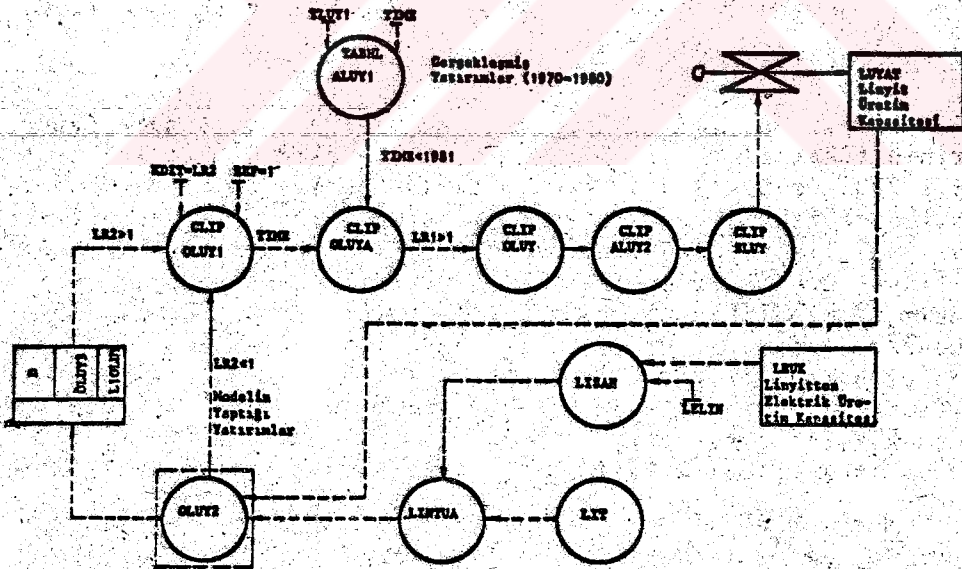
LUYAT	- Linyit üretim kapasitesi (ton/yıl)
SLUY	- Linyit üretimi kapasite artışı -seçme değişkeni (CLIP) (ton/yıl/yıl)
ALUY1	- Linyit üretimi kapasite artışı - Gerçekleşmiş yatırımlar için Tablo değişkeni (TABHL) (ton/yıl/yıl)
TLUY1	- ALUY1 Tablo değişkeninin değerleri
ALUY2	- Linyit üretimi kapasite artışı - Seçme değişkeni (CLIP) (ton/yıl/yıl)
ALUYA	- Linyit üretimi kapasite artışı - Planlanan yatırımlar için tablo değişkeni
TALUYA	- ALUYA tablo değişkeninin değerleri.
DLUY	- Linyit üretimi kapasite artışı - Gecikmeli planlanan yatırımlar (ton/yıl/yıl)
D	- Süreksiz gecikme
OLUY	- Linyit üretimi kapasite artışı - Planlanan veya modelin hesapladığı yatırımlar için seçme değişkeni (ton/yıl/yıl)
TIME	- DYNAMO Derleyicisi zaman değişkeni
LR,LR1	- Kriter değişkenleri
REF	- Referans değişkeni.

Modelin aldığı yatırım kararları ile linyit üretimi etkileşim ve akış şeması sırası ile Şekil 2.30 ve Şekil 2.31'de verilmektedir. Şekil 2.31'de kullanılan değişkenlerin tanımları Tablo 2.11'de yer almaktadır. Modelin aldığı kararlarda linyite olan talep önemli rol oynamaktadır. Modelin yatırım kararları (OLUY2) bu talebin seyrine bağımlı olmaktadır. Alınan kararlar birinci alternatifta ($LR2 < 1$) gecikmesiz olarak, ikinci alternatifta ise ($LR2 > 1$) gecikmeli olarak OLUY3 değişkeni ile linyit üretim yatırımlarına yansıtılmaktadır. Gecikme parametresi LXOLUY, $X=1$, $X=2$ değerleri ile $L1OLUY = 1$ yıl $L2OLUY=2$ yıl .. gecikmeler modele konularak sonuçlar incelenebilmektedir.

Şekil 2.31'da kesikli çizgilere kare içine alınmış olan OLUY2, modelin yaptığı yatırımlar, değişkeni modelde daha ayrıntılı olarak yer almıştır. Modelin yaptığı yatırımların hesaplanmasının nasıl olduğu bir önceki bölümde linyitten elektrik üreten santraller için ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Bu yöntem linyit üretimi ve diğer enerji türleri için de aynen kullanıldığından burada tekrarlanmamaktadır.



Şekil 2.30. Modelin Aldığı Yatırım Kararları ile Linyit Üretimi Etkileşim Şeması



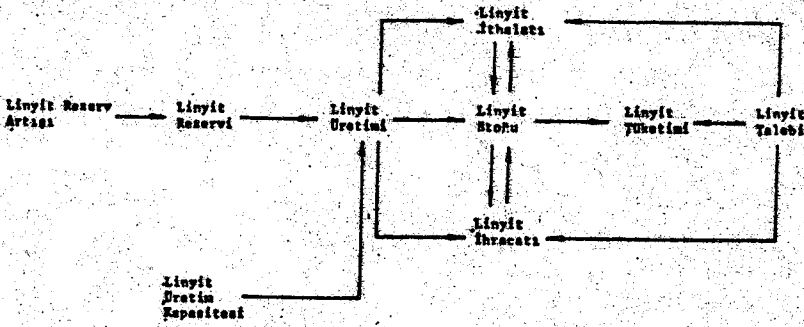
Şekil 2.31. Modelin Aldığı Yatırım Kararları ile Linyit Üretimi Akış Şeması

Tablo 2.11. Şekil 2.31'de Kullanılan Değişkenlerin Tanımları

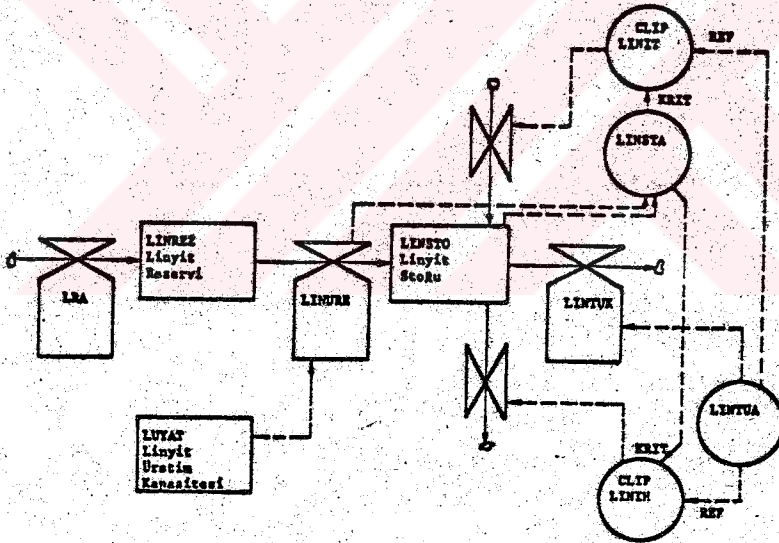
LIT	- Sektörler linyit talebi (ton/yıl)
LEUK	- Linyitten elektrik üretim kapasitesi (Kws/yıl)
LELIN	- 1 Kws elektrik üretimi için linyit tüketimi (ton/Kws)
LISAN	- Linyitten elektrik üreten santrallerin linyit talebi (ton/yıl)
LINTUA	- Linyit talebi (ton/yıl)
OLUY2	- Linyit üretimi kapasite artışı - Modelin yaptığı Yatırımlar (ton/yıl/yıl)
OLUY3	- Linyit üretimi gecikmeli kapasite artışı - Modelin yaptığı yatırımlar (ton/yıl/yıl)
L1OLUY	- Gecikme süresi (yıl)
D	- Süreksiz gecikme
OLUY1	- Linyit üretimi kapasite artışı - Seçme değişkeni (ton/yıl/yıl)
OLUYA	- Linyit üretimi kapasite artışı - Seçme değişkeni (ton/yıl/yıl)
LR1,LR2	- Kriter değişkeni
TIME	- DYNAMO derleyicisi zaman değişkeni - Kriter değişkeni
REF	- Referans değişkeni.

Linyit üretimi, tüketimi ve stoklanması ve linyit rezervlerinin tüketimi ile ilgili etkileşim ve akım şeması sırası ile Şekil 2.32 ve Şekil 2.33'de gösterilmektedir. Şekil 2.33'de kullanılan değişkenler Tablo 2.12'de tanımlanmaktadır. Linyit üretimi yeni linyit rezervlerinin bulunması ile artabilmekte (LIRA) ve linyit üretimi ile azalabilmektedir (LINURE). Linyit stoğu üretim ve ithalatla artmakta tüketim ve ihracatla da azalabilmektedir. Linyit tüketimi, o dönemki enerji üretimi ve stoğundan fazla ise linyit ithalatı az ise linyit ihracatı kararı alınmaktadır. Diğer bir deyişle, üretim stokla birlikte talebi tamamen karşıladıktan sonra ihracat söz konusu olmaktadır. Üretim ve stok talebi karşılamaya yetmezse ithalat yapılmaktadır.

Model üretimin yetmediği durumda ithalatla, yettiği durumda yalnız üretimle talebin karşılanmasını öngörmektedir. Yapılan ithalat miktarı ise üretim açığını da ifade etmektedir. Linyit üretimi (LINURE) linyit üretimi yatırım kapasitesine bağımlı olmaktadır. Planlanan yatırımların gerçekleşmesi ile artan linyit üretimi kapasitesi üretimi arttırmaktadır. Planlanan yatırımlarda gecikme olduğu takdirde linyit üretimi kapa-



Şekil 2.32. Linyit Üretimi, Tüketimi ve Rezervi Etkileşim Şeması



Şekil 2.33. Linyit Üretimi, Tüketimi ve Rezervi Akış Şeması

sitesi daha gecikmeli olarak artmakta ve linyit üretim miktarı da düşük olmaktadır. Bu durumda ise üretim açığı fazlalaşmakta ve ithalat artmaktadır.

Tablo 2.12. Şekil 2.33'de Kullanılan Değişkenlerin Tanımları

LUYAT	- Linyit üretim kapasitesi (ton/yıl)
LRA	- Linyit rezerv artışı (ton/yıl)
LINREZ	- Linyit rezervi (ton)
LINURE	- Linyit üretimi (ton/yıl)
LINSTO	- Linyit stoğu (ton)
LINTUK	- Linyit tüketimi (ton/yıl)
LINSTA	- Linyit üretim ve stoğu (ton)
LINTUA	- Linyit talebi (ton)
LINIT	- Linyit ithalatı - seçme değişkeni (ton/yıl)
LINIH	- Linyit ihracatı - seçme değişkeni (ton/yıl)

Şekil 2.29 Şekil 2.31 ve Şekil 2.33'de verilen planlanan yatırımlarla, modelin aldığı yatırım kararları ile linyit üretimi kapasite artışını ve linyit üretim, tüketim, stoklama rezervlerini kapsayan DYNAMO derleyicisi kullanılarak yazılmış bilgisayar programı Tablo 2.13'de verilmektedir.

Tablo 2.13. Linyit Üretimi Bilgisayar Programı

```
NOTE LINYIT TÜKETİM-TALEP-ÜRETİM
NOTE *****
C LR=
C LR1=
C LR2=
NOTE *****
NOTE
NOTE LINYIT KÜMURU TALEBİ
NOTE
A LISAN.K=LKUK.K*LELIN.K
A LINTU1.K=LIT.K*LTSSN.K
K LINTUK.KL=LINTU1.K
NOTE
NOTE LINYIT ÜRETİM YATIRIMLARI (KAPASİTESİ)
NOTE
L LUYAT.K=LUYAT.J*(DT)*(SLUY.JK)
N LUYAT=
NOTE
R SLUY.KL=CLIP1ALUY2.K*ALUY1.K*TIME.K*1991)
NOTE 1970-1980 YATIRIMLARI
NOTE
A ALUY1.K=TANHU1LUY1.TIME.K*1970.1980.1)
Y TLUY1=
NOTE
```

```

A      ALUY2.K=CLIP(OLUY.K,ALUYA.K,LF,1)
NOTE
NOTE  PLANLANAN YATIRIMLAR GECIKMESIZ(LR=0)
NOTE
A      ALUYA.K=TABML(TALUYA,TIME,K,1981,1990,1)
T      TALUYA=
NOTE
A      OLUY.K=CLIP(OLUYA.K,OLUY.K,LRI,1)
NOTE
NOTE  PLANLANAN YATIRIMLAR GECIKMELI(LR=2,LRI=0)
NOTE
A      OLUY.K=L1ALUY.K
NOTE
R      R1ALUY.KL=ALUYA.K
L      L1ALUY.K=(DT)(R1ALUY.JK)
N      L1ALUY=0
R      R2ALUY.KL=L1ALUY.K
L      L2ALUY.K=(DT)(R2ALUY.JK)
N      L2ALUY=0
R      R3ALUY.KL=L2ALUY.K
L      L3ALUY.K=(DT)(R3ALUY.JK)
N      L3ALUY=0
R      R4ALUY.KL=L3ALUY.K
L      L4ALUY.K=(DT)(R4ALUY.JK)
N      L4ALUY=0
S      OUT13=L4ALUY.K
NOTE
A      OLUYA.K=CLIP(OLUY1.K,ALUY1.K,TIME,K,1981)
NOTE
A      OLUY1.K=CLIP(OLUY3.K,OLUY2.K,LR2,1)
NOTE

```

FILE ENERJ MODEL A VM/SP, TUBITAK

```

NOTE  MODELIN YAPTIGI YATIRIMLAR GECIKMESIZ(LR=2,LRI=2,LR2=0)
NOTE
A      OLUY2.K=CLIP(OLUYA.K,OLUY5.K,YLUY.K,0)
A      OLUY5.K=CLIP(EKLUYA.K,OLU1.K,LUYAT.K+EKLUYA.K,LINTUA.K)
A      OLU1.K=CLIP(2+EKLUYA.K,OLU2.K,LUYAT.K+2+EKLUYA.K,LINTUA.K)
A      OLU2.K=CLIP(3+EKLUYA.K,OLU3.K,LUYAT.K+3+EKLUYA.K,LINTUA.K)
A      OLU3.K=CLIP(4+EKLUYA.K,OLU4.K,LUYAT.K+4+EKLUYA.K,LINTUA.K)
A      OLU4.K=CLIP(5+EKLUYA.K,OLU5.K,LUYAT.K+5+EKLUYA.K,LINTUA.K)
A      OLU5.K=5+EKLUYA.K
A      OLU6.K=CLIP(OLUY7.K,0,ELUY.K,YLUY.K)
A      OLUY7.K=SWITCH(0,TSLUY.K,EYLUY.K)
A      TSLUY.K=CLIP(OLU6.K,0,LINTUA.K,0.8*LUYAT.K)
A      OLU6.K=CLIP(OLU7.K,EKLUYA.K,LINTUA.K,0.8*LUYAT.K+EKLUYA.K)
A      OLU7.K=CLIP(OLU8.K,2+EKLUYA.K,LINTUA.K,0.8*LUYAT.K+2+EKLUYA.K)
A      OLU8.K=CLIP(OLU9.K,3+EKLUYA.K,LINTUA.K,0.8*LUYAT.K+3+EKLUYA.K)
A      OLU9.K=CLIP(OLU10.K,4+EKLUYA.K,LINTUA.K,0.8*LUYAT.K+4+EKLUYA.K)
A      OLU10.K=5+EKLUYA.K
A      EYLUY.K=ELUY.K-YLUY.K
A      EKLUYA.K=
A      ELUY.K=SMOOTH(YLUY,K,1)
A      YLUY.K=LUYAT.K-LINTUA.K
NOTE
NOTE  MODELIN YAPTIGI YATIRIMLAR GECIKMELI(LR=2,LRI=2,LR2=2)
NOTE
A      OLUY3.K=L1OLUY.K
NOTE
R      R1OLUY.KL=OLUY2.K
L      L1OLUY.K=(DT)(R1OLUY.JK)
N      L1OLUY=0
R      R2OLUY.KL=L1OLUY.K
L      L2OLUY.K=(DT)(R2OLUY.JK)
N      L2OLUY=0
R      R3OLUY.KL=L2OLUY.K
L      L3OLUY.K=(DT)(R3OLUY.JK)
N      L3OLUY=0
R      R4OLUY.KL=L3OLUY.K
L      L4OLUY.K=(DT)(R4OLUY.JK)

```

N L40LUY=0
S OUT14.K=L40LUY.K
NOTE
NOTE LINYIT URETİM-STOK-TÜKETİM
NOTE
L LINSTO.K=LINSTO.J*(DT) (LINURE.JK+LINIT.JK-LINIH.JK-LINTUK.JK)
N LINSTO=0
R LINURE.KL=LUYAT.K
NOTE
NOTE LINYIT İTHALATI VE İHRACATI
NOTE
A LINSTA.K=LINSTO.K*LUYAT.K
R LINIT.KL=CLIP10,LINTUA.K-LINSTA.K,LINSTA.K,LINTUA.K)
R LINIH.KL=LLIP10,LINTUA.K-LINTUA.K*0,LINSTA.K,LINTUA.K)
NOTE
NOTE LINYIT REZERVİ
NOTE
L LINREZ.K=LINREZ.J*(DT) (LRA.JK-LINURE.JK)

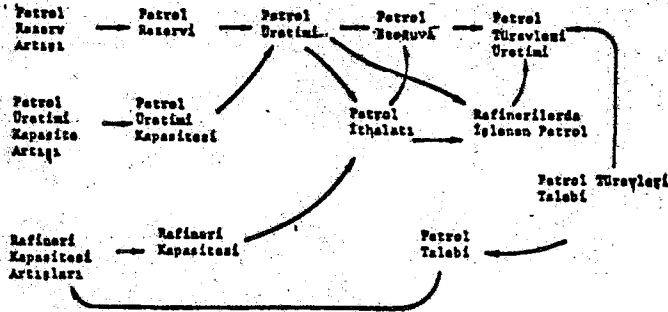
FILE: ENER5 * MODEL A VM/SP.TUBITAK

N LINREZ=0
R LRA.KL=0
NOTE

2.5.3. Birincil Enerji -Petrol ve Türevleri- Üretim Yatırımları

Taşıması, depolanması ve tüketimi açısından elektrikten sonra kullanımı en kolay olan petrol ve petrol türevleri birincil enerji türleri arasında en önemli yeri tutmaya devam etmektedir. Ancak petrol doğrudan tüketimde kullanılamamakta bunun yerine petrol türevleri kullanılabilmektedir. Bu durum petrol üretim yatırımlarının yanında petrolün türevlerine ayarıştırılabilmesi için rafineri yatırımlarını da gerekli kılmaktadır. Petrol üretim yatırımları ve rafineri yatırımları etkileşim şeması Şekil 2.34'de verilmektedir.

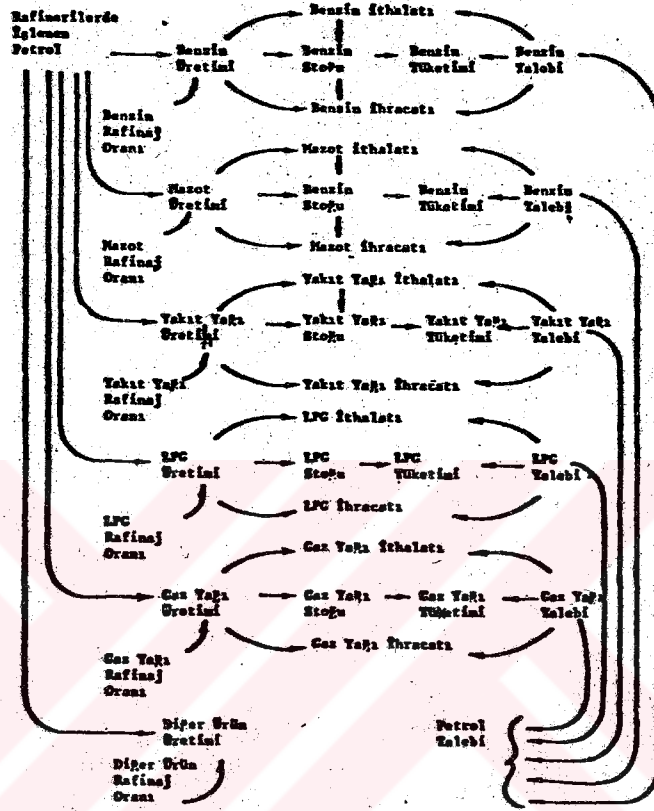
Petrol rezerv artışları ile petrol rezervleri artmaktadır. Petrol üretimi ise petrol üretim kapasitesine bağımlı olmakta ve yapılan üretimle petrol rezervleri azalmaktadır. Petrol üretimi rafineri kapasitesini dolduramadığı takdirde, rafinerileri tam kapasite ile çalıştıracak kadar petrol ithal edilmektedir. Rafinerilerde işlenen petrol o dönem içinde işlenen ham petrolü vermekte ve petrol türevleri üretimi ile de bu miktar petrol stoğundan düşülmektedir. Petrol üretimi kapasite artışı petrol rezervlerine bağımlı olmakta ve modelde bir dış değişken olarak yer almaktadır. Petrol türevleri etkileşim şeması Şekil 2.35'de verilmektedir.



Şekil 2.34. Petrol Üretim Yatırımları ve Rafineri Yatırımları Etkileşim Şeması

Rafinerilerde türevlerine ayrıştırılan petrolün, her türevden sabit ve belirli bir oranda üretim yaptığı gözlenmiştir. Bu oranlar Şekil 2.35'de rafinaj oranları olarak belirtilmektedir. Şekil 2.34'den anlaşıldığı gibi petrolün, petrol türevleri şeklinde ithal edilmeyip, petrol olarak ithal edilmesi rafinerilerde işlenmek amacını taşımaktadır. Petrol türevlerine olan talep rafinerilerde üretilen petrol türevlerinden fazla ise bu durumda ürün ithalatı söz konusu olabilmektedir. Aksi durumda ise model ihracat kararı alabilmektedir. Petrol türevlerine olan talebin toplamı ise petrol talebini oluşturmaktadır.

Şekil 2.36'da petrol ve rafineri yatırımları akış şeması görülmektedir. Şekilde PETUR değişkeni petrol rezervi yakın gelecekte tükenecek ülkeler için geçerlidir. Petrol üretim kapasitesi petrol rezervinden büyük olduğu takdirde petrol üretimi (PETURE) petrol rezervi kadar olabilmektedir. PETUR seçme değişkeni ile bu durum ayarlanabilmektedir. Kesikli çizgilerle belirtilmiş olan PETUU değişkeni burada yapay bir değişken olarak gösterilmiştir. Bu değişken ayrıntılı olarak Şekil 2.37'de ürünler bazında gösterilmektedir. Petrol türevleri talebi, PETT Şekil 2.37'da ürün bazında belirtilmekte ve değişken burada gösterim için kullanılmaktadır. Kesikli çizgilerle belirtilmiş olan rafineri kapasite artışı, SRAY daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi, planlanan yatırımlar ve modelin aldığı yatırım kararları şeklinde olabilmekte ve ayrıca yatırımlardaki gecikmeler de modelde yer almaktadır. Ancak tekrardan kaçınmak amacı ile burada yalnızca, SRAY, değişkeni ile belirtilmiştir.



Şekil 2.35. Petrol Türevleri Etkileşim Şeması

Şekil 2.37'de petrol türevleri akım şeması verilmektedir. Birincil enerji kaynağı olarak kullanılan benzin, mazot, yakıt yağı, LPG ve gaz yağı şemada yer almaktadır. Diğer ürünler olarak belirtilen DUURE değişkeni ise rafineri yakıt gazı, nafta, solvent asfalt, kükürt, makina yağı, yakıt gazı, hexan ve absorbent yağ ürünlerini kapsamaktadır. Rafinerilerde işlenen petrol, ISPET, belirli ve sabit oranlarla petrol ürünlerine ayrıştırılmaktadır. Bu oranlar her ürün için ayrı olup Şekil 2.37'da RBENO,.. olarak belirtilmektedir. Petrol ürünlerine olan talep her ürün için ayrı olarak enerji tüketen sektörde oluşmaktadır. Ürün taleplerinin toplamı ise petrol talebini, PETTAL, oluşturmaktadır. Petrol ürünleri ithalatı ve ihracatı için kullanılan değişkenler seçme değişkeni (CLIP) şeklindedir.

Bu değişkenler esasen ithalat ve ihracat potansiyelini göstermektedir. Değişkenlerden biri sıfır değerini alırken diğeri pozitif bir değer alabilmektedir. Bu durum daha önce de belirtildiği gibi belirli bir ürünün tüketimi ile aynı ürünün stok ve üretim düzeyi arasındaki ilişkiye bağımlı olmaktadır.

Şekil 2.36'da ve Şekil 2.37'de kullanılan değişkenlerin tanımları Tablo 2.14'de verilmektedir. Petrol ve petrol türevleri üretimi yatırımlarına ilişkin DYNAMO derleyicisi kullanılarak yazılmış bilgisayar programı ise Tablo 2.15'de yer almaktadır.

Tablo 2.14. Şekil 2.26'da ve Şekil 2.37'de Kullanılan Değişkenlerin Tanımları.

PRA	- Petrol rezerv artışı (ton/yıl)
PETREZ	- Petrol rezervi (ton)
PETURE	- Petrol üretimi (ton/yıl)
PETSTO	- Petrol stoğu (ton)
PETIT	- Petrol ithalatı (ton/yıl)
PUYAT	- Petrol üretim kapasite artışı (ton/yıl/yıl)
PUKAP	- Petrol üretim kapasitesi (ton/yıl)
ISPET	- Rafinerilerde işlenen petrol (ton/yıl)
SPRAY	- Rafineri kapasite artışı (ton/yıl/yıl)
RAFKAP	- Rafineri kapasitesi (ton/yıl)
BENUR	- Benzin üretimi -yardımcı değişken- (ton/yıl)
RBENO	- Rafinerilerde benzin üretim oranı
BENURE	- Benzin üretimi (ton/yıl)
BENSTO	- Benzin stoğu (ton)
BENSTA	- Benzin üretim ve stok toplamı -yardımcı değişken- (ton/yıl)
BENIT	- Benzin ithalatı -seçme değişkeni- (ton/yıl)
BENIH	- Benzin ihracatı -seçme değişkeni- (ton/yıl)
BENTUK	- Benzin tüketimi (ton/yıl)
BET	- Benzin talebi (ton/yıl)
MAZUR	- Mazot üretimi -yardımcı değişken (ton/yıl)
RMAZO	- Rafinerilerde mazot üretim oranı
MAZURE	- Mazot üretimi (ton/yıl)
MAZSTO	- Mazot stoğu (ton)
MAZSTA	- Mazot üretim ve stok toplamı -yardımcı değişken- (ton/yıl)
MAZIT	- Mazot ithalatı -seçme değişkeni- (ton/yıl)
MAZIH	- Mazot ihracatı -seçme değişkeni- (ton/yıl)

GAZIT	- Gaz yağı ithalatı	-seçme değişkeni-	(ton/yıl)
GAZIH	- Gaz yağı ihracatı	-seçme değişkeni-	(ton/yıl)
GAZTUK	- Gaz yağı tüketimi		(ton/yıl)
GYT	- Gaz yağı tüketimi		(ton/yıl)

Tablo 2.15. Petrol ve Rafineri Yatırımları ve Petrol Türevleri Bilgisayar Programı.

```

NOTE *****
NOTE PETROL VE PETROL TUVELERILIRG-FENZIN-GAZ Y.-MOTORIK-FUFL OIL-
NOTE OYGERI URETIM KAPASITE-TURKTIY-ITHALAT-ITHACAT
NOTE *****
NOTE RAFINERI YATIRIMLARI
NOTE *****
C R=
C R1=
C R2=
NOTE *****
A PETAL.F=OUT.K*PITL.K*FUYU.K*SYT.*+LPY.K*OUT.K
A OUT.K=

```

```

NOTE
NOTE RAFINERİ ÜRETİM KAPASİTESİ
NOTE
L RAFKAP.K=RAFKAP.J*(DTI)ISAY.2K1
N RAFKAP=
NOTE
R GRAY.KL=CLIP(ARAY2.K,ARAY1.K,TIME.K,1981)
NOTE
NOTE 1970-1980 YATIRIMLARI
NOTE
A ARAY1.K=TABUL(TRAY1,TIME.K,1970,1980.1)
T TRAY1=
NOTE
A ARAY2.K=CLIP(ORAY.K,ARAY.K,R,1)
NOTE
NOTE PLANLANAN YATIRIMLAR GECİKMESİZ(R=0)
NOTE
A ARAY.K=TABUL(ARAY,TIME.K,1981,1990.1)
T ARAY=
NOTE
A URAY.K=CLIP(ORAY.K,DRAY.K,R1,1)
NOTE
NOTE PLANLANAN YATIRIMLAR GECİKMELİ(R=2,P1=0)
NOTE
NOTE DRAY.K=L1ARAY.K
NOTE
A R1ARAY.KL=ARAY.K
L L1ARAY.K=(DTI)R1ARAY.JK1
N L1ARAY=0
R R2ARAY.KL=L1ARAY.K
L L2ARAY.K=(DTI)R2ARAY.JK1
N L2ARAY=0
R R3ARAY.KL=L2ARAY.K
L L3ARAY.K=(DTI)R3ARAY.JK1
N L3ARAY=0
R R4ARAY.KL=L3ARAY.K
L L4ARAY.K=(DTI)R4ARAY.JK1
N L4ARAY=0
S DUT17.K=L4ARAY.K
NOTE
A ORAY.K=CLIP(ORAY1.K,ARAY1.K,TIME.K,1981)
NOTE
A ORAY1.K=CLIP(DRAY1.K,DRAY2.K,R2,1)
NOTE
NOTE DUT17.YA-TİSİ YATIRIMLAR GECİKMESİZ(R=2,P1=2,P2=0)
NOTE
A DRAY2.K=CLIP(DRAY4.K,DRAY5.K,YRAY.K,D)
A DRAY5.K=CLIP(EKRAY.K,CR1.K,RAFKAP.K,EKRAY.K,PETAL.K)
A CR1.K=CLIP(2*EKRAY.K,CR2.K,RAFKAP.K,2*EKRAY.K,PETAL.K)
A CR2.K=CLIP(3*EKRAY.K,CR3.K,RAFKAP.K,3*EKRAY.K,PETAL.K)
A CR3.K=CLIP(4*EKRAY.K,CR4.K,RAFKAP.K,4*EKRAY.K,PETAL.K)
A CR4.K=CLIP(5*EKRAY.K,CR5.K,RAFKAP.K,5*EKRAY.K,PETAL.K)
A CR5.K=5*EKRAY.K
A DRAY4.K=CLIP(DRAY7.K,D,2,Y,K,YRAY.K)
A DRAY7.K=SWITCH(L,TSRAFK.K,EYRAY.K)
A TSRAFK.K=CLIP(DR6.K,D,PETAL.K,D,8*RAFKAP.K)
A DR6.K=CLIP(OR7.K,EKRAY.K,PAFKAP.K,D,8*RAFKAP.K,EKRAY.K)
A OR7.K=CLIP(OR8.K,2*EKRAY.K,RAFKAP.K,C,8*RAFKAP.K,2*EKRAY.K)
A OR8.K=CLIP(OR9.K,3*EKRAY.K,RAFKAP.K,D,8*RAFKAP.K,3*EKRAY.K)
A OR9.K=CLIP(OR10.K,4*EKRAY.K,RAFKAP.K,D,8*RAFKAP.K,4*EKRAY.K)
A OR10.K=5*EKRAY.K
A EYRAY.K=ERAY.K-YRAY.K
A EKAY.K=
A ERAY.K=SMOOTH(YRAY.K,1)
A YRAY.K=RAFKAP.K-PETAL.K
NOTE

```

NOTE MODELİN YAPTIĞI YATIPIMLAR GECİKMELİ(R=2,R1=2,R2=2)

NOTE

A ORAY3.K=L1ORAY.K

NOTE

R R1ORAY.KL=ORAY2.K

L L1ORAY.K=IDT1(R1ORAY.JK)

N L1ORAY=0

R R2ORAY.KL=L1ORAY.K

L L2ORAY.K=IDT1(R2ORAY.JK)

N L2ORAY=0

R R3ORAY.KL=L2ORAY.K

L L3ORAY.K=IDT1(R3ORAY.JK)

N L3ORAY=0

R R4ORAY.KL=L3ORAY.K

L L4ORAY.K=IDT1(R4ORAY.JK)

N L4ORAY=0

S OUT18.K=L4ORAY.K

NOTE

NOTE

NOTE PETROL REZERVİ

NOTE

L PETREZ.K=PETREZ.J+IDT1(PRA.JK-PETREZ.K)

N PETREZ=

K PRA.KL=

A PETUR.K=CLIP10.PUKAP.K+0.PETREZ.K)

K PETUR.E.KL=CLIP10.PETUR.K,PETREZ.K,PETREZ.K,PETUR.K)

NOTE

NOTE

NOTE PETROL ÜRETİM KAPASİTESİ

NOTE

L PUKAP.K=PUKAP.J+IDT1(PUYAT.JK)

N PUKAP=

R PUYAT.KL=FAHMLITPUYAT.TINE.K+1470.19=C.11

T TPUYAT=

NOTE

NOTE PETROL ÜRETİM TURETİM VE İTHALATI

NOTE

L PETSTO.K=PETSTO.J+IDT1(PETURE.JK+PETIT.JK+DUURE.JK-

K LPGURE.JK-BENURE.JK-GAZURE.JK-MAZURE.JK-FOURE.JK)

N PETSTO=

NOTE

NOTE

NOTE PETROL İTHALATI

NOTE

R PETIT.KL=FAHMLITPUYAT.TINE.K+1470.19=C.11

A URIT.K=PETIT.K-ISPET.K

NOTE

NOTE

NOTE RAFİNERİ ÜRETİMLERİ

NOTE

A ISPET.K=PETURE.JK+PETIT.JK

A DUUR.K=ISPET.K+RDUU

R DUUR.KL=DUUR.K

A LPGUR.K=ISPET.K+RLPGU

R LPGUR.KL=LPGUR.K

A BENUR.K=ISPET.K+RBEND

R BENUR.KL=BENUR.K

A GAZUR.K=ISPET.K+RGAZYD

R GAZUR.KL=GAZUR.K

A MAZUR.K=ISPET.K+RMAZO

R MAZUR.KL=MAZUR.K

A FOUR.K=ISPET.K+RFOD

R FOUR.KL=FOUR.K

NOTE
NOTE RAFINAJ ORANLARI- DİĞER ÜRÜNLER, LPG, BENZİN, GAZ, MAZOT, FUEL OIL
NOTE
C RDJO=
C RLPGD=
C RBENO=
C RGAZVO=
C RMAZO=
C RFOO=

NOTE
NOTE RAFINERİ ÜRÜNLERİ ÜRETİM STOK TÜKETİM İTHALAT İHRACAT
NOTE
NOTE LPG

NOTE
L LPGSTO.K=LPGSTO.J*(DTIILPGURE.JK-LPGUR.JK-LPGIT.JK-LPGIH.JK)
N LPGSTO=
R LPGTUK.KL=LPT.K
A LPGSTA.K=LPGSTO.K+LPGUR.K
R LPGIT.KL=CLIPID,LPT.K-LPGSTA.K,LPGSTA.K,LPT.K
R LPGIH.KL=CLIPILPGSTA.K-LPT.K,C,LPGSTO.K,LPT.K

NOTE
NOTE BENZİN

NOTE
L BENSTO.K=BENSTO.J*(DTIIBENJUR.JK-BENTUK.JK-BENIT.JK-BENIH.JK)
N BENSTO=
R BENTUK.KL=BET.K

FILE: ENER6 MODEL A VM/SP.TLBITAK

R BENSTA.K=BENSTO.K+LPT.K
R BENIT.KL=CLIPID,BET.K-BENSTA.K,BENSTA.K,BET.K
R BENIH.KL=CLIPIBENSTO.K-BET.K,C,BENSTA.K,BET.K

NOTE
NOTE GAZ YAGI

NOTE
L GAZSTO.K=GAZSTO.J*(DTIIGAZURE.JK-GAZTUK.JK-GAZIT.JK-GAZIH.JK)
N GAZSTO=
R GAZTUK.KL=GYT.K
A GAZSTA.K=GAZSTO.K+GAZUR.K
R GAZIT.KL=CLIPID,GYT.K-GAZSTA.K,GAZSTA.K,GYT.K
R GAZIH.KL=CLIPIGAZSTA.K-GYT.K,C,GAZSTA.K,GYT.K

NOTE
NOTE MAZOT

NOTE
L MAZSTO.K=MAZSTO.J*(DTIIMAZURE.JK-MAZTUK.JK-MAZIT.JK-MAZIH.JK)
N MAZSTO=
R MAZTUK.KL=MAZTUA.K
A MAZAN.K=MEUK.K+MEOT.K
A MAZTUA.K=MAZT.K+MEAN.K
A MAZSTA.K=MAZSTO.K+MAZUR.K
R MAZIT.KL=CLIPID,MAZTUA.K-MAZSTA.K,MAZSTA.K,MAZTUA.K
R MAZIH.KL=CLIPIMAZSTA.K-MAZTUA.K,C,MAZSTA.K,MAZTUA.K

NOTE
NOTE FUEL OIL

NOTE
L FOSTO.K=FOSTO.J*(DTIIFOURE.JK-FOTUK.K+FOIT.JK-FOIH.JK)
N FOSTO=
R FOTUK.KL=FOTUA.K
A FOSAN.K=FEUK.K+FEFO.K
A FOTUA.K=FOT.K+FOSAN.K
A FOSTA.K=FOSTO.K+FOUR.K
R FOIH.KL=CLIPFOSTA.K-FOTUA.K,C,FOSTA.K,FOTUA.K
R FOIT.KL=CLIPID,FOTUA.K-FOSTA.K,FOSTA.K,FOTUA.K

NOTE

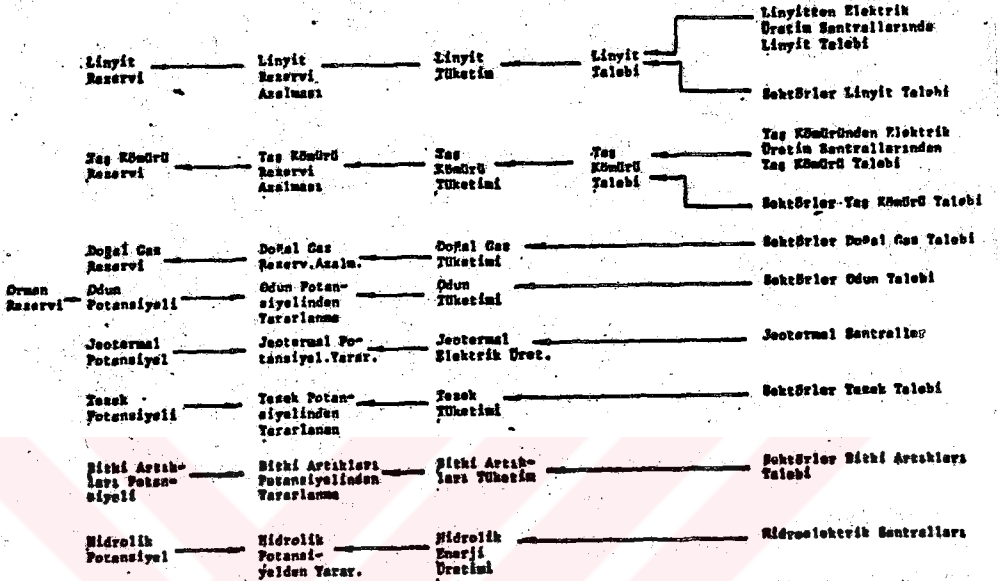
2.5.4. Birincil Enerji Rezervleri ve Potansiyelleri

Birincil enerji türleri arasında yenilenmeyen enerji kaynakları olan linyit, taş kömürü ve doğal gaz modelde kapsanmıştır. Yenilenmeyen diğer bir enerji kaynağı olan nükleer yakıtla elektrik üretimi söz konusu olduğu takdirde aynı biçimde modele koymak mümkündür. Yenilenmeyen enerji kaynakları belirli bir rezerve sahiptir ve bu kaynaklar kullanıldıkça azalmakta ve kullanım hızına bağlı olarak belirli bir süre sonra tükenebilmektedir. Birincil enerji rezervleri ve potansiyelleri ile ilgili etkileşim ve akış şeması Şekil 2.38 ve Şekil 2.39'da verilmektedir.

Birincil enerji türlerinden odun, jeotermal, tezek, bitki artıkları, hidrolik enerji yıllık belirli bir potansiyele sahip olan ve kullanıldıkça tükenmeyen veya yenilenebilen enerji kaynakları olmaktadır. Ancak, odun potansiyeli bir orman rezervinin belirli bir oranını ifade etmektedir. Bu oran orman rezervinin büyüme oranına eşit kabul edilebilir. Bu oranın üstünde, gerçekleşecek bir tüketim zaman içinde orman rezervinin azalmasına ve hatta tükenmesine yol açabilmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde odun potansiyeli yenilenmeyen veya zor yenilenen bir enerji türü olarak da nitelenebilmektedir.

Geliştirilen modelde, yenilenmeyen enerji kaynaklarının rezervlerinin zaman içinde ne kadar tükendiğini ve yenilenmeyen enerji kaynaklarının potansiyelinde ne ölçüde yararlanıldığını izlemek de mümkün olabilmektedir. Şekil 2.38'de yenilenmeyen enerji kaynaklarının rezervlerinin azalma miktarı ve rezervde kalan miktar ve yenilebilir enerji kaynaklarının yararlanma oranları belirtilmektedir. Şekil 2.39'da kullanılan değişkenlerin tanımları Tablo 2.16'da verilmektedir.

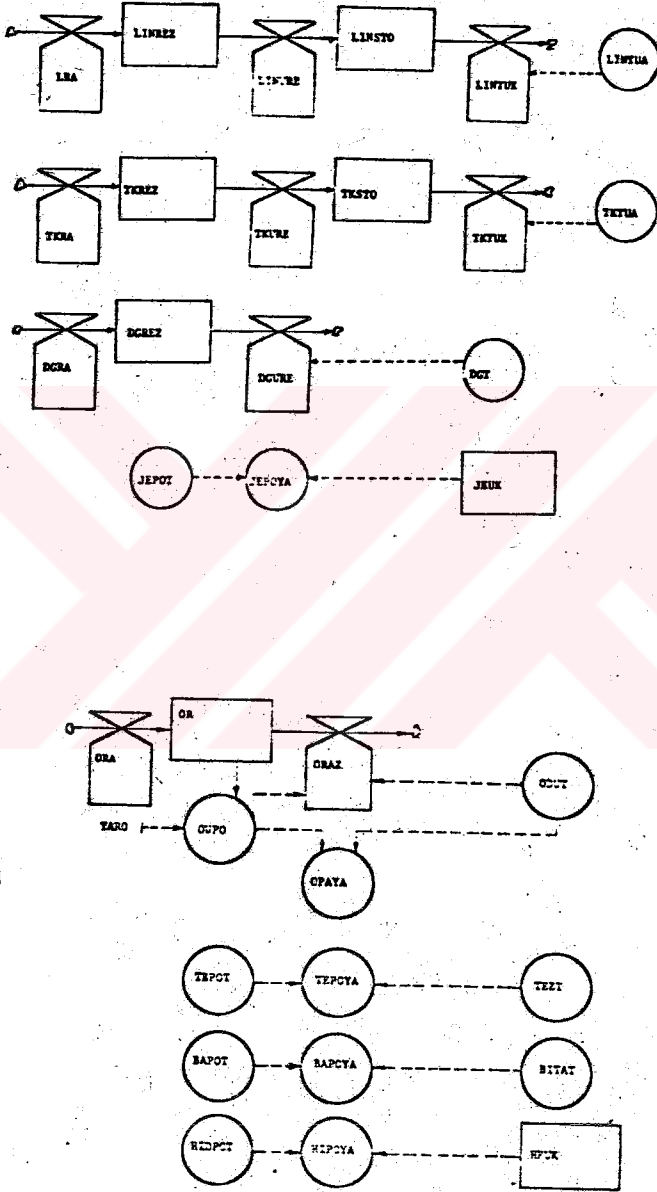
Birincil enerji kaynaklarının rezervlerinin ve potansiyellerinin durumunun bilinmesi, artan enerji talebi karşısında bu kaynaklardan hangisinden ne ölçüde, kısa vadede ve uzun vadede tüketmenin ülkenin geleceği açısından doğru olacağını saptayabilmek için önemli olmaktadır. Yenilenebilen enerji türleri olan odun, tezek, bitki artıkları gibi enerji türlerine olan talebin başka enerji türleri ile ikame edilmesi, yenilenmeyen kaynaklar yerine yenilenebilen kaynakların kullanılması kararları bu türlerin rezervlerinin veya potansiyellerinin durumuna ve ekonomik olmamasına bağlıdır.



Şekil 2.38. Birincil Enerji Rezervi ve Potansiyelleri Etkileşim Şeması

Tablo 2.16. Şekil 2.39'da Kullanılan Değişkenlerin Tanımları

LINTUA	- Linyit talebi (ton/yıl)
LINTUK	- Linyit tüketimi (ton/yıl)
LINSTO	- Linyit stoğu (ton)
LINURE	- Linyit üretimi (ton/yıl)
LINREZ	- Linyit rezervi
LRA	- Linyit rezerv artışı
TKTUA	- Taş kömürü talebi (ton/yıl)
TKTUK	- Taş kömürü tüketimi (ton/yıl)
TKSTO	- Taş kömürü stoğu (ton)
TKURE	- Taş kömürü üretimi (ton/yıl)
TKREZ	- Taş kömürü rezervi (ton)
TKRA	- Taş kömürü rezerv artışı (ton/yıl)
DGT	- Doğal gaz talebi (M3/yıl)
DGURE	- Doğal gaz üretimi (M3/yıl)
DGREZ	- Doğal gaz rezervi (M3)
DGRA	- Doğal gaz rezerv artışı (M3/yıl)
JEUK	- Jeotermalden elektrik üretim kapasitesi (kws/yıl)
JEPOYA	- Jeotermal potansiyelden yararlanma
JEPOT	- Jeotermal potansiyel (kws/yıl)



Şekil 2.39. Birincil Enerji Rezerv ve Potansiyelleri Akış Şeması

ODUT	- Odun tüketimi (ton/yıl)
OUPO	- Odun üretim potansiyeli
OPAYA	- Odun potansiyelinden yararlanma
ORAZ	- Orman rezerv azalması (ton/yıl)
OR	- Orman rezervi
ORA	- Orman rezerv artışı (ton/yıl)
TEZT	- Tezek tüketimi (ton/yıl)
TEPOYA	- Tezek potansiyelinden yararlanma
TEPOT	- Tezek potansiyeli (ton/yıl)
BITAT	- Bitki artıkları tüketimi (ton/yıl)
BAPOYA	- Bitki artıkları potansiyelinden yararlanma
BAPOT	- Bitki artıkları potansiyeli (ton/yıl)
HEUK	- Hidroelektrik üretim kapasitesi (kws/yıl)
HIPOYA	- Hidrolik potansiyelden yararlanma
HIDPOT	- Hidrolik potansiyel (kws/yıl)

BÖLÜM 3

GELİŞTİRİLEN MODELİN

TÜRKİYE İÇİN UYGULANMASI

3.1. MODELİN GİRDİLERİ

3.1.1. Enerji Tüketimi

Enerji tüketen sektörün alt sektörü olan sanayi sektöründe yer alan üretim birimlerinde üretilen birim miktar ürün için tüketilen enerji Ek.1'de verilmektedir. Bu bilgiler üretim miktarı ile çarpıldığında enerji tüketimi hesaplanabilmektedir. Ek 1'de yer alan 97 üretim biriminin dışında kalan MKE, Sümerbank gibi kuruluşların ve tekstil ve seramik sektöründeki diğer bazı kuruluşların birim ürün için enerji tüketimleri bulunamadığından 1970-1980 yıllarındaki enerji tüketimleri ve 1981-1990 yılları enerji tüketim tahminleri her enerji türü için modele dahil edilmiştir (39).

Konut sektöründe kişi başına enerji tüketimleri incelenmiş ve bu tüketimlerin ekonomik gelişmeğe bağımlı olarak artışlar gösterdiği belirlenmiştir. Enerji türleri bakımından kişi başına enerji tüketimi yapılan analizler ile modele dahil edilmiştir. Modele dahil edilen analizler EK 2'de verilmektedir.

Ulaştırma sektöründe tüketilen yakıt türleri var olan ulaşım kapasitesinin büyüklüğüne bağımlı olmakla beraber, bu kapasitenin kullanıldığı ölçüde bir enerji tüketimi oluşmaktadır. Bu nedenle bu sektördeki enerji tüketim tahminleri enerji türleri itibari ile regresyon analizleri ile saptanmış ve Ek 3'de verilmektedir.

Tarım sektöründe tüketilen enerji tahmini tarım sektörünün makinalaşmasındaki gelişme tahminine dayandırılmıştır. Tarım sektöründe enerji tüketen makineler biçerdöver, traktör ve motopomplardır. Bu makinelerin cinsi, gücü, birim saatleri enerji tüketimleri, çalışma süresi ve sayıları dikkate alınarak enerji tüketim tahminleri yapılmış ve Ek 4'de verilmektedir. (40)

3.1.2. Enerji Tüketen ve Enerji Üreten Sektörlerde Gerçekleşmiş Yatırımlar ve Yatırım Planları

Enerji tüketen sektör içinde yer alan sanayi alt sektöründe gerçekleşmiş ve planlanan yatırımlar ve tarım sektöründe kullanılan ve kullanılabileceği tahmin edilen makinelerin sayısal değerleri de EK 5'de verilmektedir (41).

Ulaştırma ve konut sektöründe de yatırımlar mevcut olmakla beraber bu sektördeki enerji tüketimi değişik bir yaklaşımla modele dahil edildiğinden bu konudaki yatırımlara burada yer verilmemektedir.

Enerji üreten sektörde, elektrik enerjisi üretimi için gerçekleştirilmiş ve planlanan yatırımlar, birincil enerji üretimi için gerçekleştirilmiş ve planlanan yatırımlar ve birincil enerji rezerv ve potansiyelleri EK 6'da verilmektedir (42,43, 44,45)

3.2. SONUÇLAR

3.2.1. Sonuçların Denenmesi

Geliştirilen model 1970-1990 yılları için çalıştırılabilmiştir. Çünkü enerji tüketen sektörün gelişme eğilim ve planlarına göre tutarlı ve geçerli talep tahminleri ancak bu yıllar

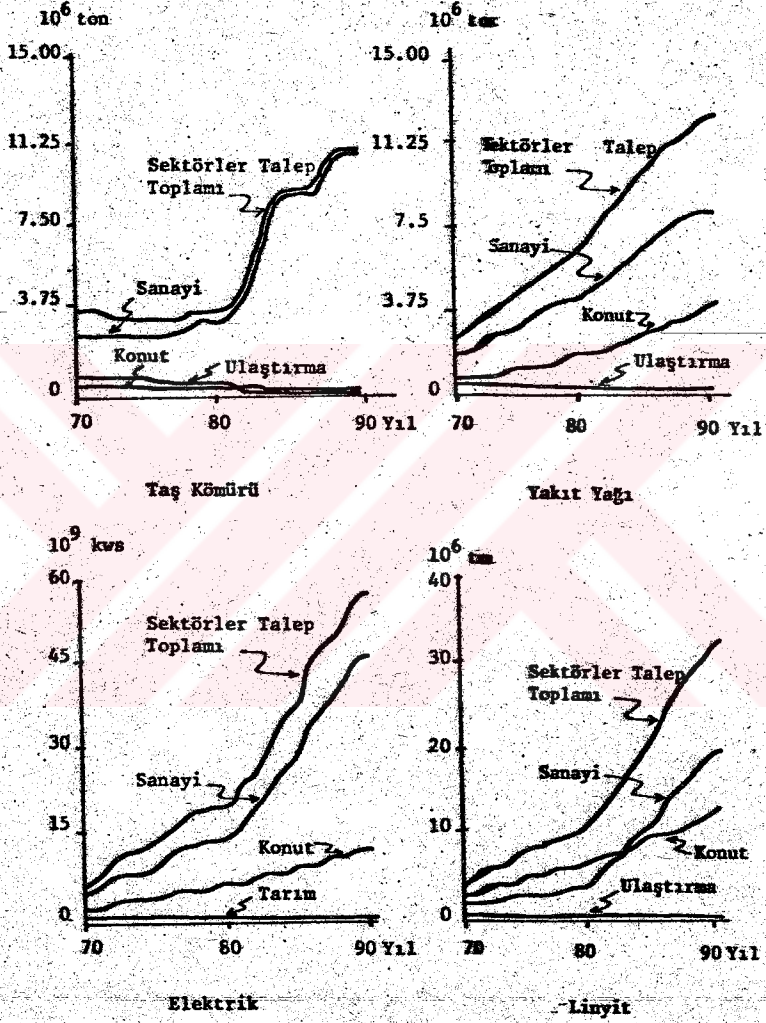
için hesaplanabilmıştır. Enerji tüketen sektörün her alt sektörü olarak düşünülen sanayi, konut, ulaştırma ve tarım sektörleri için her tür enerji kaynağına olan talep hesaplanmıştır. Buna ilave olarak elektrik enerjisi için gerekli birincil enerji kaynakları da hesaplanmış ve her tür birincil enerji kaynağına olan toplam talep bulunmuştur. 1970-1978 yılları için hesaplanan talep tahminleri, bu yıllar için istatistiklerle karşılaştırılmış ve sonuç büyük ölçüde tatminkar çıkmıştır. Yine aynı yıllar için modelin enerji üretim rakamları ile üretim istatistikleri karşılaştırılmış ve sonuç tatminkar çıkmıştır. Enerji talebi ve üretimi ile ilgili sonuçların istatistiklerle karşılaştırılmaları EK 7'de verilmektedir (46,47)

3.2.2. Sonuçlar

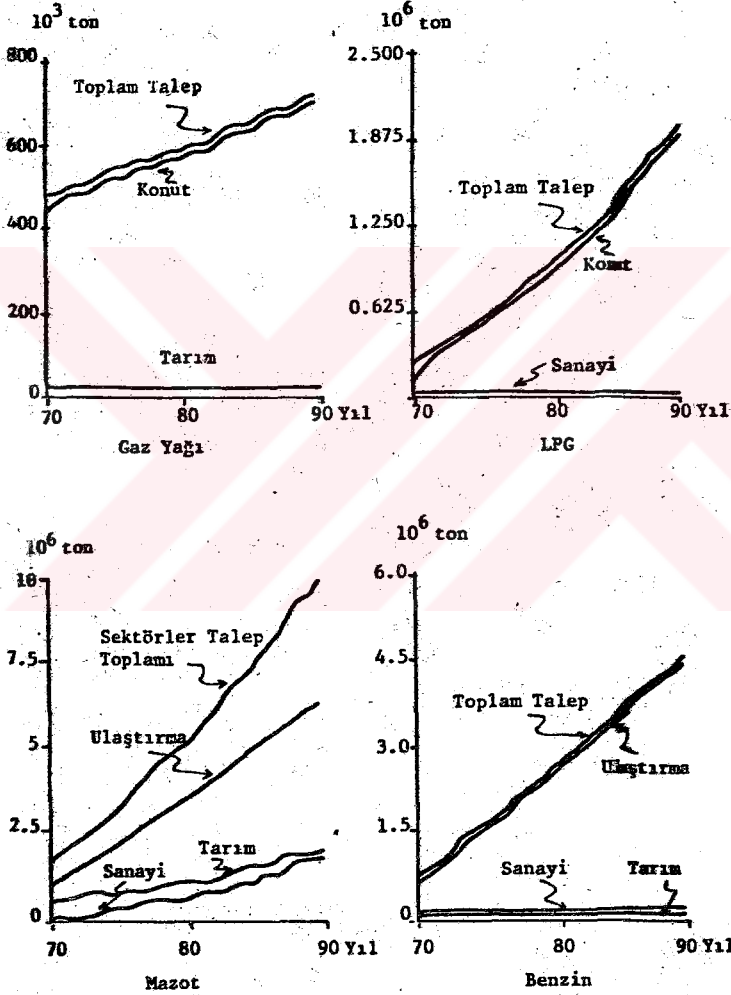
Geliştirilen modelden elde edilen sonuçlar Şekil 3.1 - Şekil 3.10'da verilmektedir. İlk üç şekilde, tüketilen her tür enerjinin talebi, sanayi, konut, ulaştırma ve tarım sektörleri için ayrı ayrı ve sektörlerin tümünde tüketilen toplam enerji olarak verilmektedir. Dördüncü şekilde elektrik enerjisi üretimi için tüketilen linyit, taş kömürü, yakıt yağı ve mazot miktarları bu enerji türlerinin sektörlerde tüketilen miktarlarına ilave edilerek elde edilen toplam tüketim verilmektedir. Şekil 5 - Şekil 7 enerji tüketimleri ile üretimlerinin kıyaslanmasını vermektedir. Şekil 8 - Şekil 10 birincil enerji kaynaklarından yararlanma oranlarını ve rezerv durumlarını göstermektedir.

Şekil 3.1 - Şekil 3.10 dayanılarak tüketilen her tür enerji için gerek sektör bazında ve gerekse toplam olarak arz ve talep durumları açıklanacaktır.

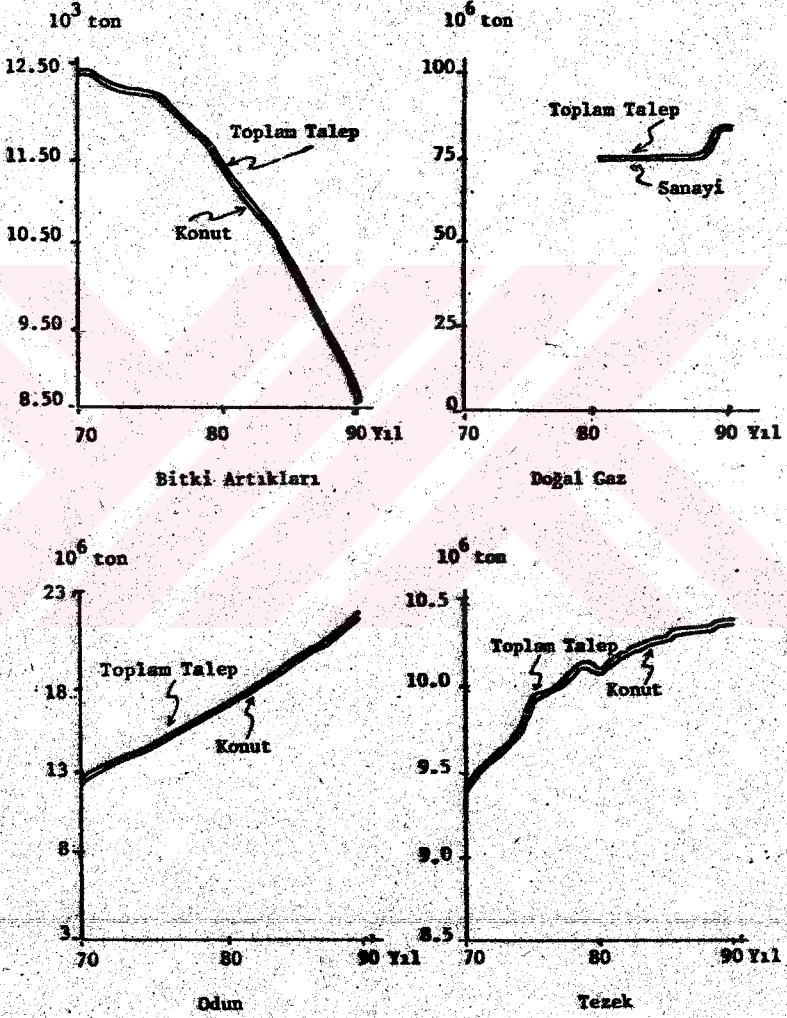
Elektrik talebi, 1980 yılındaki yaklaşık 20 milyar Kws değeri 3 misli artarak 1990 yılında 60 milyar kws değerine yaklaşacaktır. Bu talebin oluşmasında en büyük etken sanayi sektörü olmaktadır (Şekil 3.1). Enerji tüketen sektörde, linyit tüketimi 1980 yılındaki 10 milyon ton değerinden 1990 yılında 30 milyon ton değerini aşacaktır. Elektrik üretimi için tüketilen linyit de bu değerlere ilave edildiğinde toplam linyit talebi 1980 yılındaki 15 milyon ton değerinden 5 misli artarak 1990



Şekil 3.1. Sektörler İtibari ile Elektrik, Taşkömürü, Linyit ve Yakıt Yağı Talepleri



Şekil 3.2. Sektörler İtibari ile Mazot, Gaz Yağı, Benzin ve LPG Talepleri

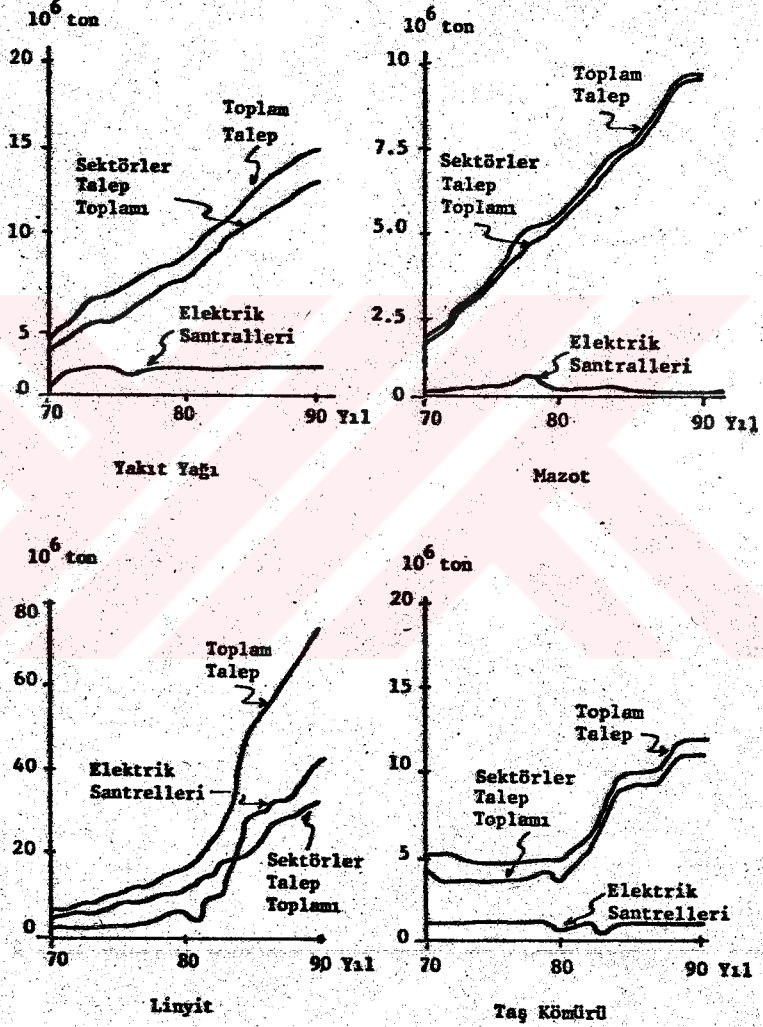


Şekil 3.3. Sektörler İtibarı ile Odun, Bitki Artıkları, Tezek ve Doğal Gaz Talepleri

yılında yaklaşık 75 milyon ton değerine ulaşacaktır (Şekil 3.4). Enerji tüketen sektörde 1980 yılında tüketilen yaklaşık 3.5 milyon ton taş kömürü 1990 yılında yaklaşık 11 milyon tona ulaşacaktır (Şekil 3.1). Bu miktara elektrik üretimi için tüketilen taş kömürü de ilave edilirse 1980 yılında yaklaşık 5.5 milyon olan tüketim miktarı 1990 yılında 12 milyon tona ulaşacaktır (Şekil 3.4). Linyit kömürünün hem enerji tüketen sektörde hem de elektrik enerjisi üretimi için gereksinimi artacaktır (Şekil 3.4). Taş kömüründen elektrik üretimi sabit kalacak ve enerji tüketen sektördeki kullanımı artacaktır (Şekil 3.4). Yakıt yağının enerji tüketen sektördeki kullanım sanayi ve konut sektörlerinde daha fazla olmaktadır ve 1980 yılındaki yaklaşık 6.6 milyon ton tüketim 1990 yılında 2 misli artarak 12 milyon tona ulaşacaktır (Şekil 3.1). Bu değerlere elektrik üretimi için tüketilen miktarlar ilave edildiğinde toplam yakıt yağı tüketimi 1980 yılındaki 8 milyon tonluk değerinden 1990 yılında 14 milyon tona ulaşacaktır (Şekil 3.4). Mazot tüketimi en fazla ulaştırma sektöründe Şekil 3.2) tüketilmekte ve 1980 yılında toplam mazot tüketimi (Şekil 3.4) 5 milyon ton dolayında iken 1990 yılında 2 misli artarak 10 milyon tona ulaşacaktır. mazot tüketiminin elektrik üretimi için tüketimi yıllar itibarı ile azalacaktır.

Benzin en fazla ulaştırma sektöründe kullanılmaktadır ve 1980 yılındaki yaklaşık üç milyon ton benzin tüketimi 1990 yılında 4.5 milyon tonu aşacaktır (Şekil 3.2). En fazla konut sektöründe tüketilen gaz yağı 1980 yılındaki yaklaşık yarım milyon ton değerinden bir miktar artarak 700 bin tona ulaşacaktır (Şekil 3.2). Toplam LPG tüketimi konut sektöründeki tüketime bağımlı olarak artacak ve 1980 yılındaki bir milyon ton dolayındaki tüketim 1990 yılında 2 milyon tona ulaşacaktır (Şekil 3.2). Odun tüketimi 1980 yılındaki 16 milyon tüketim değerinden 1990 yılında 21 milyon ton tüketim değerine ulaşacaktır (Şekil 3.3). Tezek tüketimi küçük miktarda da olsa artış gösterecek 1980 yılındaki 10 milyon ton değerinden 1990 yılında 10.5 milyon ton değerine ulaşacaktır (Şekil 3.3). Doğal gaz tüketimi ise 75 milyon m³ değerinde sabit kalacaktır.

Her enerji türünde gelişen bu talebi karşılayabilmek için enerji üreten sektörde de yatırımlar planlanmaktadır. 1980-1990 yılları arasında enerji üretim sektöründe türler itibarı ile üretilecek enerjinin bu yıllardaki enerji talebini karşılaması durumu incelenmiştir.



Şekil 3.4. Linyit, Yakıt Yağı, Taşkömürü ve Mazot Yakıt Türlerinin Elektrik Üretiminde, Sektörlerde ve Toplam Olarak Tüketilecek Miktarları

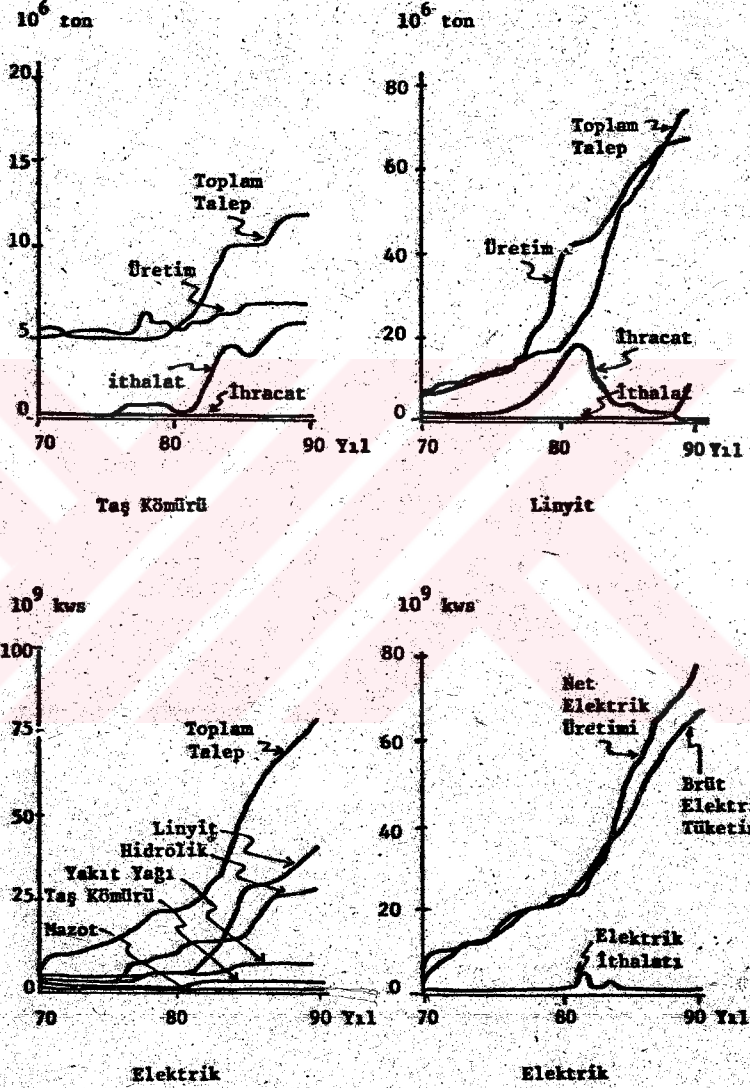
Elektrik üretim-tüketim dengesi 1980-1984 yılları arasında açık verecek ve elektrik ithalatı zorunlu olacaktır. 1984-1990 yılları arasında üretim tüketimi karşılayabilecektir. Ancak enerji tüketen sektörde küçük bir artış veya enerji üretimi için planlanan yatırımlarda küçük bir gecikme yine enerji açığını yaratabilecektir. Gerçekleştirilecek yatırımlarla net elektrik enerjisi üretimi 1980 yılındaki 21 milyar kws değerinden 80 milyar kws değerine ulaşacaktır (Şekil 3.5). Planlanan taş kömürü üretimi yatırımları ile taş kömürü talebi kesinlikle karşılanamayacak ve ithalat zorunlu olacaktır. Özellikle 1984 yılından itibaren bu açık artarak büyüyecek ve 1990 yılında 7 milyon tona ulaşacaktır (Şekil 3.5). Linyit üretim tüketim dengesi 1980-1983 yıllarında pozitif olacak 1984-1989 yıllarında üretim tüketim başa baş seyredecek 1990 yılında bu denge açık verecektir. Linyit kömürü üretimi için planlanan yatırımlarla 1980 yılındaki yaklaşık 25 milyon ton üretim değeri 1990 yılında 65 milyon tona ulaşacaktır. Gaz yağı üretim fazlası oluşacak ve üretim 1980 yılındaki 675 bin ton değerinden 1990 yılında 873 bin tona ulaşacaktır (Şekil 3.6). Mazot üretimi tüketimi karşılayamayacak ve açık 1990 yıllarına doğru giderek artacaktır. Mazot üretimi 1980 yılındaki 3.5 milyon ton değerinden 1990 yılında 5 milyon tona yaklaşacaktır. Üretim açığı 1990 yılında 5 milyon tonu aşacaktır (Şekil 3.6).

LPG üretim tüketim dengesi açık vermeğe devam edecek ve 1980 yılındaki 500 bin tonluk açık 1990 yılında 1.5 milyon tona ulaşacaktır. LPG üretimi ise 1980 yılındaki 437 bin ton değerinden 566 bir tona ulaşacaktır (Şekil 3.7). Benzin üretimi 1980 yılında dengede iken 1980 yılından sonra üretim açığı başlayacak ve 1990 yılında 1.3 milyon tona yaklaşan üretim açığı oluşacaktır (Şekil 3.7). Yakıt yağı üretim açığı 1980 yılından itibaren artacak ve 1 milyon dolayında olan bu açık 1990 yılında 5.4 milyon tona yükselecektir. Yakıt yağı üretimi ise 1980 yılında 6.8 milyon ton ike 1990 yılında 8.8 milyon tona çıkacaktır (Şekil 3.6).

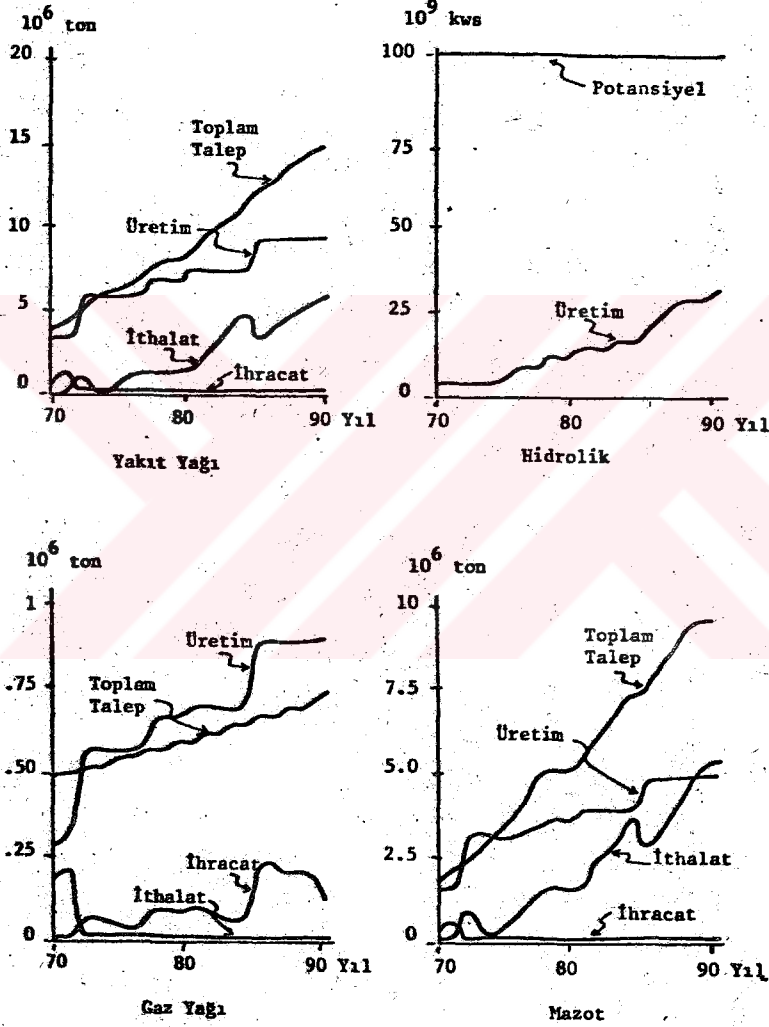
Toplam petrol tüketimi 1980 yılında 18 milyon ton iken yaklaşık iki misli bir artışla 23 milyon tona ulaşacaktır. Bu miktarın 19 milyon tonu ham petrol olarak ithal edilecektir.

Enerji üretimine yönelik olan bu yatırımlarla 1990 yılında doğal gaz potansiyelinden yararlanma yüzdesi % 0.15 orman

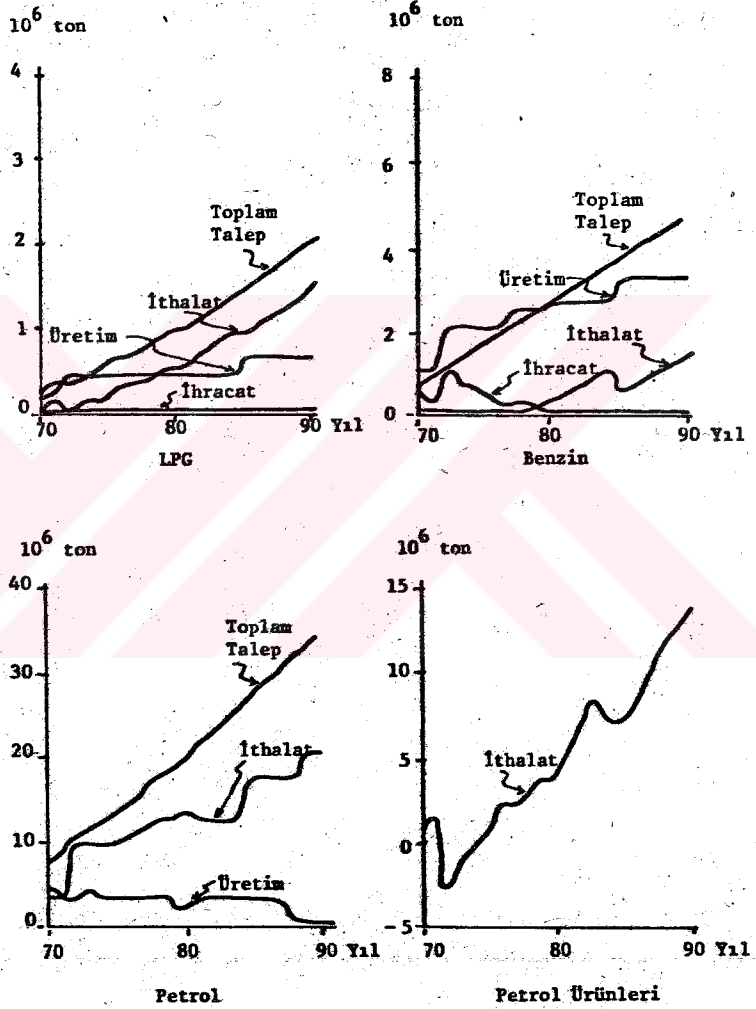
T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi



Şekil 3.5. Elektrik, Taşkömürü, Linyit Üretim - Tüketim Kıyaslamaları



Şekil 3.6. Gaz Yağı, Mazot, Üretim - Tüketim Kıyaslamaları ve Hidrolik Enerji Üretimi



Şekil 3.7. LPG, Benzetim, Petrol Üretim - Tüketim Kıyaslamaları

potansiyelinden yararlanma yüzdesi % 400, hidrolik potansiyelden yararlanma yüzdesi % 30, jeotermal potansiyelden yararlanma yüzdesi % 0.08 olabilecektir. Linyit rezervinde ve taşkömürürezervinde büyük azalmalar olmayacaktır. Petrol rezervi yeni bir rezerv bulunmadığı takdirde 1990 yılında tükenecektir. Orman rezervinde ise yeterli ağaçlandırma yapılmaması ve potansiyelin üzerinde tüketim yapılması nedeni ile büyük ölçüde azalma olacaktır (Şekil 3.8 - Şekil 3.10).

Yakacak olarak aşırı miktarda tüketilen odunun ve gübre olarak tüketilebilecek tezeğin bir kısmının (IV.5 yıllık planda verilen miktarlar) linyit kömürü ile karşılanması durumunda linyit talebi 1990 yılında 90 milyon tonu aşacaktır (Şekil 3.10). Linyit tüketimindeki artışa karşılık orman üretim potansiyelindeki düşüş 1990 yılında kaybolacak ve sabit bir değere ulaşacaktır (Şekil 3.10). Diğer bir deyişle orman rezervinin azalması duracaktır (Şekil 3.11). Öte yandan odunun ve tezeğin yakıt olarak tüketilmesinde düşüşler olacaktır (Şekil 3.11). Linyit rezervinde ise fazla hissedilir bir düşme olmayacaktır.

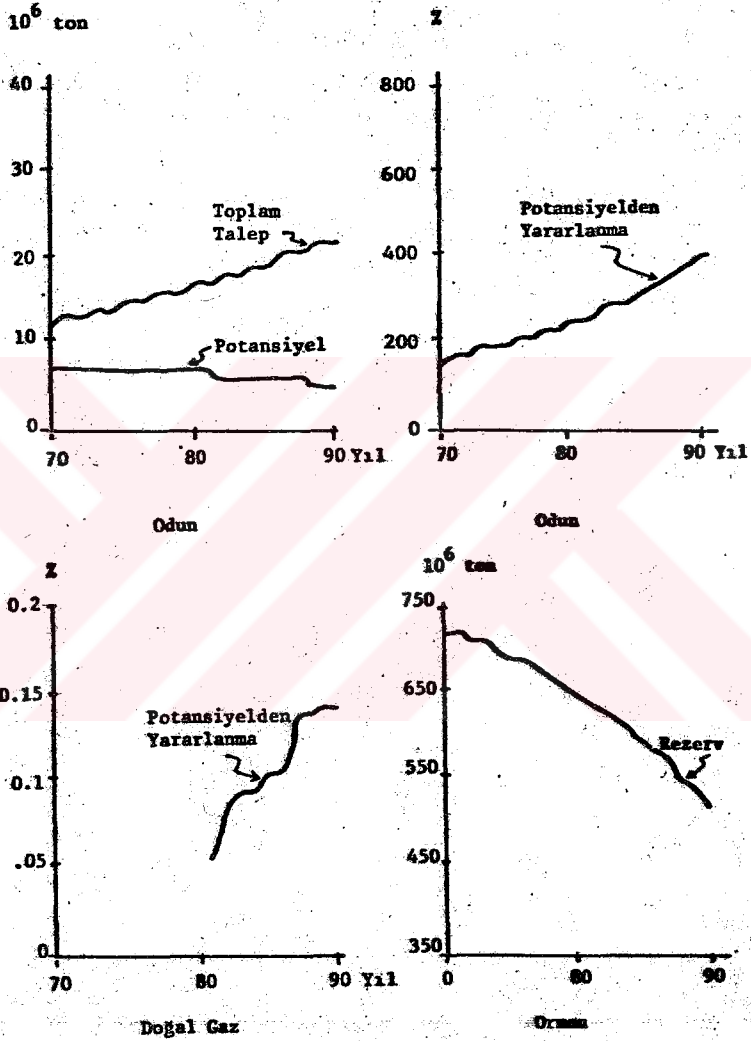
Modelin yaptığı yatırımlara ait sonuçlar EK 8'de verilmektedir.

3.2.3. Modelin Geliştirilmesi Üzerine Görüşler

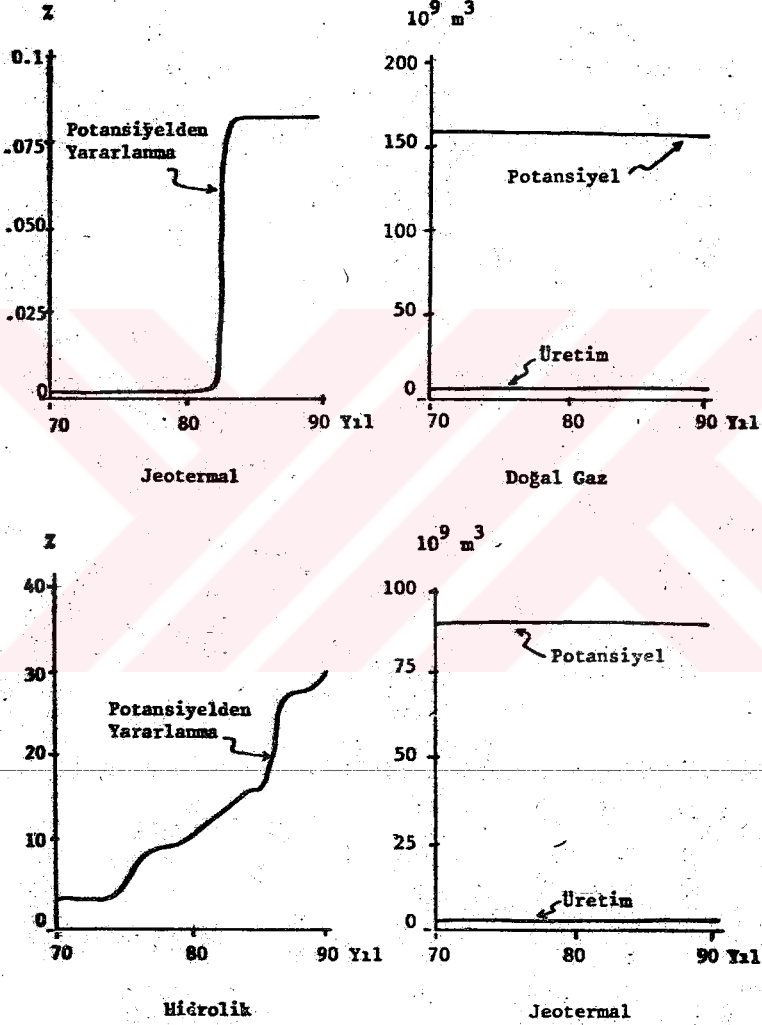
Geliştirilen model yapı olarak her ülke ekonomisinde görülen enerji tüketen ve enerji üreten sektörleri baz alarak kurulmuştur. Bu yapı içine gerek enerji üretimine ve gerekse enerji tüketimine ilişkin başka birimler de modele dâhil edilebilmektedir. Model yardımı ile her enerji türünün üretim ve tüketim dengesini, son tüketiminden rezerv durumuna kadar incelemek mümkündür.

Ancak, daha önce de belirtildiği gibi, geliştirilen her model belirli bir amaca yöneliktir. Geliştirilen modellerin hiç birisinde de enerji sorununun bütün boyutları kapsanamamıştır. Burada açıklanan modelin de enerji sorununun bütün boyutlarını kapsadığı söylenemez.

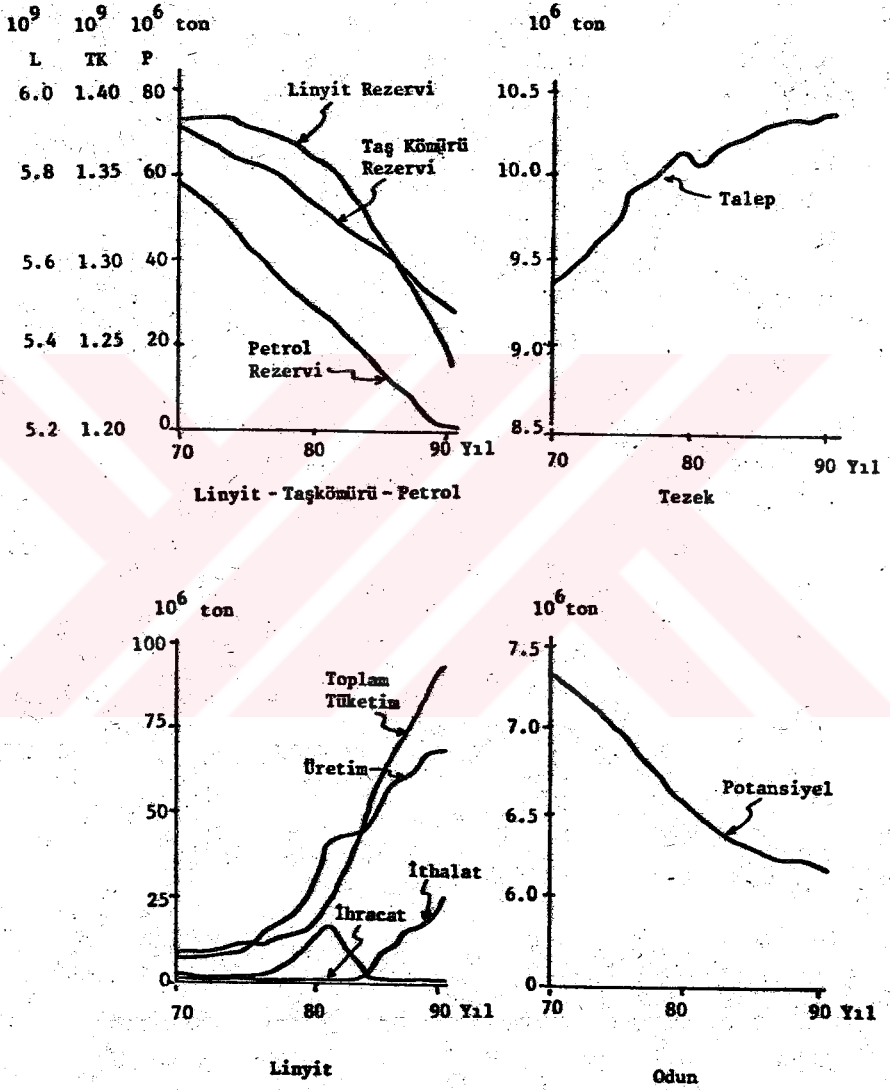
Bu çalışmada tanıtılan modelin ve Türkiye için uygulamasının geliştirilmesi gereken yönlerini burada belirtmekte, gelecekte yapılabilecek çalışmalar açısından, fayda bulunmaktadır.



Şekil 3.8. Orman ve Doğal Gaz Potansiyelinden Yararlanma Oranları



Şekil 3.9. Hidrolik ve Jeotermal Potansiyelden Yararlanma Oranları



Şekil 3.10. Odun ve Tezek Tüketiminin Linyite Kaydırılmasından Sonra Linyit Talebi



Şekil 3.11. Odun ve Tezek Tüketiminin Linyite Kaydırılmasından Sonra Rezerv Durumu

Geliştirilen modelde içerilmeyen unsurlar fiyat, maliyet ve teknolojidir. Bu üç unsur enerji türlerindeki arzı ve talebi ayrı ayrı etkilediği gibi birbirlerini de etkilemektedir.

Enerji maliyetinin artması, enerji maliyeti için bir taban fiyatı oluşturmaktadır. Enerji fiyatının artması ise enerji tasarrufunu teşvik ettiği gibi tasarrufa ve daha ucuz, yeni enerji elde etmeğe yönelik teknolojilerin geliştirilmesine de yol açabilmektedir. Öte yandan enerji türlerinin fiyatlarının artışılarındaki görece farklılıklar enerji türlerinin ucuz olanına doğru tüketiciyi yönlendirmektedir. Enerji türlerinin fiyatlarının değişmesi ile pahalı enerji türlerinin ucuz enerji türleri ile ikame edilmesi enerji türlerinin taleplerinin değişmesine ve enerji türlerinde yapılacak yatırımlarının değişmesine yol açabilmektedir. Geliştirilen yeni bir teknoloji sonucu ucuz ve kullanışlı enerji elde edilmesi de yine enerji türlerinin taleplerine yansımaktadır.

Fiyat unsurunun modele dahil edilmesi, talebin fiyat esnekliği ve teknolojik olarak ikame edilmesi mümkün türler arasında ikame esnekliği katsayıları ile mümkün olabilecektir.

Modelin aldığı yatırım kararları bulgusal bir yaklaşımla modele dahil edilmiştir. Bu kararlar, maliyet ve fiyat unsurlarının da içerilmesi ile eniyileme yöntemleri ile alınabilir.

Modelin Türkiye için uygulanmasında güneş enerjisi, nükleer enerji türleri modele dahil edilememiştir. Nükleer enerji 1990 yılından önce devreye girememektedir. Konut sektöründe ve düşük ısı gerektiren proseslerde kullanılabilen güneş enerjisi ile ilgili yeterli veri bulunamamıştır. Sanayide, birleşik santral uygulamaları mevcuttur. Mevcut olanlar için birim ürün başına enerji tüketim verileri örneğin SEKA için, toplanan veriler içinde yer almıştır. Ancak bu konuda planlanan yatırımlarla ilgili veriler bulunmadığından modelde yer almamıştır. Bu enerji türleri ile ilgili değişiklikler, veri bulunabildiği zaman, modele dahil edilebilecektir.

3.2.4. Modelin Bir Planlama Aracı Olarak Kullanılması

Enerji üreten sektörde ve enerji tüketen sektörde yatırım planları Devlet Planlama Teşkilatı ve konu ile ilgili bakanlık tarafından yapılmaktadır. Enerji tüketen sektördeki yatırım

planları yapılırken üretilecek malın talebi genellikle zaman serisi analizleri ile yapılmaktadır. Aynı yöntem enerji tüketen sektör için de kullanılabilir. Enerji tüketen sektörde kullanılan diğer yöntemler ise toplam enerji talebinin ekonomik büyümeye (GSMH) dayandırılarak bulunması ve her tür enerji talebinin zaman serisi analizleri ile saptanması şeklinde olabilmektedir. Enerji tüketen sektördeki yatırımlardan bağımsız olarak gerçekleştirilen bu tür yaklaşımlarda bulunan talep tahminlerinde yanlışlıkların boyutu daha yüksek olabilmektedir. Geliştirilen modelde, enerji türleri talep tahminleri, sektörler itibarı ile ve toplam olarak enerji tüketen sektördeki yatırım planlarına dayandırılmaktadır. Böyle bir yaklaşımda daha planlama safhasının başlangıcında, enerji tüketen sektördeki yatırım planlarının gelecekte hangi enerji türüne ne miktarda talep yaratacağı hesaplanabilmekte ve enerji üreten sektörde yapılacak yatırımların türler itibarı ile enerji talebini karşılayıp karşılamıyacağı gözlenebilmektedir. Bu bilgiler ışığı altında her iki sektördeki planların gözden geçirilerek planlamanın enerji dengesini sağlayacak şekilde düzenlenmesi mümkün olabilecektir. Enerji tüketen sektördeki enerji talebi yaratan yatırımlardan vezgeçilmediği varsayımı altında modelden enerji türleri itibarı ile yatırım kararları çıkartmak mümkün olabilmektedir.

KAYNAKCA

- [1] RATH-NAGEL, St., Voss.A. "Energy Models For Planning and Policy Assesment" , EJOR, 8, S. 99-114, 1981
- [2] HOFFMAN, K.C. "Energy Modelling-Perspectives and Policy Applications" TIMS studies in the Management Sciences 10, 6. 5.20, 1978
- [3] AYRES, R.U. "Technological Forecasting and Long Range Planning" Mc Graw-Hill, New York, 1969.
- [4] Federal Energy Administration, Project Independence Report U.S. Government Printing office, Washington P.C. Nov.1974
- [5] HOFFMAN, K.C. "Copled energy system-economic models preceedings of the conference on energy modeling and forecasting, Lawrence Berkeley Laboratory, P.Benenson, Editor June, 1975.
- [6] NAILL, R.F., MILLER, J.S., MEADOWS, D.L. "The transition to coal, System Dynamics Group, Dartmount College, Nov. 1974.
- [7] MEADOWS, D.L. "The Limits to Growth: A report to the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind" Universe Books, New York, 1972
- [8] Mc ALEER, W., "A regional End Use Energy Demand Model" OMEGA Vol. 10, No.6, 1982
- [9] VOORT, E.V.D., "The EFOM 126 Energy Supply Model within the EC Modelling System" OMEGA Vol. 10, No.6, 1982
- [10] Mac AVOY, P.W., PINDYCK, R.S., "Price controls and Natural Gas Shortage". American Institute for Puplic Policy Research. Washington, D.C., 1975.
- [11] DEBANNE, J.G. "A techno-economic and environmental energy model for North America", Summer Computer Simulation Cofe-rence, San Francisco, California, July 21.21, 1975,

- [12] BAUGHMAN, M.L., JOSKOW, P.L., "A regionalized Electricity Model", MIT Energy Laboratory Report No.MIT-EL 75-005, December 1974.
- [13] HOFFMAN, K.C., "A unified Framework for Energy System Planning" Energy Modeling kitabında Editör M.Searl, Resources for the Future, Washington, D.C., 1973.
- [14] FINON, D., "An Energy Model for France", CNRS, Paris, 1976
- [15] SAILOR, V.L. RATH-NAGEL, St., "MARITAL-A computer Model Designed for Multi-National Energy Systems Analysis", Seminar on Modeling Studies, Economic Commission for Europe, Washington, D.C., 1980.
- [16] AGNEW, M. Et al. "A Model for Energy Supply Systems Alternatives and Their General Environmental Impact" IIASA-WP-79-6, Laxenburg, 1979.
- [17] KAVRAKOĞLU, I., "Türkiye Enerji Modeli" 10. Dünya Enerji Konferansı, İstanbul, 1977.
- [18] MANNE, A.S., "Energy-Economy Interaction: An overview of the ETA-MACRO model", Energy Modeling and Net Energy Analysis sempozyumunda sunulmuş bildiri, Institute of Gas Technology, Chicago, 1978, pp. 341-351.
- [19] DANIZIG, G.B. et.al. "Stanford Pilot Energy/Economic Model" EPRI EA-626 Interim Report, Palo Alto, 1978.
- [20] BROCK, H.W., CAZALET, E.G. et al. "A Comparative Analysis of Methodologies used in Large Scale Energy Modelling" Stanford Research Institute, 1977, Praft.
- [21] HUDSON, E.A., JORGENSON, D.W., "U.S. Energy Policy and Economic Growth 1975-2000", Beu J.Econ. Management Sc . 2(5), 1974.
- [22] CARASSO, M.Et. al., "The Energy Supply Planning Model", Report to NSF by Bechtel Co. San Francisco, 1975.

- [23] MIT Energy Policy "The FEA Project Independence Report, An Analytical Review and Evaluation" Report No. MIT-EL 75-017, NSF, Washington, DC, 1975.
- [24] TESSMER, R.G., HOFFMAN, K.C. et al. "Coupled Energy System-Economic Models and Strategic Planning" Computers and Operations Research Vo.2., Pergamon Press, Oxford, 1975, 231-224.
- [25] IONTELA, E., RUBIN R., "Policy Applications of the EC Modelling Programme" Hafele (Düz.) Modeling of large scale Energy Systems, Pergamon Press, Oxford, 1980, 187-184
- [26] BASILE, P.S. "The IIASA set of Energy Models: As Design and Application". IIASA-RR-80-31, Laxenburg, 1980.
- [27] TAYLOR, L.D. "The Demand for Electricity : a survey" The Bell Journal of Economics and Management Science 6, 1975.
- [28] National Petroleum Council, "Guide to NPC Report on Energy outlook, Washington D.C., December, 1972
- [29] Energy Modeling Forum, "Energy and the Economy" EMF Report 1, Vol.1, Stanford CA, 1977.
- [30] HOGAN, W.W., "Energy and Economic Growth", EMF Occasional Paper 3.1, Stanford, CA, 1978.
- [31] CHOE, B.J. "Estimation and Projection of Energy Demand in Developing Countries: Current State and Major Issues", IIASA/IFAC Symposium on Modeling of Large-Scale Energy Systems, Laxenburg, Austria, 25-29 February, 1980.
- [32] SWEENEY, I.L., "Energy and Economic Growth: A Conceptual Framework" KURŞUNOĞLU, B., PERLOMUTTER, A. (DÜZ) "Direction in Energy Policy: A Comprehensive Approach to Energy Resources Decision Making" Barlinger, Cambridge MA, 1979, 115-140.
- [33] GRANVILLE, S. "Alternative Models of Energy Demand" basilmamış doktora tezi, Department of operation research, Stanford University, Stanford, 1978.

- [34] HOGAN, W.W., MANNE, A.S., "Energy-Economy Interactions: The Fable of the Elephant and the Rabbit" EMF Working Paper 1.3., Stanford University, Stanford, CA 1977.
- [35] ALLEN, R.G., Macroeconomic Teory, Mac Millan, New York, 1968.
- [36] SAMOUILIDIS, J.E., MITROPOULOS, C.S., "Energy Economy Models: A Survey "Ejor", 1982, 222-232.
- [37] SAMOUILIDIS; J.E., SAHINIS, H., PAPPA'S, I.A., "Energy Economy: A simplified Model for interactions" 3rd National OR Conference, Thessaloniki, Greece, July, 1980.
- [38] HALEY, K.B. "Operational Research 1978" Proceedings of the Eighth International Conference on O.R., North-Holland Publishing Company, 1979.
- [39] APAYDIN, O., AYBAR, E. ve diğ. "Kuruluşlar itibarı ile Enerji Tüketimleri ve Tahminleri" yayınlanmamış rapor, Enerji Bakanlığı Ankara, 1980.
- [40] "1980-2003 Yılları arası Enerji Talebi" yayınlanmamış rapor Enerji Bakanlığı, Ankara, 1980.
- [41] AYBAR, E. "Türk Sanayinde Yatırım Planları" yayınlanmamış rapor, Enerji Bakanlığı, Ankara, 1980.
- [42] APAYDIN, O., AYBAR, E. "Planlanmış Termik Santraller" yayınlanmamış rapor, Enerji Bakanlığı, Ankara, 1980.
- [43] APAYDIN, O., AYBAR, E. "Devreden Çıkarılacak Santraller" yayınlanmamış rapor, Enerji Bakanlığı, Ankara, 1980.
- [44] "1980-2003 yılları petrol ve doğal gaz talebi" yayınlanmamış rapor, Enerji Bakanlığı, Ankara, 1980.
- [45] " 100.Yılda Petrol Faaliyeti" T.C. Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 1981.
- [46] "1979 Türkiye Elektrik İstatistikleri Yıllığı" Türkiye Elektrik Kurumu, Ankara, 1980.

- [47] "Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Bağılı ve İlgili Kuruluşlarına ait İstatistik Yıllığı", Enerji Bakanlığı Ankara, 1980.
- [48] OZKAYA, G. "Iron and Steel Sector in I TEM" Inverstment and technology in Energy Market, O.R.E Report 651/DN 63, 1976.
- [49] RANDERS, J., "System Dynamics: A Tool for Broad Policy Analysis", The Proceedings of the 1976 International Conference on System Dynamics, Geilo Norway, 1976, s.13-30.
- [50] FORRESTER, J.W., "Principles of Systems", Wright - Allen Press Inc., Cambridge, Mass., 1968.
- [51] GOODMAN, M.R., "Study Notes in System Dynamics", Wright -Allen Press Inc., Cambridge, Mass., 1974.
- [52] RANDERS, J., ERVIK, L.K., "The System Dynamics Method", The Proceedings of the 1976 International Conference on System Dynamics, Geilo, Norway, 1976.
- [53] FORRESTER, J.W., "World Dynamics", Writght - Allen Inc., Cambridge, Mass., II. Edition, 1973.
- [54] COYLE, R.G., "Management System Dynamics", John Wiley and Sons Ltd., Salisbury, Great Britain, 1977.
- [55] MEADOWS, D.L., MEADOWS, D.H., "Toward Global Equilibrium: Collected Papers", Wright - Allen Press Inc., 238 Main Street, Cambridge, Massachusetts, 1973.
- [56] "Collected Papers of J.W. Forrester", Wriighth - Allen Press Inc., Cambridge, Massachusetts 1975.
- [57] SCHROEDER III, W.W. SWEENEY, R.E., ALFELD, L.E., "Readings in Urban Dynamics", Writght - Allen Press Inc., Cambridge Massachusetts, 1975.
- [58] ALFELD, L.E., GRAHAM, A.A., "Introduction To Urban Dynamics", Wright - Allen Press Inc., Cambridge, Massachusetts, 1979.

- [59] KARAYALÇIN, İ.İ., "İstihsal İdareciliği ve Teknikleri", İ.Ü., İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yayınları, İstanbul, 1969.
- [60] ORAL, M., MALOUIN, J.L., RAHN, J., "Formulationg Technology Policy and Planning Industrial R&D Activities", Management Science, V.27, No.11, Nov.1981, S.1294-1308.
- [61] ORAL, M., YETİŞ, N. ve Diğerleri, "Araştırma+Geliştirme ve Teknoloji Politikası Çizimi: Temel Yaklaşım", TÜBİTAK, MAE, YA Ünitesi, Gebze, Kocaeli, Şubat 1977.
- [62] ERKUT, H., "Bir Sistem Olarak Köykent", Yöneylem Araştırması 5. Ulusal Kongresi, Eskişehir, Mayıs 1979.
- [63] ERKUT, H., "Dağıtım Sisteminde Satış-Stok Sipariş Dinamiği", Yöneylem Araştırması 6. Ulusal Kongresi, Ankara, Haziran 1980.
- [64] KIRAN, A.Ş. ve Diğerleri, "Türk Sıcak Dövme Endüstrisi İçin Bir Sistem Dinamiği Modeli", Yöneylem Araştırması 6. Ulusal Kongresi, Ankara, Haziran 1980.
- [65] PUGH, A.L., "Dynamo User's Manual", M.I.T. Press, Cambridge, Mass, II. Edition.
- [66] SHAFFER, W.A., "Mini-Dynamo User's Guide", Pugh-Roberts Associates 5 Lee Street, Cambridge, MA 02139, Feb. 1978.
- [67] YETİŞ, N., "Simultane Maliyet-Hacim-Kâr Planlama ve Kontrolü" Doktora Tezi, İ.T.Ü., Makina Fakültesi 1982.

TEŞEKKÜR

"Enerji Üretim ve Tüketim Dengesi İçin Bir Simülasyon Modeli" konusunda doktora çalışmamı yöneten ve çalışmalarda bana her türlü anlayış ve desteği veren Sayın Doç. Dr. Gönül Özkaya'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tezin daktilo edilmesinde yardımcı olan Sayın Asuman Pınardag'a, Sayın Yurdanur Yenersoy'a ve Nurcan Gündüz'e, çizim ve fotokopi işlerinde yardımcı olan Sayın Serap Akyıldız'a ve Sibel Erdem'e teşekkürü borç bilirim.

Ayrıca Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'ndan Sayın Emine Aybar'a ve Gülsün Şirin'e verdikleri bilgiler için teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

Seyhun Altunbay 1945 yılında Adana'da doğdu. 1965 yılında Ankara Koleji'ni bitirerek O.D.T.Ü. Fen ve Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümüne girdi. 1969 yılında mezun olduktan sonra 1970 yılında TÜBİTAK Marmara Araştırma Enstitüsü Yöneylem Araştırması Bölümü'nde çalışmaya başladı. 1973 yılında O.D.T.Ü.'de Yöneylem Araştırması Master'ını tamamladı. 1977 yılında Massachusetts Institute of Technology, Amerika'da 15 günlük sistem dinamiği üzerine kursa katıldı. Aynı yıl University of Grenoble, Fransa'da Yöneylem Araştırması Bölümü'nde yürütülen "Türkiye için Araştırma-Geliştirme Politikası Çizimi Projesi" ile ilgili sistem dinamiği simulasyon modeli üzerine çalışmalar yaptı. 1978 yılında, Faculty of Business Administration, University of Delft, Hollanda'da "Sistem Dinamiği Tekniği üzerine Çalışmalar" konusunda düzenlenen 15 gün süreli kursa katıldı. Aynı yıl sonunda, Management Center, University of Bradford İngiltere'de Sistem Dinamiğinin Endüstriyel Uygulamaları konusunda bir ay süreli araştırma ve eğitim yaptı. 1978 yılından bu yana Yöneylem Araştırması Derneği Genel Sekreterliğini yapmaktadır. Seyhun Altunbay evlidir ve halen TÜBİTAK Marmara Araştırma Enstitüsü Yöneylem Araştırması Bölümü'nde Araştırma Başuzmanı olarak görevini sürdürmektedir.

YAYINLARI

A) Proje Raporları

1. Soysal, A., Altunbay, S., Oktay, N., Özmızrak, N., Yılmaz, I., "Türkiye için Bilim ve Araştırma Projesi" Son rapor, MAE, Ekim 1983.
2. Altan, B., Özmızrak, N., Yalçın, M., Kızıltan, G., Altunbay, S., Varol, N., PEISER, S. "Türkiye'de Ulusal Metroloji Kurulması Üzerinde İnceleme" MAE Ağustos 1983.

15. Bayraktar, B., Uykal, T., Evranuz, Ç., Altunbay, S.,
"Türkiye Kömür İşletmeleri Kömür Dağıtım Projesi" TÜBİTAK
Ekim 1970.

B) Bildiriler

1. Altunbay, S., "Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Yapan Bir Araştırma Kuruluşu için Performans Değerlendirme Yönetimi" Y.A. 8. Ulusal Kongresi ODTÜ, 1983.
2. Altunbay, S., Kızıltan, G., "Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Yapan Bilişim Sistemi Tasarımı" Y.A. 8. Ulusal Kongresi ODTÜ, 1983.
3. Altunbay, S., Pamuk, M., Gündoğdu, H., Önder, Y., "Gemi ve Gemi Adamı Niteliklerinin İzlenmesi Bilişim Sistemi Tasarımı", Y.A. 8. Ulusal Kongresi, ODTÜ 1983.
4. Altunbay, S., Menlioğlu, T., "Bir Araştırma Enstitüsünde Proje Maliyetleri Öngörülmesi ve Dağıtılması Yöntemi" Y.A. 8. Ulusal Kongresi, ODTÜ 1983
5. Altunbay, S., Aydın, Ş., Yetiş., "Türkiye Tarım Sektörü için bir Sistem Dinamiği Modeli" Y.A. 6. Ulusal Kongresi, Hacettepe Üniversitesi, 1980.
6. Oral, M., Evranuz, Ç., Kızıltan, G., "Stok Kontrol Modellerinde Parasal ve Parasal Olmayan Amaç Fonksiyonları" Y.A. 3. Ulusal Kongresi, Ege Üniversitesi, İzmir, Mayıs 1977.
7. Altunbay, S., Evranuz, Ç., Nebol, E., "Bir Üretim Planlaması Endüstride bir Uygulama" Y.A. 2. Ulusal Kongresi ODTÜ Ankara 1976
8. Altunbay, S., "Eş Zamanlı Alım-Üretim ve Stok Kontrol Modeli" Y.A. 1. Ulusal Kongresi, Boğaziçi Üniversitesi Bebek, İstanbul 1975.

3. Altunbay, S., Atacık, Y., Kızıltan, G., Tüyen E., ve diğ. "Marmara Araştırma Enstitüsü Proje Yönetimi El Kitabı" MAE Ekim 1981
4. Altunbay, S., Pamuk, M., Önder, Y., Gündoğdu, H., "Gemi Sicil ve Gemi Adamı Ehliyet İşlerinin Bilgisayara Aktarılması Projesi" MAE Aralık 1980.
5. Oral, M., Altunbay, S., Uygur, R., Yetiş, N., "Araştırma ve Geliştirme Projeleri Demir Çelik Entegre Tesisleri", 1977.
6. Oral, M., Malouin-J.L., Altunbay, S., diğ. "Araştırma+Geliştirme Politikası Benzetim Modeli", Mart 1977.
7. Oral, M., Malouin-J.L., Uygur, R., Yetiş, N., "DPT Araştırma-Geliştirme ve Teknoloji Politikası Çizimi-Temel Yaklaşım", Şubat 1977
8. Altunbay, S., Oral, M., Ulusoy, G., Yetiş, N., Atabarut, N., "ENDAS Stok Kontrol Araştırma Projesi" MAE, 1977.
9. Yalçın, H., Baylav, C., Altunbay, S., Duyar, A., "Etibank Ergani Bakır İşletmesi Miesssesesi Üretim Programlaması Araştırma Projesi, MAE, Ocak 1977.
10. Altunbay, S., Evranuz, Ç., Nebol, A., Oral, M., "Elginkan Holding Üretim Programlaması El Kitabı" MAE, Ocak 1976.
11. Doğrusöz, H., Evranuz, Ç., Altunbay, S., Nebol, E., "Elginkan Holding Üretim Programlaması ve Stok Kontrol Projesi" MAE, Temmuz 1974.
12. Yalçın, H., Altunbay, S., Evranuz, Ç., ve diğ. "Yüksek Denizcilik Okulu Tesis ve Sistem Analizi Etüdü Raporu" MAE, Temmuz 1974.
13. Ünlü, Ş., Maktav, S., Nurhat, E., Altunbay, S., Evranuz, Ç., "GİMA Yöneylem Araştırması Projesi" TÜBİTAK, Eylül 1972.
14. Türkşen, B., Akgül, M., Altunbay, S., "Ankara Nazım Plan Projesi" TÜBİTAK, Eylül 1972.

C) Teknik Raporlar

1. Altunbay, S., "Bilim ve Teknolojide Önceliklerin Saptanması İçin Metod" Çeviri, MAE, Nisan 1983.
2. Altunbay, S., "Yöneylem Araştırmasının Ülke Kalkınmasına Katkı Olanakları" MAE, Mart 1983.
3. Altunbay, S., "Enstitü MAE ve Bölüm Danışma Kurullarına İşlerlik Kazandırılmasına İlişkin Görüşler" Aralık 1982.
4. Bilim-Araştırma ve Teknoloji Özel İhtisas Komisyonu Raporu (Raportör) Aralık 1982.
5. Altunbay, S., Kızıltan, G., "Bilim ve Teknoloji Sisteminde Sorunlar ve Öneriler" MAE, Ekim 1981.
6. Altunbay, S., "Enerji Sorunu ve Modelleri Yalaşımları" MAE, Eylül 1981.
7. Altunbay, S., "MAE Yöneylem Araştırması Bölümü Çalışmalarının Değerlendirilmesi" MAE, Ekim 1980.
8. Altunbay, S., "MAE Çalışmalarının Değerlendirilmesi" MAE Kasım 1980.
9. Altunbay, S., "Araştırma-Geliştirme ve Teknoloji Politikası Çiziminde Örgütlenme Sorunları ve Örgütlemeye İlişkin Düşünceler" MAE, 1979

D) Dış Yayınlar

- Altunbay, S., Kızıltan, G., "Management Information System for a Research Institute in a Developing Country: A Case Study R&D Management 12, 4" 1982.

E) Diğer Yayınlar

1. Kara, İ., Ulusoy, G., Atacık, Y., Oğuz, O., Altunbay, S., Yöneylem Araştırması Bildirileri'79 kitabı (Düz.) YAD. EİTİA 1979.

2. Ulusoy, G., Evranuz, Ç., Altunbay, S., Yıldırım, F., Kut-
sal, A., Yöneylem Araştırması Bildirileri'80 kitabı (Düz.) Y
YAD. MAE. BÜ. 1980.

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Bekâmentasyon Merkezi