

ENERJİDE SON KULLANIM ANALİZİ

Hüseyin GÜNERHAN

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Bornova-İzmir

ÖZET

Enerjinin geleceğinde kaynak yönetimi ana unsur olarak değerlendirilmektedir. Kaynak yönetimi sosyo-ekonomik, politik ve çevresel kaygıları da içinde barındırmaktadır. Enerji, modern endüstriyel ekonominin dayanak noktasıdır ve enerji planlanmasında enerji istemi ve enerjide son kullanım önemlidir.

Çağdaş toplumlarda enerjinin sağlanması esastır. Termodinamik yasalarına göre, enerji kaynakları bir kere kullanıldıktan sonra tekrar yerine konulamaz. Bu da enerji üretimindeki hammaddelerin dikkatli kullanılması gerektiğini ortaya koyar. Üretim süreçlerinde ilk önce yakıtların sağlanması ve daha sonra mal ve hizmetlere dönüştürülmesi yolu izlenir ancak bu, tüketicilerin isteklerini karşılamak için gerekli malların üretilmesinde ekonominin asıl amacını açıklayamaz. Eğer bunun yerine, analiz tüketiciler tarafından istenen mal ve hizmetler ile başlarsa ve daha sonra bunların üretimi için kesin olarak neye gereksinim duyulduğu ele alınırsa, ancak o zaman en az enerji ve kaynak temini için bir strateji geliştirilebilir. Son kullanım konusunu ele almada bu “istem tarafı” yaklaşımı ekonominin alt yapısını oluşturmada kendi gereksinimlerine yol açar.

Bu çalışmada yukarıda verilen bilgiler kapsamında enerjide son kullanım analizinin önemi ele alınmış ve enerji kaynağı-enerji istemi, enerji servisleri için enerji gereksinimleri, elektrik üretimi için enerji girdileri ile enerji endüstrisinde verimlilikler üzerine bilgiler verilmiştir. Son olarak mal ve hizmet üretiminde enerji maliyetleri üzerinde de durulmuştur.

1. Giriş

Enerjinin modern tarihi 19. yüzyılda başlamıştır. 20. yüzyılın başından itibaren ise, dünya enerji tüketimi sürekli artan bir tempo izlemiştir. 1876 yılında 600 MTEP (megatoneşdeğerpetrol) olan birincil enerji tüketimi, 1978 yılında 6800 MTEP değerine ulaşmıştır. 1880 yılların başında başlıca enerji kaynağı olan odunu kömür yakalamış ve 1950 yılında da petrol, kömürü geçmiştir. “*Birinci Petrol Krizi*”, 1973-1974 yılları arasında yaşanmış ve Aralık 1978-Aralık 1981 yılları arasında “*İkinci Petrol Krizi*” kendini göstermiştir. Petrol krizlerinden sonra *doğal gaz, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynakları* üzerine araştırmalar hızlandırılmıştır [1].

Enerji, bir sistemin kendisi dışında etkinlik üretme yeteneği olarak tanımlanabilir. Enerji, değişikliklere yol açan etken veya iş yapabilme gücüdür ve modern sanayi toplumunun bir parçasıdır. İnsan, yaşamını sürdürmek için, enerji, madde ve bilgiye gereksinim duyar. Enerji, maddenin üretilmesi için gereklidir. Bilgi, maddenin işlenmesi ve nakledilmesi için elektrik enerjisini gerekli kılar. Bilgi aynı zamanda, enerjinin verimli kullanılması için de gereklidir. Bunun yanı sıra mühendislik, doğanın kaynaklarını insan yararına profesyonel olarak kullanma sanatıdır. Mühendislik hizmetinin doğal iki ana kaynağı, malzeme ve enerjidir [2, 3].

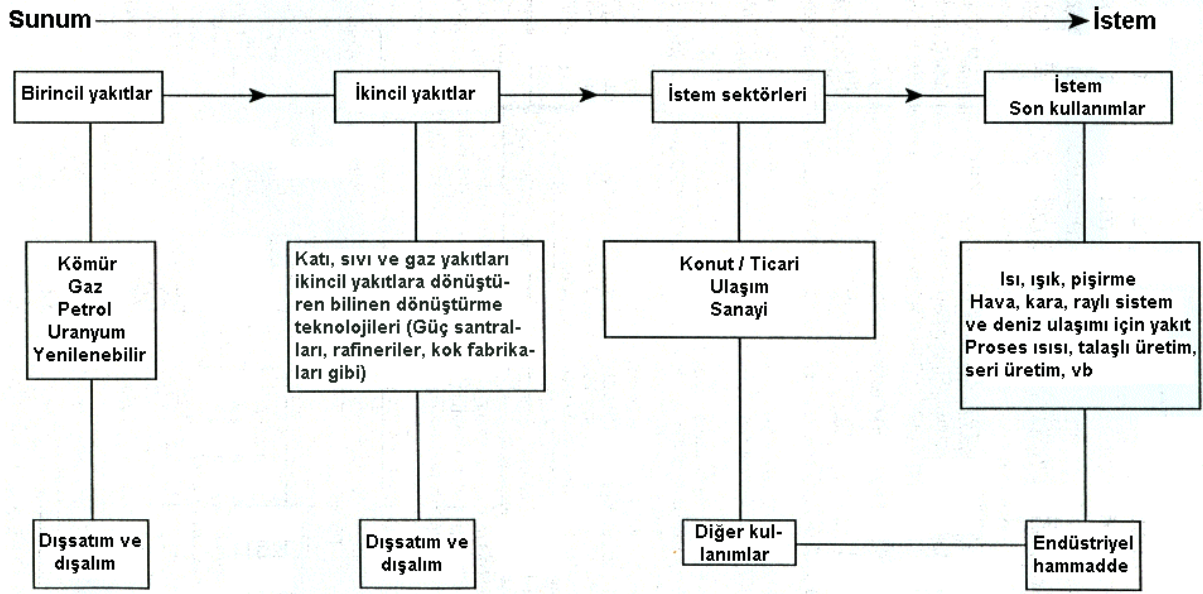
Enerji üzerine plan ve analizler yaparken yalnızca var olan enerji kaynakları göz önüne alınmamalı bunun yanında bu kaynaklara ait istemler (talepler) konusu da ele alınmalıdır. Öncelikle enerjide son kullanım hesaplamalarına dayalı bir ulusal enerji politikasının geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır [4].

Enerji sunumuna (arzına) iki tür son kullanım analizi için gereksinim duyulur: mal ve hizmetlerin sağlanması ve bunları işletmek için enerjinin (yakıtın) kullanılması. Örneğin enerji, motorlu araçların üretiminde ve konutların ısıtılmasında kullanılır. Enerji sistemi, ulusal ekonominin belirgin bir alt sistemi olarak ele alınabilir. İş gücü, toprak, anapara ve malzeme kaynakları gibi diğer alt sistemlerden ayırt edilebilir ve bu sistemin içerisinde üretim ve tüketimi birbirinden ayırt etmek de mümkündür. İlke olarak bunun anlamı, ekonomik sistem içerisinde istenen mal ve hizmetlerden bunları sağlamak için gerekli başlıca enerji miktarına doğru bir yol izlenebilmesidir. Çağdaş toplumların yaşamlarını sürdürülebilmesi için enerji sunumu esastır çünkü bu enerji kaynakları aslında toprak, zaman, iş gücü ve anaparanın yerini tutmaktadır. Bilindiği gibi termodinamik yasalarına göre, enerji kaynakları bir defa kullanıldığında tekrar

yerine konulamaz yani enerji üretimindeki hammaddeler son derece dikkatli kullanılmalıdır [4, 5].

2. Enerjide Sunum-İstem Akışı

Şekil 1 ile verildiği gibi, üretim süreçlerinin sunum tarafında uygulanan en yaygın analiz, ilk önce enerji kaynaklarının (yakıtların) sağlanması ve daha sonra mal ve hizmetlere dönüştürülmesi olarak yapılmaktadır [4].



Şekil 1. Sunum istem arasındaki enerji akışı [4]

Bu analiz, tüketicilerin isteklerini karşılamak için gerekli malların üretilmesine yönelik bir ekonomik amaç içermemektedir. Analiz tüketiciler tarafından istenen mal ve hizmetler ile başlatılırsa ve daha sonra bunların üretimi için kesin olarak neye gereksinim duyulduğunu ele alırsa, ancak o zaman en az enerji ve kaynak sağlanması için bir düzen geliştirilebilir. Son kullanım analizinde “istem tarafı” yaklaşımı ekonominin alt yapısını oluşturmada kendi gereksinimlerini doğurur. Bu çalışmada sadece enerji gereksinimleri ele alınmıştır. Bu yöntemden yararlanmak için çeşitli aşamalardaki belli mal ve hizmetleri üretmeye yönelik enerji gereksinimlerinin bilinmesi gerekir. Şekil 2 ile enerji hizmetleri için enerji gereksinimleri verilmiştir [4, 6].

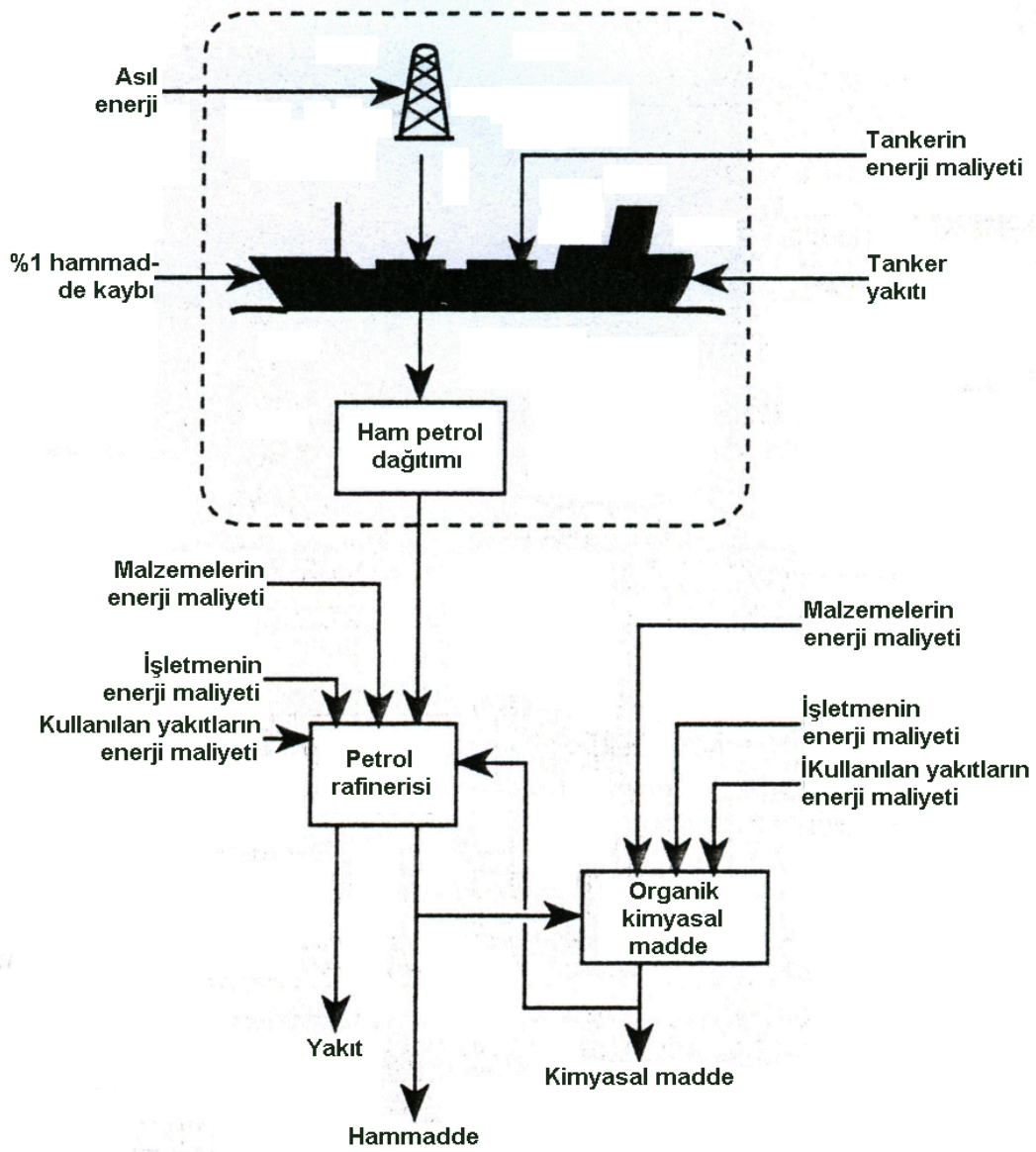
Örnekler Kavramlar	Piştirme	Otomobil kullanımı	Ev ısıtma
Enerji hizmeti	Piştirilmiş gıda ↓ Konserve ↓ Isı gereksinimi ↓ Elektrikli fırın ↓ Elektrik gereksinimi ↓ Enerji santrali ↓ Kömür gereksinimi	Yolcu taşıma ↓ Lastik, kişi ↓ İtici güç gereksinimi ↓ Şanzıman (Aktarma elemanı) ↓ Benzin gereksinimi ↓ Rafineri ↓ Ham petrol gereksinimi	Sıcak ev ↓ Yalıtım ↓ Isı gereksinimi ↓ Kalorifer kazanı ↓ Kalorifer yakıtı gereksinimi ↓ Rafineri ↓ Ham petrol gereksinimi
Enerji yoğunluğu:			
Sonuncu enerji	Elektrik	Petrol	Kalorifer yakıtı
Enerji hizmeti	Piştirilmiş gıda (kWh/kg)	Kişi taşıma (litre/kişi/km)	Sıcak ev (litre/ev)
Enerji dönüşüm verimi:			
Sonuncu enerji	Elektrik	Petrol	Kalorifer yakıtı
Birincil enerji	Kömür (kWh/ton)	Ham petrol (litre/ton)	Ham petrol (litre/ton)

Şekil 2. Enerji hizmetleri için enerji gereksinimleri [6]

3. Enerji Girdileri

Maden cevherlerinin saf metallere dönüştürülmesi işleminde olduğu gibi hammaddelerin kullanılabilir duruma getirilmeleri için enerjiye gereksinim duyulur. Ancak çeşitli kullanılabilir yakıtları (benzin, mazot, kömür, kok, uranyum gibi) fosil

kaynaklardan üretmek için de enerjiye gereksinim vardır. Her yakıt türünün üretimi için o yakıta özgü enerji gereksinimi ortaya çıkar. Bu durum o yakıtın doğal kaynağına ve yakıtı pazarlayabilmek amacıyla kullanılabilir duruma getirmek için gerekli teknolojiye bağlıdır. Şekil 3 ile enerji girdileri için örnek bir gösterim verilmiştir [4, 7].



Şekil 3. Ham petrolden üretilen yakıtların enerji girdileri [7]

Bu yüzden bitümlü şişten veya kömürden elde edilen yakıt, ham petrolden elde edilen yakıta göre daha fazla enerji gerektirir. Bununla birlikte taşımacılıkta kullanılan enerjinin de hesaba katılması gerekir. Örneğin, bu nedenle kuzey denizinden İngiltere'ye boru hattı ile gelen petrol, Körfez'den gemi ile nakledilen petrole göre

daha ucuza mal olur. Açık deniz petrol platformlarına yapılan yüksek enerji yatırımı Körfez'deki ucuz karasal üretim karşısında dengelemek için bu şekildeki nakliye tasarrufu yeterli olabilmektedir [4, 5].

Var olan üretim tesisleri ile yeni üretim tesisleri arasındaki karşılıklı bağlantı petrol fiyatları yükseldikçe yeni tesisler kurmanın giderek daha maliyetli olduğunu göstermektedir. Bu zorluk bir başka problemi de beraberinde getirmektedir. Kömürden sıvı yakıt üretmek gibi yeni bir yakıt üretmenin yeni maliyeti çeşitli öngörüler ile öngörünün yapıldığı zamandaki yakıt fiyatlarına dayalı olarak belirlenir. Bunun anlamı, o anda yeni yakıtın rekabetçi olacağı hiçbir yakıt fiyatının var olmadığıdır. Bu da yeni enerji üretim tesislerinin diğer mal ve hizmetleri uygun düzeyde sağlamak üzere ekonominin geri kalan kısmının yeteneğini tehlikeye atmayacak düzeyde inşa edilebileceklerini göstermektedir. Öyle ise, kömür madenlerinin, güç santrallerinin veya petrol sahalarının geliştirilebileceği bir sınır vardır [4].

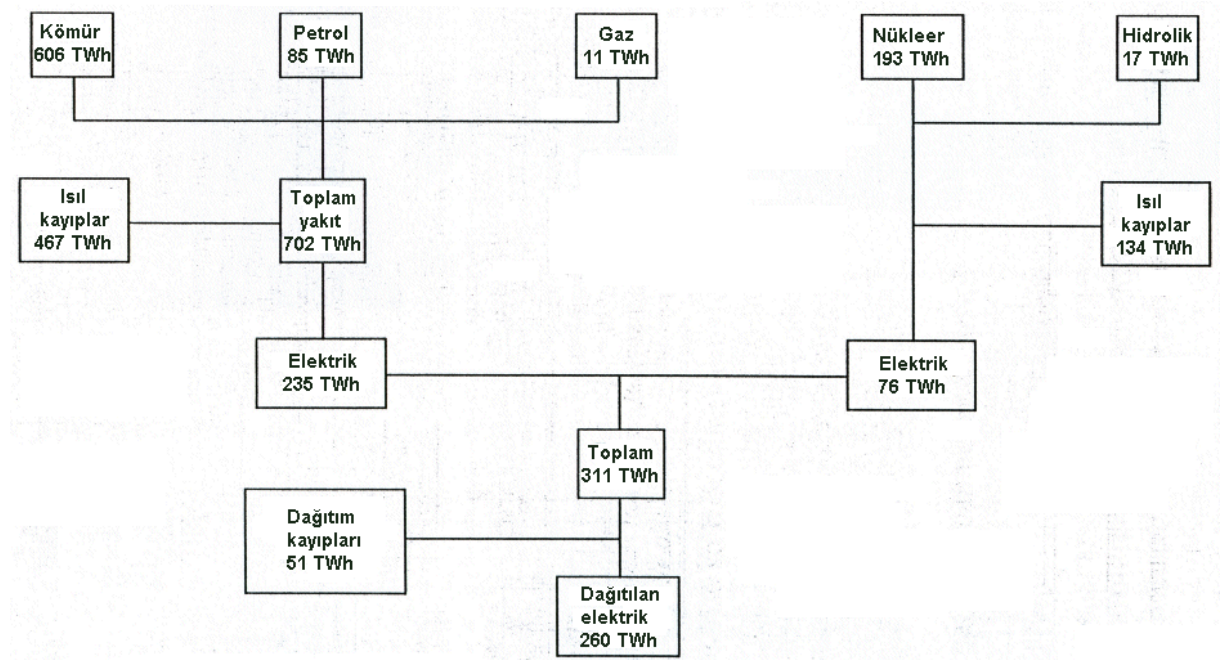
Eğer bu düzey aşılabacak ise daha büyük oranlarda malzeme ve enerji daha büyük bir ekonomik sistemden sağlanabilir. Farklı enerji sağlama sistemlerinin gerektirdiği enerjiye yapılan yatırımlar arasında gerçek bir karşılaştırma yapmak için, her tesisin gereksinimleri için en uzak kaynaklarını bile hesaba katma zorunluluğu vardır. Örneğin İngiltere'deki nükleer güç üretimi yalnızca güç santrallerinin inşasına bağlı değil aynı zamanda Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Güney Afrika ve Avustralya'daki madenlere de bağlıdır. Öyle ise nükleer reaktörler için zenginleştirilmiş uranyum yakıtının gaz difüzyon yöntemi ile üretilmesi oldukça enerji yoğun bir üretim olacaktır [4].

4. Enerji Verimliliği

Enerji endüstrisinin verimliliği, enerji endüstrisinin ürünleri birincil enerji girdisi (hem şu anda ki girdi hem de santralin yapım ve sürdürülmesinde kullanılan enerjinin yıpranma payı) ile karşılaştırılarak hesaplanabilir. Her enerji endüstrisi diğerleri için ya doğrudan ya da dolaylı maliyetler kullandığı için bu hesaplamayı yapmak karmaşık bir iştir. Örneğin, enerji endüstrisi doğrudan bir girdi olan elektrik enerjisini kullanır veya çelik, alüminyum ve çimento gibi malzemeler kullanır. Bu malzemelerin hepsi üretimleri sırasında enerji kullandıkları için dolaylı girdilerdir. Bu karşılıklı ilişkiler nicelleştirilebilir ve sonuçta ortaya çıkan denklemler çözülerek gerekli verimlilikler bulunabilir. Enerji endüstrisinde verimlilik, “(çıktılarının enerji değeri) / (girdilerinin

yakıt maliyeti) olarak tanımlanır. Örneğin, bir ton yakıtın yakıt maliyeti = (yakıtın enerji değeri) + (yakıtı üretmek için harcanan enerji) ile ifade edilir [4, 8].

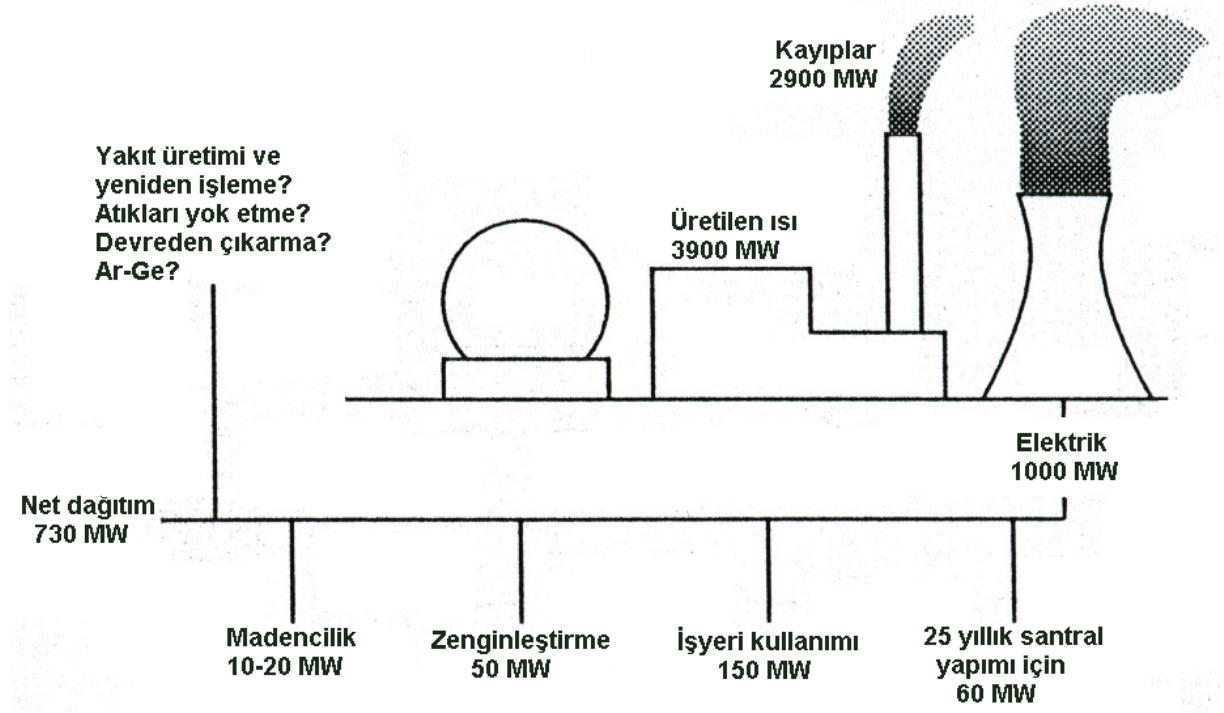
Şekil 4 ve 5 ile elektrik endüstrisindeki farklı yöntemler gösterilmiştir. Şekil 4 ile verilen yöntemde yakıt girdileri şebekenin tümü için tek başına ele alınmıştır ve verimlilik buna bağlı olarak hesaplanabilir ancak bu yöntemde söz konusu olan enerji maliyetlerinin bir bölümü göz önüne alınmamaktadır. Bir nükleer enerji santraline daha ayrıntılı bir bakış Şekil 5 ile verilmiştir ve buradaki yöntem daha fazla enerji maliyetlerini kapsamaktadır. Bu maliyetlerin de hesaba katılması verimliliğin $1000 / 3900 = \%25.6$ değerinden $730 / 3900 = \%18.7$ değerine düşmesine neden olmaktadır. Böyle olduğu zaman bile yeniden işleme, atıkların yok edilmesi, araştırma ve geliştirme, devre dışı bırakma ve diğer çevresel enerji maliyetleri göz önüne alınmamıştır [4].



Şekil 4. İngiltere'deki elektrik üretiminde enerji girdileri [4]

Tüm enerji endüstrileri tüketiciye kendi aldıklarından daha azını dağıtmaktadır ve Tablo 1 ile bu endüstrilerin hesaplanmış verimlilikleri verilmiştir. Tablo 2 ile ise, İngiltere'de kullanılan belli başlı yakıt miktarlarının tüketiciye dağıtılan enerji miktarına oranla nasıl değiştiği gösterilmiştir. Tüketicilere toplam 1709.10^9 kWh enerji dağıtılmış ve enerji sağlamak için ise toplam 2522.10^9 kWh enerji kullanılmıştır. Bu yüzden enerji sağlayan endüstrinin toplam verimliliği %68 dolayında olmuştur.

Dağıtılan enerji ile sisteme giren enerji aynı miktarda değildir ve özellikle kömür ve petrol bazı işlemlerden geçirildikten sonra kullanılır [4, 8].



Şekil 5. 1000 MW gücündeki santralde enerji akışı [7]

Tablo 1. Enerji sanayinde verimlilik değerleri [7]

Kömür	%95.5
Kok	%88.0
Gaz (Kömür ve petrolden üretilen gaz)	%81.1
Petrol	%89.6
Elektrik	%25.2

Tablo 2. Dağıtım yapılan yakıtlar ile birincil girdilerin karşılaştırılması [7]

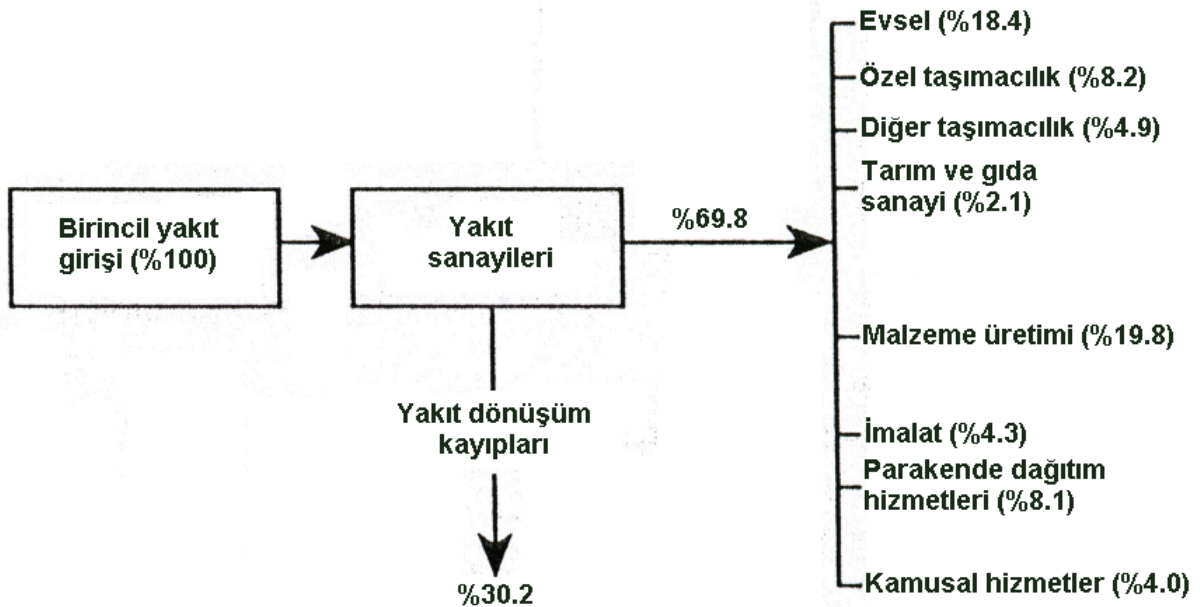
Yakıt	Birincil girdiler	kWh _{ısı} (x10 ⁹)	Dağıtım yapılan yakıtlar (%)	Miktar	kWh _{ısı} (.10 ⁹)	Oran (%)
Kömür	116.2x10 ⁶ ton	870	34.5	1.6x10 ⁶ ton	130.0	7.6
Kok	-	-	-	9.8x10 ⁶ ton	74.9-	4.4
Petrol	64.3x10 ⁶ ton	804	31.9	-	-	-
Petrol ürünleri	-	-	-	53.7x10 ⁶ ton	686.8	40.2
Gaz	21473.0x10 ⁶ therm ⁺	640	25.4	19383.0x10 ⁶ therm ⁺	567.9	33.2
Hidrolik	-	4	0.2	-	-	-
Nükleer ısı	-	193*	7.6	-	-	-
Elektrik (dışalım)	-	11.6	0.5	249690 GWh	249.7	14.6
Toplam		2522.0	100.0		1709.0	100.0

*1 therm = 29 kWh = 10⁸ joule

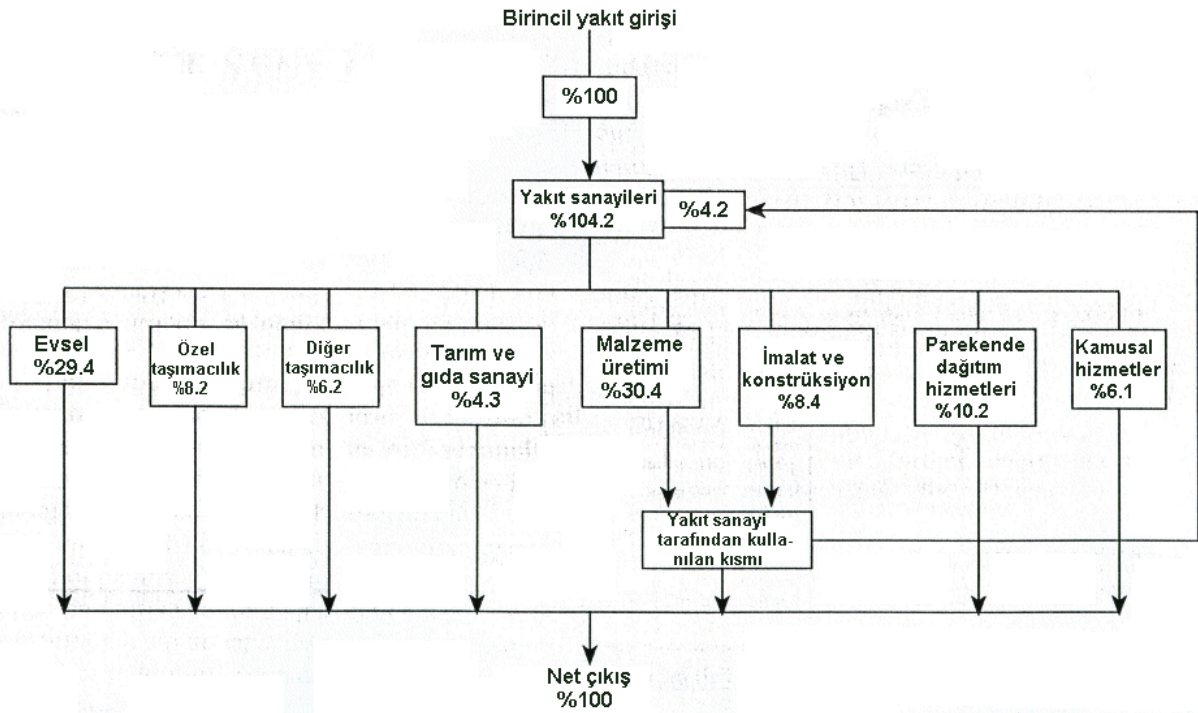
*%25 verimlilikte 48205 GWh ısı üretiminin değeri

Enerji tüketiminin son kullanıcılara göre sıralandığı Şekil 6 incelendiğinde, ekonominin çeşitli sektörlerine sağlanan enerjilere ait bir analizin verildiği görülmektedir. Girdi verilerinin mal ve hizmetlere göre düzenlenmesi daha uygundur çünkü bu veriler enerji girdilerinin doğrudan öngörülmesine olanak sağlamaktadır. Enerjinin çeşitli sektörler arasında dağılımı son kullanıcılar tarafından satın alınan yakıtın enerji içeriğine dayanmaktadır. Şekil 6 ile verilen kayıplar enerji endüstrilerinin proses için harcadıkları enerjiyi göstermektedir ve bu nedenle, mal ve hizmetlerin belli aralığı için birincil enerji tüketiminin ne olduğu bulunmadan önce, ödeneklerin bu durumu hesaba katacak biçimde düzenlenmeye gereksinimi olacaktır [4, 7].

Şekil 6 ile verilen sektörlerin her biri farklı enerji türlerini kullanacaklardır ve tüketilecek birincil enerjinin uygun kullanımı için bu karışım önceden bilinmelidir. Hesaplama enerji endüstrileri tarafından kullanılacak üretilmiş maddeleri de hesaba katmalıdır. Ekonomiye giren 100 birim yakıt, 100 net birim mal ve hizmeti üretecek biçimde görülmelidir gibi bir görüş benimsenmelidir. Enerji endüstrileri tarafından kullanılan 4.2 birimlik enerji ilk çıktı hesaplanmadan önce yakıt endüstrilerine yönlendirilir. Bu, enerji endüstrilerine olan girdiyi 104.2 birim yükseltme etkisine sahiptir. Şekil 7 ile enerji maliyetine göre enerjinin bölüştürülmesi verilmiştir [4].



Şekil 6. Farklı ekonomik sektörlerdeki yakıtların enerji içeriği [4]



Şekil 7. Farklı ekonomik sektörlerdeki yakıtların enerji maliyeti [4]

5. Sonuç

Son kullanım analizi için geliştirilmiş çeşitli programlarda verilerin çoğu sistem karakteristiklerindeki değişiklikleri içerecek şekilde zaman içinde değiştirilebilmektedir. Analiz her zaman dönemi için dışarıdan belirlenen faydalı enerji hizmetlerine olan bir dizi istem tarafından yönlendirilmektedir. İstem seviyeleri ısıtılan evin alanı ve otomobilin aldığı yol gibi bilgilerden yararlanılarak belirlenebilmektedir. Bina yalıtımı ve daha hafif otomobiller gibi son kullanım enerji tasarruf önlemleri, tasarruf teknolojileri olarak değerlendirilmektedir. Enerji verimli lambalar gibi yeni teknolojilerin kullanımını gerektiren karbondioksit salımlarını azaltma seçenekleri, analizde var olan diğer seçenekler gibi değerlendirilmektedir. Bu bilgiler analiz tarafından maliyetleri, verimleri ve çevresel yararlarına göre değerlendirilmekte ve derecelendirilmektedir [9].

Bu çalışmada enerji kullanımında “istemin” önemi üzerinde durulmuş ve enerji üretimi ve kullanımında son kullanıcı analizi üzerine kısa bilgiler verilerek enerji sektörünün dikkatinin bu noktaya çekilmesi amaçlanmıştır.

Kaynaklar

[1] Yücel FB, Enerji Ekonomisi, FEBEL Ltd.Şti., 1974, İstanbul.

- [2] Çengel YA, Boles MA, Termodinamik-Mühendislik Yaklaşımıyla, Çeviri Editörü: A. Pınarbaşı, Editör Yardımcıları: E. Buyruk, C. Özalp, A. Bilgin, H. Günerhan, S. Basan, 5.Baskı'dan Çeviri, Güven Bilimsel, 2008, İzmir.
- [3] Hepbaşlı A, "Üniversite Düzeyinde Sanayide Enerji Yönetimi Eğitimi: Ege Üniversitesi Uygulaması", TMMOB MMO Tesisat Mühendisliği Dergisi, Şubat 2000, İstanbul.
- [4] Hill R, Okeefe P, Snape C, The Future of Energy Use, Earthscan Pub., 1995, London.
- [5] End-Use Energy Technologies: www.pnl.gov/gtsp/docs/getspenduse.pdf, 2009.
- [6] Leach G, Energy and Growth: A Comparison of 13 Industrial and Developing Countries, Butterworth, 1986, London.
- [7] Thomas JAG, Energy Analysis, IPC Technology Press, 1977, Guildford.
- [8] Energy End-Use Efficiency:
stone.undp.org/undpweb/seed/wea/pdfs/chapter6.pdf, 2009.
- [9] Uyar TS, Enerji Sektöründe Karar Vermede Bilginin Yönetimi: "Markal-Macro"
Enerji-Ekonomi-Çevre Modeli: <http://arsiv.mmo.org.tr/pdf/11263.pdf>, 2009.