



tmmob
makina mühendisleri odası



II. Enerji Verimliliği Kongresi

9-11 Nisan 2009 / Kocaeli

Bildiriler Kitabı

Yayın No: E/2009/490



tmmob
makina mühendisleri odası

II. Enerji Verimliliği Kongresi Bildiriler Kitabı

Nisan 2009, Kocaeli

Yayın No: E/2009/490

tmmob
makina mühendisleri odası

Meşrutiyet Mah. Meşrutiyet Cad. No: 19 Kat: 6-7
Kızılay / ANKARA
Tel: (0312) 425 21 41 ● 444 8 666 Faks: (0312) 417 86 21
e-posta: mmo@mmo.org.tr
<http://www.mmo.org.tr>

Yayın No: E/2009/490

ISBN: 978-9944-89-699-3

Bu yapının yayın hakkı Makina Mühendisleri Odası'na aittir. Kitabın hiçbir bölümü değiştirilemez. MMO'nun izni olmadan kitabın hiçbir bölümü elektronik, mekanik vb. yollarla kopya edilip kullanılamaz. Kaynak gösterilmek kaydı ile alıntı yapılabilir.

Nisan 2009/Ankara

Baskı: Ankamat Matbaacılık San. Limited Şirketi
Güleryüz Sanayi Sitesi 30. Cad. 538. Sokak No: 60 İvedik / ANKARA
Tel: (0 312) 394 54 94 - 95

SUNUŞ

Enerji; insan yaşamı ve sanayi üretimi için olmazsa olmaz temel unsurlardan bir tanesidir. Gerek dünyada gerekse ülkemizde nüfus artışı, konfor standartlarının yükselmesi, sanayi ve teknolojideki gelişmeler enerji talebini hızla artırmaktadır. Diğer taraftan sınırlı kaynakların dünya üzerindeki dengesiz dağılımı ve ülkelerin paylaşım hırsları, politik istikrarsızlara yol açarken, son on yılda tanıştığımız iklim değişikliği olgusu ve politikaları enerji tüketimini baskı altına almaktadır.

Enerji ihtiyacının karşılanmasındaki sorunların çözümüne katkı olması bakımından bütün dünya, güneş, jeotermal, rüzgar gibi alternatif enerji kaynaklarından mümkün olduğunca daha fazla faydalanmak ve mevcut enerji kaynaklarını verimli kullanmak üzere bir dönüşüm sürecinden geçmektedir. Bunu sağlamak üzere sektörü yönlendirmek için geniş teşvikler formüle edilmekte ve teknolojik bir evrim yaşanması için bugüne kadar dünyanın tanık olmadığı boyutta AR-GE çalışmaları yapılmaktadır.

Ülkemiz ise enerji verimliliğini arttırmak için en az %25 potansiyele ve yenilenebilir kaynaklarda Avrupa’da öncü olabilecek bir konuma sahiptir. Son yıllarda arka arkaya gelen mevzuat düzenlemeleri ülkemizde yıllardır beklenen destekleyici ortamı yaratmaya başlamıştır. Bundan sonraki aşama toplumun tüm kesimleri ve ülkenin yatırımcıları ile bu potansiyel imkânlarımızı kendi öz kaynaklarımız, teknik kadrolarımız ve teknolojimizle değerlendirmek üzere bir seferberlik ilan etmek olmalıdır. Özellikle milyarlarca dolar yatırımın yapılması programlanmış olan yenilenebilir kaynaklarımızı öz kaynak olarak değerlendirirken, teknoloji için yurt dışına bağımlılık yaratmadan ülke içinde yerel teknolojilerin geliştirilmiş olması çok önemli ve stratejik bir husustur.

TMMOB Makina Mühendisleri Odası; ülke kaynaklarının halkımızın ve ülkemizin çıkarları doğrultusunda kullanımı, enerji verimliliği konularında kamuoyunun bilinçlendirilmesi, ülke çapında enerji ve döviz tasarrufu, hava kirliliğinin azaltılması, insan sağlığının korunmasına katkıda bulunulması için teknolojik ve bilimsel esaslar doğrultusunda çalışmalar yürütmektedir.

Bu anlamda, Makina Mühendisliğinin önemli alanlarından biri olan enerji konusuna yönelik politikaları ve teknolojik gelişmeleri irdelemek, bu alana yönelik yeni açılımlar sunmak, alternatifler üretmek amacıyla “II. ENERJİ VERİMLİLİĞİ KONGRESİ”ni “Enerji Ekipmanlarının Yerli Üretimi ve Yeni Yasal Düzenlemeler Işığında Enerji Verimliliği” olarak iki tema altında düzenliyoruz.

Bu önemli etkinliğin yapılmasında değerli katkıları olan Kongre Düzenleme, Yürütme ve Danışmanlar Kurulu üyelerine, Kongrede bildiri sunan ve panelde yer alan konuşmacılara, Kongreye destek veren kişi, kurum ve kuruluşlara, Kocaeli Şube Yönetim Kurulu Üyeleri ve çalışanlarına teşekkür ederiz.

II. Enerji Verimliliği Kongresi Bildiriler Kitabı’nın çağdaş, demokratik, sanayileşen ve üreten bir Türkiye yaratılması sürecine katkıda bulunacağına inanıyoruz.

TMMOB

Makina Mühendisleri Odası

Yönetim Kurulu

BİLDİRİ KONULARI

Enerji Ekipmanlarının Yerli Üretimi

- o Alternatif ve Yenilenebilir Enerji Ekipmanları Yerli Üretimi
- o Enerji Üretim Teknolojileri ve Gelişmeler
- o Alternatif Enerji Kaynakları ve Mevcut Sistemlerle Birleşik Kullanımı
- o Enerji Yatırımları, Finansman Kaynakları ve Ekonomisi
- o Mevzuatlar ve Lisans
- o Teknoloji Sorunları ve AR-GE

Yeni Yasal Düzenlemeler Işığında Enerji Verimliliği

- o Enerji Verimliliği Projelerinin Ekonomik Değerlendirilmesi
- o Arz-Talep ve Risk Yönetiminde Enerji Verimliliği
- o Finansman ve İstihdam
- o Enerji Verimliliği Danışmanlık Şirketleri ve Mühendisler
- o Binalarda Enerji Performansı
- o Ulaşımında Verimlilik
- o Proje Destekleri ve Sanayi Uygulamaları
- o Enerji Verimliliği Uygulamalarında Ölçüm Yöntemleri ve Ekipmanları
- o Sanayide ve Binalarda Enerji Yönetimi ve Tasarrufu
- o Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Sistemlerinde Enerji Verimliliği
- o Atık Isıların Değerlendirilmesi

KONGRE DÜZENLEME KURULU

Şuayip YALMAN	Merkez
Şayende YILMAZ	Merkez
Osman TEZGİDEN	Merkez
Harun ERPOLAT	Merkez
Barış LEVENT	Merkez
Oğuz TÜRKYILMAZ	Merkez
Recep NARİNOĞLU	Adana Şb.
Nurdan BİLGİN	Ankara Şb.
Fikret BAYAR	Antalya Şb.
Dr.Türker GÜDÜ	Bursa Şb.
Fatih DİLBAZ	Denizli Şb
Ahmet DERELİ	Edirne Şb.
Doç.Dr. Haydar ARAS	Eskişehir Şb.
Orhan ATILLA	İstanbul Şb.
Berkay ERİŞ	İzmir Şb.
Ömer Faruk SARIKAYA	Kayseri Şb.
Çınar ULUSOY	Kocaeli Şb.
Ünal ÖZMURAL	Kocaeli Şb.
Hasan YİTİM	Kocaeli Şb.
Nedim KARA	Kocaeli Şb.
Prof.Dr. İlhan Tekin ÖZTÜRK	Kocaeli Şb.
Süleyman ONAY	Kocaeli Şb.
Mustafa Ferruh NEMUT	Kocaeli Şb.
Kerim DEMİR	Konya Şb.
Serdar ERKAN	Mersin Şb.
Yrd.Doç.Dr. Mustafa ÖZBEY	Samsun Şb.
Atıf METE	Zonguldak Şb.

KONGRE YÜRÜTME KURULU

Çınar ULUSOY
Hasan YİTİM
Prof.Dr. İlhan Tekin ÖZTÜRK
Mustafa Ferruh NEMUT
Ünal ÖZMURAL
Nedim KARA
Haydar BOYALI
Dr. Türker GÜDÜ
Dr. Kemal Gani BAYRAKTAR

KONGRE SEKRETERLERİ

Alpaslan GÜVEN	MMO Kocaeli Şb.
Murat KARAKAŞ	MMO Bursa Şb.
Turgay ÇAM	MMO İstanbul Şb.

DESTEKLEYEN KURULUŞLAR

TÜBİTAK MAM
ELEKTRİK İŞLERİ ETÜD İDARESİ
DÜNYA ENERJİ KONSEYİ TÜRK MİLLİ KOMİTESİ
KOCAELİ SANAYİ ODASI
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
İTÜ ENERJİ ENSTİTÜSÜ
(EMSAD) ELEKTROMEKANİK SANAYİCİLER DERNEĞİ
(İSKİD) İKLİMLENDİRME SOĞUTMA KLİMA İMALATÇILARI DERNEĞİ
(İZODER) ISI SU SES VE YANGIN YALITIMCILARI DERNEĞİ
(TTMD) TÜRK TESİSAT MÜHENDİSLERİ DERNEĞİ
(TTGV) TÜRKİYE TEKNOLOJİ GELİŞTİRME VAKFI
(TEMEV) TEMİZ ENERJİ VAKFI

DANIŞMANLAR KURULU (Soyad Alfabetik Sıra İle)

Özkan AĞIŞ
Metin AKDAŞ
Doç.Dr. Fehmi AKGÜN
Mehmet ALKAN
Prof.Dr. Necdet ALTUNTOP
Zerrin TAÇ ALTUNTAŞOĞLU
Prof.Dr. Ahmet ARISOY
Prof.Dr. Savaş AYBERK
Muzaffer BAŞARAN
Abdullah BİLGİN
Arif Nuri BULUT
Prof.Dr. Alinur BÜYÜKAKSOY
M.Kemal BÜYÜKMIHÇI
Gürkan CANKURT
Erdal ÇALIKOĞLU
Turhan ÇOBAN
Timur DİZ
Prof.Dr. Ali DURMAZ
Süleyman ELDEM
Çelik ERENGEZGİN
Doç.Dr. Gülden GÖKÇEN
Prof.Dr. Hasan HEPERKAN
Doç.Dr. Murat HOŞÖZ
Yrd.Doç.Dr. Hasan KARABAY
Prof.Dr. Mehmet KARPUZCU
Tülin KESKİN
Prof.Dr. Mehmet KOPAÇ
Rıza KÖROĞLU
Doç.Dr. Gürkan KUMBAROĞLU
Prof.Dr. Sezer Ş. KOMSUOĞLU
Prof.Dr. Şener OKTİK
Prof.Dr. Sermin ONAYGİL
Serra ÖZER
Prof.Dr. Barış ÖZERDEM
Prof.Dr. Halime PAKSOY
Prof.Dr. Abdurrahman SATMAN
Prof.Dr. Mete ŞEN
Prof.Dr. Galip TEMİR
Doç.Dr. Mustafa TIRIS
Prof.Dr. Macit TOKSOY
Ayla TUTUŞ
Kemal ULUSALER
Namık ÜNLÜ
Doç.Dr. Kadri Süleyman YİĞİT
Yusuf YILDIZ
Prof.Dr. İsmail YÜKSEK

İÇİNDEKİLER

2.OTURUM

Enerji Verimliliği Finansman Destekleri

Enerji Verimliliği Kanunu ve Bağlı Yönetmeliklerde Yer Alan Mali Destek İmkanları

Yenal CEYLAN - Elektrik İşleri Etüt İdaresi

Sanayide Enerji Verimliliği Kapsamında Enerji Verimliliği Etüt – Danışmalık ve Eğitim Destekleri

Mehmet ÖĞÜT – KOSGEB 17

Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı Enerji Verimliliği Destekleri

Ferda ULUTAŞ –TTGV 29

Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Yatırımları Finansman İmkanları

Ender DİNÇER -Türkiye Kalkınma Bankası 33

Binalarda Isı Yalıtımı İçin Finansman Modeli

Bernard CORNUT – Fransız Enerji Yönetimi ve Çevre Ajansı

UYDU OTURUMU

TÜPRAŞ ve ENERJİ

Yılmaz BAYRAKTAR - Tüpraş Genel Müdür Yardımcısı

3.OTURUM

Türkiye Enerji Politikaları ve Enerji Verimliliği Uygulamaları

Türkiye'nin Enerji Durumu

Oğuz TÜRKİYILMAZ – MMO Enerji Çalışma Grubu Başkanı 39

İklim Değişikliği Sürecinde Enerji Verimliliği Politikaları

Hayati ÇETİN - Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü

Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerjinin İstihdama Katkısı

Tülin KESKİN – MMO Enerji Verimliliği Danışmanı 52

Enerji Verimliliği Mevzuatında Odamızın Yeri ve Görevleri

Şuayip YALMAN – MMO Yön. Kur Bşk. Vek 55.

4.1.OTURUM

Ulaşımda Enerji Verimliliği

ABD'deki Cafe (Birleşik Ortalama Yakıt Verimliliği) Standartlarının Değerlendirmesi

Kubilay KAVAK – Devlet Planlama Teşkilatı 61

Elektrikli Otomobillerde Enerji Depolama Sistemlerindeki Gelişmeler

Yrd.Doç.Dr.Şule KUŞDOĞAN – KOÜ 73

Ulaşımında Enerji Verimliliği İçin Batarya Teknolojileri

Dr.Muhsin MAZMAN, Davut UZUN, Cem KAYPMAN, Sezer Köylü TOKGÖZ, Emre BİÇER, Alparslan YILDIZ – TÜBİTAK MAM 89

Ulaşımında Enerji Verimliliği İçin Hibrid Ve Elektrikli Araçlar

Hamdi UÇAROL, Emre KURAL – TÜBİTAK MAM 99

4.2.OTURUM

Enerji Verimliliği

Evsel Mikro Kojenerasyon Uygulamaları İle Enerji Verimliliğinin Arttırılması

Egemen AKAR Fatih GENÇ, Gaye SAĞLAM, Murat BARANAK, Özgür C. KORKMAZ, Salih OBUT, Doç. Dr. Fehmi AKGÜN – TÜBİTAK MAM 109

Sıfır Emisyonlu Kojenerasyon Tesislerinin Mevcut Kojenerasyon Tesisleri İle Karşılaştırılması

Öğr. Gör. Rabi KARAALI, Prof.Dr.İlhan Tekin ÖZTÜRK – KOÜ 124

Yeşil Binalar ve LEED

Arş.Gör.Burak OLGUN, Arş.Gör.Orkan KURTULUŞ, Prof.Dr. Hasan HEPERKAN - YTÜ 141

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü’nde Enerji Verimliliği Çalışmaları

İYTE Binalarda Enerji Performansı Çalışma Grubu 150

5.1.OTURUM

Sanayide Enerji Verimliliği

Madencilik, Kimya ve Beyaz Eşya Sanayinde Enerji Verimliliği Uygulamaları

Namık ÜNLÜ, T. Cem KAYPMAN, Davut UZUN, Doç.Dr. Fehmi AKGÜN, E. Alptekin YAĞMUR, Doç.Dr. Mustafa TIRIS – TÜBİTAK MAM 165

Tüpraş Rafinerilerinde Enerji Verimliliği Çalışmaları

Mehmet ALKAN – TÜPRAŞ A.Ş. 176

Endüstriyel Isı Yalıtımı

Akın ÜÇTAŞ - KIVANÇ GROUP 191

Enerji Verimliliği Uygulamaları

Adnan GÜLBAL - BURSA Çimento A.Ş. 199

5.2.OTURUM

Enerji Ekipmanları Yerli Üretimi

Türkiye Hidromekanik Ekipman Pazarı

Ayla TUTUŞ – DEKTMK 213

Enerji Ekipmanları Yerli Üretimi Kamu Santrallerinde Yerli Malzeme Kullanımı <i>Muzaffer BAŞARAN- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi.....</i>	223
Elektro-Mekanik İmalat Sanayi ve Hirfanlı HES 4’ncü Ünite Örneği <i>Gültekin TÜRKOĞLU – TEK Emekli Genel Müdürü.....</i>	231
Elektromekanik Ekipmanları Üretimi <i>Eşref ÖZÇELİK– TEMSAN A.Ş.</i>	
Enerji Optimizasyonu Ve Enerji Maliyetlerinin Sürdürülebilir Azaltılması İçin Bütünsel Yaklaşım <i>Yakup ÇİFTÇİ – SIEMENS A.Ş.</i>	235
6.1.OTURUM Binalarda Enerji Verimliliği	
Faz Değiştiren Maddelerde Termal Enerji Depolamanın Enerji Verimliliği Uygulamalarında Kullanılması <i>Özgül GÖK, Yeliz KONUKLU, Metin Ö. YILMAZ, Selma YILMAZ, Bekir TURGUT, Beyza BEYHAN, Nurten ŞAHAN, Prof.Dr. Halime Ö.PAKSOY, Hunay EVLİYA – Çukurova Üni., Dr.Muhsin MAZMAN – TÜBİTAK MAM</i>	241
AB ve Türkiye’de Enerji Verimliliği <i>Timur DİZ - İZODER</i>	248
İki ve Üç Camlı Pencereerde Isı Geçişinin İncelenmesi <i>Arş.Gör. Müslüm ARICI, Semih KÖSE, Ömer Oğuz TOZKOPARAN, Yrd. Doç. Dr. Hasan KARABAY – KOÜ</i>	262
6.2.OTURUM Enerji Ekipmanları Yerli Üretimi	
Yerli Rüzgar Enerji Teknoloji Üretimi Destek Politikaları, İstihdam Olanakları ve Türkiye’deki Durum <i>Zerrin Taç ALTUNTAŞOĞLU – Elektrik Mühendisleri Odası.....</i>	279
Yenilenebilir Enerji Ekipmanları Üretimi Enerji Kümesi Çalışmaları <i>Mete BAĞDAT – OSTİM</i>	293
Yenilenebilir Enerjide İZAYDAŞ Uygulamaları <i>Recep Bilal ŞENGÜN, Aksel CESUR – İZAYDAŞ A.Ş.</i>	
Yerli Kaynaklar ile Frensel Tipi Güneş Kolektörleri Uygulamaları <i>Mustafa AYHAN - EBİTT Akışkan Teknolojileri San.Tic.Ltd.Şti.....</i>	296

SEMİNER**BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ SEMİNERİ****1. Küresel İklim Değişimi***Prof.Dr. Mikdat KADIOĞLU – İTÜ 307***2. Binaların Enerji Performansına Yaklaşım, AB ve Türkiye'deki Çalışmalar***Prof. Dr. Ahmet ARISOY – İTÜ 323***3. Konutlarda Enerji Performansı-Standard Değerlendirme Metodu (KEP-SDM)***Doç.Dr. Gülden Gökçen- İYTE, MMO İzmir..... 331***4. Binalarda Enerji Verimliliği Uygulamaları***Prof.Dr. İlhan Tekin ÖZTÜRK – Kocaeli Üni. – MMO Kocaeli Şube Enerji Komisyonu***SANAYİDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ SEMİNERİ***1. Süleyman ELDEM – MMO İzmir Şube Enerji Komisyonu..... 342*

- a. Sanayide Sektörlere Göre Enerji Dağılımı ve Tasarrufa Yönelik Yapılabilecekler
- b. Enerji Etüdü ve Yönetiminin Önemi
- c. Proseslerde Enerji Verimliliği için Kütle ve Enerji Denklikleri
- d. Sanayi Tesislerinde Elektrik Enerjisi ve Kimyasal Enerjide Tasarruf İmkanları
- e. Pompa ve Fanlarda Enerji Tasarrufuna Yönelik Örneklemeler

2. Rıza KÖROĞLU – MMO İstanbul Şube Enerji Komisyonu

- a. TEV Toplam Enerji Verimliliği..... 358
- b. Sanayide Enerji Verimliliği Uygulamalarındaki Hatalar
- c. Yanma ve Soğutma Teknolojilerindeki Gelişmeler

BİLDİRİLER

Not : 1. OTURUM konuşmalarının ve kitapta yer almayan bildirilerin kayıtları daha sonra basılacak kitapta yer alacaktır.

2. Oturum

Enerji Verimliliği Finansman Destekleri

Oturum Başkanı : Prof. Dr. İlhan T. ÖZTÜRK

- **Yenal CEYLAN :** Enerji Verimliliği Kanunu ve Bağlı Yönetmeliklerde Yer Alan Mali Destek İmkanları
- **Mehmet ÖĞÜT :** Sanayide Enerji Verimliliği Kapsamında Enerji Verimliliği Etüt – Danışmalık ve Eğitim Destekleri
- **Ferda ULUTAŞ :** Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı Enerji Verimliliği Destekleri
- **Ender DİNÇER :** Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Yatırımları Finansman İmkanları
- **Bernard CORNUT :** Binalarda Isı Yalıtımı İçin Finansman Modeli
- **Yılmaz BAYRAKTAR :** TÜPRAŞ ve ENERJİ

KOSGEB - SANAYİDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ KAPSAMINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ ETÜT-DANIŞMANLIK VE EĞİTİM DESTEKLERİ

Mehmet ÖĞÜT

KOSGEB-Eğitim ve Danışmanlık Müdürlüğü

ÖZET

KOBİ'ler dünya ekonomilerinde olduğu gibi ülkemiz ekonomisinin dinamik birimleri olarak sayısal yoğunlukları ve istihdama sağladıkları katkılar nedeniyle sanayileşmemizin itici gücünü oluşturmaktadırlar. KOBİ'lerin ülkemizin ekonomik ve sosyal ihtiyaçlarının karşılanmasında pay ve etkinliğinin artırılması, rekabet güç ve düzeylerinin yükseltilmesi, sanayide entegrasyonun ekonomik gelişmelere uygun biçimde gerçekleştirilmesi amacıyla kurulmuş olan KOSGEB'in KOBİ'lerin geliştirilmesi ve desteklenmesine yönelik temel faaliyet alanlarını işletmelere doğrudan ulaştırılan hizmetler ile uygulanan programlar teşkil etmektedir. Bilindiği gibi, Ülkemizde enerji kaynaklarının ve enerjinin verimli ve etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması yönünde yoğun ve önemli çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmalara paralel olarak, KOSGEB uygulamakta olduğu destek programlarına "KOBİ'lerin enerji verimliliğine yönelik alacakları eğitim, etüt ve danışmanlık hizmetlerinin desteklenmesi" konusunu da dahil etmiştir.

KOBİ - KÜÇÜK ve ORTA BÜYÜKLÜKTEKİ İŞLETMELER HAKKINDA GENEL BİLGİ

KOBİ'ler dünya ekonomilerinde;

- işletme sayısının % 95'inden fazlasını
- istihdamın % 60'ından fazlasını
- yatırımların % 40'ından fazlasını
- katma değer % 40'ından fazlasını

oluşturmakta ve iktisadi faaliyetleri geniş alana yayarak;

- bölgesel kalkınmada,
- istihdam yaratmada,
- göçü, sağlıksız şehirleşmeyi önlemede,
- toplum içinde sosyal barışın sağlanması ve korunmasında

önemli rol oynamaktadır.

Türkiye'de KOBİ tanımı; 25997 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak 18 Mayıs 2006'da yürürlüğe giren KOBİ Tanımı Yönetmeliğinde yapılmış olup,

- ✓ 250'den az çalışan istihdam eden
- ✓ Bilanço veya net satış hasılatı 25 Milyon TL'yi geçmeyen

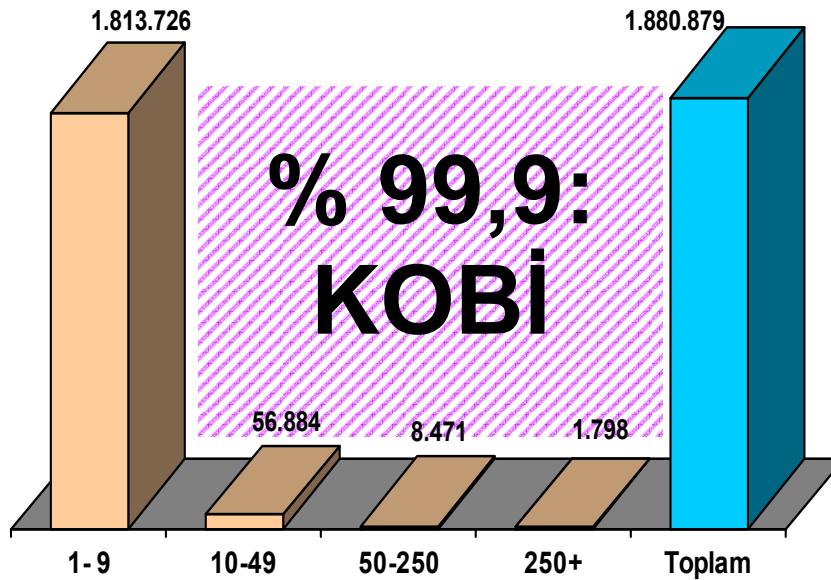
işletmeler, aşağıdaki tabloda verilen çalışan sayısı, bilanço ve net satış hasılatına göre mikro, küçük veya orta büyüklükteki işletmeler olarak sınıflandırılmaktadır.

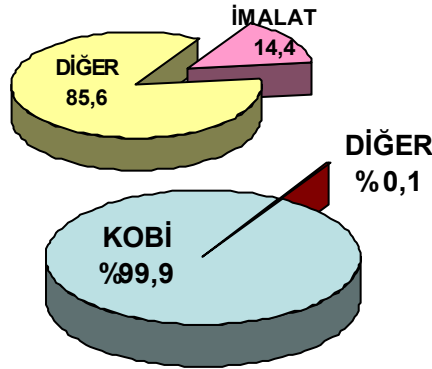
Ölçek	Çalışan Sayısı	Bilanço (Milyon TL)	Net Satış (Milyon TL)
Mikro	< 9	< 1	< 1
Küçük	< 50	< 5	< 5
Orta	< 250	< 25	< 25

KOSGEB'in mevzuatı gereği; yukarıda belirtilen tanım kapsamında NACE sınıflandırmasına göre İmalat Sanayi veya bilgisayar yazılımı üretimi kapsamında faaliyette bulunan ekonomik birimler KOSGEB'in hedef kitlesini oluşturmaktadır.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2002 Genel Sanayi ve İşyerleri Sayımına (GSİS) göre; ülkemizdeki toplam işletme sayısı 1.880.879 olup, bu işletmelerin %99,9'u KOBİ niteliğindedir. İmalat sanayinde faaliyet gösteren KOBİ'lerin sayısı ise 271.490'dır. Türkiye'deki işletmelerin ölçeksel dağılımı aşağıda yer alan Grafiklerde verilmektedir.

TÜİK 2002 Genel Sanayi ve İşyerleri Sayımı Ölçeksel Dağılımı:





•**TOPLAM İŞLETME SAYISI:**
1.880.879

•**TOPLAM KOBİ SAYISI:**
1.879.081

İMALAT SANAYİ KOBİ SAYISI:
271.490

KOSGEB – KÜÇÜK VE ORTA ÖLÇEKLİ SANAYİ GELİŞTİRME VE DESTEKLEME İDARESİ BAŞKANLIĞI VE FAALİYETLERİ HAKKINDA GENEL BİLGİ

KOSGEB, Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi İşletmelerinin ülkenin ekonomik ve sosyal ihtiyaçlarının karşılanmasında payını ve etkinliğini artırmak, teknolojik yeniliklere süratle uyumlarını sağlamak, rekabet güçlerini ve düzeylerini yükseltmek, sanayide entegrasyonu ekonomik gelişmelere uygun biçimde gerçekleştirmek amacıyla 20 Nisan 1990 tarihinde 3624 sayılı yasa ile kurulmuş, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı ile ilgili bir kuruluştur.

KOSGEB, Küçük ve orta ölçekli sanayi işletmelerinin küresel rekabet ortamında güçlü olmalarını sağlayan, yüksek nitelikli ve öncü bir kurum olup, ülke sathında yaygın;

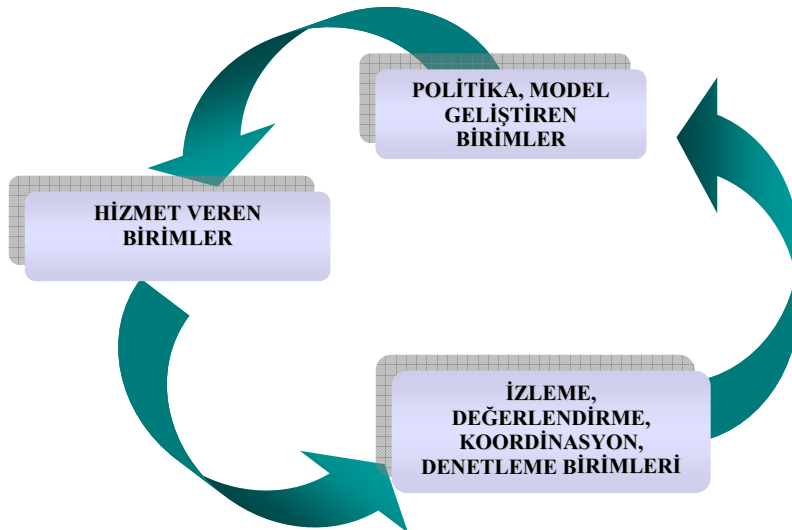
35 adet İşletme Geliştirme Merkezi (İGEM),

20 adet Teknoloji Geliştirme Merkezi (TEKMER)

75 adet Sinerji Odağı ile

KOBİ'lere toplam 64 ilde hizmet vermektedir

KOSGEB bu hizmetlerini; aşağıdaki şemada özetlenen Organizasyon Yapısı ile gerçekleştirmektedir.



KOSGEB tarafından küçük ve orta ölçekli sanayi işletmelerine ve girişimcilere KOSGEB Destekleri Yönetmeliği kapsamında;

- Eğitim ve Danışmanlık Destekleri
- Teknoloji Geliştirme ve Yenilik Destekleri
- Bilişim Destekleri
- Kalite Geliştirme Destekleri
- Pazar Araştırma ve İhracatı Geliştirme Destekleri
- Uluslararası İşbirliği Geliştirme Destekleri
- Bölgesel Kalkınma Destekleri
- Girişimciliği Geliştirme Destekleri

modelleri ile hizmet ve destek verilmektedir.

2008 yılında KOBİ'lere verilen geri ödemeli-geri ödemesiz desteklerin toplam tutarı 20.263.467 TL'dir.

KOBİ'lere verilen bu desteklerin yanı sıra;

KOBİ'lerin finansman ihtiyacına destek olmak üzere; KOSGEB tarafından Bankalar ve Kredi Garanti Fonu (KGF) ile işbirliği protokolleri imzalanarak KOBİ'lere uygun koşullarda yatırım, istihdam, ihracat, işletme, bilişim ve makine-teçhizat destek kredileri verilmesi sağlanmaktadır. KOSGEB; imzalanan protokol şartlarına bağlı olarak kredi faizinin tamamını veya bir kısmını KOBİ'lere verilecek destek olarak üstlenmektedir.

2008 yılında uygulanan Kredi Destek Programları kapsamında KOBİ'lere verilen kredi faizi desteklerinin toplamı 170.350.820 TL'dir.

KOBİ'lerin KOSGEB Destekleri Yönetmeliğinde yer alan desteklerden veya Kredi Destek Programları kapsamında verilen kredi faizi desteklerinden yararlanabilmesi için KOSGEB Veri Tabanına kayıtlı olmaları gerekmektedir.

KOSGEB Veri Tabanına kayıt için KOBİ'lerin kendilerine en yakın KOSGEB Hizmet Merkezi ile temasa geçmesi ve aşağıda yer alan işlemlerin yapılması gerekmektedir;

- KOBİ'ler, kendilerine ilişkin genel bilgilerin tespit edilmesi ve sınıflandırılmaları için www.kosgeb.gov.tr adresinden YDTF-SYH Portalı üzerinden “kullanıcı kodu” ve “şifre” olarak KOBİ Beyannamesi ve Yararlanıcı Durum Tespit Formu (YDTF) doldurur.
- KOSGEB tarafından Beyanname ve formun değerlendirme işlemi yapılır. KOBİ Beyannamesi değerlendirilirken İşletmenin imalat sanayi sektöründe faaliyet gösterdiği konusunda tereddüt hasıl olursa Kapasite Raporu ve/veya Sanayi Sicil Belgesi istenebilir.
- YDTF'nin değerlendirilmesi YDTF-SYH Portalı otomasyon yazılımı tarafından yapılır ve işletmeler toplam puanlarına göre sınıflandırılır.
- YDTF bilgileri ve değerlendirme sonucu işletme KOSGEB Veri Tabanına kaydedilir.

YDTF'nin amacı:

- Desteklerin dağıtılmasında işletmeler arası objektifliğin sağlanması,
- Sektörel kümeleme çalışmalarına baz teşkil edecek şekilde Türkiye'deki sektörel yoğunlaşmaların tespit edilmesi,
- KOBİ'ler hakkında istatistiksel analizlerle anlamlı bilgi üretilmesinin sağlanmasıdır.

Yararlanıcı Durum Tespit Formu (YDTF) doldurularak KOSGEB Veri Tabanına kaydedilen işletme sayısı 76.000'dir.

YDTF değerlendirmesi neticesinde A,B,C grubunda sınıflandırılan işletmelerden www.kosgeb.gov.tr adresinden bilgisayar ortamında Stratejik Yol Haritası (SYH) Planı hazırlamaları istenir.

YDTF formunun değerlendirilmesi sonucunda D grubuna giren Yararlanıcılardan ise Genel İşletme Geliştirme Hedefine yönelik olarak www.kosgeb.gov.tr adresinden bilgisayar ortamında Genel İşletme Geliştirme Programı (GİGP) SYH Planı hazırlamaları istenir.

İşletmelerin geleceğe yönelik büyüme ve gelişme niyetlerini yazılı hale getirdikleri SYH Planı, işletmelere sadece KOSGEB desteklerini sağlamaya yönelik bir değerlendirme dokümanı olmayıp, Stratejik Plan yapma alışkanlığı ve becerisini kazandırmayı da amaçlamaktadır.

Stratejik Yol Haritası (SYH) Planı KOSGEB tarafından onaylanan işletme sayısı 14.000'dir.

KOSGEB EĞİTİM VE DANIŞMANLIK DESTEKLERİ VE TEDARİKÇİLERİ

Bu desteklerle KOBİ'lerin;

- Rekabet güçlerinin uluslararası düzeye ulaşması,
- İstihdam ettikleri işgücünün niteliklerinin artırılması,
- Bilim ve teknolojiadaki gelişmeleri; ürün ve hizmetlerine yansıtmaları,
- Uluslararası standartlarda ve uygun maliyetlerle ürün ve hizmet arzını sağlamaları,
- Üniversite-sanayi işbirliği imkanlarından yararlanmaları

amaçlanmaktadır.

KOSGEB EĞİTİM DESTEKLERİ

Destek Sağlanan Eğitim Konuları:

- ✓ Genel Yönetim
- ✓ Pazarlama Yönetimi
- ✓ Üretim Yönetimi
- ✓ İnsan Kaynakları Yönetimi
- ✓ Mali İşler ve Finansman Yönetimi
- ✓ Dış Ticaret ve Uluslararası Mevzuat
- ✓ Bilgisayar ve Bilgi Teknolojileri
- ✓ Teknik Eğitim Konuları
- ✓ İleri Düzey Mesleki Yabancı Dil
- ✓ CE İşaretleme
- ✓ Ürün Belgelendirme

Eğitim Desteğinde iki model uygulanmaktadır:

1- GENEL EĞİTİM PROGRAMLARI

KOBİ'lere, KOSGEB tarafından organize edilen eğitim programlarına katılımları için verilen desteği kapsamaktadır. Genel Eğitim Programları;

- ✓ Kalkınmada Öncelikli Yörelerde % 100,
- ✓ Normal yörelerde % 90,
- ✓ Gelişmiş yörelerde % 80,

oranında desteklenmektedir.

2- ÖZEL EĞİTİM DESTEĞİ

KOBİ'lerin, KOSGEB veri tabanında yer alan yurtiçi özel/kamu eğitim kurum/kuruluşlarınca düzenlenen ve KOSGEB tarafından uygun görülen eğitim programlarına katılımları için verilen destekleri kapsamaktadır.

Bu destek;

- ✓ Genel katılıma açık eğitimler
- ✓ Firma içi eğitimler

olarak iki farklı kapsamda uygulanmaktadır.

KOBİ'lerin farklı konulardaki Özel Eğitim Desteği taleplerine verilecek desteğin üst limiti toplam 6.000,- TL olup;

- ✓ Gelişmiş yörelerde % 60,
- ✓ Normal yörelerde % 70,
- ✓ Kalkınmada öncelikli yörelerde % 80

oranında destek sağlanmaktadır.

Firma İçi Eğitimlerde, Eğitim Konu Başlıkları Bazında Standart Ücret ve Süreler

Sıra No	Eğitim Konu Başlıkları	Desteklenecek Süreler (Azami Gün)	Kişi Başı Standart Ücret (Günlük TL)
1	Genel Yönetim Konuları	3	150
2	Pazarlama Yönetimi Konuları	3	180
3	Üretim Yönetimi Konuları	3	180
4	İnsan Kaynakları Yönetimi Konuları	3	150
5	Mali İşler ve Finansman Yönetimi Konuları	3	180
6	Dış Ticaret ve Uluslar arası Mevzuat Konuları	3	180
7	Bilgisayar ve Bilgi Teknolojileri Konuları	20	25
8	Teknik Eğitim Konuları	10	100
9	İleri Düzey Mesleki Yabancı Dil	20	80
10	CE İşaretlemesi	5	150
11	Ürün Belgelendirme (GOST-R, TSE, TSEK vb.)	2	80

Genel Katılıma Açık Eğitimlerde, Eğitim Konu Başlıkları Bazında Standart Ücret ve Süreler

Sıra No	Eğitim Konu Başlıkları	Desteklenecek Süreler (Azami Gün)	Kişi Başı Standart Ücret (Günlük TL)
1	Genel Yönetim Konuları	3	150
2	Pazarlama Yönetimi Konuları	3	180
3	Üretim Yönetimi Konuları	3	180
4	İnsan Kaynakları Yönetimi Konuları	3	150
5	Mali İşler ve Finansman Yönetimi Konuları	3	180
6	Dış Ticaret ve Uluslar arası Mevzuat Konuları	3	180
7	Bilgisayar ve Bilgi Teknolojileri Konuları	20	25
8	Teknik Eğitim Konuları	10	100
9	İleri Düzey Mesleki Yabancı Dil	20	80
10	CE İşaretlemesi	5	150
11	Ürün Belgelendirme (GOST-R, TSE, TSEK vb.)	2	80

KOSGEB DANIŞMANLIK DESTEKLERİ

Destek Sağlanan Danışmanlık Konuları:

- ✓ Genel Yönetim
- ✓ Pazarlama Yönetimi
- ✓ Üretim Yönetimi
- ✓ İnsan Kaynakları Yönetimi
- ✓ Mali İşler ve Finansman Yönetimi
- ✓ Dış Ticaret
- ✓ Bilgisayar ve Bilgi Teknolojileri
- ✓ Yeni Teknik ve Teknoloji
- ✓ CE İşaretlemesi
- ✓ Ürün Belgelendirme

KOBİ'lere sağlanacak Danışmanlık Desteği üst limiti 15.000,- TL olup,

- ✓ Gelişmiş Yörelerde % 60
- ✓ Normal Yörelerde % 70
- ✓ Kalkınmada Öncelikli Yörelerde % 80

oranında destek sağlanmaktadır.

Danışmanlık Konularına Göre Hizmet Bedeli Üst Limiti ve Asgari Hizmet Süreleri

DANIŞMANLIK KONUSU	Asgari Hizmet Süreleri (Adam/Gün)	Hizmet Bedeli Üst Limiti (TL)
GENEL YÖNETİM: (Yönetim Modelleri, Stratejik Planlama, Kurumsallaşma, Fizibilite, Yatırım Değerlendirmesi, Zaman Yönetimi, Değişim Yönetimi, Kıyaslama (Benchmarking), İşin Yalınlaştırılması, Yeniden Yapılanma, İş Kurma ve Geliştirme, Proje Yönetimi vb. konular.)	20	5000
PAZARLAMA (Pazarlama Yönetimi, Pazarlama Stratejisi, Satış Organizasyonu, SatışYönetimi, Kurum İmajı/Halkla İlişkiler, Müşteri İlişkileri, Pazar Araştırması, Dağıtım, Fiyatlandırma vb. konular.)	20	5500
ÜRETİM: Üretim Yönetim Sistemi, Malzeme Yönetimi, Verimlilik İyileştirme, Yerleşim Planlama, Üretim Planlama, Planlı Bakım, Otomasyon, Stok Yönetimi, Teknik Konular vb. konular.	20	5500
İNSAN KAYNAKLARI: İşgücü Planlama, Kariyer Planlaması, Personel Edinimi, Personel Politikaları, Performans Değerlendirme, İş Sağlığı ve Güvenliği, Örgütsel Yapı, Eğitim Yönetimi, Motivasyon, Kurumsal Kimlik vb. konular.	15	5000
MALİ İŞLER VE FİNANS: Ekonomik Planlama ve Kontrol, Muhasebe-Denetim Sistemi, Finansal Planlama, Maliyet Etütleri, Yatırım Analizleri, Ekonomik Analizler, Vergi ve Fon Yönetimi, Enflasyon Muhasebesi vb. konular.	20	5500
DIŞ TİCARET: Dış Ticaret Mevzuatı, Uluslararası Ödeme Şekilleri, İhracat/İthalat İşlemleri vb. konular.	30	5000
BİLGİSAYAR VE BİLGİ TEKNOLOJİLERİ: İnternet Tabanlı Sistem Geliştirme, Kurumsal Bilgi Teknolojisi Stratejileri Belirleme, Yönetim Bilgi sistemleri (MIS), E-Ticaret ve İnternet Stratejileri Belirleme, CRM-Müşteri İlişkileri Yönetim Sistemi Geliştirme, ERP vb. konular.	10	4000
YENİ TEKNİK VE TEKNOLOJİ: Yeni Teknoloji Adaptasyonu, Ürün Geliştirme, Yeni Üretim Tekniklerinin İşletmelere Uyarlanması, Yeni Teknoloji Kurulması, Ar-Ge vb. konular.	20	5000
ÜRÜN BELGELENDİRME: TSE, TSEK, GOST-R, ve benzeri ürün belgelendirme ile ilgili konular.	5	1000
CE İŞARETLEMESİ	20	8000

KOSGEB; Eğitim ve Danışmanlık Desteklerini kendi bünyesinde oluşturduğu Eğitim ve Danışmanlık Destekleri Tedarikçi Veri Tabanlarında yer alan Tedarikçiler vasıtasıyla gerçekleştirmektedir.

➤ **KOSGEB Danışmanlık Desteği Tedarikçi Veri Tabanında;**

46 üniversite ve 318 kuruluştan olmak üzere, toplam 6336 danışman bulunmaktadır.

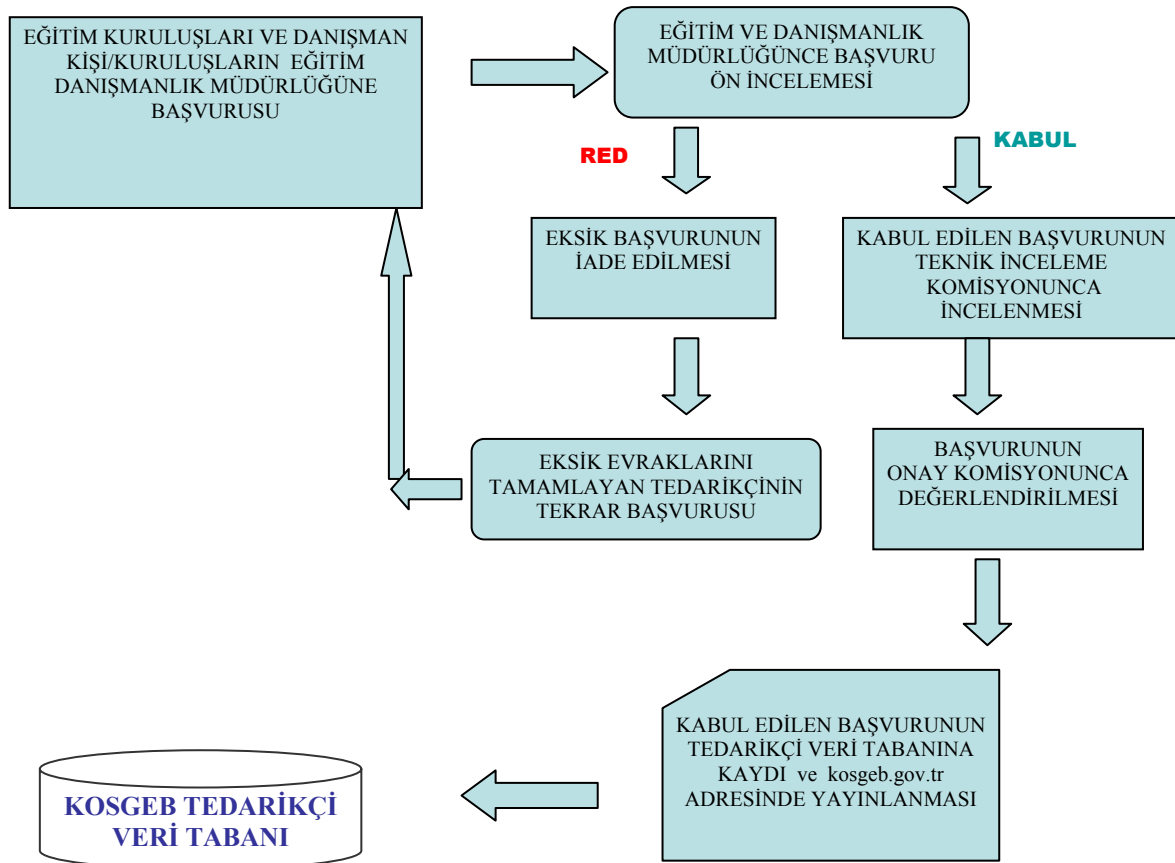
Bu danışmanların, 5921'i üniversite öğretim elemanı, 415'i danışmanlık kuruluşuna bağlı kişilerdir.

➤ **Eğitim Desteği Tedarikçi Veri Tabanında;**

Üniversite ve Özel Eğitim kuruluşları olmak üzere, toplam 182 adet eğitim kuruluşu yer almaktadır.

Bu kuruluşlarda toplam 5525 eğitmen ve üniversite öğretim elemanı bulunmaktadır.

Eğitim Kuruluşları ile Danışman Kişi/Kuruluşların KOSGEB Eğitim ve Danışmanlık Destekleri Tedarikçi Veri Tabanlarına kayıtları ise aşağıda yer alan iş akış şemasındaki süreçte yapılmaktadır:



ENERJİ VERİMLİLİĞİ ETÜT VE DANIŞMANLIK DESTEĞİ / ENERJİ VERİMLİLİĞİ EĞİTİM HİZMETLERİ DESTEĞİ

02 Mayıs 2007 tarih ve 26510 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren, 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu’nun 9. Maddesi 1. fıkrası (b) bendinde; “ Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelere yönelik olarak, 12/04/1990 tarihli ve 3624 sayılı Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı Kurulması Hakkında Kanunda tanımlanan işletmelerin, enerji verimliliğine yönelik alacakları eğitim, etüt ve danışmanlık hizmetleri, Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı tarafından desteklenir.” hükmü yer almaktadır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Sanayi Bakanlığı arasında yürütülen işbirliği protokolü ve eki eylem planı 9 Haziran 2008 tarihinde Bakanlığımızca imzalanmış ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının da imzalamasıyla yürürlüğe girmiştir. Söz konusu Protokol eki Eylem Planı çerçevesinde Sanayide Enerji Verimliliği ile ilgili KOBİ’lerin desteklenmesi çalışmaları başlatılmıştır.

Bu bağlamda, KOSGEB tarafından hazırlanan “Enerji Verimliliği Etüt ve Danışmanlık Desteği” ile “Enerji Verimliliği Eğitim Hizmetleri Desteği”; 18 Ekim 2008 tarih ve 27028 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak KOSGEB Destekleri Yönetmeliği kapsamına aşağıda açıklanan 5/A ve 6/A maddeleri olarak alınmıştır.

Enerji Verimliliği Etüt ve Danışmanlık Desteği

MADDE 5/A - İşletmelerin, 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu kapsamında yetkilendirilmiş Enerji Verimliliği Danışmanlık Şirketleri (EVD)’nden, enerji verimliliğine yönelik alacakları etüt ve danışmanlık hizmetlerine verilen destekleri kapsar. Bu destek, KOSGEB’in belirlediği kriterler doğrultusunda verilir.

Bu kapsamda;

a) Ön Enerji Etütleri

İşletmeler tarafından, EVD Şirketlerine yaptırılan ön enerji etütleri hizmet bedeli için, üst limit **2.000** (İki Bin) TL olmak üzere, KOSGEB Destekleri Tablosu’nda belirtilen oranlarda,

b) Detaylı Enerji Etütleri

İşletmeler tarafından, EVD Şirketlerine yaptırılan ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) tarafından uygunluk belgesi verilen detaylı enerji etütleri hizmet bedeli için, üst limit **20.000** (Yirmi Bin) TL olmak üzere, KOSGEB Destekleri Tablosu’nda belirtilen oranlarda,

c) Verimlilik Arttırıcı Projeler (VAP)

İşletmeler tarafından, yetkilendirilmiş EVD Şirketlerine yaptırılan Verimlilik Arttırıcı Projelerin(VAP) hazırlanması, gerçekleştirilmesi ve/veya işletilmesinin en fazla ilk iki yılı boyunca alacakları danışmanlık hizmet bedelleri için; VAP’ın uygulama raporunun, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) tarafından onaylanmasını müteakip, üst limit **10.000** (On Bin) TL olmak üzere, KOSGEB Destekleri Tablosu’nda belirtilen oranlarda,

destek sağlanır.

İşletmeler tarafından, enerji verimliliğine yönelik alınacak etüt ve danışmanlık hizmetleri, aynı Enerji Verimliliği Danışmanlık Şirketinden (EVD) alınamaz.

KOSGEB Enerji Destekleri Tablosu-1

Desteğin Adı	Yön. Mad. No	Üst Limit (TL)	Destek Oranı (%)			Destek Ödeme Türü		Özel Hususlar
			KÖY	NY	GY	Geri Ödemesiz	Geri Ödemeli	
1.1.1. Enerji Verimliliği Etüt ve Danışmanlık Desteği	5/A							
1.1.1.1. Ön Enerji Etütleri		2.000	70	70	70	x	-	
1.1.1.2. Detaylı Enerji Etütleri		20.000	70	70	70	x	-	
1.1.1.3. Verimlilik Arttırıcı Projelere Yönelik Danışmanlık		10.000	70	70	70	x	-	

Enerji Verimliliği Eğitim Hizmetleri Desteği

MADDE 6/A - İşletmelerin, 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu kapsamında; Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE), Yetkilendirilmiş Kurumlar, Yetkilendirilmiş Enerji Verimliliği Danışmanlık Şirketleri (EVD)’nden alacakları, “Enerji Yöneticisi Eğitimleri” için KOSGEB’in belirlediği kriterler doğrultusunda verilen destekleri kapsar.

İşletmeler, bu destekten bir kere yararlanabilir. Destek tutarının tespitinde, Enerji Verimliliği Koordinasyon Kurulu tarafından belirlenen tavan ücretler esas alınarak, KOSGEB Destekleri Tablosu’nda belirtilen oranlarda destek sağlanır.

KOSGEB Enerji Destekleri Tablosu-2

Desteğin Adı	Yön. Mad. No	Üst Limit (TL)	Destek Oranı (%)			Destek Ödeme Türü		Özel Hususlar
			KÖY	NY	GY	Geri Ödemesiz	Geri Ödemeli	
1.2.4. Enerji Verimliliği Eğitim Hizmetleri Desteği	6/A	-	70	70	70	x	-	

TTGV ENERJİ VERİMLİLİĞİ DESTEKLERİ

Ferda ULUTAŞ, TTGV

TÜRKİYE TEKNOLOJİ GELİŞTİRME VAKFI

TTGV, 1991 yılında kar amacı gütmeyen, Sivil Toplum Kuruluşu olarak kurulmuş, “vakıf” statüsünde bir kurumdur. Özel kanun ile, özel sektör temsilcileri ve kamu kurumları tarafından kurulmuş olup; Yönetim Kurulu’nda Kamu’dan 5 temsilci (DPT, HM, DTM, TÜBİTAK, KOSGEB), özel sektörden 10 temsilci bulunmaktadır.

Misyonu “ülkemizde teknolojik inovasyon faaliyetlerini destekleyerek üreticilerimizin uluslararası pazarlardaki rekabet gücünü arttırmak” olan TTGV, kamu ve özel sektör arasında bir köprü görevi görmekte, kamu fonlarının (hibe ve geri dönüşlü) özel sektöre aktarılmasına yönelik faaliyetler yürütmektedir. Vizyonu, ulusal inovasyon sistemimizin kurulmasında geliştirilmesinde ve ekolojik sistemin korunmasında etkin rolümüzü sürdürmek, kendi alanımızda uluslararası platformlarda örnek alınan önemli oyuncularından biri olmaktır.

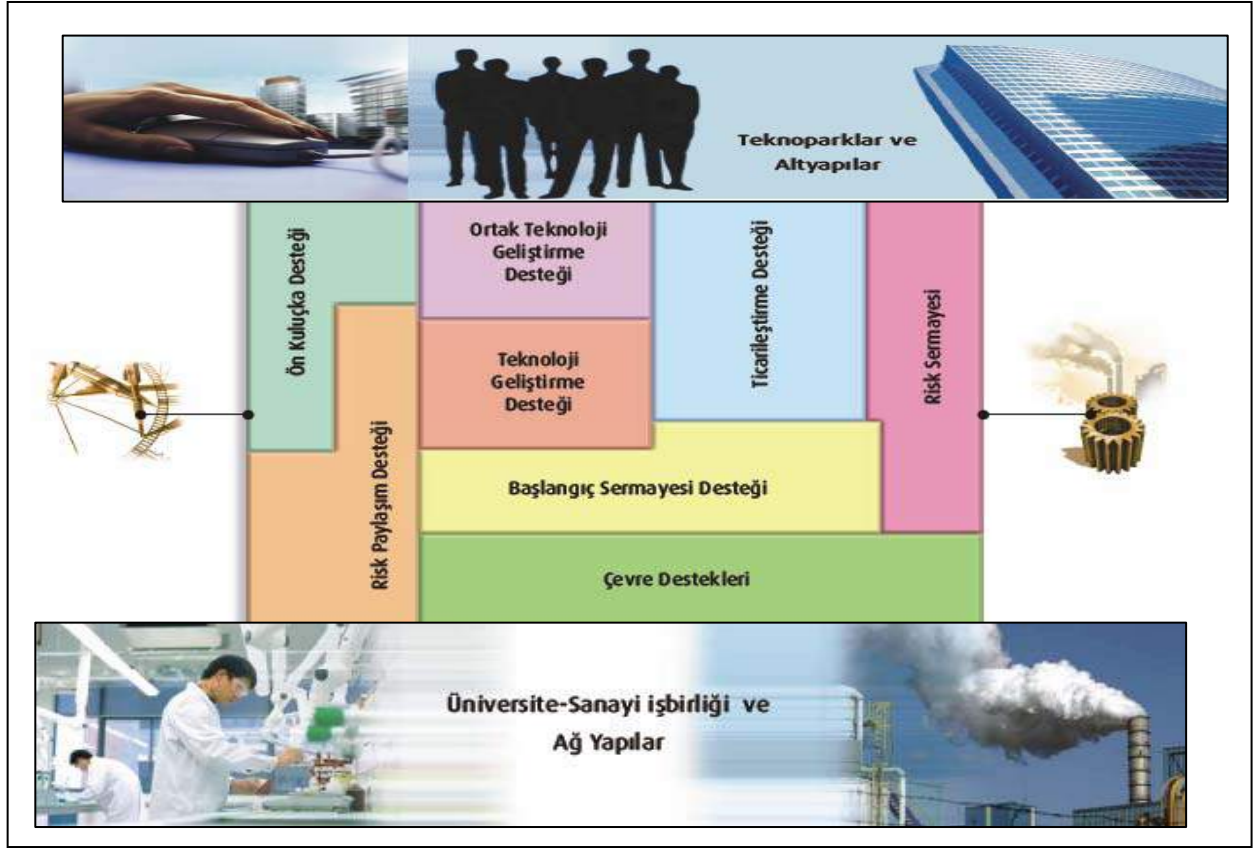
Bugüne kadar, Dünya Bankası Programları kapsamında Hazine Müsteşarlığı aracılığı ile toplam 112 milyon ABD Doları kaynak teknoloji geliştirme faaliyetlerine yönelik olarak kullanılmıştır. 1995 yılından bu yana ise Dış Ticaret Müsteşarlığı Fonu - Ürün Geliştirme Ar-Ge Sermaye Desteği’nin üreticilere aktarılması sağlanmakta olup, bu kapsamda bugüne kadar 121 milyon ABD Doları kullandırım gerçekleşmiştir. TTGV 500’ün üzerindeki firmanın yaklaşık 700 Ar&Ge projesi finansal olarak desteklemiş bulunmaktadır.

Diğer taraftan, 1994-2007 yılları arasında Çevre ve Orman Bakanlığı ile Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin Giderilmesi Projesi yürütülmüş, bu kapsamda Montreal Protokolü Çok Taraflı Fonu’ndan Dünya Bankası ve Hazine Müsteşarlığı aracılığı ile Türkiye’ye aktarılan 25 milyon ABD Doları’nın başta sanayi olmak üzere ilgili sektörlerle aktarılması sağlanmıştır. Bu çerçevede, başta soğutma sektörü olmak üzere sanayicimizin ozon tabakasına zarar vermeyen teknolojilere geçmesi sağlanarak uluslararası pazardaki rekabet gücünün korunması sağlanmıştır.

TTGV’de halen 45 tam zamanlı çalışan bulunmakta, ancak proje bazlı olarak özel sektör, kamu ve üniversitelerden 1500 kişilik uzman havuzu ile çalışılabilmektedir. TTGV, kamu, üniversite, sanayi odaları, özel sektör ve uluslararası kurumlar ile işbirliği yaparak teknoloji ve çevre alanındaki projelerin teknik ve finansal yönetimini gerçekleştirebilecek alt yapıya sahiptir.

TTGV DESTEKLERİ

TTGV, üreticilerimizin rekabet gücünü ve inovasyon kapasitesini arttırmaya yönelik olarak, farklı gereksinimlere cevap verecek destek mekanizmalarını devreye sokmaktadır. TTGV Destekler Bütünü Şekil 1’de verilmektedir.



Şekil 1. TTGV Destekler Bütünü

Bu kapsamda halen yürürlükte olan TTGV destekleri aşağıda verilmektedir:

- Ar-Ge Proje Destekleri
 - Teknoloji Geliştirme Projeleri Desteği
 - Ortak Teknoloji Geliştirme Projeleri Desteği
 - Ticarileştirme Projeleri Desteği
- Teknolojik Girişimcilik Destekleri (Teknoloji Yatırım A.Ş.)
 - Ön Kuluçka Destekleri
 - Risk Paylaşımı Destekleri
 - Başlangıç Sermayesi Destekleri
- Çevre Destekleri
 - Yenilenebilir Enerji Desteği
 - Enerji Verimliliği Desteği
 - Çevre Teknolojileri Desteği (Temiz Üretim)

TTGV ÇEVRE DESTEKLERİ

TTGV’de “Paydaşların ekolojik sistemi korumaya yönelik faaliyetlerini desteklemek” bir iş stratejisi olarak belirlenmiştir. Sürdürülebilir kalkınma politikaları ile uyumlu olarak, paydaşların rekabet gücüyle birlikte çevresel performanslarını da artıracak projelerin geliştirilmesi, bu yöndeki farkındalığın artırılması TTGV’nin hedefleri arasında yer almaktadır.

TTGV destekler bütününe bakıldığında, önemi giderek artan çevre teknolojilerini geliştiren ve üreten firmalar TTGV Ar-Ge Desteklerinden yararlanırken, söz konusu teknolojileri kullanan firmaların bu alandaki uygulama ve yatırım projeleri de TTGV Çevre Destekleri ile teşvik edilmektedir. Bu kapsamda çevre teknolojileri projeleri ve bununla yakın ilgisi bulunan yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği konularında, öz kaynaklar kullanılarak, destek programları oluşturulmuştur. Bu kapsamda, Ağustos 2006’dan bu yana yürürlükte olan enerji verimliliği, yenilenebilir enerji ve çevre teknolojileri desteklerimiz ile ilgili bilgiler aşağıda verilmektedir:

Enerji Verimliliği Destekleri

Sanayide yüksek olan enerji yoğunluğunun düşürülerek enerji maliyetlerinin toplam üretim maliyeti içindeki payının azaltılması, enerji üretim ve tüketiminin çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması ve sanayi kuruluşlarının enerji etütlerini de yaparak enerji verimliliği sağlayacak projeleri geliştirmeleri hedeflenmektedir. Hedef kitle enerji yoğun sektörler başta olmak üzere sanayi kuruluşlarıdır. Bu kapsamda, sanayide kazan, fırın, buhar ve basınçlı hava sistemleri, pompa ve fanlar, elektrikli motorlar ve motor sistemlerine yönelik enerji verimliliği projeleri, kojenerasyon sistemleri ve atık ısı geri kazanım projeleri, vb. bu program kapsamında desteklenmektedir. Bugüne kadar, tekstil, elektrik üretimi (otoproduksiyon), çelik dövme, plastik ve seramik sektörlerindeki firmaların enerji verimliliği projeleri destek sürecimize girmiş bulunmaktadır.

Yenilenebilir Enerji Desteği

Yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretilmesi hedefleri çerçevesinde; sanayi ve elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını sağlamak, ilgili teknolojilerin geliştirilmesini desteklemek, farkındalığı arttırmak ve kullanımı yaygınlaştırmak hedeflenmektedir. Hedef kitle, enerji kullanan, üreten veya üretim teknolojilerini geliştiren sanayi kuruluşları olup, rüzgar enerjisi sistemleri, biyokütle ve biyogazdan enerji üretimi, güneş enerjisinin elektrik, ısıtma, soğutma amaçlı kullanımı, jeotermal enerjinin sanayide kullanımı vb. projeler bu program kapsamında desteklenmektedir.

Çevre Teknolojileri Destekleri

Üretim süreçlerinde asgari enerji, su, hammadde tüketimi ve minimum atık üretimi prensibi ile tüm üretim süreçlerinin gözden geçirilerek temiz üretime yönelik uygulamaların yaygınlaştırılması, bu şekilde firmanın rekabet gücü artırılırken çevreye etkinin en aza indirilmesi hedeflenmektedir. Hedef kitle, yoğun enerji, kimyasal, su, hammadde kullanımı ve atık üretimi sebebiyle çevreye olumsuz etkisi fazla olan sektörler öncelikli olmak üzere sanayi kuruluşları olup, bu kapsamda desteklenebilecek projeler

- Su tüketiminin / atıksu oluşumunun azaltılması
- Emisyonların kaynağında azaltılması
- Hammadde tüketiminin azaltılması
- Tehlikelilik düzeyi daha düşük kimyasal madde kullanımına geçilmesi
- Atıkların azaltılması / üretime döndürülmesi
- Yağ tüketiminin / atıkyağ oluşumunun azaltılması, vb.

olabilmektedir.

Çevre Desteklerinin Ortak Uygulama Esasları:

- Proje Süresi : en fazla 1,5 yıl
- Destek miktarı : 100.000 ABD Dolarından yüksek, en fazla 1 Milyon ABD Doları, proje bütçesinin en fazla %50'si
- Geri Ödeme Süresi : ilk 1 yılı geri ödemesiz toplam 4 yıl - faizsiz
- Hizmet bedeli : destek miktarının %6'sı

DİĞER FAALİYETLER**Küresel Çevre Fonu (GEF) Projesi: Sanayide Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi Projesi**

EİE, TTGV, UNDP ve UNIDO işbirliği ile geliştirilerek, GEF'e (Küresel Çevre Fonu) sunulan proje teklifi GEF tarafından 2008'de onaylanmıştır. Bir yıl sürecek proje hazırlık süreci başlamıştır; proje 2010-2015 döneminde yürütülecektir. Projenin amacı, Enerji Verimliliği Kanunu ile de uyumlu olarak, sanayide enerji verimliliğinin artırılmasıdır. Proje “kurumsal kapasite geliştirme ve farkındalık yaratma”, “enerji etütleri ve enerji yönetimi eğitimleri”, “enerji verimliliğine yönelik demonstrasyon projeleri”, “enerji verimliliğinin teşvik edilmesine yönelik finansal mekanizmaların geliştirilmesi” bileşenlerini içermektedir.

AB 7. Çerçeve Programı Kapsamında Sürdürülebilir Tüketim ve Üretim (STÜ) Projesi: Türkiye’de STÜ Politikalarının geliştirilmesinin teşvik edilmesine yönelik adımlar: Sürdürülebilir Bina için yaşam döngüsü yaklaşımı (SCPTurKEY)

TTGV liderliğinde, TTMD (Türk Tesisat Mühendisleri Derneği), UPAV (Ulusal Politika Araştırmaları Vakfı), UTES (İngiltere-Türkiye Çevre Derneği), MATPUM (ODTÜ – Mimarlık Araştırma Tasarım Planlama ve Uygulama Merkezi) ve ODTÜ-Çevre Mühendisliği Bölümü’nün ortaklığı ile hazırlanan proje ile, TTGV, AB 7. Çerçeve Programı Projesi kapsamında STÜ Ulusal Odak Noktası olmuştur. Mayıs 2009’da başlaması öngörülen projede “Sürdürülebilir Bina” pilot alanı kapsamında STÜ ve yaşam döngüsü anlayışının yerleştirilmesine yönelik faaliyetler gerçekleştirilecek olup bu kapsamda binalara yönelik bir yaşam döngüsü analizi (YŞA) pilot çalışması, ilgili düzenlemelerin (mevcut ve potansiyel) değerlendirilmesi, STÜ politikalarında YŞA yaklaşımının kullanılmasına yönelik önerilerin geliştirilmesi ve STÜ (ve sürdürülebilir bina) alanında ağyapı oluşturarak proje çıktılarının paylaşılması öngörülmektedir. Sürdürülebilir bina konsepti çerçevesinde “yenilenebilir enerji” ve “enerji verimliliği” konularının öne çıkması beklenmektedir.

TÜRKİYE KALKINMA BANKASI A.Ş.

YENİLENEBİLİR ENERJİ VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ FİNANSMAN İMKANLARI

Ender DİNÇER

Türkiye Kalkınma Bankası

Bankamız, 11 Kasım 1975 tarihli, 13 sayılı Kanun Hükmünde Kararname kapsamında “Devlet Sanayi ve İşçi Yatırım Bankası A.Ş.” (DESİYAB) ünvanı ile kurulmuştur. 22 Haziran 1988 tarihinde ise, Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş. adını alarak ülkemiz ekonomisine katkıda bulunmaya devam etmiştir. T.C. Turizm Bankası A.Ş.’nin tüm aktif ve pasifleri ile birlikte Türkiye Kalkınma Bankası’na devri ise 20 Ocak 1989 tarihinde gerçekleştirilmiştir.

Bankanın amacı Türkiye’nin kalkınması için;

- Anonim şirket statüsündeki yatırımlara karlılık ve verimlilik anlayışı içinde kredi vermek;
- İştirak etmek suretiyle finansman ve işletme desteği sağlamak,
- Yurtiçi ve yurtdışı birikimleri kalkınma amaçlı yatırımlara yöneltmek,
- Sermaye piyasasının gelişmesine katkıda bulunmak,
- Yurtiçi, yurtdışı ve uluslararası ortak yatırımları finanse etmek,
- Her türlü kalkınma ve yatırım bankacılığı işlevlerini yapmaktır.

Bankamız anonim şirket statüsünde Sanayi, Turizm, Enerji, Eğitim, Sağlık Sektörlerinde faaliyet gösteren firmalara; yatırım ve işletme döneminde, TL ve Döviz cinsinden, orta-uzun vadeli finansman desteği sağlamaktadır. Kredi talepleri; bankamızca teknik, ekonomik ve mali açılarından değerlendirilerek sonuçları olumlu bulunan firmalara Bankamız Yönetim Kurulu’nca kredi tahsis edilir. Gerekli teminatlar tesis edildikten sonra kredi kullanılır.

Bankamızca herhangi bir yatırım projesine ilişkin kredi talebinin incelenebilmesi için öncelikle;

- Yatırımcının Anonim Şirket statüsünde olması,
- Yatırımın teşvik edilebilir yatırım konuları arasında yer alması,
- Özel bir fon veya kredi kaynağından finansman sağlanacaksa kaynak ile ilgili şartları sağlaması gerekmektedir.

Aşağıda bankamız kredi kaynakları verilmiştir. Bu kaynaklardan Avrupa Yatırım Bankası ve Dünya Bankası kaynaklı krediler yenilenebilir enerji, çevre ve enerji verimliliği projelerinin finansmanında kullanılmaktadır. Proje açısından gerekli ve şartlar uygun olduğu takdirde diğer kredi kaynakları da finansman modeline dahil edilebilmektedir.

DIŞ KAYNAKLI KREDİLER

- a) **Ülke Kısıtlı Krediler** (Belirli ülkelerden ithal edilen makine-teçhizat için kullandırılan krediler)
 - KfW
 - UBS
 - AKA
- b) **Ülke Kısıtı Olmayan Krediler**
 - AYB (Avrupa Yatırım Bankası)
 - AKKB (Avrupa Konseyi Kalkınma Bankası)
 - İKB (İslam Kalkınma Bankası)
- c) **Özel Amaçlı Krediler**
 - Dünya Bankası Yenilenebilir Enerji Kredisi
 - AYB Çevre ve Enerji Kredisi

İÇ KREDİLER

- a) **Bankamız Kaynaklı**
 - Yatırım Kredileri
 - İşletme Kredileri
 - Finansal Destek Kredileri
- b) **Eximbank Kaynaklı Sevk Öncesi İhracat Kredileri**

ENERJİ PROJELERİNİN FİNANSMANI

Bankamızca enerji projelerinin finansmanında kullandırılan kredilere ait özel şartlar aşağıda verilmiştir. Kaynaklara ait özel şartlar anlaşmalar yenilendikçe değişebilmektedir. Bunlarla ilgili ayrıntılara aşağıda değinilmiştir.

DÜNYA BANKASI YENİLENEBİLİR ENERJİ KREDİSİ:**Amacı:**

Rüzgar, güneş, jeotermal, dalga, gel-git, biyokütle, biyogaz, hidrojen enerjisine dayalı elektrik üretim projeleri ile kanal veya nehir tipi veya 15 km²'nin altında rezervuar alanına sahip hidroelektrik santral yatırımlarının makine-teçhizat alım ve inşaat giderleri ile bunlara ilişkin danışmanlık hizmetlerinin finansmanının sağlanmasıdır.

Önümüzdeki dönem için kredinin kapsamı, yenilebilir enerji kaynaklarından ısı üretimini içerecek şekilde genişletilmiş ve enerji verimliliği yatırımlarının finansmanı da kapsama dahil edilmiştir.

Kimler Yararlanabilir:

Proje, Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu'na belirlenen "Yenilenebilir Enerji" tanımına uygun olmalı ve yatırımcı Kurulca talep edilen tüm izin ve belgelere sahip olmalıdır. Ek olarak proje,

Türkiye Çevre Mevzuatı ile Dünya Bankası Çevre Politikasının gerekliliklerini yerine getirmelidir.

Kredinin enerji verimliliği kapsamında kullanılabilmesi için projeden sağlanan faydanın en az % 50'sinin enerji verimliliğinden kaynaklanması veya en az %20 enerji tasarrufu sağlaması gerekmektedir.

Kredi Limiti:

Projenin %50'si finanse edilebilmektedir. Yeni dönemde %75'e kadar finansman sağlanması planlanmaktadır.

Vadesi:

Kredi 12-14 yıla kadar uzun vadelerle kullanılabilmektedir.

Faiz Oranı:

Krediye uygulanacak faiz oranı, altı aylık LIBOR+ Spread + Bankamız komisyonu şeklindedir. Kredi USD veya EURO olarak kullanılabılır ve kur riski kullanıcıya ait olacaktır.

AVRUPA YATIRIM BANKASI ENERJİ VE ÇEVRE KREDİSİ

Amacı:

Çevre ve enerji sektöründeki yatırımların finansmanının sağlanmasıdır.

Kimler Yaralanabilir:

Krediden yenilenebilir enerji, kirliliği azaltma, doğalgaz dağıtımı ve enerji verimliliği alanlarında yatırım yapan firmalar yararlanabilmektedir.

Kredi Limiti:

Kredi kapsamında değerlendirilecek şirketlerin minimum toplam yatırım tutarı, 40.000 EURO olup, üst limiti 50.000.000 EURO dur.

Kredilendirme Oranı:

Kredi ile toplam yatırım tutarının maksimum % 50'si finanse edilecektir. Ancak, bu oran bazı yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği projelerinde % 75'e kadar çıkarılabilmektedir.

Vadesi:

Kredi, vadesi minimum 4 yıl olmak üzere 15 yıla kadar çıkabilmektedir.

Ödemesiz Dönem:

Ödemesiz dönem, 1 yıldan az, 5 yıldan fazla olmamak üzere proje değerlendirme çalışması sonucu belirlenecektir

Faiz Oranı:

Krediye uygulanacak faiz oranı, altı aylık EURIBOR+ Spread + Bankamız komisyonu olacaktır.

3. Oturum

Oturum Başkanı : İlter ÇELİK

Türkiye Enerji Politikaları ve Enerji Verimliliği Uygulamaları

- **Oğuz TÜRKYILMAZ :** Türkiye Enerji Durumu
- **Hayati ÇETİN :** İklim Değişikliği Sürecinde Enerji Verimliliği Politikaları
- **Tülin KESKİN :** Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerjinin İstihdama Katkısı
- **Şuayip YALMAN :** Enerji Verimliliği Mevzuatında Odamızın Yeri ve Görevleri

TÜRKİYE’NİN ENERJİ DURUMU

Oğuz TÜRKYILMAZ

Endüstri Mühendisi

TMMOB Makina Mühendisleri Odası Enerji Çalışma Grubu Başkanı

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Yönetim Kurulu Üyesi

oguz.turkyilmaz@mmo.org.tr

Bu bildiri, Odamızın üyesi olduğu ve Yönetim Kurulunda temsil edildiği Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesinin (DEK-TMK) hazırladığı ve Odamızın enerji alanında yürüttüğü çeşitli çalışmalarının sonuçlarının da aktarıldığı; “2007-2008 Türkiye Enerji Raporu”ndan hareketle hazırlanmıştır.

DEK-TMK’nin söz konusu Raporu, Odamız Enerji Verimliliği Danışmanı ve DEK-TMK Denetim Kurulu Üyesi MMO üyesi Makina Mühendisi Tülin Keskin’in Başkanlığında, içlerinde benim de yer aldığım bir Çalışma Grubu tarafından hazırlanmıştır.

1-Türkiye’nin Enerji Talebindeki Gelişmeler

Türkiye yüzölçümü ve nüfusu itibarıyla dünya üzerinde kayda değer bir duruma sahiptir. Nüfusu 70 milyon’u aşmakta ve GSYİH olarak 656.8 milyar \$’lık bir büyüklüğe sahiptir. Kişi başına düşen milli gelir 9305 \$ seviyesindedir. Milli gelir’in %11.1 tarımdan, %29.7 sanayi ve %60.1 hizmetlerden oluşmaktadır. Türkiye’nin enerji tüketimi 2007 yılında 107.6 mtep’ne ulaşmıştır. Elektrik üretimi 2008 yılında 198.3 milyar kwh’ye varmıştır.

Elektrik üretim kapasitesi ise,2007 yılında(40836 MW), bir önceki yıla göre kayda değer bir artış göstermemiş,2008’de ise 912 MW’lik, (%2.23) bir artışla 41748 MW’ye ulaşmıştır. Kişi başına birincil enerji tüketimi 1525 kgpe gibi oldukça düşük bir değerdedir. Aynı şekilde kişi başına elektrik enerjisi tüketimi de 2805 kwh (brüt) seviyesinde olup AB değerleri ile kıyaslandığında çok düşük kalmaktadır.

Tablo1. Göstergeler

Alanı	783 562 km ²
Tarımsal alan	35 %
Orman alanı	27 %
Nüfus (milyon)	70,586(*)
GSYİH ppp (Milyar \$)(satın alma gücüne göre)	576.82
GSYİH cari fiyatlarla (Milyar \$)	656.8 (**)
Kişi başına GSYİH (\$)	9305
GSYİH Sektörel Dağılımı (**)	
• Tarım	% 11.1
• sanayi	% 29.7
• hizmetler	% 60.1
Birincil Enerji (milyon TEP)	107.6 (***)
Elektrik Üretim(TWh)	198.3
Kurulu Güç (MW)	41 748
Kişi başına birincil enerji tüketimi (kgoe)	1525 (***)
Kişi başına elektrik enerjisi tüketimi (kWh-gross)	2 805

(*) TUİK ve DTM

(**) DPT

(***) ETKB Kasım 2008

2007 yılının ikinci yarısından itibaren göstergeleri olumsuzlaşan Dünya Enerji Pazarı, 2008 yılının son çeyreğinden itibaren bir kriz ortamına girmeye başladı. 2008 Ocak ayında ABD’de ham petrolün varili 100 dolara alıcı buldu. Giderek artan petrol fiyatları, Mart 2008 ayında varili 104 dolar, Temmuz 2008’de 147 dolar’a çıkarak, doğalgaz ve kömür fiyatlarının da artmasına neden oldu. Temmuz sonundan itibaren, AB’de ve ABD’de ekonomideki yavaşlamanın hissedilir bir seviyeye inmesinden sonra, ham petrol fiyatları düşme eğilimine girerek, Eylül 2008’de 95 dolar oldu, Aralık 2008’de ise 38 doların altına inen petrol fiyatları, bugün 50 dolar düzeyinde. Enerji gelişmelerinin anahtarını teşkil eden, petroldeki bu istikrarsız durumun ana nedenlerinden biri olarak, ABD ve AB’de başlayan finansal krizin enerji sektörüne kaçınılmaz yansımaları gösterilebilir. Enerjide arz güvenirliliği darboğazını yaşayan AB ve diğer büyük ekonomiler için olduğu kadar, özellikle gelişmekte olan ülkeleri de içine alan finansal kriz, enerji yatırımlarında ertelemelere neden olacak ve uzun vadeli hedefler daha mütevazî değerler içinde kalacaktır. Bir taraftan sanayi üretimi azalırken enerji talepleri de azalacak ve enerji alanındaki gelişmeler

yavaşlayacaktır. Büyük bir sorunlar yumağı halindeki dünyanın enerji problemlerinin çözümden giderek uzaklaştığı ve sorunların yoğunlaşarak gelecek yıllara devir edildiğini gözlemlemekteyiz.

Bu gelişmeler, dünya’da refah ve barışa ulaşılmasında enerji problemlerinin olumsuz etkisinin daha belirgin görüleceği bir geleceğe doğru yol aldığımızı göstermektedir. Dünya’da artarak devam edecek olan petrol talebinin, gelecekte karşılanmasının zor ve petrol fiyatları dolayısıyla diğer fosil yakıtların fiyatlarında önemli yükselmeler olacağı tahmin edilmektedir. Ucuz petrol ve doğalgaz devrinin kapandığı yetkili ağızlardan dile getirilmektedir. Uluslar arası petrol şirketlerinin yeni petrol rezervlerine ulaşmaları giderek zorlaşmakta, petrol üretimi ve arzı giderek ulusal karaktere dönüşmekte ve uluslararası siyasetin bir silahı olarak kullanılma imkanı artmaktadır. Bu durum Dünya’da yeni çatışmalar için uygun ortam yaratacaktır.

Şüphesiz fosil yakıtlardaki fiyat artış eğilimi zaman içinde sera gazları emisyonunun artışını frenleyecektir. Ancak, enerji ihtiyaçları nasıl karşılanacaktır? Dünya’daki 1,6 milyar insan için elektrik sağlanmasında, sosyal ve ekonomik refahın tesisinde enerji nasıl destek verecektir? Enerji dünyasında, özellikle yoğun sorunların yaşandığı bir dönemde, gelecek için neler yapılmalıdır? Bu sorgulamanın, giderek, daha belirgin şekilde cevaplandırılması gerekecektir. Mevcut gelişmeleri olduğu gibi kabul ederek, yalnızca buna göre artan belirsizlikler içinde politikalar oluşturmak, enerji problemlerinin çözümü ya da hafifletilmesi için geçici bir yöntem olabilir. Ancak, bu yaklaşım, enerjiye bağımlı çatışmaları ve sosyal rahatsızlıkları önleyemeyecektir. Sürdürülebilir bir gelecek için yeni fıkirlere ve eylem programlarına ihtiyaç vardır. Enerjiye ucuz, güvenilir,kaliteli,yeterli ve sürdürülebilir şekilde erişimin temel bir insan hakkı olduğu kabulünden hareketle,enerji sorununun çözümü için işbirliğinin artması ve çözümler geliştirilmesi için Dünya Enerji Konseyi (WEC) ve Birleşmiş Milletlere ve bağlı kuruluşlarına görevler düşmektedir.

Dünya’daki ekonomik gelişmeler, Türkiye’yi de etkilemiştir. Buna bağlı olarak, 2007 yılında ve 2008 yılının ilk yarısında, enerji tüketiminde artışlar yaşanmıştır. 2006 yılında 99,6 milyon TEP olan enerji tüketimimiz, 2007 yılında %8 artışla, 107,6 milyon TEP’e ulaşmıştır. Bu artış dünya ülkeleri arasında kayda değer bir artıştır. Son beş yılda Türkiye’nin birincil enerji tüketimi ise %35 oranında artmıştır. 2006 yılında 176,2 milyar kwh olan elektrik tüketimi 2007 yılında %7,8 artışla 191,6 milyar kwh ulaşmıştır. Son beş yılda Türkiye’nin elektrik enerjisi tüketimi artışı %43’dür. Bu artış da dünya ülkeleri arasında en yüksek artışlardan biridir.

2008 yılının ilk yarısında artışlar gösteren elektrik enerjisi talebi, ikinci yarıdan itibaren artış hızını azaltmış ve Ekim ayında, geçen yıla göre, %2, Kasım ayında %5 ve Aralık ayında %5,5 oranında düşmüştür.2008 yılı başında 203 milyar kwh olacağı tahmin edilen elektrik üretimi 198 milyar kwh’de kalmıştır. Talep,üretim ve tüketimdeki düşüş eğilimi 2009’un ilk çeyreğinde de yoğunlaşarak sürmüştür.Ekonomik krizin elektrik enerjisi talebinde artışı frenleyeceği ve yeterli yatırım yapılmayışından dolayı, 2010 yılında ortaya çıkması beklenen elektrik enerjisi krizini birkaç yıl erteleyeceği tahmin edilmektedir.

2008 yılında enerji konusunda kayda değer olaylar aşağıda belirtildiği şekilde sıralanabilir:

2008 yılının başlangıcı, elektrik tarifelerine yapılan %19,5’lık zamlarla hatırlanacaktır. Esasında OECD ortalama elektrik fiyatının üzerinde elektrik fiyatlarına sahip Türkiye’nin, bu yeni fiyat artışı tartışma konusu olmuştur. Türkiye’de 2008 yılının 2. çeyreğinde sanayide elektrik satış fiyatı 12,6 cent/kwh olarak gerçekleşmiştir. Aynı dönemde, sanayide elektrik satış fiyatı, ABD’de 6,6 cent/kwh, Kore’de 5,9 cent/kwh, İsviçre’de 9,7 cent/kwh olmuştur. Bu durum, sanayiciler arasında, Türkiye’nin endüstriyel üretiminin uluslararası pazarda rekabetçi olmayacağı değerlendirmesinin yapılmasına neden olmuş ve bu pahalı fiyatların gözden geçirilmesi istenmiştir.2008 içinde yapılan zamlarla elektrik fiyatı %56.13 oranında artmıştır.

2008 yılının başlangıcında İran'dan sağlanan doğalgazda kesintilerden dolayı sıkıntılar yaşanmıştır. 2009 başında ise Rusya'nın Ukrayna üzerinden sağladığı gaz arzını durdurması nedeniyle, Türkiye gaz arzında yine sıkıntılarla karşı karşıya kalmıştır.

2008 içinde yapılan zamlarla doğalgaz fiyatları %82.15 oranında artmış, Şubat 2009'da yapılan indirimle zam oranı %52.03'e gerilemiştir.

2- Enerji Üretim İmkânları

Türkiye 107.6 mtep enerji tüketmesine karşılık, bu değer ancak % 25.5'i seviyesinde yerli kaynaklara dayalı enerji üretebilmektedir.

Tablo 2. Türkiye'nin birincil enerji üretimi ve talebi mtep (2007)

Kaynaklar	Kömür	Odun+Bitki	Petrol	Doğalgaz	Yenilenebilir	Elektrik (İthalat-İhracat)	Toplam
Birincil Enerji Üretimi	14.797	4.995	2.241	827	4.592	0	27.453
Üretim İçindeki payı %	53,9	18,2	8,2	3,0	16,7	0,0	100,0
Birincil Enerji Talebi	30.909	4.995	33.310	33.953	4.592	-134	107.625
Talep İçindeki payı %	28,7	4,6	30,9	31,5	4,3	-0,1	100,0
Üretimin Talebi Karşılama Oranı %	47,9	100,0	6,7	2,4	100,0	0,0	25,5

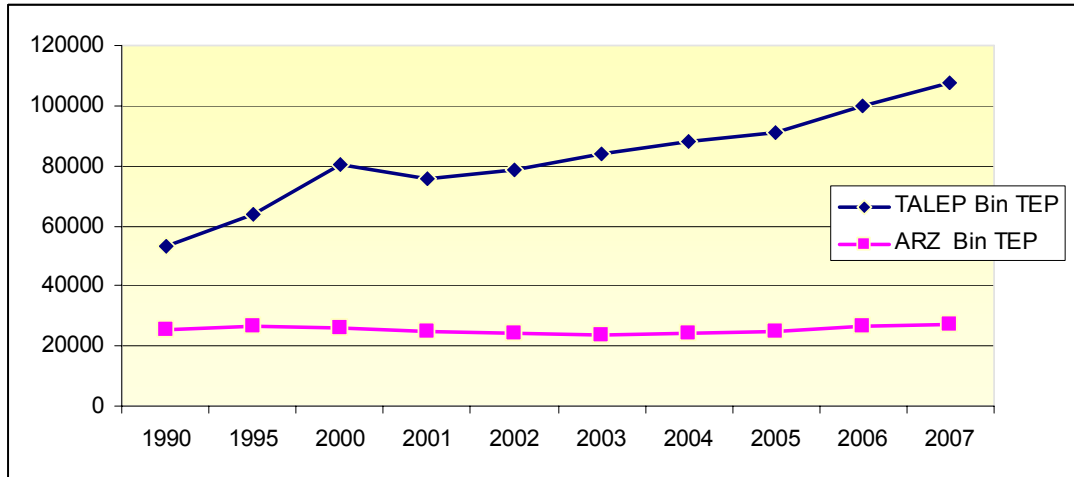
Yerli enerji üretimimiz yalnızca 27.5 mtep seviyesinde kalmıştır. Bu değer %54'ü linyit ve daha az miktarda taşkömürü oluşturmaktadır. Hidrolik ve diğer yenilenebilir kaynaklarımızdan yaptığımız üretim, yerli üretimimizin %17'sini oluşturmakta ve toplam enerji talebimizin %4.3'nü teşkil etmektedir. Katı olmayan fosil yakıtlarımız (petrol ve doğal gaz) yerli üretim içinde %11 gibi çok düşük bir paya sahiptirler. Hatta ticari olmayan odun ve bitki'nin yerli üretimdeki payı %18.2 ile petrol ve doğalgaz toplamını geçmektedir.

Tablo 3. Birincil Enerji Kaynakları Üretimi
(Orijinal Birimler)

YILLAR	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Taşkömürü (bin ton)	2745	2248	2392	2494	2319	2059	1946	2170	2319	2462
Linyit (bin ton)	44407	52758	60854	59572	51660	46168	43709	57708	61484	72121
Asfaltit (bin ton)	276	67	22	31	5	336	722	888	452,4	782
Petrol (bin ton)	3717	3516	2749	2551	2442	2375	2276	2281	2175,5	2134
Doğal Gaz (10⁶ m3)	212	182	639	312	378	561	708	897	907	893
Hidrolik+ Jeotermal (GWh)(*)	23228	35627	30955	24100	33789	35419	46177	39655	44338	36007
Jeoter. Isı (bin TEP)	364	437	648	687	730	784	811	926	898	914
Rüzgar (GWh)			33	62	48	61	58	59	127	355
Güneş bin TEP)	28	143	262	287	318	350	375	385	403	420
Odun (bin ton)	17870	18374	16938	16263	15614	14991	14393	13819	13411	12932
Hayvan ve Bitki Art. (bin ton)	8030	6765	5981	5790	5609	5439	5278	5127	4984	4850
Biyoyakıt (bin ton)									2	12
Toplam(bin TEP)	25478	26719	26047	24576	24282	23783	24332	24549	26580	27453

* 2007 yılı Hidrolik GWh ve Jeotermal elektrik. (GWh) verileri birlikte verilmiştir.

Kaynak: 2008 ETKB EİGM

**Şekil 1.** Enerji Arz ve Talebin Gelişimi

Tablo4 . Enerji Talep –Üretim- İthalat ve İhracatının Gelişimi
(Bin TEP)

	1990	1995	2000	2001	2002*	2003	2004	2005	2006	2007
Talep	52987	63679	80501	75403	78354	83826	87818	91362	99590	107625
Üretim*	25656	26749	26156	24681	24324	23783	24332	24549	26802	27453
İthalat	30936	39779	56342	52780	58629	65239	67885	73480	80514	87614
İhracat	2104	1947	1584	2620	3162	4090	4022	5171	6572	6925,5
İhrakiye	355	464	467	624	1233	644	631	628	588	91,71
Net İthalat	28477	37368	54291	49536	54234	60505	63232	67681	73354	81111,8
TYÜKO** (%)	48,1	42,0	33,1	32,6	31,0	28,4	27,7	26,9	26,9	25,5

*Rafineri dışı üretim dahildir.

**TYÜKO: Talebin Yerli Üretimle Karşılama Oranı

Kaynak: ETKB/APKK/PFD ve 2008 ETKB EİGM

Yukarıda yer alan tablolardan da görüleceği gibi Türkiye'nin yerli kaynaklarla enerji talebini karşılama durumu her geçen gün azalmaktadır. Türkiye enerji talebi artış oranında yerli kaynakları hizmete alamamaktadır. Türkiye'nin 2008 yılında enerji girdileri ithalatına ödediği rakam 48.2 milyar dolara ulaşmıştır.

Bu olumsuz durumun nedenlerinin başında enerjinin kamusal bir hizmet olarak görülmeyip, basit bir piyasa faaliyetine dönüştürme plan ve uygulamaları yatmaktadır. Özellikle 2000'li yılların başından itibaren elektrik enerjisi ve doğal gaz ile ilgili Dünya Bankası, IMF, OECD, AB vb. kuruluşların talepleri doğrultusunda enerji sektörünün piyasalaştırılması amacıyla kurulan EPDK, uygulamaya konan mevzuat, 4628 sayılı yasanın kamu teşebbüslerine elektrik enerjisi üretimi için yatırım yapmada engel teşkil etmesi ve enerji alanında yapılmak istenen özelleştirmelerin sürekli olarak gündemi işgal ederek, yeni yatırım imkanları yerine daha cazip ve risk taşımayan seçenekler koyarak yatırımcıları caydırması olarak ele alınabilir.

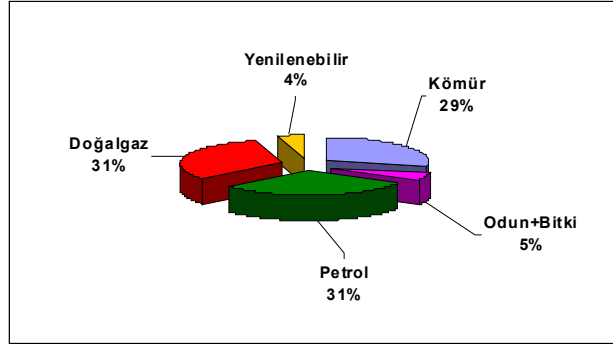
SONUÇ :

DEK-TMK Denetim Kurulu üyesi makina y.mühendisi MMO üyesi Muzaffer Başaran'ın hazırladığı ve Türkiye'de 2008 elektrik üretimini kuruluşlara ve kaynaklara göre dağılımını gösteren aşağıdaki tablolar fazlaca yoruma ihtiyaç bırakmamaktadır.

Tablo 5. Türkiye 2008 Elektrik Üretimini Kuruluşlara Göre Dağılımı

Kuruluş	GWh	%
EÜAŞ	97.859	49,34
Yap İşlet	43.437	21,90
Serbest Üretici	23.615	11,91
Otoprodüktör	15.327	7,73
Yap İşlet Devret	13.162	6,64
İşletme Hakkı Devri	4.315	2,18
ADÜAŞ	323	0,16
Mobil Santraller	293	0,15
Toplam	198.330	100,00

2008 elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı da Tablo 4’de verilmektedir.



Tablo 6. Türkiye 2008 üretiminin kaynaklara göre dağılımı

Kaynak	GWh	%
Doğal Gaz	95.530,74	48,17
Yerli Kömür	44.917,07	22,65
Hidrolik	33.264,46	16,77
İthal Kömür	12.551,47	6,33
Sıvı Yakıt	9.772,30	4,93
Rüzgar	797,30	0,40
Jeotermal	161,67	0,08
Diğer	1.334,47	0,67
Toplam	198.329,48	100,00

Türkiye, enerji alanında sancılı bir dönem yaşamaktadır. Enerjide dışa bağımlılık giderek artmaktadır. 2007 yılında %25.5 olan yerli üretimin payının çok fazla değişmeyeceği ve bugüne değin izlenen politikaların sürdürülmesi halinde, ülkemizin enerji alanında dışa bağımlılığının artarak süreceği söylenebilir. 2008 yıl sonuna kadar EPDK’ya yapılan 426 adet 26.554.80 MW gücündeki doğal gaz yakıtlı, 68 adet 22.923.90 MW gücündeki ithal kömür yakıtlı santral başvurusu, enerjide dışa bağımlılığın daha da artacağını göstermektedir. Ülkemizin 2008 sonu kurulu gücü olan 41.717.49 MW’nin %118.6’sı oranında yeni ithal kömür ve doğal gaz santralleri başvuruları, özel olarak elektrik üretiminde ve genel olarak enerji üretiminde, dışa bağımlılığın hangi noktalara varabileceğini göstermektedir.

Dışa bağımlılığın bu denli yüksek olduğu ülkemizde, doğal gaz üretimi 2007’de 893 milyon m³ olurken, ithalat 35.883 milyon m³ olmuş ve yerli üretim 36.682 milyon m³’lük arzın yalnızca %2.43’ünü karşılayabilmiştir. TPAO’nun Akçakoca açıklarında gaz bulunduğu kuyuların tamamının önümüzdeki yıllarda devreye alınmasıyla; yerli üretim yılda 1 milyar m³’ü geçebilecektir. EPDK’nın, 2009 yılı tüketim tahmininin 35 milyar m³, BOTAŞ’ın doğal gaz tüketim tahminlerin 2010 için 43.801 milyon m³, 2020 için 65.867 milyon m³ ve 2030 için 76.378 milyon m³ olduğu göz önüne alındığında, 1-1.5 milyar m³’e ulaşsa bile, yerli doğal gaz üretiminin payının toplam tüketim içinde payının çok sınırlı kalacağı açıktır.

2007 yılı yerli petrol üretimi 2134 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 2000-2004 ve 2005-2007 dönemlerinde petrol üretiminde sürekli bir azalma olduğu dikkate alındığında, 2008 petrol üretimi kesin rakamlarının da, 2007 yılı üretim düzeyinde gerçekleştiği tahmin edilebilir. 2007 yılı petrol tüketimi

32.417 milyon ton olmuştur.Yerli üretimin toplam tüketim içindeki payı 2007’de %6.6 oranında kalmıştır.

Doğal gazın ikame edici etkisi nedeniyle, ülkemizde son yıllarda petrol tüketimi kayda değer bir artış göstermemektedir.Bu nedenle,petrolde %93 oranındaki dışa bağımlılığın süreceği, öte yanda, yeni doğal gaz yakıtlı santral projeleri nedeniyle, önümüzdeki yıllarda ciddi talep artışlarının olacağı ve doğal gazda bugün %97 olan dışa bağımlılık oranının; daha da artacağını söylemek mümkündür.

Ülkemizde 2007 yılında üretilen birincil enerjinin %54’ü, 14.8 MTEP ile yerli kömürdür. Ancak kömürün birincil enerji tüketimindeki payı, doğal gaza verilen ağırlık nedeniyle, 2000 yılında %15.5 iken 2007 yılında %13.6 seviyesine gerilemiştir.

1990 yılında 2.745 milyon ton olan yerli taş kömürü üretimi, 2000 yılında 2.392 milyon tona gerilemiş, 2007 yılında ise küçük bir artışla 2.462 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Oysa taş kömür ithalatı 1990’da 5.557 milyon ton iken, 2007 yılında %304.82’lik artışla 22.496 milyon tona ulaşmıştır. EPDK’ya lisans için başvuran ithal taş kömür yakıtlı santrallerin kurulu gücünün 22.923 MW olduğu göz önüne alındığında;önümüzdeki yıllarda taş kömürü ithalatının çok daha fazla artacağı görülmektedir.

Ülkemizde linyit üretimi artmaktadır. 1990’da 44.407 bin ton, 2000’de 60.854 milyon ton olan linyit üretimi, 2007’de 72.121 milyon tona ulaşmıştır. Mevcut kurulu güce ek olarak 10.000 MW kapasitede santral kurulmasına yeterli kapasitede olan linyit potansiyelinin tamamının değerlendirilmesi halinde;yıllık linyit üretimi, bugünkü 71.1 milyon ton düzeyinin iki katından fazlasına, 150 milyon tona yükselmesi söz konusu olabilecektir..

Son çalışmalarla yılda 170 milyar kWh elektrik üretim kapasitesine sahip olduğu tahmin edilen Türkiye hidroelektrik potansiyelinin 47 milyar kWh’lik bölümü işletmede,21 milyar kWh’lik kısmı ise yatırım aşamasındadır.Ülkemizin 2008 elektrik üretiminin yarısından fazla bir kapasite olan 102 milyar kWh’lik kısım ise değerlendirmeyi beklemektedir.

48.000 MW’lik rüzgara dayalı elektrik üretim kapasitesinin,EİEİ verilerine göre işletmede olan bölümü 333.35 MW, inşaat halindeki bölümü ise 142.80 MW’dır. Türbin tedarik sözleşmeleri imzalanan projelerin toplamı ise 1.070 MW’ye varmaktadır. Lisans verilen bütün projelerin toplamının 3 274 MW, başvurusu uygun bulunan projelerin ise 1.156.70 MW olduğu göz önüne alındığında, 48 000 MW’lik kapasitenin %90.8’inin değerlendirmeyi beklediği görülmektedir.

Halihazırdaki kapasitesi 500 MW olarak hesap edilen,yeni sondajlarla 2.000 MW’ye çıkması beklenen jeotermale dayalı elektrik üretim kapasitesine karşılık lisans alan yatırımların kurulu gücü yalnızca 94.4 MW’dır.

EİE tarafından yapılan çalışmalarda, teknik kapasitesi 405 milyar kWh,ekonomik potansiyeli 131 milyar kWh olarak tahmin edilen,güneşe dayalı elektrik üretim kapasitesi de bütünüyle değerlendirilmeyi beklemektedir.

Bütün bu veriler ,Türkiye de enerjide dışa bağımlılığı azaltacak yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının bulunduğunu göstermektedir.

ÖNERİLER:

1. Enerjiden yararlanmak çağdaş bir insan hakkıdır. Bu nedenle, enerjinin tüm tüketicilere yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve sürdürülebilir bir şekilde sunulması temel bir enerji politikası olmalıdır.

2. Enerji üretiminde ağırlık; yerli, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına verilmelidir. Enerji planlamaları, ulusal ve kamusal çıkarların korunmasına ve toplumsal yararın arttırılmasını, yurttaşları ucuz, sürekli ve güvenilir enerjiye kolaylıkla erişebilmesini hedeflemelidir.
3. Ülkemizde enerji sektöründe 20 yıldır uygulanan politikalarla toplumsal ihtiyaçlar ve bunların karşılanabilirliği arasındaki açığı her geçen gün daha da artmaktadır. Enerji politikaları üretimden tüketime bir bütündür, bu nedenle bütüncül bir yaklaşım esas olmalıdır. Ülkemiz gerçekleri de göz önüne alınmak şartıyla, enerji sektörünün gerek stratejik önemi, gerekse kaynakların rasyonel kullanımı ve düzenleme, planlama, eşgüdüm ve denetleme faaliyetlerinin koordinasyonu açısından merkezi bir yapıya ihtiyaç vardır.
4. ETKB, ülke, halk ve kamu çıkarları doğrultusunda temel stratejileri ve politikaları geliştirmek ve uygulamakla yükümlüdür. Hal böyle iken, basında yer alan ETKB'nin ikiye bölünmesi planlarından vaz geçilmelidir. ETKB güçlendirilmeli, uzman ve liyakatli kadrolar istihdam etmelidir. Güçlü bir ETKB'nin ülke çıkarlarına uygun politikalar geliştirmesi ve uygulaması sağlanmalıdır.
5. ETKB'nin Doğal Gaz Strateji Belgesinin oluşturulması yönündeki girişimleri olumlu bir gelişmedir. Benzer bir biçimde, diğer enerji sektörleri olan petrol, kömür, hidrolik, jeotermal, rüzgar, güneş, biyoyakıt vb. için de Strateji Belgeleri hazırlanmalıdır. Daha sonra bütün bu alt sektör strateji belgelerini dikkate alan Türkiye Enerji Strateji Belgesi oluşturulmalıdır.

Bu strateji belgelerinin hazırlık çalışmalarına üniversiteler, bilimsel araştırma kurumları, meslek odaları ve uzmanlık derneklerinin katılım ve katkıları sağlanmalıdır.

Bu amaçla, genel olarak enerji planlaması, özel olarak elektrik enerjisi ve doğal gaz, kömür, petrol vb. enerji kaynaklarının üretimi ile tüketim planlamasında, strateji, politika ve önceliklerin tartışılıp, yeniden belirleneceği, toplumun tüm kesimlerinin ve konunun tüm taraflarının görüşlerini ifade edebileceği geniş katılımlı bir platform oluşturulmalıdır. Ayrıca ETKB bünyesinde, bu platformla eşgüdüm içinde olacak bir "ULUSAL ENERJİ STRATEJİ MERKEZİ" kurulmalıdır. Bu Merkezde yerli kaynaklar ve yenilenebilir enerji kaynakları dikkate alınarak enerji yatırımlarına yön verecek enerji arz talep projeksiyonları hazırlanıp sektöre sunulmalıdır.

Türkiye'nin bir enerji envanteri çıkarılmalıdır. Kamusal planlama, kamusal üretim ve yerli kaynak kullanımını reddeden özelleştirme politikaları gözden geçirilmeli, kamunun eli kolu bağlanmamalı ve kamu eliyle yatırımlar yapılabilir.

TEİAŞ tarafından hazırlanan 2007-2016 dönemini kapsayan "Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyon (2007-2016) Çalışması" yenilenebilir enerji kaynaklarının tam olarak değerlendirilmesini hedeflememekte, yenilenebilir enerjiye dayalı üretim yatırımlarının düşük kapasitede tesisini öngörmektedir. Yerli ve yenilenebilir enerjiye dayalı elektrik ve yakıt üretim hedefleri kısa-orta-uzun vadeli olarak belirlenmelidir.

"ULUSAL ENERJİ STRATEJİ MERKEZİ"nde hazırlanacak kısa, orta ve uzun vadeli projeksiyonların gerçekleştirilmesi ve ETKB'nin arz güvenliğini ve sürdürülebilir enerji politikalarının hayata geçirilmesi için enerji vergilerinin ve enerji yatırımlarına yapılacak teşviklerin açık bir şekilde belirlenmesi ve kamu yatırımlarının yanı sıra, lisans alan özel sektör yatırımlarının gerçekleştirilmesi için gerekli takip ve yaptırım mekanizmalarının kurulması gerekmektedir. Bu amaçla diğer Bakanlıklarla gerekli koordinasyonun sağlanması ve SANAYİ ENVANTERİ'nin de hazırlanması gerekmektedir.

ETKB Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'nün, Uluslararası Enerji Ajansı modelini esas alarak hazırlık çalışmalarını sürdürdüğü yeni Ulusal Enerji Talep Tahmin Modeli, taslak olarak, kamuoyunun bilgi ve görüşüne sunulmalı, mesleki kuruluşlar, uzmanlar ve akademisyenlerin katılacağı tartışmalar sürecinde oluşan görüş ve öneriler dikkate alınarak modele son biçimi verilmelidir.

6. Ülkemiz gerçekleri de göz önüne alınmak şartıyla, enerji sektörünün gerek stratejik önemi gerekse kaynakların rasyonel kullanımı açısından düzenleme, planlama, eşgüdüm ve denetleme faaliyetlerinin koordinasyonu için merkezi bir yapıya ihtiyacı vardır. Bu çerçevede enerji sektöründe yapılacak yeni yatırımların lisanslanması, teknik açıdan denetlenmesi ve gerekli yatırım ihalelerinin yapılması da dahil olmak üzere ETKB'nin yukarıda belirtilen asli görevlerini ifa etmesi; EPDK'nın ise oluşturulmakta olduğu öne sürülen enerji piyasalarındaki düzenleme ve denetimler ile müteakip yaptırımları belirleyen hakem rolüne dönmesi daha gerçekçi bir yapı olarak düşünülmektedir. Bu bağlamda enerji sektöründeki kamu kuruluşlarının küçültülmesi, bölünmesi ve işlevsizleştirilmesi uygulamaları son bulmalıdır.
7. Dünyada bu kadar geniş bir faaliyet alanına sahip ilk ve halen tek düzenleyici kurul olma özelliğine sahip olan EPDK'nın işlevsel, yapısal ve kadrosal açıdan yeniden düzenlenmesi gerekir. Ayrıca, demokratik teamüllere ters düşen bir şekilde EPDK, hem lisans vermekte hem de kural koyucu, denetleyici ve yargılayıcı bir durumda bulunmaktadır. Bir çok batılı ülkede de halen tartışılmakta olan bu durumun, bir an önce gözden geçirilerek düzeltilmesi zorunludur. Bu bağlamda EPDK'nın görevinin esas itibari ile idari ve mali denetleme alanında yoğunlaşması daha uygun olacaktır.
8. ETKB tarafından arz güvenliği için gerekli önlemler alınmalı ve kriz durumları için uygulanabilir acil eylem planları hazırlanmalıdır.
9. Enerji yatırımlarına lisans verilirken, ulusal ve kamusal çıkarları gözeten ve toplumsal yararı esas alarak hazırlanmış olan Enerji Talep ve Yatırım Tahminlerini esas alınmalı, ithal kömür ve doğal gaz yakıtlı yeni santral projeleri, elektrik enerjisi üretimi içinde ithal kaynakların payının düşürülmesini öngören hedef ve politikalara uygun olmalıdır.
10. Enerji sektöründe süregelen ve sorunlara çözüm getirmediği ortaya çıkan kamu kurumlarını küçültme, işlevsizleştirme, özelleştirme amaçlı politika ve uygulamalar son bulmalı; mevcut kamu kuruluşları etkinleştirilmeli ve güçlendirilmelidir. Bu kapsamda; doğal gaz ve petrol arama, üretim, iletim, rafinaj, dağıtım ve satış faaliyetlerinin entegre bir yapı içinde sürdürülmesi için BOTAŞ ve TPAO, Türkiye Petrol ve Doğal Gaz Kurumu bünyesinde; elektrik üretim, iletim, dağıtım faaliyetleri bütünlük içinde olması için de, EÜAŞ, TEİAŞ, TEDAŞ, TETAŞ, eskiden olduğu gibi Türkiye Elektrik Kurumu(TEK) bünyesinde birleştirilmelidir.
11. Yetişmiş ve nitelikli insan gücümüz özelleştirme uygulamaları ve politik müdahalelerle tasfiye edilmemelidir. Enerjinin üretimi ve yönetiminde en temel unsur olan insan kaynağımızın eğitimi, istihdamı, ücreti v.b. konular enerji politikalarının temeli olmalıdır.
12. Genel olarak enerji yatırımlarda, özel olarak elektrik enerjisi üretim yatırımlarında çevreye zarar verilmemesi temel bir ilke olmalıdır. Kömür yakıtlı santrallerde akışkan yataklı teknolojiler kullanılmalı, mevcut santrallerde baca gazı arıtma tesisleri ve elektro filtreler ivedilikle kurulmalıdır. Hidrolik santral ve regülatör yapımında da çevrenin korunması esas olmalı baraj yerlerinin seçiminde su altında kalacak bölgelerin, tarihi eser ve kültürel varlıklar içermemesine özen gösterilmelidir.
13. Enerji açısından dışa bağımlı olan ülkemizde enerjinin verimli ve etkin kullanımı ulusal politika haline getirilmelidir. Öngörülen tasarruf hedeflerine ulaşmak için, gerekli düzenlemeler bir an önce yürürlüğe konulmalıdır. Sanayi üretiminde enerji yoğunluğu bugünkü 0.39'dan OECD üyesi ülkeler ortalaması olan 0.19 düzeyine düşürülmesi için planlama yapılmalıdır.
14. Özel sektör tarafından yapılan enerji yatırımlarını kamusal çıkarları gözetten bir anlayışla mali denetimin yanı sıra, teknik olarak da denetlenmesine imkan veren düzenlemeler bir an önce yürürlüğe konmalıdır.
15. Doğal gazın kentlerde ve sanayide kullanımının yaygınlaşmasının yanı sıra, yeni tesis edilecek santrallerde yakıt olarak kullanılmasıyla, doğal gaz talebinin daha da artacağı tahmin edilmektedir.

Doğal gaz tüketim artışıdaki en büyük etken, elektrik enerjisi üretiminin yaygın bir biçimde doğal gaza dayandırılmasıdır. Elektrik üretimi içinde doğal gazın payı bugünkü %50'lerden kademeli olarak önce %40'lara, daha sonra %30'lara ve nihai olarak %25'ler düzeyine mutlaka düşürülmelidir. Elektrik üretiminde hidroliğin payının %25, kömür ve doğal gazın payının %60, rüzgar-jeotermal-güneş-biyoyakıt-vb. yenilenebilir enerji kaynaklarının payının %15 olmasını hedefleyen politikalar uygulanmalıdır.

16. Termik santrallerimizde gerekli bakım, onarım, iyileştirme, kapasite artırımı çalışmaları hızla sonuçlandırılmalı çevre kirliliğini önleyecek önlemler alınmalı, bu santraller tam kapasitede çalıştırılmalıdır. Revizyon, bakım ve onarım çalışmaları hızla sonuçlandırılmalı, atıl durumdaki kapasiteler devreye alınmalı, kömüre dayalı termik santrallerin teknik verimleri ve emre amadeliği yükseltilmelidir. Öte yanda kamu kaynakları kullanılarak rehabilite edilen santrallerin özelleştirilmesi uygulamasına son verilmelidir.
17. Hidroelektrik, yerli ve yenilenebilir bir kaynak olarak stratejik özelliği ile enerji alanındaki bağımlılığı azaltacaktır. Türkiye'nin önemli, temiz ve yenilenebilir enerji kaynağı olan hidroelektriğin, yukarıda açıklanan karakteristik ve faydaları da göz önüne alınarak bir an önce geliştirilmesi ve bu amaçla yeni HES'lerin yapımına destek verilmesi, teşvik edilmesi gerekmektedir.
18. Kamunun devam eden hidrolik santraller projelerinin gerekli kaynaklar aktararak hızla sonuçlandırılması sağlanmalıdır. EPDK, lisans verdiği santrallerin yapım çalışmalarının öngörülen süre içinde sonuçlanıp sonuçlanmadığını denetlemelidir.
19. Mevcut sulama amaçlı barajların rezervuarlarında mevcut bulunan küçük HES potansiyeli değerlendirilmelidir. İşletmede olan ve enerji üretimi amacıyla barajlarda enerji üretebilme imkanları araştırılmalıdır.
20. Kurulu gücümüzdeki atıl potansiyelin puant saatlerde değerlendirilmesi ve rüzgar/güneş gibi değişken kaynaklardan daha çok yararlanılması amacıyla, pompalı hidroelektrik santral uygulamaları başlatılmalıdır. Böylece, farklı yüksekliklerdeki rezervuarlar arasında suyu taşıyarak pik saatlerdeki talebi karşılamak için elektrik depolamaya imkan veren bir üretim uygulaması mümkün olabilecektir.
21. Rüzgar enerjisi potansiyelinin tamamından yararlanılması amacıyla teknik ve ekonomik sorunları, çözümleri ve yol haritalarını ortaya koyan bir Rüzgar Enerjisi Stratejisi Planı hazırlanmalıdır. 48.000 MW kapasitenin devreye girmesine çalışılmalıdır. Şebekeye bağlanma ve sistem dengesi konusundaki sorunlar teknik olarak incelenmeli, bu konudaki problemler gerekirse AR-GE destekleri ile çözümlenmelidir.
22. Rüzgar enerjisi ile ilgili konularının detaylı bir şekilde incelendiği (ölçüm, fizibilite hazırlama, kanat ve türbin testleri v.b.) standartlara uygun bir rüzgar enerjisi laboratuvarı kamu sektöründe kurulmalıdır. Rüzgar enerjisi bu laboratuvarla birlikte kamu tarafında sahipli bir hale getirilmelidir. Rüzgar ölçüm cihazlarının ülkemizde üretilmesi için gerekli adımlar bir an önce atılmalıdır.
23. Jeotermal kaynaklı elektrik üretimi için mevcut 500 MW kapasite değerlendirilmelidir. Jeotermal su kaynakları değerlendirilerek on binlerce evin jeotermal sıcak su ile ısıtılması sağlanmalıdır. Jeotermal kaynakların yoğun kentsel yerleşkelerin bölgesel ısıtılmasında öncelikle kullanılmasının zorunlu olması yönünde politikalar geliştirilerek yasa ve mevzuatlara yansıtılmalıdır. Jeotermal kaynağın entegre kullanımı ile doğrudan ve dolaylı yararlanma olanakları optimize edilerek maksimum fayda sağlanmalıdır.
24. Konutlarda tüketilen enerjinin % 80'i ısınmaya harcanmaktadır. Bu nedenle güneş mimarisi önemsenerek uygulanmalı, öncelikle büyük şehirlerden başlanarak yeni yapılmakta olan binalarda yönlendirme ve yalıtıma büyük önem verilmeli, ek maliyet getirmeden % 30'lara varan ısı kazancı

- sağlayan mimari özellikler kullanılmalıdır. Bu konuda ilgili meslek odaları ile işbirliği yapılarak bilinçlendirme kampanyaları düzenlenmelidir.
25. Bol güneş alan ülkemizde güneş kolektörlerinin tüm binalarda kullanımının zorunlu hale getirilmesi ve desteklenmesi ile binaların sıcak su ihtiyacının önemli bir bölümü güneş enerjisi ile karşılanmalıdır. İlgili yasa ve yönetmeliklerde, gerekli düzenlemeler yapılmalıdır. Güneş kolektörlerinin kullanımında, tüketici bazında (düşük KDV, ucuz kredi vb) teşvikler uygulanmalıdır.
 26. Güneş enerjisi sistemlerinin testlerinin yapıldığı akredite laboratuvarların ulusal düzeyde oluşturulması, mevcutların iyileştirilmesi ve yaygınlaştırılması için ilgili taraflarca gerekli çalışmalar yapılmalı, yurt dışındaki laboratuvarlara ödenen test ücretlerinin yurt içinde kalması sağlanmalıdır.
 27. Güneş enerjisinden yararlanma konusunda teşvik edici politika oluşturulmalı, önümüzdeki yıllarda kuruluş maliyetleri düşeceği tahmin edilen fotovoltaik pillerin (PV) yerli üretimi için sektördeki gelişmeler izlenerek AR-GE çalışmalarına hız verilmelidir. PV Güç Sistemlerinde (PVGS) maliyetlerin düşürülmesi için, ETKB, üniversiteler, ilgili sektör temsilcileri, DPT, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Sanayi ve Ticaret Odaları ve Meslek Odalarının temsilcilerinin katılımı ile ulusal düzeyde stratejik bir eylem planı geliştirilerek uygulamaya konulmalıdır. Güneş enerjisine dayalı elektrik alımında yüksek fiyatlar uygulanarak, bu tarz üretim teşvik edilmelidir.
 28. Petrol ithalatını azaltacak, yerli yağlı tohum tarımını geliştirecek, kırsal kesimin sosyo ekonomik yapısını ve yerel sanayi olumlu yönde etkileyecek yerli biyo yakıt üretimi ve kullanımı desteklenmelidir. Türkiye’de taşımacılıkta ve askeri taşıtlarda kullanılan biyodizel veya dizel-biyodizel karışımı yakıtın üretimi ve kullanımı çeşitli yasal teşviklerle desteklenmelidir.
 29. Yurt dışından tohum ve biyodizel girişi engellenmeli ve yurt içi üretim gıda ihtiyacını sekteye uğratmayacak ve orman alanlarına, biyolojik çeşitliliğimize zarar vermeyecek şekilde desteklenmelidir. Bu uygulamada biyodizel ve tohumların değişik isimler altında (örneğin kanola, kolza; biyodizel, yağ asidi metil etil esteri, yağ asidi etil esteri gibi) ülkemize giriş yapılmasını engelleyecek düzenlemelerin yapılması gereklidir.
 30. Ülkemizde emisyon emen alanlar olan ormanların artırılması çalışmalarının sistematik bir şekilde başlatılması ile CO₂ emisyonunun azaltılması hedeflenmelidir. Odun ile ısınmanın yaygın olduğu ülkemizde ormanların kurtarılması için enerji ormanları uygulamaları gündeme getirilmelidir. Orman alanlarındaki köy ve kasaba evlerinin daha az yakıtla ısınacak şekilde rehabilitasyonunun yapılması için teknik ve mali destek sağlanmalı ve yakıt verimliliği yüksek çok amaçlı sobaların geliştirilmesi ve kullanımının yaygınlaştırılması için çalışmalar yapılmalıdır.
 31. Binalarda mimari tasarım, ısıtma/soğutma ihtiyaçları ve ekipmanları, yalıtım ihtiyaçları ve malzemeleri, elektrik tesisatı ve aydınlatma konularında normları, standartları, asgari performans kriterlerini ve prosedürleri kapsayan yönetmelikler; EİE, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı ve Meslek Odalarının katılımıyla hazırlanarak yürürlüğe konulmalı, uygulamalar denetlenmelidir.
 32. Enerji tasarrufunu sağlayıcı politika ve zorunlu uygulamalar yürürlüğe konulmalıdır. Elektrikte % 15'lere varan kayıp ve kaçak oranını azaltacak yatırımlar hızla yapılmalıdır. Enerji tüketiminde tasarrufu teşvik edici uygulamalara gidilmelidir. Tasarruf ve verimlilik konularında gerekli hukuksal düzenlemeler yapılmalıdır.
 33. Enerji santralleri konusunda ülkemize uygun teknoloji geliştirilmeli, projelendirme ve tasarım konularına destek verilmelidir. Ülkemizde yeterli ve donanımlı teknik eleman ve iş gücü bulunmasına rağmen projelendirme ve tasarım konularında yabancı firmalara büyük bedeller ödendiği, özellikle hidroelektrik enerji santrallerinin elektromekanik teçhizat bedeli olan % 18 ile % 26 arası bir bedelin proje ve tasarım ücreti olarak yabancı firmalara ödendiği ve enerji yatırımlarındaki rakamlara göre bu tutarların milyarlarca dolara ulaştığı dikkate alınarak, bu

durumun aşılması için üniversite ve sanayi işbirliği ile proje-tasarım konularında çalışılmalı, gerekli mali destek devlet tarafından sağlanmalı, yatırımlarda yerli sanayinin oranı artırılmalıdır.

34. Ülkemizdeki elektromekanik imalatların uluslararası standartlara uygunluk testlerini yapabilecek bölgesel laboratuvarlar kurulmalıdır. Bu konuda AR-GE çalışma grupları oluşturulmalı, üniversitelerle işbirliği içinde projeler üretilmelidir. Seçilecek olan hedef ürünler için oluşturulacak AR-GE'ye imalatçı kârlarından ayrılacak bir fon ile kaynak temini sağlanmalıdır. Onaylı üretici şartnamesi ve akredite olmuş özerk laboratuvarlar vasıtası ile de kalite yönünden ilerleme sağlanmalıdır.
35. Enerji üretiminde yerli teknoloji, makina, ekipman üretim çalışmaları desteklenmelidir. Rüzgar türbinlerinin, hidrolik türbinlerin, jeotermal enerji ekipman ve cihazlarının, termik santral kazan ve ekipmanlarının Türkiye'de üretimine yönelik çalışmalar bir Master Plan dahilinde ele alınmalı, yerli üretim desteklenmelidir. Bu amaçla üniversitelere destek sağlanmalı, konuyla ilgili lisans sonrası çalışmalar (master, doktora vb.) teşvik edilmelidir. Yenilenebilir enerji için enerji kaynaklarının yoğun olduğu bölgelerde örneğin rüzgar enerjisinin yoğun olduğu Ege bölgesinde TÜBİTAK bünyesinde Rüzgar Teknolojisi Geliştirme Merkezi, gibi merkezler açılarak araştırmalar devlet tarafından finanse edilmelidir.

KAYNAKÇA

1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları MMO Raporu
2. Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Verimliliği MMO Raporu
3. Türkiye' nin Doğal Gaz Temin ve Tüketim Politikalarının Değerlendirilmesi MMO Raporu
4. DEK-TMK 2007-2008 Enerji Raporu

ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİNİN İSTİHDAMA KATKISI

Tülin KESKİN

TMMOB Makina Mühendisleri Odası Enerji Verimliliği Danışmanı

Giriş

Enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji son on yılda ağırlıklı olmak üzere, tüm ülkelerin enerji politikalarının merkezinde yer almaya başlamıştır. Büyük boyutlu enerji yatırımları için finansman imkanlarının daraldığı veya maliyetinin yükseldiği bu dönemde, talebi karşılamak üzere ayrılan finansmanın dışsal katkılarının da ne boyutta olacağı da önemli bir husus haline gelmiştir. Çevresel yarar en önemli dışsal etki veya maliyet kabul edilirken, yatırımlarda ilave olarak elde edilecek ekonomik ve sosyal yararlar da göz önünde tutulmaktadır.

Enerji Verimliliği

Enerji verimliliğinin ne kadar çok yönlü, çok boyutlu yararlarla sahip olduğu, son yıllardaki yayınlanan enerji stratejileri ve raporlarında açıkça görülmektedir. Enerji verimliliğinin artırılması; enerji güvenliğine, iklim değişikliği etkilerinin azaltılmasına ve ekonomiye olan katkıları nedeniyle ile öne çıkarılırken istihdam üzerindeki olumlu etkisi de son birkaç yıldır konu edilmeye başlanmıştır.

Avrupa Birliğinin Büyüme ve İstihdam Stratejisi, ki bu Lizbon Stratejisi¹ olarak adlandırılmaktadır, AB nin 2007-2013 Uyum (Cohesion) politikasının çekirdeğini oluşturmuştur. Lizbon stratejisi gereğince atılan her adımın istihdam ve ekonomiye etkisi hesaplanmaktadır. Enerji verimliliği faaliyetleri ve yenilenebilir enerjinin kullanılması; çevrenin iyileştirilmesi kapsamında AB ve üye ülkeler tarafından aynı zamanda ciddi bir istihdam imkanı olarak görülmektedir. 2006 Avrupa Komisyonu tebliği; çevrenin korunması için yürütülen inisiyatiflerin ki bunun da ağırlıklı olarak enerji verimliliğinden kaynaklanacağı belirtilmektedir, büyüme, rekabetçilik ve istihdama önemli katkı sağlayacağını vurgulanmıştır. AB de enerji tasarrufunun karşılığı yeni istihdam olarak ta hesaplanmış durumdadır ve 1 milyon TEP tasarruf edilen enerjinin 2000 kaliteli ve tam zamanlı iş yaratabileceği tahmin edilmektedir. AB, 2020 yılında geri kazanmayı hedeflediği enerji tasarrufu potansiyelinin 1 milyon yeni iş imkânı doğuracağını belirlenmiştir. Yine AB15 de Binalarda Enerji Performans Direktifi uygulamaları nedeniyle yılda 30.000 – 90.000 adam-yıl arasında iş potansiyeli yaratması beklenmektedir.

Amerikanın Kalifornia Eyaleti enerji verimliliğinin artırılması amacı ile 1972 yılından bu yana sürekli olarak gayret göstermiş dünyada ve Amerika daki en önemli bölgelerden birisidir. Enerji verimliliği konusunda binalar ve elektrikli ev aletlerinde standartlarda sürekli iyileştirmeler sağlayarak geçtiğimiz 30 yıl içinde ülkenin kişi başına elektrik tüketimi % 50 artarken Kalifornia da kişi başına elektrik tüketimi %30 artmıştır. Tasarrufun karşılığının 12 000 MW puant sattuherde ihtiyaç duyulan kurulu güç ve her yıl 40 000 Gwh elektrik tasarrufu olduğu hesaplanmıştır. Kalifornia Enerji Komisyonu'nun yaptığı çalışma ve analizler sonucunda toplam 56 milyar dolar tutarında gaz ve elektrik tasarrufu sağlandığını belirlenmiştir. 2013 e kadar ilave 23 milyar dolar daha ek tasarrufun sağlanması beklenmektedir.

¹ Investing in Environment as a Way to Stimulate Economic Growth and Employment, REC March 2008

Amerikada 500 sektör girdi ve çıktı açısından sürekli izlenmektedir. Sermaye yoğun olan enerjinin arz tarafında yani, rafineriler, elektrik üretimi faaliyetleri, enerji sektörünün tüketim tarafına göre oldukça düşük iş yaratma kapasitesine sahip olduğu görülmüştür. 1972-2006 yıllarını değerlendiren çalışmanın sonuçlarına göre, enerji tüketimindeki azalma iş kayıplarına yol açsa da binalarda enerji verimliliğinin artırılması için sadece Kaliforniya da 1 463 611 net iş yaratılmış, hane halkının enerji harcamalarında önemli bir düşüş sağlanmıştır. Ayrıca daha az enerji tüketen alanlara doğru bir işgücü kayması sonucunda Eyaletin enerji yoğunluklarında da azalma gerçekleşmiştir.² Yenilik (innovation) ve teknolojik değişim sonucunda geçmiş yıllardaki enerji verimliliği trendinin, yıllık % 1 in (ilave olarak) üzerine çıkılması mümkün görülmektedir. Bu şekilde iklim değişikliği planında öngörülen Sera Gazı emisyon azaltma planının uygulanması, Eyaletin gayrisafı hasılasına 76 milyar dolar (hane halklarına geliri net yansıması 48 milyar dolar) artış sağlaması beklenmekte ve 403 000 enerji verimliliği ve iklim değişikliği odaklı yeni iş sayısına ulaşılacağı hesaplanmaktadır.

Ülkemizde de enerji verimliliği potansiyelinin en az % 25 olduğu bir çok yönden yapılan analizlerle görülmektedir. Yaklaşık olarak 25 milyon TEP olarak hesaplanabilen tasarruf potansiyeli için Avrupa Birliğinin her 1 milyon TEP enerji tasarrufu için 2000 tam zamanlı iş gösterge rakamları kullanması durumunda söz konusu potansiyel rakamı 50 000 tam zamanlı işi tanımlamaktadır. 2-3 katı yan işlerle birlikte istihdamın 150 000 lere ulaşabileceğini söylemek mümkündür. İşsizliğin özellikle yüksek tahsilli teknik eğitim almış gençler arasında büyük sorun olduğu günümüzde bu çok değerli bir istihdam kaynağıdır.

Yenilenebilir Enerji

Yeni teknolojinin çok hızla geliştiği ve kurulu güçlerin ve kullanımların çok arttığı yenilenebilir enerjide aynı şekilde hızla artan bir istihdam talebi oluşmaktadır. Bu talep AR-GE elemanlarından başlayarak yatırımlardaki vasıfsız işçiye kadar geniş bir alanda oluşmaktadır.

AB, 2001 yılında yayınladığı yenilenebilir enerjiden elektrik üretimi konusundaki direktif ile yenilenebilirin elektrikte % 15.2 olan payının %21 e çıkarılmasını hedeflerken yayınladığı Beyaz Tebliğ de toplam YEK yatırımı 2010 na kadar 165 milyar Euro ya ulaşacağı belirtmiştir. Bu büyüme senaryosunun 500 000 ile 900 000 arasında iş kazandıracağı tahmin edilmiştir.

2007 yılına gelindiğinde yenilenebilirdeki küresel cironun bir önceki yıla göre %100 artarak 70 milyar dolara ulaştığı görülmektedir.³ Yenilenebilir enerjideki teknoloji ve sanayi dallarının %20-60 arasında büyüme göstererek yatırımcıların daha da fazla bu alana ilgi gösterilmesine sebep olmaktadır.⁴ Bu boyuttaki yatırımın sağlayacağı istihdamın da çok önemli boyutta olacağı çeşitli ülkelerdeki yenilenebilir sanayi ile ilgili bilgilerden anlaşılmaktadır. Global olarak 2006 da yenilenebilir enerji sanayi ve ilgili sektörleri 2.4 milyon insanın istihdamını sağlamıştır.

Örneğin elektrik enerjisinin %18 ni rüzgar enerjisinden karşılayan Danimarka aynı zamanda karasal rüzgar türbinlerinin %40ı ve deniz kıyısı türbinlerin de %90 pazar payına sahiptir. Danimarka'da bu sektörde 20 000 kişi istihdam edilmektedir. Los Angeles te yeşil enerji yatırımlarının çok ciddi bir istihdam kaynağı olacağı belirlenmiş ve her 10 MW güneş yatırımı için 200-300 kişi için yeni istihdamın yaratılması beklenmektedir.

Son çalışmalarla yılda 170 milyar kWh elektrik üretim kapasitesine sahip olduğu tahmin edilen Türkiye hidroelektrik potansiyelinin 47 milyar kWh'lik bölümü işletmede, 21 milyar kWh'lik kısmı ise yatırım

² Energy Efficiency, Innovation, and Job Creation in California, David Roland-Holst, October 2008, Center For Energy, Resources, And Economic Sustainability, (CERES)

³ Global Energy [R]Evolution, A Sustainable Global Energy Outlook

⁴ Renewables 2007 Global Status Report

aşamasındadır.Ülkemizin 2008 elektrik üretiminin yarısından fazla bir kapasite olan 102 milyar kWh’lik kısım ise değerlendirmeyi beklemektedir.

48.000 MW’lik rüzgara dayalı elektrik üretim kapasitesinin, EİE verilerine göre işletmede olan bölümü 333.35 MW, inşa halindeki bölümü ise 142.80 MW’dır.Türbin tedarik sözleşmeleri imzalanan projelerin toplamı ise 1 070 MW’ye varmaktadır.Lisans verilen bütün projelerin toplamının 3 274 MW,başvurusu uygun bulunan projelerin ise 1 156.70 MW olduğu göz önüne alındığında, 48 000 MW’lik kapasitenin %90 nı halen değerlendirmeyi beklediği görülmektedir.

Halihazırdaki kapasitesi 500 MW olarak hesap edilen, yeni sondajlarla 2 000 MW’ye çıkması beklenen jeotermale dayalı elektrik üretim kapasitesine karşılık lisans alan yatırımların kurulu gücü yalnızca 94.4 MW’dır.

EİEİ tarafından yapılan çalışmalarda, teknik kapasitesi 405 milyar kWh, ekonomik potansiyeli 131 milyar kWh olarak tahmin edilen, güneşe dayalı elektrik üretim kapasitesi de bütünüyle değerlendirilmeyi beklemektedir.

Görüldüğü gibi ülkemizde yatırım için bekleyen önemli boyutta yenilenebilir enerji yatırımı mevcuttur. Bu yatırımlar için projesinden başlayarak gerekli teçhizatın ülke içinde üretilmesi, bakım ve onarımın yapılması ve bu tesislerin işletilmesi ciddi bir istihdam yaratacaktır.

ENERJİ VERİMLİLİĞİ MEVZUATINDA ODAMIZIN YERİ VE GÖREVLERİ

Şuayip YALMAN

TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu Başkan Vekili

Giriş

Enerji verimliliği kapsamındaki konular Makine Mühendisliği meslek disiplinin önemli çalışma alanını teşkil etmektedir. Bu nedenle 2 Mayıs 2007 tarihinde 26510 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ve bağlı yönetmeliklerinin tasarı sürecinin her aşamasında Odamız görüş ve önerileri ile süreçte etkin katılımcı olmuştur. Bu süreçte Odamız, hem meslek alanımızdaki bu kapsamda olan faaliyetlerin, uzman makine mühendisleri tarafından yapılması konusunun göz önünde tutulması hususunda ısrarcı olmuş, hem de uzmanlık gerektiren konularda kamu yararı açısından bilimsel katkı sağlamıştır. Örneğin Bina Enerji İkincil mevzuat hazırlanması aşamasında “Performans Değerlendirme Metodu” oluşturulması konusunda bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Odamızın mevzuat hazırlanması sürecinde belirttiği önerilerinin bir bölümü bu çalışmalara yansımaya da kanun ve yönetmelikler önemli bir başlangıç ifade etmekte ve enerji verimliliğinde yeni bir sayfa açmaktadır. Meslektaşlarımızın hizmetine daha fazla başvurulacak bir dönemin kapıları aralanmıştır.

Enerji Verimliliği Mevzuatındaki MMO İlgilendiren Hususlar

Enerji Verimliliği Kanunu ve ilgili yönetmelikleri Odamıza kurumsal olarak ta etkin rol alma fırsatı sağlamıştır. Kanun yetkilendirmeler başlığı 5. Maddesi Üniversitelere meslek odalarına (MMO ve EMO) enerji yönetici için teorik ve uygulamalı eğitim yapabilmeleri ve şirketleri yetkilendirmeleri görevini vermektedir. Ayrıca Kanun Enerji Verimliliği çalışmalarının ülke genelinde tüm ilgili kuruluşların katılımıyla etkin olarak yürütülmesi için kurul oluşumuna yer verilmiştir. Enerji Verimliliği Koordinasyon Kurulunda TMMOB’den de bir temsilci bulunmaktadır.

Kanuna bağlı olarak 25.10.2008 tarihinde çıkartılan “Enerji Kaynaklarının ve Enerji Kullanımında Verimliliğin Arttırılmasına Dair Yönetmeliğin” 10. Maddesi mevcut tesislerin işletilmesinde yeni tesislerin kurulmasında, kapasite artırımı ve modernizasyon çalışmalarında enerji yöneticilerin enerji etütlerinde ve Verim Arttırıcı Projelerde aşağıdaki önlemler öncelikle dikkate alınmaktadır denmektedir.

Bu başlıklar ise;

Yakma sistemleri, ısıtma, soğutma , iklimlendirme ve ısı transferi de en yüksek verimin elde edilmesi, sıcak ve soğuk yüzeylerin ısı yalıtımı, atık ısı geri kazanımı, ısıtının işe dönüştürülmesiyle verimliliğin artırılması, istenmeyen ısı kayıpları veya ısı kazançları en alt düzeyde olacak şekilde projelendirilmesi, Yenilenebilir enerji , ısı pompası ve kojenerasyon uygulamaları gibi hususları kapsamaktadır. Bu konular zaten enerji verimliliği açısından ele alınmamış bile olsa Makina Mühendisliği meslek disiplini içerisinde yer almaktadır. Bu nedenle meslektaşlarımızın bu projeler altında imzası olması kaçınılmazdır. İlerleyen dönemlerde bu konulardaki yetkinliklerin arttırılması için bu alanda çalışan tecrübeli ve profesyonel kişilerden destek alınarak VAP projeleri hazırlamak üzere eğitimler verilmesi de planlanmaktadır.

Yönetmeliğin Enerji yöneticisi görevlendirilmesi ve enerji yönetim birimi kurulması başlıklı bölümünde;

“ Toplam inşaat alanı en az yirmi bin metrekare veya yıllık toplam enerji tüketimi beşyüz TEP ve üzeri olan ticari binaların ve hizmet binalarının yönetimleri ile toplam alanı en az on bin metrekare veya yıllık toplam enerji tüketimi iki yüz elli TEP ve üzeri olan kamu kesimi binaların yönetimleri, bina sahipleri enerji yöneticisi görevlendirir ve şirketlerden veya enerji yöneticilerinden hizmet alır” denilmektedir. Ve yine aynı yönetmeliğe göre yıllık enerji tüketimi bin TEP’ten az olan endüstriyel işlemlerde Organize Sanayi bölgelerinde enerji yönetim birimi kurulması gerekmektedir.

Bu hükümler doğrultusunda sanayi tesislerinde, büyük bina işletmelerinde organize sanayi bölgelerinde enerji yönetimi teknikleri konusunda aldıkları eğitimler sonrasında iki yıl ve üzerinde mesleki tecrübeye sahip odamıza kayıtlı Makine Mühendisleri de öncelikli olarak enerji yöneticisi olarak görev yapabilecektir.

Bu çerçevede Odamız yetki olarak; üyelerini ve talep olması durumunda diğer TMMOB üyesi mühendisleri eğiterek enerji yöneticisi sertifikası verebilecektir. Elektrik Mühendisleri Odası ile birlikte bu yetkiyi almak üzere hazırlık ve girişimler Genel merkezimiz tarafından tüm odalarımızı kapsayacak şekilde sürdürmektedir. Yetki alınmasını takiben hemen ilk kurs düzenlenecektir. Mayıs Haziran aylarında düzenlenebileceği tahmin edilen kursun yönetmelik gereklerini karşılamaşının yanı sıra enerji verimliliğinde güncel uygulama ve bilgileri de içermesi planlanmaktadır.

Enerji verimliliği konusunda danışmanlık, eğitim, etüt ve uygulama hizmetlerini yürütmek üzere kanunda Şirket tanımına yer verilmiştir. Şirketlerin de yine EİE veya MMO, EMO ve üniversiteler gibi yetkilendirilmiş kurumlar tarafından düzenlenecek yetki belgesine sahip olması şartı getirilmiş ve şirketlerde makina mühendisi çalıştırılması zorunlu kılınmıştır.

Odamız Serbest Müşavirlik Mühendislik Hizmetleri mevzuatı kapsamında serbest çalışan Makine Mühendislerini uzun senelerdir denetlemektedir. Odamız bu konudaki tecrübe birikiminden de yararlanarak yapılacak bazı uyarlamalarla yetkilendirilmiş şirketlerin mesleki denetimlerini kolayca izleyebilecektir. Bu konuda yeni formatlar geliştirilmesi planlanmaktadır.

5 Aralık 2008 tarihinde bir yıl sonunda yürürlüğe girmek üzere yayınlanan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği Enerji kimlik belgesi vermeye yetkili kuruluşları “Yeni tasarlanan binalar için binanın ısıtma ve/veya soğutma ve/veya ısı yalıtım projesini hazırlayan gerçek ve tüzel kişileri, mevcut binalar için Enerji Verimliliği Danışmanlık Şirketlerini” ifade eder” şeklinde tanımlamıştır.

Binalarda enerji kimlik belgesi vermeye yetkili kuruluşlar tanımlanırken yetkilendirme ile ilgili olarak tüm üyelerinin meslek içi eğitim ve belgelendirme işlerini TÜRKA’K’dan aldığı Personel Belgelendirme yetkisi çerçevesinde üslenen, üyelerinin sicillerini tutan TMMOB Makine Mühendisleri Odasından söz edilmemiştir. Binaların ısıtma, soğutma veya ısı yalıtım hesap ve projesinin hazırlanması makine mühendisliği meslek disiplini içindedir. Serbest faaliyet gösteren bütün makine mühendislerinin uzmanlık, eğitim ve belgelendirme işlerinin yürütüldüğü tek yer Makine Mühendisleri Odasıdır. Uzmanlık gerektiren işlerle ilgili yetkilendirme ve belgelendirme işlerinin odaya verilmemesi, bu alanda yapılacak çalışmalarda boşluğa, denetimsizliğe ve kamusal anlamda zarara yol açacaktır.

Bu nedenle bu belgelerin tanzimi Enerji Verimliliği Danışmanlık Şirketleri yerine, bu konuda uzman ve yetkili kuruluş olan Bayındırlık ve İskan Bakanlığının belirleyeceği çerçevede ve formatta Odamız tarafından eğitilmiş ve belgelendirilmiş makine mühendisleri tarafından yapılmalı ve Bayındırlık İskan Bakanlığınca Yapı Denetim Kuruluşları gibi izlenmelidir. Bu çalışmaların Enerji Verimliliği Danışmanlık Şirketleri tarafından yapılması, yönetmelikten (BEP) sorumlu kuruluş olan Bayındırlık ve İskan Bakanlığının etki ve izleme alanının dışına taşınacağından yönetmeliğin başarısını etkileyecektir.

Yine BEP yönetmeliğinde “Isıtma sistemleri uygulama esasları” başlıklı 14. maddesinin 2. fıkrası “Kazanlardan biri işletme döneminin başlangıcında diğeri ortasında olmak üzere yılda en az iki kez baca gazı analizi, bir kez de sistem bakımı yaptırılır. Sistem performansının kontrolü yapılarak raporlanır.” denmektedir.

Baca analizlerinin ve sistem bakımının Makine Mühendisleri Odasından yetki almış mühendis ve servislere yaptırılması gerektiği hususu Bayındırlık ve İskan Bakanlığınca bir tebliğ ile mutlaka belirtilmelidir. Baca ve sistemin diğer unsurları ile ilgili sorunlar can güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu cihazların kullanımı konusunda halk yeterli bilince sahip değildir. Ülke genelinde bu sistemlerin bakım, onarım, denetim ve kontrol mekanizmasının kurulması gerekmektedir. Raporları MMO tarafından bu konuda verilen eğitimlerden geçerek yetkilendirilmiş oda üyesi Makine Mühendisi tarafından yapılması ve raporunun bir nüshasının arşivlenmek üzere, incelemenin yapıldığı bölge veya ildeki MMO şubesine gönderilmesi gerekli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca doğalgaz yakan ev tipi kazanların yılda iki kez test edilmesi hiç rasyonel değildir.

BEP yönetmeliği “Isıtma sistemleri uygulama esasları” başlığı altında “Kazanların yakıt cinsine göre dönüşümlerinin verimlerinde düşüşe sebep olacak ise bu dönüşümler yapılmaz. Yapılacak kazan dönüşümlerinde, kazan verimleri dönüşüm öncesinde ve sonrasında raporlanmalıdır şeklinde ifadeler vardır ve ayrıca “Isıtma sisteminde kullanıl an katı yakıtlı kazanlardan 15 yılını, sıvı ve gaz yakıtlı kazanlardan 20 yılını dolduran kazanların değişimleri şarttır” şeklinde hükümler içermektedir. Bu konunun da kullanıcının inisiyatifine bırakılmayacak kadar önemli olduğu düşünülmektedir. Kazan verimleri dönüşüm öncesinde ve sonrasında yetkili Makine Mühendisi tarafından raporlanmalı ve değişim kararı Makine Mühendisleri Odasında onaylanmalıdır. Benzer olarak “Havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin değerlendirmesi de yapılmalıdır. Sonuçlar yıllık olarak MMO tarafından BİB’ye raporlanmalıdır.

Odamız enerji konusundaki bilimsel araştırmaları ve teknik uygulamaları “enerji ve enerji verimliliği etkinliklerinde ortaya koymaktadır. Enerji Verimliliği konusunda giderek artan sayıda, yurdun dört bir yanında bilimsel toplantılar, paneller, sempozyumlar ve kongreler yapmaya devam etmektedir. Buralarda üretilen görüşlerin ilgililerince dikkate alınacağına inanıyoruz. Etkinliklerden bazıları 6–9 Mayıs Tesisat Kongresi-İZMİR, Ekim Yeni Yenilenebilir Enerji Sempozyumu-KAYSERİ, 6–7 Kasım Güneş Enerjisi Sempozyumu-MERSİN’de yapılacaktır.

4.1. Oturum

Oturum Başkanı : Osman TEZGİDEN

Ulaşımda Enerji Verimliliği

- **Kubilay KAVAK** : ABD'deki Cafe (Birleşik Ortalama Yakıt Verimliliği) Standartlarının Değerlendirmesi
- **Şule KUŞDOĞAN** : Elektrikli Otomobillerde Enerji Depolama Sistemlerindeki Gelişmeler
- **Muhsin MAZMAN, Davut UZUN, Cem KAYPMAS, Sezer Köylü TOKGÖZ, Emre BİÇER, Alparslan YILDIZ** : Ulaşımda Enerji Verimliliği İçin Batarya Teknolojileri
- **Hamdi UÇAROL, Emre KURAL** : Ulaşımda Enerji Verimliliği için Hibrid ve Elektrikli Araçlar

ABD'DEKİ CAFE (BİRLEŞİK ORTALAMA YAKIT VERİMLİLİĞİ) STANDARTLARININ DEĞERLENDİRMESİ

Kubilay KAVAK

Planlama Uzmanı / Yüksek Mühendis

1. ULAŞTIRMADA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ÖNEMİ

Ulaştırma sektöründe ekonomik büyümeyi, çevresel gelişmeyi ve enerji güvenliğini birlikte sağlamaya yönelik çabalar pek çok hükümet tarafından temel amaç olarak benimsenmektedir. Sürdürülebilir bir ulaşım sağlamak ve bu temel amacı gerçekleştirmek üzere dünyadaki pek çok kuruluş çeşitli çalışmalar yapmaktadır. Bunda, ulaştırma sektöründe en çok kullanılan yakıt olan petrolün hızla tükenmesine karşılık, ülkelerin petrol bağımlılığında ciddi bir azalma beklenmemesi önemli bir rol oynamaktadır.

Yapılan analizler, petrol kullanımında ulaştırma sektörünün payının gittikçe büyüyeceğini ortaya koymaktadır. IEA verilerine göre, dünya petrol kullanımında ulaştırma sektörünün payı 1980 yılında %38 iken, 2006 yılında %52'ye çıkmıştır ve bu oranın 2030'da %57'ye ulaşacağı tahmin edilmektedir. OECD ülkelerinde ise, ulaştırma sektörünün petrol tüketimindeki payı 2006 yılında %57 olmuştur ve 2030 yılında %62'lik bir paya ulaşılması beklenmektedir.¹ Ulaştırma ile ilgili diğer bütün tahminler, petrol tüketiminin ve buna bağlı olarak karbondioksit emisyonunun artacağı yönündedir.²

Dünyanın petrol talebi hızla artarken, güvenilir petrol arz kapasitesi aynı hızda büyümekte, petrol güvenliği risk altında bulunmaktadır. Petrol ihracatçısı ülkelerdeki siyasî kargaşalar, bu ülkelerin petrol ihracatları ile silâhlanma harcamaları arasındaki neredeyse doğrusal bağlantı, petrol fiyatlarında yaşanan ve nasıl sonuçlanacağını kimsenin kestiremediği ürkütücü dalgalanmalar, rezerv istatistiklerindeki şüphe uyandırıcı oynamalar ve daha bir dizi faktör de, petrolle ilgili endişeleri artırmaktadır.³

Manzara böyle olunca, ulaştırmada enerji verimliliğini artırmak için pek çok alternatif politika önerisi gündeme gelmektedir. Bunların arasında ilk akla gelenler toplu taşımacılığın ve özellikle de raylı sistemlerin yaygınlaştırılması (toplu taşıma altyapısının genişletilmesi, toplu taşımın ucuzlatılması, modlar arası geçişe imkân verecek transit taşımacılığın geliştirilmesi, vb.), car-pooling⁴ uygulamasının genişletilmesi, evde çalışmanın özendirilmesi ve işe başlama saatlerinin kaydırmalı olarak planlanması, sürüş yasak ve sınırlamalarının getirilmesi (hız sınırlarının düşürülmesi, plaka numarasına göre trafiğe çıkış yasağı konulması, vb.), eko-sürüş konusunda ilerleme sağlanması olarak zikredilebilir.⁵ Diğer yandan araç ve yakıt teknolojilerine yönelik çeşitli düzenlemeler de (elektrikli araçlar, hibrid araçlar,

¹ IEA, 2008:99.

² Bir örnek olması açısından lütfen bkz.: EIA, 2006.

³ Kavak, 2007:2-7.

⁴ Bir arabaya birden fazla kişinin binmesini özendiren uygulama. Örneğin California'da 4-5 şeritli yollarda en sol şerit (yani trafiğin en hızlı aktığı şerit) sadece 3 ve daha fazla yolcu bulunduran araçlara tahsis edilmiştir. İki kişinin bindiği bir aracın bu şeritte seyretmesi ağır yaptırımlara tabidir.

⁵ IEA, 2005:16,17, vd.

etanol ve biyodizel kullanımı, CNG ve LPG'nin yaygınlaştırılması, yeni motor ve gövde dizaynları, vb.) ulaştırmada enerji verimliliğinin önemli bir parçası olarak değerlendirilmektedirler.

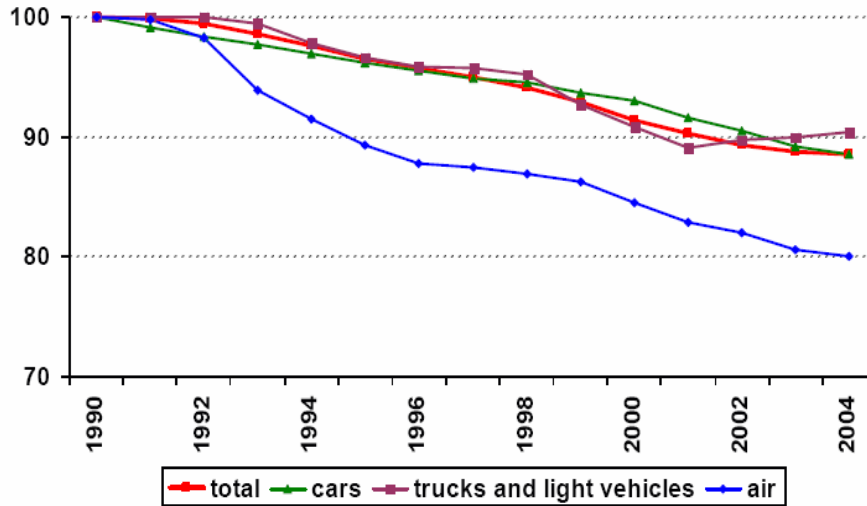
2. ÇEŞİTLİ YAKIT VERİMLİLİĞİ ÇALIŞMALARI

Yakıt verimliliğine yönelik hedefler, bazı ülkelerde devlet eliyle sürekli bir programa dönüştürülmüş durumdadır. Sözgelimi Japonya'da uygulamaya konulan "Top Runner" programı ile bütün arabalar için hedef değerler belirlenmiştir. Bu hedefler, otomobil imalatçılarının kilometre başına belli bir değer altında yakıt tüketen otomobil üretmeleri için yaptırımlar getirmiştir. Böylece verimli yakıt kullanımı için önemli adımlar atılmıştır. Bu uygulamayla ulaştırma sektöründeki yakıt verimliliği de izlenmektedir.⁶

Avrupa'da ise otomotiv endüstrisi, binek taşıtların karbondioksit salımını azaltmak (dolayısıyla yakıt verimini yükseltmek) üzere Avrupa Komisyonu ile 1998 yılında bir gönüllü anlaşma imzalamıştır. Avrupa otomobil imalatçıları birliği *Association des Constructeurs Européens d'Automobiles* (ACEA) ve bu birliğin üyeleri, AB'de satılan araçların karbondioksit salımlarını düşürmek üzere gönüllü bir çaba içerisine girmişlerdir. Yeni arabalarla birlikte gelen verimlilik artışı ise ODYSSEE kapsamında izlenmektedir. Böylece araba imalatçılarının gönüllü taahhütleri, araba sahipliğine getirilen vergiler, daha verimli araba alınması karşılığında sağlanan vergi indirimleri gibi teşviklerin toplam verimliliğe nasıl bir katkı yaptıkları görülebilmektedir.

Aşağıdaki şekil 1990-2004 yılları arasında Avrupa'daki ulaştırma enerji verimliliğinin nasıl düzenli bir şekilde (bu yıllar arasında %12) arttığını göstermektedir.⁷

Şekil-1: AB-25'te Ulaştırma Enerji Verimliliği Yönelimleri



Bunlardan başka, Kanada, Avustralya, Çin, Güney Kore ve Tayvan'da da çeşitli yakıt verimliliği programları uygulanmaktadır. Kanada'daki program, çalışmanın ilerleyen bölümlerinde anlatılacak olan ABD'nin CAFE programına çok benzemektedir. 1976 yılında gönüllü olarak başlatılan program, 1982 yılında bir kanunla legal zemine kavuşturulmuş olup halen gönüllülük esasında sürmektedir. Avustralya'da 1978, 1996 ve 2003 yıllarında olmak üzere toplam üç kez gönüllü programlar başlatılmıştır. Ancak bu programların zorlayıcı bir yanı bulunmamaktadır. Çin, Tayvan ve Güney

⁶ Kavak, 2005:54.

⁷ Lapillonne ve Pollier, 2007:5. Grafikteki binek araba (cars) verileri litre/km cinsinden, kamyonet ve hafif yük taşıtları (trucks and light vehicles) verileri kilometre başına TEP (ton petrol eşdeğeri) cinsinden, hava taşımacılığı (air) verileri yolcu başına TEP cinsinden, toplam (total) verilerine dahil edilen demiryolu ve su yolu verileri kilometre başına TEP cinsinden ve otobüs ve motosiklet verileri araç başına TEP cinsinden hesaplanmıştır.

Kore'deki programlar ise kanunla tespit edilen ve zorunlu indirimler öngören programlar olmaları itibariyle daha dikkate değer nitelikler taşımaktadır. Özellikle petrol talebi korkunç bir hızla büyüyen Çin'deki bu atılım dikkatle izlenmesi gereken ileri bir adımdır.

Yakıt verimliliğine yönelik en eski çalışma ABD'de başlatılmıştır. 2006 yılındaki bir konuşmasında Başkanı Bush'un "ABD'nin petrol müptelâsı olduğu"nu söylediği hatırlanırsa, bu çalışmaların neden ilk önce ABD'de başladığı sorusunun cevabı da bir nebze aydınlanmış olur. 2008 yılında toplam 7,09 milyar varil petrol tüketen ABD, bunun yaklaşık %57'sini ithal etmiştir.⁸ Üstelik bu trendin devam etmesi durumunda, ABD'nin 2025 yılına gelindiğinde petrolde %70 oranında dış bağımlı olacağı tahmin edilmektedir.⁹ ABD'de tüketilen petrolün neredeyse üçte ikisinin ulaştırma sektörüne gittiği de dikkate alınması gereken bir başka veridir.

Petrolle başı bu denli dertte olan ve petrol yüzünden pek çok ülkenin başını da derde sokmuş bulunan ABD'nin, yakıt verimliliğine yönelik olarak geliştirdiği zorunlu program, çalışmanın bundan sonraki bölümünde ayrıntılarıyla anlatılacaktır.

3. CAFE STANDARTLARI NEDİR?

ABD'de uygulanan CAFE (corporate average fuel economy – birleşik ortalama yakıt verimliliği) standartları, dünyada ilk kez yakıt verimliliği konusunda doğrudan bir düzenleme özelliği taşıması sebebiyle önemli bir programdır. ABD'de 1975 yılında kabul edilen bir kanunla, binek araçlar (passenger cars) ve hafif yük taşıtlarının (kamyonet, panelvan, SUV¹⁰ tabir edilen araçlar, vb.) yakıt ekonomileri iyileştirilmeye çalışılmıştır. Bu uygulamada, bir otomotiv imalatçısının ABD'de ürettiği herhangi bir yıla ait binek araçlar ile hafif yük taşıtları filosunun yakıt ekonomilerinin harmonik ortalamasına bakılmıştır.

CAFE standartlarıyla ilgili ilk uygulamaya 1978 yılında ve sadece yolcu taşıma amacıyla kullanılan binek araçlar için başlanılmıştır. Binek araçlar, "off-road (golf alanında, plajda, yarışlarda, vb.)'de kullanılan motorlu taşıtlar) amacıyla kullanılmayan ve 10'dan daha az yolcu taşımaya imkân veren araçlar" şeklinde tanımlanmıştır. (Kanunun yürürlüğe konduğu ilk yıllarda binek araçlar çok büyük oranda sadece otomobilleri kapsamıştır.) Ertesi sene, kapsam, hafif yük taşıtlarını da içerecek şekilde geliştirilmiştir. Hafif yük taşıtları, off-road amacıyla kullanılan araçlar ile brüt ağırlıkları 2.721 kg'dan (6.000 lb) daha az olup fiziksel özellikleri kamyonete benzeyen araçlar olarak tanımlanmıştır. Bu tanımdaki limit, 1980 yılında 3.855 kg'a (8.500 lb) çıkarılmıştır. Dolayısıyla Hummer ve Ford Excursion türünden büyük jip ve arazi araçları bu uygulamadan muaf tutulmuştur.

Hafif yük taşıtlarının CAFE standartlarına dahil edildiği yıllarda, "bu araçlar yakıt filosunun çok küçük bir kısmını oluştuyordu ve en bilinenleri temelde tarım amaçlı kullanılan pikaplardı. Ne var ki o günden bu güne binek araçlar ile hafif yük taşıtları arasındaki fark gittikçe belirsizleşmiştir. Otomotiv imalatçıları son yıllarda hem binek aracı hem de hafif yük taşıtı özelliği taşıyan melez araçlar üretmişlerdir. Öyle ki hafif yük taşıtı kapsamında olan minivan ve SUV tipi araçlar, artık çoğunlukla yolcu taşımacılığında kullanılmaktadır."¹¹

2007 sonunda Bush hükümeti tarafından çıkarılan "Enerji Bağımsızlığı ve Güvenliği Kanunu" (Energy Independence and Security Act), CAFE standartlarını revize etmiş ve -brüt ağırlıkları 4.535 kg'ı (10.000 lb) geçmedikçe- SUV ya da hafif ticari araç olarak tanımlanan kamyonet ve türevi araçlar için uygulanan muafiyetleri kaldırmıştır. Başka bir deyişle, yeni kanunda, binek araç ve hafif yük taşıtı

⁸ EIA, 2009:25.

⁹ WI ve CAP, 2006:7.

¹⁰ Sport utility vehicle - spor amaçlı taşıtlar.

¹¹ An ve Sauer, 2004:6.

arasındaki ayırım kaldırılmakta, dört tekerli ve 4.535 kg'dan hafif bütün araçlar aynı sınıf içinde değerlendirilmektedir. Diğer yandan kanun, kamyonetler ve kargo panelvanları için de 3.855 kg (8.500 lb) ağırlık limitine uyma zorunluluğu getirmiştir.

Yine aynı kanun, ABD'nin yakıt verimliliği standardının (binek araçlar ve hafif yük taşıtları karışık biçimde) 2020 yılında 35 mpg'ye çıkarılması hedefini koymuştur ki bu, yakıt ekonomisi standartlarında %40'lık bir artışa işaret etmektedir. Sistemin işleyişinin ve elbette 2020 yılı için konulan hedefin daha iyi anlaşılabilmesi için, her şeyden önce "mpg" tabirinin ne anlama geldiğinin bilinmesi gerekmektedir. Yakıt ekonomisinde temel birim "mpg" (miles per gallon) olup, bu birim, spesifik bir araç üzerinde bir galon (yaklaşık 3,78 litre) yakıt ile kaç mil (yaklaşık 1,61 km) gidildiğini göstermektedir.

Aşağıdaki tabloda, 1978'den bu yana bir firmaya ait araç filosunun tutturması gereken yakıt verimliliği standartları mpg cinsinden gösterilmektedir.¹²

Tablo-1: Yıllar İtibariyle Yakıt Verimliliği Standartları

Model Yılı	Binek Araç	Hafif Yük Taşıtı			Model Yılı	Binek Araç	Hafif Yük Taşıtı		
		İki Çekerli	Dört Çekerli	Birleşik			İki Çekerli	Dört Çekerli	Birleşik
1978	18,0	-	-	-	1993	27,5	-	-	20,4
1979	19,0	17,2	15,8	17,2	1994	27,5	-	-	20,5
1980	20,0	16,0	14,0	-	1995	27,5	-	-	20,6
1981	22,0	16,7	15,0	-	1996	27,5	-	-	20,7
1982	24,0	18,0	16,0	17,5	1997	27,5	-	-	20,7
1983	26,0	19,5	17,5	19,0	1998	27,5	-	-	20,7
1984	27,0	20,3	18,5	20,0	1999	27,5	-	-	20,7
1985	27,5	19,7	18,9	19,5	2000	27,5	-	-	20,7
1986	26,0	20,5	19,5	20,0	2001	27,5	-	-	20,7
1987	26,0	21,0	19,5	20,5	2002	27,5	-	-	20,7
1988	26,0	21,0	19,5	20,5	2003	27,5	-	-	20,7
1989	26,5	21,5	19,0	20,5	2004	27,5	-	-	20,7
1990	27,5	20,5	19,0	20,0	2005	27,5	-	-	21,0
1991	27,5	20,7	19,1	20,2	2006	27,5	-	-	21,6
1992	27,5	-	-	20,2	2007	27,5	-	-	22,2

Sistemin işleyişi şu şekilde olmaktadır: Eğer bir imalatçının spesifik bir yıla yönelik binek araç/otomobil ve hafif ticari araç üretim filosunun ortalama yakıt verimliliği belirlenmiş bir standardın altına düşüyorsa, söz konusu imalatçı standardın altında kalan her 0,1 mpg'lik kısım için 5,5 \$ cezaya maruz kalmakta, nihai ceza miktarı ise bahse konu miktarla imalatçının ABD iç piyasası için yaptığı toplam üretimin çarpılması sonucu hesaplanmaktadır.

CAFE uygulamasında, imalatçının her bir yıl için ürettiği araç filosu iki ayrı kapsamda ele alınmaktadır: yabancı ve yerli menşeli araçlar. Eğer bir aracın üretiminde ABD ile NAFTA üyesi Kanada ve Meksika ülkelerinin katkısı yüzde 75 ve üzerindeyse, bu araç yerli sayılmakta, aksi halde yabancı menşeli kabul edilmektedir. CAFE standardı, yerli ve yabancı menşeli filolar için ayrı ayrı uygulanmakta, her iki filonun da istenen standartları karşılaması beklenmektedir.¹³

Ulaştırma Bakanlığı (The Secretary of Transportation), CAFE standartlarının uygulanması işini Ulusal Karayolu Trafik Emniyeti İdaresi (NHTSA-National Highway Traffic Safety Administration)'ne vermiştir. NHTSA'nın görevleri arasında CAFE standartlarını belirlemek ve değiştirmek, CAFE prosedürlerini, tanımlarını ve raporlarını yayınlamak ve yürürlüğe koymak bulunmaktadır. NHTSA'nın, 2020 yılı hedefini tutturmak için, özellikle otomobillerde yıllardır sabit kalan standartları yükseltmesi beklenmektedir.

¹² NHTSA, "Automotive Fuel Economy Program: Annual Update Calendar Year 2003".

¹³ NHTSA, "CAFE Overview".

NHTSA, spesifik bir yıla ait standart rakamlarını 18 ay önceden belirlemekte ve duyurmaktadır. Böylece, otomotiv imalatçıları kendi araç filolarındaki gerekli değişiklikleri yapabilmek için yeterli zamana sahip olmakta ve dizaynlarını ona göre geliştirmektedirler. 2007 yılında çıkan Enerji Bağımsızlığı ve Güvenliği Kanunu, CAFE standartlarının yapısını, her yıla ait modellerde bir gelişme sağlayacak şekilde yeniden düzenlemiştir.

Kanunun getirdiği bir diğer önemli düzenleme, hafif yük taşıtları için yakıt ekonomisi standartlarında artık (2008-2011 dönemi başlangıç olmak üzere) “ayakizi” tabir edilen araç büyüklüğüne dayalı bir ölçünün kullanılacak olmasıdır. Ayakizi büyüklüğü, dingil mesafesi (ön ve arka teker merkez çizgileri arasındaki boylamsal mesafe) ile tekerlek izi genişliğinin (tekerler jantın üstüne oturtulduğunda zemine değen tekerlerin çizgileri arasındaki yanal mesafe) çarpımı sonucunda bulunmaktadır. Bir matematiksel formül kullanılarak ayakizindeki her birimlik artış için bir yakıt ekonomisi hedefi belirlenecektir. Büyük ayakizine sahip yük taşıtları (büyük yük taşıtları) için daha küçük hedefler öngören bu düzenleme, hafif yük taşıtlarına oranla daha çok sayıda ağır vasıta üreten imalatçılara toplamda daha düşük bir CAFE standardı getirmektedir. Ağır yük taşıtlarının, taşıdıkları birim yüke oranla daha yakıt verimli olmaları sebebiyle, hafif yük taşıtlarının verimliliklerinin artırılması daha önemli görülmüş ve düzenlemeler de bu amaca hizmet edecek şekilde yapılmıştır.

NHTSA’nın yayımladığı rapora göre, 2007’de 22,2 mpg olan hafif yük taşıtları için CAFE değeri, 2008-2010 arasında sırasıyla 22,5, 23,1 ve 23,5 olarak açıklanmıştır. Fakat bu geçiş süresi için öngörülen değerler olup, 2011’den itibaren hesaplamaların “ayakizi” yöntemine göre yapılacağı duyurulmuştur.¹⁴

Hafif yük taşıtları için getirilen bu düzenlemelerin otomobil imalatçılarını biraz zorlayacağı bugünden belli olmuştur. Otomobillerde yaygın biçimde kullanılan her bir silindire dört valf konulması türünden yakıt ekonomisini artırmaya yönelik tedbirler hafif yük taşıtları için de düşünülmeye başlanmıştır. İmalatçılar bunların perakende satış fiyatlarını nasıl etkileyeceğini, tüketicilerin bu fiyat farklılaşmasına nasıl tepki vereceklerini tartışmaktadırlar.¹⁵

4. CAFE DEĞERİNİN HESAPLANMASI

Filo yakıt ekonomisi, harmonik ortalama kullanılarak hesaplanmaktadır. Bilindiği üzere harmonik ortalama, sayıların çarpmaya göre terslerinin ortalamasının çarpmaya göre tersidir. Burada sayı olarak filodaki araçların yakıt ekonomileri kullanılmaktadır. Hesaplamanın nasıl yapıldığı daha basit olarak şöyle anlatılabilir. Bir firmanın spesifik bir yıl için 4 ayrı araç ürettiğini düşünelim. Bu araçlar A, B, C ve D tipleri olsun. Bunların üretim sayılarını “s”, yakıt ekonomilerini “y” ile gösterirsek, ilgili firmanın CAFE değeri şöyle hesaplanır:

$$\frac{s_A + s_B + s_C + s_D}{\frac{s_A}{y_A} + \frac{s_B}{y_B} + \frac{s_C}{y_C} + \frac{s_D}{y_D}}$$

Bunu rakamsal bir örnekle daha açık şöyle anlatabiliriz. A, B, C ve D tipi araçlardan birer adet üreten bir firma düşünelim ve araçların yakıt ekonomileri sırasıyla 10, 20, 25 ve 100 mpg olsun. Bu durumda ilgili firma için CAFE değeri:

¹⁴ NHTSA; “Average Fuel Economy Standards for Light Trucks Model Years 2008-2011”:55.

¹⁵ Greene:55.

$$\frac{1+1+1+1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{25} + \frac{1}{100}} = \frac{4}{0,1 + 0,05 + 0,04 + 0,01} = \frac{4}{0,2} = 20 \text{ mpg olacaktır.}$$

Eğer harmonik ortalama yerine aritmetik ortalama kullansaydık, CAFE değeri

$$\frac{10 + 20 + 25 + 100}{4} = \frac{155}{4} = 38,75 \text{ mpg çıkacaktı.}$$

Örnekten de görülebileceği üzere, harmonik ortalama filodaki her bir aracın 1 mil sürülmesiyle filonun yakıt ekonomisini ortaya çıkarırken, aritmetik ortalama filodaki her bir aracın 1 galon yakıt tüketene kadar sürülmesiyle filonun yakıt ekonomisini belirlemektedir. Yani aritmetik ortalama, yukarıdaki örneği esas alarak söylersek, A aracı 10 mil ve D aracı 100 mil sürülmektedir.

5. CEZALAR VE CAFE KREDİLERİ

Cezanın nasıl hesaplandığını göstermek için varsayımsal bir X imalatçısının spesifik bir yıla ait verilerini inceleyelim.

Tablo-2: Varsayımsal Bir Otomotiv Firmasının Üretim Verileri

Model	Üretim Miktarı (adet)	Yakıt Ekonomisi Standardı (mpg)	Gerçekleşen Yakıt Ekonomisi (mpg)
A	100.000	26,2	27,0
B	150.000	25,5	25,6
C	100.000	24,6	25,4
D	200.000	23,3	22,1
E	300.000	23,0	22,4
F	100.000	22,5	20,2

Bu verilerle, önce söz konusu imalatçının gerçekleştirmek zorunda olduğu CAFE değerini hesaplayalım:

$$\frac{100000 + 150000 + 100000 + 200000 + 300000 + 100000}{\frac{100000}{26,2} + \frac{150000}{25,5} + \frac{100000}{24,6} + \frac{200000}{23,3} + \frac{300000}{23,0} + \frac{100000}{22,5}} = \frac{950000}{39835,8} = 23,85 \text{ mpg}$$

Şimdi de imalatçının bu filo için ulaştığı yakıt ekonomisini hesaplayalım:

$$\frac{100000 + 150000 + 100000 + 200000 + 300000 + 100000}{\frac{100000}{27,0} + \frac{150000}{25,6} + \frac{100000}{25,4} + \frac{200000}{22,1} + \frac{300000}{22,4} + \frac{100000}{20,2}} = \frac{950000}{40893,2} = 23,23 \text{ mpg}$$

Görülebileceği üzere firma, toplam yakıt ekonomisi açısından ulaşması gereken CAFE standardının altında kalmıştır. Bu durumda ceza ödemesi gerekmektedir. Toplam ceza tutarı, standardın altında kalan her 0,1 mpg'lık kısım için belirlenen 5,5\$ rakamı ile iç piyasa için yapılan toplam üretim miktarı çarpılarak bulunmaktadır. Bizim örneğimizde ceza şu şekilde hesaplanacaktır:

Ceza miktarı = $(23,85-23,23) * 10 * 5,5\$ * 950.000 = 32.220.263\$ \approx 32,2$ Milyon Dolar.

Sistem, ceza uygulamasının etkilerini hafifletmek için bir de “kredi” uygulaması getirmiştir. Standardın üzerinde bir başarı sağlandığında, aradaki fark “kredi” olarak sonraki bir tarihe taşınabilmektedir. Eğer bir firma otomobil veya hafif yük taşıtı filolarından birinde veya her ikisinde, belirlenmiş standardın üzerinde bir değere ulaşırsa (sözelimi belirlenmiş değer 20 mpg iken firma 25 mpg ortalamasına ulaşmışsa), aradaki fark (bizim örneğimizde 5 mpg) sonraki yıllarda oluşabilecek açığı kapatmak için kullanılabilir. Elde edilen bu kredi sonraki üç yıl boyunca hesaba alınabilmektedir. Bunda amaç, imalatçıların yalnızca ısrarlı biçimde standart altı kalmaları durumunda bir ceza uygulandığını, geçici başarısızlık durumlarında telâfi imkânının bulunduğunu göstermektir. Piyasa şartlarında, iyiniyet sergileyen imalatçıların bu şekilde teşvik edilmeleri sağlanmaktadır. Ancak binek araç filusunda elde edilen kredi hafif yük taşıtı filusunda, hafif yük taşıtı filusunda elde edilen kredi de binek araç filusunda değerlendirilememektedir. Kredi hangi filoda elde edildiyse o filoda kullanılabilir.

Kredi sistemini daha anlaşılır kılmak için bir örnek verelim ve bir imalatçının 2005, 2006, 2007 yıllarında belirlenen standartların üstüne çıkarak bir miktar “kredi kazandığını” düşünelim. Yine bu firmanın, 2008 yılında belirlenen standartların altında kaldığını varsayalım. Bu durumda söz konusu firma, ceza ödemek yerine önceki yıllarda biriktirdiği kredilere başvurabilecek, en eski yıldan (2005) başlamak üzere kredilerini cezayla mahsuplaşabilecektir. Eğer diyelim ki 2005 ve 2006 yılında elde ettiği krediler 2008 cezasını karşılarsa, bu durumda firmanın 2007 yılında elde ettiği krediyi 2009 ve 2010 yıllarında kullanması mümkün olacaktır. Eğer 2005, 2006, 2007 yılında biriktirdiği krediler 2008 yılındaki cezaya yetmezse, firma aradaki farkı ödeyebilecek veya bir “geriye getirme” anlaşması için NHTSA’ya başvurabilecektir.

Geriye getirme anlaşması, firmanın izleyen üç yılda (bizim örneğimizde 2009, 2010 ve 2011) oluşan açığı kapatmak için nasıl bir yol izleyeceğine dair planları içermektedir. Bu planın yürürlüğe girip firmanın cezadan kurtulabilmesi için NHTSA’nın planı inceleyip onaylaması gereklidir. İzleyen üç yılda firma planlarını tutturur ve anlaşma yılında oluşan borcuna yetecek kadar kredi kazanırsa, mahsuplaşma tamamlanır. Ancak firma bunu başaramazsa, bu durumda cezayı anlaşma yılındaki borç tahakkuk miktarı üzerinden ve yasal faizleriyle birlikte öder.¹⁶

Bazı firmalar, NHTSA ile anlaşmalar yaparak ortalama yakıt ekonomisini düşüren tipte model arabaların üretimine bir veya iki yıl ara vermekte, bu sürede daha verimli araçlardan daha çok üreterek standartların üstüne çıkabilmekte, böylece geriye getirme anlaşmasının şartlarına uygun davranarak cezadan kurtulabilmektedirler. Bazı firmalar ise, bu düzenlemeler ve karmaşık planlarla uğraşmak yerine doğrudan ceza ödemeyi tercih etmektedirler. 2007 model araçlarda CAFE standartlarını tutturamayan markalar arasında Mercedes, Volkswagen, Ferrari, Porsche and Maserati’yi saymak mümkündür.

1983-2008 arasında ödenen toplam ceza miktarı 783 Milyon \$’a ulaşmıştır. Bu cezaların en büyükleri 2007 yılında Daimler’e kesilen 30 ve 2001 yılında BMW’ye kesilen 27 Milyon \$’lık cezalardır. Listede Avrupalı imalatçıların yıllık 1 ilâ 20 Milyon \$ arasında ceza ödedikleri görülmektedir. Asyalı imalatçılar (Honda, Toyota, Nissan, Mitsubishi, Mazda, vb.) ile pek çok yerli üretici firma ise bu süre içerisinde hiç ceza ödememiştir.¹⁷

6. CAFE’NİN EKONOMİK ETKİLERİ

CAFE standartları yöntemi, tüketicileri daha yakıt verimli araçlara yönelten bir yaklaşım içermemektedir. Keza CAFE’nin yakıt fiyatlarına doğrudan bir etkisi de yoktur. Bunların yerine CAFE, yakıt verimliliği

¹⁶ NHTSA; “CAFE Overview”.

¹⁷ NHTSA; “Summary of CAFE Fines”.

düşük araçların yapımını imalatçı açısından daha pahalı hale getirmektedir. Yakıt verimi düşük araçlar eşzamanlı olarak muadillerine oranla daha pahalı hale gelmekte ve bunların piyasada yaşama şansları azalmaktadır. Nihayetinde ise yakıt verimliliği düşük araçların piyasadaki payı azalmakta, dolayısıyla yakıt tüketimlerinde ciddi tasarruflar sağlanmaktadır.

2002 yılında ABD'deki Ulusal Bilimler Akademisi'nin hazırladığı bir raporda CAFE standartlarının etkisi değerlendirilmiştir. Bu rapora göre, eğer bu standartlar hiç uygulanmasaydı, "ABD mevcut durumda her yıl 55 milyar galon (yaklaşık 1 milyar 314 milyon varil) daha fazla petrol tüketiyor olacaktı." Fakat yakıt verimliliğinin ulaşımı kolaylaştırıcı ve artırıcı etkisi dikkate alındığında, "yıllık tasarruf 55'ten 43 milyar galona (yaklaşık 1 milyar 27 milyon varil) düşmektedir."¹⁸ Bu rakamın ifade ettiği büyüklüğü anlayabilmek için, 1.027 milyon varil petrolün ton cinsinden eşdeğerinin yaklaşık 137 milyon ton olduğunu söylemek gerekmektedir. Türkiye'nin 2007 yılı petrol ve petrol ürünleri toplam talebinin 31 milyon ton olduğu¹⁹ gözönüne alındığında, CAFE standartlarıyla sağlanan yıllık tasarrufun ne kadar muazzam olduğu daha rahat görülmektedir.

Amerikan Kongresi Bütçe Ofisi tarafından (CBO) 2004 yılı rakamlarıyla yapılan bir çalışmada, CAFE standartlarını, yeni araçlarda tüketilen yakıtı yüzde 10 azaltacak oranda (ortalama 3,8 mpg olacak şekilde binek araçlarda 31,3 ve hafif yük taşıtlarında 24,5 mpg) yükseltmenin ekonomiye olan toplam maliyeti yıllık 3,6 milyar \$ olarak hesaplanmıştır. Yine yapılan tahmine göre, yeni bir binek arabanın ortalama fiyatı yaklaşık 900 \$ kadar artacaksa da, yakıttan sağlanacak tasarrufla tüketiciye olan ekstra maliyetin 150 \$'a düşeceği öngörülmüştür.²⁰

7. CAFE'NİN ARAÇ GÜVENLİĞİNE ETKİLERİ

CAFE standartlarına karşı olan çevreler, özellikle de güçlü otomotiv şirketlerinin biraraya gelerek kurdukları ve/veya finanse ettikleri lobi firmaları, CAFE standartlarının trafik güvenliğini riske ettiği argümanı üzerinde sıklıkla duragelmışlerdir. Onlara göre, "bir galon yakıtla daha fazla mil yapabilmek ve standartları karşılayabilmek uğruna, araba kazası kaynaklı ölüm oranları artmıştır."²¹

Bu argümandaki temel varsayım şudur: Her ne kadar CAFE standartları imalatçılara daha küçük araçlar üretmeleri yönünde bir yaptırım getirmese de, standartları karşılamak için araba dizaynlarına yapılan müdahaleler genellikle arabanın ağırlığının düşürülmesine yönelik olmaktadır. Çünkü, yakıt verimli motorlarla daha az enerji harcayan küçük ve hafif arabalar üretmek, CAFE standartlarını karşılamanın en kolay ve en az masraflı yoludur. Daha hafif arabaların ise çarpışmalarda daha dezavantajlı olduğu yaygın bir kanıdır. Hatta "arabanın ağırlığı ile araba kazalarındaki ölüm riski arasında negatif bir ilişki olduğu, ulaşım güvenliğine yönelik literatürün tartışılmaz konularından biridir"²² diyenler bile mevcuttur.

Oysa bu argüman ciddi şekilde tartışılmaya muhtaçtır. Birincisi, hafif araçların kazalarda daha dayanıksız olduğu genel bir kabulse de, "MiniCooper ve Toyota Matrix türünden küçük araçların Chevy Blazer türünden SUV'lere göre dört kat daha dayanıklı oldukları"²³ tespit edilmiştir. Araç güvenliği açısından asıl önemli olan aracın ağırlığı değil, mühendislik dizaynının kalitesidir. İkincisi, daha ağır araçlardaki ölümlü kaza oranının hafif araçlara göre daha az olduğu iddiası da tartışmaya açıktır, çünkü ağır araçların sürücüleri kendilerini daha güvende hissettikleri için daha riskli araba kullanabilmekte ve daha çok kaza yapabilmektedirler. Daha çok kaza da doğal olarak daha çok ölüm oranı demektir. Üçüncüsü, 2007

¹⁸ National Academy of Sciences, 2002:19.

¹⁹ PİGM.

²⁰ CBO, 2004:1.

²¹ Healey, 1999.

²² Crandall ve Graham, 1989.

²³ Insurance Institute of Highway Safety, 2007.

yıldaki kanunla hafif yük taşıtları için getirilen “ayakizi” uygulaması, taşıt filosundaki araçların ağırlık dağılımındaki bozulmayı engellemek için tasarlanmış yerinde bir düzenlemedir. Hedefler belli oranda tutturulabilirse, zaten hafif yük taşıtlarının ağırlıkları azalacaktır.

Dördüncüsü ve bütün bunlardan daha önemlisi, 2007 yılında çıkarılan kanun, “düzenleyici otoriteye (NHTSA) verimlilik artırılırken, arabaların emniyetini en üst düzeyde tutmak için gerekli yeni düzenlemeler üretme görevini vermiştir. Yeni uygulama ile bu emniyet kriterleri arabaların değişik niteliklerine (performans, boyut, elektronik donanım, vs.) göre oluşturulacak ve maliyet-fayda analizine tabi olacak, eğer değişiklikler ekonomik bulunmazsa NHTSA verimlilik standartını düşürebilecektir”.²⁴ Dolayısıyla CAFE standartlarının trafik güvenliğini tehlikeye attığı yönündeki itiraz inandırıcı olmaktan uzaktır.

8. CAFE'YE DİĞER İTİRAZ NOKTALARI

Kısmen daha ikna edici olan ve yine otomotiv endüstrisinin arkasında olduğu lobiler tarafından dile getirilen bir başka itiraz ise, yakıt verimli araçların daha çok kullanıldığı ve son tahlilde aracın kilometresinin (milinin) daha hızlı arttığıdır. Yani zımnen denilmektedir ki, “nasıl olsa az yakıyor” diye düşünen yakıt verimli araç sahipleri, daha çok yol yaparak daha fazla petrol tüketmektedirler ve CAFE'nin sağladığı tasarrufu eritmektedirler.

Bu argüman, ciddiyeti su götürmez yayın organlarında bile zikredilebilmiştir. Bunlardan birinde şöyle denilmektedir: “Birleşik Devletler 1970’ten beri araçlarını %50 daha verimli hale getirdi; fakat bu zaman diliminde, bir kişinin katettiği ortalama mesafe (mil) miktarı iki katına çıktı.”²⁵ Bu naif açıklamanın sahibinin 1970 yılından beri insanların hayat standartlarının ne oranda yükseldiğini hesaba katmaması bir yana, verimlilik artışı olmasaydı ortaya nasıl bir tablo çıkacağını dikkate almadığı da görülmektedir. Açıktır ki, yakıt verimli araç sahipleri araçlarını biraz daha fazla ekonomik güvenle kullanmışlardır, ama bu asla yakıt verimliliğinden sağlanan tasarrufu eritecek büyüklükte bir fazladan yakıt tüketimine yol açmamıştır. CAFE'nin ekonomik etkilerine değinilen 6. bölümde bu konu açıklanmıştır.

CAFE uygulamasının sağladığı petrol tasarrufu bir önceki alt bölümde zikredildiği için o konuya burada değinilmeyecektir, ancak “her 10 kişiden sekizinin araba sahibi olduğu ABD” için bu alanda yapılan çalışmaların öneminin tartışılmayacağını bir kez daha vurgulamak gerekmektedir. “Türkiye’de her 10 kişiden birinde, Çin’de ise her 100 kişiden ikisinde araba olduğu düşünülürse, ABD için sektörün önemi daha iyi anlaşılabilir.”²⁶ Dolayısıyla, bu argümanın da geçerli bir iddia olduğunu söylemek pek mümkün değildir.

Bir başka itiraz da, devletin bu konudaki müdahalesinin piyasa şartlarını bozduğu, halkın böyle bir talepte bulunmadığı, bulunsa idi zaten otomotiv imalatçıların daha fazla kâr edebilmek için bu talebe hızla cevap verecekleri türünden söylemlerdir. Özünde neoliberal iktisat teorisinin kırılğan dinamiklerini taşıyan bu iddiayı uzun uzun tartışmak mümkünse de, teorik tahlillere girmeden çok kısaca şunları söylemek mümkündür. Birincisi, son yıllarda yapılan tüketici anketlerinde, yakıt verimliliği bir aracın tercih edilmesindeki en önemli özelliklerden biri olarak dile getirilmektedir. Petrol fiyatlarındaki artış sürdükçe bu eğilimin artması beklenmektedir. İkincisi, 2007 yılında CAFE standartlarını revize eden kanun çıkmadan önce, “7 eyalette ve saygın kuruluşlar (The Mellman Group ve Public Opinion Strategies) tarafından yapılan kapsamlı bir ankette, standartlarda zorunlu bir artış lehinde görüş bildirenlerin oranı %84-90 oranında çıkmıştır.”²⁷ Bu sonucu destekleyen başka anketler de bulunmaktadır.

²⁴ Gülen, 2008.

²⁵ Strassel, 2001.

²⁶ Gülen, 2008.

²⁷ Green Car Congress.

Dolayısıyla, devlet müdahalesi ve tüketici tercihi eksenindeki iddialar güçlü pratik dayanaktan bile yoksundurlar.

9. SONUÇ YERİNE: CAFE STANDARTLARI YETERLİ Mİ?

ABD’de 30 seneyi aşkın bir süredir uygulanan CAFE modelinin ne kadar yeterli olduğu tartışılabilir bir konudur, ama modelin kısmî bir başarı sağladığına şüphe yoktur. Üstelik şu ya da bu sebeple yakıt verimliliği alanında atılmış en eski adım olması, modelin önemini daha da artırmaktadır.

Modelin yeterliliği ise, iki ana kriterle ölçülebilecektir. Bunlardan birisi modelin sağladığı tasarruf ve başka bir modelle ne kadar tasarruf sağlanabileceğinin kıyaslanmasıdır. Modelin sağladığı tasarrufa dair bu çalışmada da zikredilen veriler var ise de, alternatif bir modelin sağlayabileceği faydalar üzerine hiçbir çalışma yapılmamıştır. Dolayısıyla birinci kriterden anlamlı bir sonuç çıkarmak mümkün değildir.

Başvurulabilecek ikinci kriter, CAFE modelinin dünyada uygulanan başka yakıt verimliliği programlarıyla karşılaştırılmasıdır. Bunda da dört temel güçlük vardır:

1) Her bir ülkede yakıt verimliliğini ölçmek için farklı test protokolleri bulunmaktadır. Herhangi bir test protokolünün en kritik bileşenlerinden birisi, testin yapılacağı güzergâhın özellikleridir. Aynı aracı arka arkaya iki farklı parkurda sürdüğünüzde, parkurların özelliğine (kentiçi veya kırsal alan trafiği, yokuş ve inişler, engebe ve çukurlar, viraj sayıları ve çapları, vb.) göre ortaya çok farklı yakıt verimliliği değerleri çıkabilmektedir. Aracın nasıl ve hangi hızda sürüldüğü de sonuçları etkileyen bir başka önemli faktördür.

Şu anda dünyada üç temel test prosedürü vardır; bunlar ABD’nin CAFE çevrimi, AB’deki Yeni Avrupa Sürüş Çevrimi (NEDC) ve Japonya’nın 10-15 çevrimidir. Tahmin edilebileceği üzere bu test çevrimleri; hız, süre, mesafe, ivmelenme, yavaşlama, harekete geçme ve durma sıklığı gibi özellikleri itibarıyla birbirlerinden çok farklıdırlar. ABD’deki CAFE çevriminde kentiçi ve otoyol sürüşü olmak üzere iki ana bileşen vardır. Nihai CAFE değeri kentiçi sürüşün %55 ve otoyol sürüşünün %45 oranında ağırlıklandırılmasıyla hesaplanmaktadır. Kanada ve Tayvan bu test prosedürünü kullanmaktadırlar. Güney Kore gibi bazı ülkeler ise, CAFE çevriminin sadece kentiçi bileşenini esas almaktadırlar. Çin ve Avustralya ise AB çevrimini (NEDC) kullanmaktadır.²⁸

2) Her bir ülkede uygulanan yakıt verimliliği programı farklı ölçme birimlerine dayanmaktadır. ABD’de ölçü birimi “mpg” iken, Çin, Avustralya ve Kanada’da “litre/100 km”, Japonya, Tayvan ve Güney Kore’de “km/litre”, AB’de ise (temelde emisyon azaltmaya yönelik bir program olduğu için) CO₂-gram/km’dir. Bütün bu ölçülerin doğru ve kayıpsız şekilde birbirine çevrilmesi gerekmektedir.

3) Üçüncü güçlük de, bazı ülkelerin, kendi otomotiv endüstrilerinin çıkarlarını korumak adına veri paylaşımı konusunda bir hayli hasis davranabilmesidir. Bu konuda Çin örnek olarak verilebilir. Çin’den sağlanan verilerin ne kadarının sağlıklı olabileceği ve gerçek resmi ne oranda yansıtacağı belli değildir.

4) Uygulanan programların vereceği sonuçların birbirlerine ne nispetle yakın ya da uzak olduklarını tespit edebilmek için, test prosedürlerinde aynı marka aracın aynı modelinin kullanılması gerekmektedir. Fakat hangi marka ve hangi model aracın nasıl seçileceğini belirlemek kolay değildir, çünkü seçilen iki araç arasında bütün test prosedürleri açısından sonucu farklı etkileme oranının %35’e kadar çıkabileceği bilgisayar simülasyonlarıyla tahmin edilmiştir.

Bütün bu güçlükler rağmen 2004 yılında yapılan bir çalışmada, belli önkabullere dayanarak ve kimi genellemeler yapılarak bir karşılaştırma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada önce 3 farklı test çevrimi arasında birer dönüştürme katsayısı oluşturulmuş, sonra farklı ölçüm birimleri arasında dönüşüm

²⁸ An ve Sauer, 2004:18.

katsayıları çıkarılmış ve bu iki tablo kullanılarak ülkelerin yakıt verimliliği standartları aynı birim (mpg) zemininde karşılaştırılmıştır.²⁹ Bu çalışmanın konumuzu ilgilendiren sonuçları aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo-3: Ülkelerin 2002 Yılı İtibariyle Yakıt Verimliliği Standartları

	Japonya	Çin	ABD	AB	Avustralya	Kanada
Yakıt Verimliliği (mpg)	46,3	29,3	24,1	37,2	29,1	25,6
Programın Tipi	Zorunlu	Zorunlu	Zorunlu	Gönüllü	Gönüllü	Gönüllü

Tablodan da görülebileceği üzere Japonya bu konuda dünya lideridir. Bu durum şaşırtıcı sayılmamalıdır, çünkü Japonya zaten dünyanın enerjiyi en verimli kullanan ve dolayısıyla enerji yoğunluğu en düşük ülkesidir. Çin'in standartları ABD'den yüksek görünmekle birlikte, 2002 yılına ait bu veriler ABD'de 2007 yılında çıkan kanunun hedeflerini yansıtmamaktadır. Ayrıca Çin'in hedefleri ne kadar ciddi oranda takip ettiği de bilinmemektedir. AB, Avustralya ve Kanada'daki standart değerleri de ABD'den yüksektir, ne var ki bu ülkelerde uygulanan programların gönüllülük esasına dayandıkları ve bir yaptırıma sahip olmadıkları değerlendirilmede dikkate alınmalıdır.

Sonuç olarak CAFE programının; iyileştirilmesi gereken, iyileştirilmesi için adım da atılan ve kesinlikle faydalı bir program olduğu görülmektedir. Her şeyden önce şu unutulmamalıdır ki, ABD gibi “dünya nüfusunun yüzde 5’ini teşkil eden, buna karşılık dünya toplam karbon emisyonunun %25’inden sorumlu olan”³⁰ bir ülkede, yakıt verimliliğine yönelik her türlü çaba önemli ve değerlidir. Diğer yandan, 2007 yılındaki kanunla hafif yük taşıtlarına getirilen ilave yaptırımların da önemli bir tasarruf kapısı açacağı görülmektedir, çünkü bu araçların yıllık petrol tüketimi yaklaşık 500 milyon tondur. Bu araçların yakıt tüketimlerinde sağlanacak %6’lık bir tasarrufun Türkiye’nin toplam yıllık petrol tüketimi kadar bir değer olması, konuyu daha da önemli kılmakta, eksikliklerine rağmen CAFE standartlarının örnek alınacak bir program olduğunu göstermektedir.

KAYNAKÇA

- An, Feng ve Amanda Sauer; *Comparison of Passenger Vehicle Fuel Economy and Greenhouse Gas Emission Standards Around the World*, Pew Center on Global Climate Change, Arlington, Virginia, 2004.
- Congressional Budget Office (CBO); “Fuel Economy Standards Versus A Gasoline Tax”, *Economic and Budget Issue Brief*, 9 Mart 2004.
- Crandall, Robert W. ve John D. Graham; “The Effect of Fuel Economy Standards on Automobile Safety”, *Journal of Law and Economics*, Vol. XXXII, Nisan 1989.
- EIA (Energy Information Administration); *International Energy Outlook 2006*, Washington, DC, 2006.
- EIA; *Short-Term Energy Outlook March 2009*, Washington, DC, 2009.
- Green Car Congress; “Survey Finds Strong Support Among Voters for Mandatory Auto Fuel Efficiency Increases”.
- Şu adresten görülebilir: <http://www.greencarcongress.com/2007/07/survey-finds-st.html>. Erişim tarihi: 27.01.2009.

²⁹ An ve Sauer, 2004:18-24.

³⁰ Stix, 2006:47.

- Greene, David; “The President’s State of the Union Fuel Economy Plan: How I Know It Will Work”, Oak Ridge National Laboratory. Şu adresten görülebilir: <http://www.sais-jhu.edu/centers/fpi/ieep/pdf/Greene.pdf>. Erişim tarihi: 05.03.2009.
- Gülen, Gürcan; “Ulaşım Sektöründe Enerji Verimliliği”, *EkoEnerji*, Sayı: 13, Ocak 2008.
- Healey, James R.; “Death by the Gallon: Push for Better Mileage Raises Death Tolls”, *USA Today*, Özel tıpkıbasım, Money dergisinden alıntı, 02.07.1999.
- IEA (International Energy Agency); *Saving Oil in a Hurry*, OECD/IEA, Paris, 2005.
- IEA; *World Energy Outlook 2008*, OECD/IEA, Paris, 2008.
- Insurance Institute of Highway Safety; “Driver Deaths By Make and Model”, *Status Report*, Vol. 42, No:4, 19.04.2007.
- Kavak, Kubilay; *Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayiinin Enerji Verimliliğinin İncelenmesi*, DPT Yayını, Yayın No: 2689, Ankara, 2005.
- Kavak, Kubilay; “Ethanol Subsidies on the Verge of Peak Oil: Green Effort or Pork Barrel?”, *The Current*, Vol.10, No: 2, Bahar 2007.
- Lapillonner, B. ve K. Pollier; *Energy Efficiency Trends in Transport in EU New Member Countries (NMC’s) and in the EU 25*, Intelligent Energy Europe, Mayıs 2007.
- National Academy of Sciences - Board on Energy and Environmental Systems; *Effectiveness and Impact of Corporate Average Fuel Economy (CAFE) Standards*, National Academy Press, Washington D.C., 2002.
- National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA); “Automotive Fuel Economy Program: Annual Update Calendar Year 2003”, Kasım 2004. Şu adresten görülebilir: <http://www.nhtsa.dot.gov/cars/rules/cale/FuelEconUpdates/2003/index.htm>. Erişim Tarihi: 27.01.2009.
- NHTSA; “CAFE Overview”. Şu adresten görülebilir: http://www.nhtsa.dot.gov/portal/site/nhtsa/template.MAXIMIZE/menuitem.43ac99aefa80569eea57529cdba046a0/?javax.portlet.tpst=f2d14277f710b755fc08d51090008a0c_ws_MX&javax.portlet.prp_f2d14277f710b755fc08d51090008a0c_viewID=detail_view&javax.portlet.begCacheTok=com.vignette.cachetoken&javax.portlet.endCacheTok=com.vignette.cachetoken&itemID=199b8facdcfa4010VgnVCM1000002c567798RCRD&viewType=standard#6. Erişim tarihi: 26.01.2009.
- NHTSA; “Average Fuel Economy Standards for Light Trucks Model Years 20008-2011”. Şu adresten görülebilir: <http://www.nhtsa.dot.gov/cars/rules/rulings/LightTrucksRuling-2008-2001/ProposedRulemaking/CAFE-LighTrucks-PR.pdf>. Erişim tarihi: 27.02.2009.
- NHTSA; “Summary of CAFE Fines”. Şu adresten görülebilir: <http://www.nhtsa.gov/portal/site/nhtsa/menuitem.43ac99aefa80569eea57529cdba046a0/>. Erişim tarihi: 09.03.2009.
- Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (PiGM); “Türkiye Petrol ve Petrol Ürünleri Hareketleri”. Şu adresten görülebilir: http://www.pigm.gov.tr/istatistikler/petrol_ve_urunleri_hareketleri.xls. Son erişim tarihi: 17.02.2009.
- Stix, Gary. (2006). “A Climate Repair Manual”. *Scientific American*. Vol.295, No: 3, September 2006. pp.46-49.
- Strassel, Kimberley A.; “Conservation Wastes Energy”, *The Wall Street Journal*, 17.01. 2001.
- Worldwatch Institute ve Center for American Progress (WI ve CAP); *The Renewable Path to Energy Security*, Worldwatch Institute, Washington, 2006.

ELEKTRİKLİ OTOMOBİLLERDE ENERJİ DEPOLAMA SİSTEMLERİNDEKİ GELİŞMELER

Şule KUŞDOĞAN

*Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü
İzmit-Kocaeli*

ABSTRACT: Electric vehicles are for cities an important factor for improving the traffic in urban areas and creating a healthier environment. It is a dream for human being, city traffic without exhausting gas and low noise. Today's technology includes modern motor design influenced by power electronics and automotive views, energy sources performing better and better to match acceptable vehicle performances. This paper describes the comparison of storage technologies for electric vehicles. Nowadays studies on energy storage systems have been going on. In this studies, energy storage technologies are considered to be the most important application area. For more than ten years a number of experiments and demonstration plants have been done in all over the world. Also, storage technologies application and their importance for electric vehicles are explained. In this paper, we focus on the electric vehicle, energy storage technologies in EV, elements of the electric vehicle and their propulsion systems.

Keywords: Electric vehicle, energy storage, energy storage techniques, propulsion systems, efficiency.

1. GİRİŞ

Son yıllarda elektrik makinaları ve enerji depolama sistem teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak elektrikli taşıt teknolojisinde de ilerlemeler sağlanmıştır. Buna paralel olarak da daha yüksek menzil ve kullanım rahatlığı sağlanmaktadır. Elektrikli taşıt kullanımıyla gelecekte birincil enerji kaynakları, fosil yakıtlardan alternatif yakıtlara doğru değişim sağlayacaktır.

Enerji depolama sistemleri;

- Elektrokimyasal (bataryalar)
- Hidrojen
- Elektromekanik (volanlar)
- Eritilmiş tuz enerji depolama
- Ultrakapasitör
- Yakıt pilleri

olarak sınıflandırılabilir.

Sıfır emisyonlu taşıtlar, trafikte 2001'de % 5, 2003'de % 10 gibi artışlar göstermiştir. Böylece konvansiyonel taşıtlara göre emisyonlar da azalmaktadır.

2200 kg'lık bir taşıt için, 10 saniyede 96 km/h'e makul ivmelenme için yaklaşık olarak, 200-250 km'lik menzil için 78 kWh ve 94 kW güç gereklidir.

Daha hafif taşıt için, daha az depolanmış enerji ve güç gereklidir. Bununla birlikte, yeni enerji depolama donanımı ve tahrik sistemleri, ağırlığı daha fazla arttıracaktır, bunun için var olan taşıtların ağırlığı azaltılmaya çalışılmaktadır.

Tümü elektrikli taşıtlar, konvansiyonel taşıtlara göre daha verimlidir. Burada elektrikli taşıtlarda var olan enerji depolama seçenekleri analiz edilmektedir. Motor teknolojisi ve tahrik sistemleri incelenmektedir. Sonuç olarak bu analizle, optimum sistem konfigürasyonu amaçlanmaktadır.

2. ENERJİ DEPOLAMA TEKNOLOJİLERİ

Taşıtlar için enerji, çeşitli kaynaklardan sağlanabilir. Gaz ve benzinden termal enerji, mekanik enerjiye çevrilir, fakat bu düşük verim ile yapılır. Havadan oksijen gelir ve havada egzoz emilir. Yanmış malzemeler, tekrar hareketlendirilemez.

Tablo 1. Alternatif Yakıtlı Yolcu Taşıtlarının Performansının Karşılaştırılması

Taşıt Tipi	Menzil	Max. Hız	Yük Kapasitesi
Benzin	320 km	> 100 km/h	500-1000 kg
Elektrik	100-200 km (bataryaya bağlı)	80-150 km/h	500-800 kg
Metanol	300-400 km	> 100 km/h	500-1000 kg
Etanol	350-450 km	> 100 km/h	500-1000 kg
CNG	150-200 km	> 100 km/h	400-900 kg
LPG	450-500 km	> 100 km/h	500-1000 kg

Elektrokimyasal enerji, bataryada veya yakıt pillerinde depolanır. Batarya, elektrikli taşıtın en önemli parçasıdır. Enerji yoğunluğu ve güç yoğunluğu, bataryada dikkate alınan birinci parametrelerdir.

Hidrojen depolama teknolojileri, gelecekteki depolama seçenekleri içinde diğer bir anahtar alandır. Birincil hibridler (Milenyum pili), yüksek yüzey alan metal katalizör ve sulanmış alkalın sodyum boryum hibrid arasındaki reaksiyona dayanır. Bu teknoloji için, malzemelerin fiyatları hesaba katıldığında oldukça yüksektir. Temel kaygı, böyle bir çözümün güvenliği ve kontrolü üzerinedir.

Enerji aynı zamanda volanlarda da depolanabilir. Kinetik enerji, volan ile tahrik edilen generatör ile elektrik enerjisine dönüştürülür. Bazı uygulamalarda volan-generatör takımı ayarlanarak yüksek güç sağlanır.

Superkapasitör veya ultrakapasitör, hücre düzenlemesi ile şarj etme, bir enerji depolama teknolojisidir. Superkapasitörler, büyük çoğunlukla EDLC (Electric double layer capacitors) olarak bilinirler. Enerji, tabaka sınırları içinde, elektrolit çözelti ve iletken elektrodun yüzey alanları arasında oluşur. Düşük gerilim, yüksek kapasiteyle enerji depolama kapasiteleri üretilebilir.

Yakıt pillerinin gelişimi, geçen yüzyıla kadar gider. Yakıt pilleri temel yakıt olarak, hidrojene ihtiyaç duyar. Hidrojenin üretimi vasıtasıyla metanol veya diğer tip hidrokarbon yakıt yeniden oluşturulduğunda yakıt alt yapı tesislerinin problemi çözülebilir.

2.1. Elektrokimyasal Aygıtlar

Elektrikli taşıtlar için, enerji kaynakları olarak bataryaların gelişmesi ve 1945'lerden beri aktif hale gelmesi ve gelişmelerin hızlanmasına rağmen araştırma ve gelişmeler devam etmektedir. Günümüzde, elektrikli taşıtlar için uygun batarya teknolojisi, ticari yönden ekonomik olarak uygulanabilir.

Elektrikli taşıtlar, bataryanın hacmi ve ağırlığı yüzünden zayıf performans ve limitli menzile sahiptir. Ayrıca, batarya süresi daha sınırlıdır.

Elektrikli taşıt uygulamaları için elektrokimyasal aletler aşağıdaki özellikleri karşılamalıdır:

- Yüksek spesifik enerji yoğunluğu (Wh/kg ve Wh/L)
- Yüksek deşarj oranı veya spesifik güç (W/kg) ve
- Yüksek deşarj çevrimi sayısı (çevrim ömrü)

Bu gerekli zorunluluklar, günümüzdeki varolan malzemelerin kullanılmasıyla ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır. Bir batarya, yüksek enerji yoğunluğu ve düşük deşarj oranı ile tasarlanabilir. Eğer deşarj oranı arttırılırsa, spesifik enerji yoğunluğu azalır. Üstüne üstlük, yüksek deşarj oranı bataryanın ömrünü azaltacaktır.

Kurşun asitli batarya, en iyi bilinendir. Bakım gerektirmez, elektrolit tabaka malzemesinde veya jelde depolanır. Yeni tiplerde, testlerdeki bipolar hücreler kullanılır. Bu batarya ağır, fakat ucuzdur. İyi bir batarya yönetim sistemi ile yaşamı güvenlidir.

Nikel-kadmiyum batarya, yüksek güç yoğunluğuna ve yüksek yaşam periyoduna sahiptir. Üretimde tamamen izolasyonlu hücreler ile gaz tekrar birleştirilir. Bu batarya, Avrupa elektrikli taşıtlar pazarında en donanımlı bataryadır.

Tablo 2. Elektrikli taşıtlar için batarya enerji depolama sistemleri

Batarya	Wh/kg	Wh/l	W/kg	Çevrim Ömrü
Lityum/monosülfat	60-200	120-300	50-70	150-200
Çinko/Bromin	70-100	50-75	30-50	200-350
Nikel/Çinko	60-100	120-300	80-120	100-150
Nikel/Demir	50-90	100-150	80-120	500-1100
Nikel/metal hibrid	50-90	150-300	100-140	80-500
Sodyum/Sülfür	70-200	100-150	100-140	300-900
Kurşun asit	30-60	30-60	20-80	300-500

Nikel-metal-hibrid bataryalarda, depolanmasına müsaade edilen hidrojen kadmiyumun (Cd) yerine negatif elektrot için kullanılabilir. Enerji yoğunluğu ve güç yoğunluğu NiCd batarya ile karşılaştırıldığında artar.

Çinko-bromin batarya, bir redoks tip bataryadır, sıvı elektrolit ve eriyebilir aktif malzeme kullanılır. Birleştirme bağlantılarında, bipolar hücreler kullanılır.

Brom karışım pompalandığında, hücrenin bir tarafının içinden geçirildiğinde çinko-broma gelir. Birleştirmede, iki elektrolit depolanır ve polietilenden borularla getirilir, sistem yüksek esneklik verir. Redoks tip bataryalar, sabit enerji depolama sistemleri için oldukça kazançlıdır.

Sodyum-sülfür batarya, sıvı elektrolit ile bataryadan esasen farklıdır. Sodyum-iyon, iletken seramikle ayrılır, sıvı reaksiyonlar sodyum ve sülfürdür. Çalışma sıcaklığı, 300 °C den fazladır.

Sodyum-nikel klorit batarya hücreleri, NaS hücrelere benzer. İkinci elektrolit olarak beta seramik vardır. Batarya, elektrikli taşıtlar için çok iyi uygulanabilirlik gösterir. ZEBRA batarya olarak bilinmektedir.

En ilerlemiş batarya, lityum-iyon bataryadır. Küçük portatif hücreler, elektronik marketlerde şimdiye kadar kabul ettirilmiştir. Elektrikli taşıtlar için bataryalar, gelişim altındadır. Elektrikli taşıt için birinci prototip, 13. Elektrikli Taşıt Sempozyumu, Osaka 1996 ve gerçek pazarda 2004 civarında ilan edilmiştir.

Çinko-hava veya **aleminyum** hava gibi metal hava bataryalarının gelişimleri 60'ların ortalarında başlamıştı. Birkaç yıldır İsrail Jerusalem'deki Elektrik Yakıt Ltd. Şirketi ve Almanya Karlsruhe'deki Enstitü, yeni çinko-hava bataryalarını geliştirdi. Çinko hava bataryalar için gelişmeler İtalya EDISON Şirketinde hala devam etmektedir.

Tablo 2, pek çok laboratuardaki elektrikli taşıt batarya teknolojilerini vermektedir.

Kurşun asit bataryalar, karşılaştırmaya dahildir ve açıkça görüldüğü gibi yeni teknolojiler ticari gelişmeler için umut vermektedir. Elektrikli taşıtlarda bataryaların güçlenmesi için bazı önerilere yol açan bu parametreler yüksek değerlerde zorluklar içermektedir. Ana ünite, menzil için (spesifik enerji) ve diğer birimler ivmelenme ve yokuş yukarı (spesifik güç) için optimize edilmelidir.

Diğer parametreler, tablo 3'de gösterildiği gibi yeni elektrikli taşıt bataryaları için karşılanmalıdır.

Tablo 3. Elektrikli taşıt için gerekli parametreler

Güç yoğunluğu (W/l)	250-600
Ömür (yıl)	5-10
Ömür (devir)	600-1000
Azami fiyat (dolar/kWh)	100-150
Yeniden şarj zamanı (saat)	3-6

Tablo 4. Hidrojen ve benzin için değerler

	Wh/kg* (tanktan başka)
Hidrojen	39.400
Benzin	12.800

2.2 .Hidrojen

Hidrojen, çevreyi kirlilemeyen yakıtlı motorlu taşıtlar için ideal gibi düşünülebilir; hidrojen temiz olarak yakılır, oksidasyon işleminin sonucu olarak H_2O dan tamamen ayrılır. Hidrojen herhangi bir yakıtın ağırlığının per unit en yüksek enerji yoğunluğunda oldukça çekicidir.

Günümüzdeki depolama metotları içinde hidrojen, endüstriyel kullanım için güvenli ve uygundur, fakat hareketli taşıtlar için kabul edilemez durumdadır. Hidrojenin depolama sistemi olarak kullanılması ve ticari hale gelmesi için gelişmelerin devam etmesi gerekmektedir. Örneğin hidrojen, sıkıştırılmış gaz olarak depolandığında büyük ve ağır kazanlar içerir. 136 atmosfer tipik basınçta, hidrojen gazı benzin miktarı eşdeğerinden yaklaşık otuz defa çelik içeren ağırlıkta olur.

Sıvı hidrojen son derece soğuktur (- 253 °C veya 20 °K de kaynar) ve döküldüğünde hızlı olarak gaz haline gelir. Sıvı hidrojenin spesifik enerji yoğunluğu geliştirilmelidir.

Diğer bir yolla hidrojen depolama, metal hibrid olarak yapılmaktadır. En önemli metaller, metal hibridler olacaktır. Pek çok durumda, reaksiyon direk ve basittir; $M + H_2 \leftrightarrow MH_2$. Sıcaklık ve hidrojen gazının basıncı ile ilgili olarak bu reaksiyonun tersi de kullanılabilir. Eğer basınç, belli bir seviyenin üzerinde ise , reaksiyon süreci sağa metal hibrid forma doğrudur.

Hidrojen depolama için, metal hibridlerle yüksek hidrojen yoğunluğu amaçlanmaktadır. Tablo 5, saf hidrojen (sıvı ve sıkıştırılmış gaz) ve benzin ile karşılaştırıldığında hidrojen sayılarının spesifik yoğunluğunu göstermektedir.

Tablo 5. Saf hidrojen ve benzin için enerji ve güç yoğunluğu

	Wh/kg* (*Tanktan başka)	Wh/l* (*Tanktan başka)
Magnezyum Hibrid	2758	3978
Magnezyum-Nikel Hibrid	1245	3191
Vanadyum Hibrid	815	3751
Demir-Titanyum Hibrid	689	3782
Lantan-Beş Nikel Hibrid	539	3506
Sıvı Hidrojen (LH_2)	39,400	2758
Gaz Hidrojen (GH_2)@100 atm.	39,400	365
Benzin	12,880	9688

Metal hibridler, ısı uygulandığında, hidrojeni serbest bırakırlar ve güvenlidirler. Bu ısı, standart içten yanmalı motorda, motorun artık işe yaramaz ısısından elde edilebilir. Kimyasal reaksiyon, deşarj ve şarjın bir çok çevrimleri altında durdurulabilir. Hidrojen güçlü otomobiller için yakıt taşıyıcı olarak metal hibridlerin kullanılmasıyla, deneysel taşıtlar yapılmaktadır. Otomotiv uygulamalarında, ağırlık kritik bir faktördür ve elektrik bataryası ile karşılaştırıldığında hidrojen oldukça rekabet edebilen bir durumdadır. Hidrojenin dezavantajı yakıt olarak, hidrojenin varolan dağıtım için gerekli alt yapı tesislerinden kaynaklanmaktadır. Ülkelerde hidrojen istasyonları kurulması ile bu dezavantaj ortadan kaldırılabilir.

2.3. Volanlar

Volanların enerji depolama için kullanılması yeni bir konsept değildir. 54 yıl önce, İsviçre Zürih’de Oerlikon Mühendislik Şirketi, volanlı yolcu otobüsü yapmıştı (bu 64- volanda 3300 lb ağırlığında ve 3000 dev/dak’da hidrojen atmosferinde). 70 yolcu otobüsü vardı ve menzil yaklaşık yarım mile sınırlıydı ve her otobüs durduğunda, pantograf elektrik hatlarına yükseltildiğinde, volan iki dakika için yeniden şarj ediyordu. Kablosuz trolleybüs sistemi 1959’a kadar çalıştırıldı.

Tablo 6. Elektrikli taşıtlardaki volanlarda kullanılabilen malzemeler

	Tasarım Gergi Mukave- meti N/m^2	Spesifik Yoğunluk Kg/m^3	Oran Gergi Mukavemeti/ Yoğunluk Nm/kg	Teorik Enerji Yoğunluğu Wh/kg	Pratik Enerji Yoğunluğu Wh/kg
Karbon	750	1,550	483,100	515	57,5
E-cam	250	1,900	131,600	140	14
S-Cam	350	1,900	184,200	196	19.6
Kevlar	1000	1,400	714,300	762	76.2
Çelik maraging	900	8,000	112,500	240	24

Oerlikon az sayıda, volan tahrikli otomobiller, maden ocakları, demiryolları ve çelik fabrikalarında kullanılmak üzere geliştirmişti. Volanlarda depolanın kinetik enerji, şu eşitlikle verilir.

$$E = 1 / 2 * J * w^2$$

Burada J: eylemsizlik momenti, w: açısal dönme hızı

Bu enerji, açısal hızın karesi ile orantılıdır ve hızın artışı ile daha fazla enerji depolanabilir. Bununla birlikte, bir limit vardır; malzemedeki gerilme aynı zamanda hızın karesi ile orantılıdır ve maksimum gerilme mukavemeti arttığında volan dağılır.

Volanın şekli önemlidir. Aynı sürede, malzemenin gerilmesinin bir yolu tasarımıdır. Volan diski optimize edildiğinde daha fazla enerji depolanabilir. Daha eski tip volanlarda, bütün talimatlar malzemenin yapımına eşittir. Bununla birlikte, bazı malzemeler, daha yüksek gerilme mukavemetine sahiptir: karbon fiberler, cam fiberler, Kevlar fiberleri, v.b. Bu yeni bir tip volan tasarımına yol açar, burada yüksek gergi fiberleri, plastik kalıp içine yerleştirilir. Bu fiberler, yüksek gerilme mukavemetiyle orantılı olarak, fiber boyunca merkezkaç kuvvetle davranırlar. Çubukların sayısı (birkaç dereceyle yerleştirildiğinde), optimize edilen diske göre birleştirilebilir.

Volanın spesifik enerji yoğunluğu (Wh/kg) gerilme/spesifik yoğunluğu çekme gerilme gerilimi oranı ile orantılıdır. Malzemeler tablo 6’da gösterilmektedir.

Tahmin edilen pratik enerji yoğunluğu, depo ve şaft, motor/generator, taşıma dingilinin ilave ağırlığı yüzünden önemli teorik değerinden daha düşüktür.

Volan döndüğünde, hava sürtünme kayıpları vakumlanarak azalacaktır. Bu vakum, servis istasyonlarında düzenli olarak kontrol edilir. Magnetik taşıyıcı dingiller, sadece yüksek hızlarda, düşük kayıplar ile

vakumlandığında çalışma tipinde uygundur. Volandan alınan enerji, elektrik generatöründe kullanılır. Bu generatör yüksek dönme hızlarına dayanabilmelidir.

Bu amaç için üç tip elektrik makinası kullanılabilir:

- 1) Daimi mıknatıslı motor/generatör
- 2) Çift kutuplu tip motor/generatör
- 3) İndüksiyonlu tip motor/generatör

Yüksek hızlı çalışma için tasarlandığında, fırçasız rotorlar her tipte kullanılabilir. Daimi mıknatıslı motor/generatör tipinde hız artabilir. Makinanın bu tipinin avantajı, diğer iki tipten veriminin daha yüksek olmasıdır. Çift kutuplu motor/generatör, rotorun bağlı bulunduğu akı taşıyan çubuk çevresinde dönmeyen alan sargıları ve iki kutup parçası içerir. İndüksiyon tipi motor/generatör statorunda, alan sargıları vardır, rotor büyük yarıklardan oluşur, magnetik akımın sebep olduğu titreşim vardır.

Bu uygulamalar için elektrik makinası seçiminde, yüksek verimi yüzünden daimi mıknatıslı motor/generatör kullanılır. Stator sargıları içi boş iletkenlerin içinden sıvı dolaşımı kullanılmasıyla soğutulur. Stator çekirdeği, depo duvarı ve stator sargıları sayesinde soğutulur.

Otomobillerde kullanımı için herhangi bir sistem düşünüldüğünde ana kaygı güvenlidir. Volanlı sistemlerde, meydana gelebilecek beklenmeyen durumlar:

- Vakum azalması: Volan ve iç depoda havanın sıcaklığı artacaktır; volanın hızı, hızlı bir şekilde azalacaktır.
- Aşırı hız: Volanın çapı büyütüldüğünde, iç depoya sürtebilir. Sürtünme sonucu, volanın yavaşlamasına neden olacaktır. Volanın sıcaklığı ve sürtünme artacak, fakat fiziksel zarar oluşturmayacaktır.
- Sürtünme zararı: Volan veya vakum kayıplarının sonucu olarak, sürtünme ile sonuçlanacaktır. Depolanan enerji, volanın mekanik parçalanmasında dağıtılacaktır, fakat iç depoda tutulacaktır.

Volanlarda enerji yoğunluğu, var olan bataryalardan daha yüksektir ve ilave avantaj olarak güç çıkarma oranı yüksektir. Pratik olarak ömrü limitsizdir.

2.4. Eritilmiş Tuz Enerji Depolama

“Gizli Isı” olarak depolanabilen enerjinin büyük miktarı, erimenin yüksek ısısında kullanıldığında ve yüksek erime sıcaklığında kullanılır. Lityum ve magnezyum flüorürün birbirine karıştırıldığında, ağırlığın per uniti yüksek erime ısısına sahiptir: enerji yoğunluğu 200 Wh/kg olarak belirtilmiştir. Hidrojen kapalı bir gözde sıvı olarak çalıştırıldığında, otomobil tahrik sisteminde kullanılabilir. Hidrojen oranı akışı belirlendiğinde ısı çubukları içinden eritilmiş tuz solüsyonuna doğru ısı oranı çekişinde akıtılır.

2.5. Ultrakapasitörler

Ultrakapasitör teknolojisi, çift tabaka temelli olarak 100 yılın üzerinde anlaşılmış olmasına rağmen, ticari uygulamalar için yaklaşık 10 yıl için olağanüstü bir başarı göstermektedir. Konvansiyonel kapasitörler gibi ultrakapasitörler de iki tane plaka olarak adlandırılan iletkenle, bunları ayıran ve dielektrik olarak isimlendirilen yalıtıcıdan oluşurlar. Çift tabaka sıvı elektrod solüsyonu iç yüzeyinde meydana getirilir, temel olarak, şarj elektrolit ve sıvı arasında ayrılan iç yüzeyde meydana gelir. İki şarj tabakası diğer pozitif fazlalığı ve bir yüzdeki elektronların fazlalığı ile oluşturulur. Dielektrik form arasında kutupsal moleküller bulunurlar. Ultrakapasitörlerin pek çoğu, elektrod, elektrolit ile karbon birleştirilir. Tabakalar, kapasite plakaları sınırlarından oluşurlar. Onların arasındaki küçük boşluklar kadar çok yüksek kapasitansa neden olurlar. İlave, karbon elektrodun tipik delikçikli yapısı, etkili yüzey alanını 2,000 m²/g'a kadar artırır.

Ultrakapasitörler, konvansiyonel kapasitörlerden, son derece daha yüksek miktarda enerji depolayabilirler. Ultrakapasitörler, günümüzdeki pazarda mevcuttur, düşük veya yüksek enerjide serbest bırakılan enerji, kapasite sınırları 2,700 farad'a kadardır. Onlar aynı zamanda bataryalar gibi kullanılabilirler. Bununla birlikte, ultrakapasitörler, bataryadan daha fazla güç, 10-20 kez daha fazla verebilirler. Bunun gibi, ultrakapasitörlerin güç ve enerji yoğunluğu terimlerindeki, elektrolit kapasite teknolojisi ve batarya teknolojisi arasındaki yerleri belirlenmiştir. Üstüne üstlük, üretimden itibaren yaşamı boyunca hakikaten bakım gerektirmezler, milyonlarca kez devir kapasitesine sahiptirler. Sonuç olarak, enerji depolama formunda iyi bir yere sahiptirler.

Tablo 7. Enerji depolama sistemlerinin fiyat karşılaştırmaları

Parametreler	Volanlar	Bataryalar	Kapasi-törler
Verim	% 90	% 75	% 90
Enerji tesis masrafı (\$/kWh)	100-800	200	3600 \$/MJ
Güç tesis masrafı (\$/kW)	220	300	300
Çalışma Fiyatı (\$/kW/yıl)	7,5	1,55	% 5 tesis fiyatının
Değişken (sent/kWh)	0,4	0,5	0

Ultrakapasitör boyutlandırılacağı zaman, çeşitli değişik faktörlerin anlaşılmasına ihtiyaç vardır. Bu sadece kapasitörün etkisi değil, aynı zamanda güç elektroniği arabirimlerinin tasarımının etkisi de olacaktır. Kapasitörün seçimini etkileyen faktörler şunlardır:

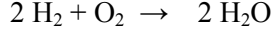
- Pik kapasite gerilimi,
- Müsaade edilen max. yüzde deşarj,
- Kapasitörün içinden akan pik akım,
- Kapasitör sabiti,
- Her hücre için kapasitans,
- Hücre gerilimi,
- Hücre sayısı ihtiyacı,
- Hücre tertibinin kütlesi,
- Hücre tertibinin fiyatı.

2.6. Yakıt Pilleri

Yakıt pillerinin gelişimi, geçen yüzyıla kadar gider. Temel yakıt olarak, hidrojene ihtiyaç duyar. Yakıt pilleri elektrokimyasal reaksiyonun değişme enerjisini, elektrik enerjisine dönüştürür. Bataryanın tersine, yakıt pilleri depolamaktan çok elektrik enerjisi üretir ve yakıt kaynağı olarak bunu yapmaya devam eder. Avantajlı özellikleri, elektrik enerjisinden yakıtın dönüşümü önemlidir, çalışma sessiz, sıfır veya çok düşük emisyon, atık ısı toplanabilir, hızlı yeniden dolum, yakıt esnekliği, dayanıklı ve güvenilirdir. Yakıt pilleri temel olarak üç temel bileşen içerir. İsimleri, anot (A), katot (C) ve elektrolit (E). Anot (yakıt elektrotu) ve elektrot, katalizör yakıt oksitlenme reaksiyonu yakıt için genel ayırıcı yüzey sağlar ve dış

devrede elektronları yürütür. Diğer bir deyişle, katot (oksijen elektrot) oksijen ve elektrot için genel ayırıcı yüzey sağlar, oksijen azaltma reaksiyonu kataliz eder, dış devreden elektronları alır.

Hidrojen, yakıt pilleri için çevresel kirliliği olmayan ideal yakıt olarak gözükmektedir. Çünkü her yakıtın ağırlığının per unit enerji hacmi en yüksektir ve üretim sadece sudur, yakıt pilleri reaksiyonun sonucu olarak



Hidrojen sadece primer yakıt değildir, genel olarak değişik primer yakıtlardan, hidrokarbon, metanol ve kömür gibi yakıt yöntemi vasıtasıyla türetilir. Hidrojen depolamanın üç yolu vardır. Birincisi, sıkıştırılmış gaz olarak depolanabilir, CHG olarak isimlendirilir. Benzer şekilde sıkıştırılmış gaz olarak, CHG 20-34,5 Mpa'da fiberglasla güçlendirilmiş alüminyum tanklarda depolanabilir. İkinci olarak, sıvı hidrojen formunda kaynama noktasının (-253 °C) altında, yüzeyde sertleştirilebilir, sonra kriyojenik tanklarda depolanabilir. Üçüncüsü, metal hibrid formdan vanadyum ve magnezyum olarak bazı metaller ile tepki göstererek getirilebilir. Çözünme sıcaklığına bağlı olarak reaksiyonun tersi de kullanılabilir (300 °C ye kadar). Tablo 8, sıvı petrol ve sıvı metanol değişik formlarda depolanan hidrojen dahil olmak üzere, bazı başlıca yakıtların teorik enerji içeriğini gösterir.

Tablo 8. Teorik Enerji Kapsamında Belirgin Yakıtlar

	Spesifik enerji (Wh/kg)	Enerji yoğunluğu (Wh/l)
Basınçlı hidrojen gaz *	33600	600
Sıvı hidrojen**	33600	2400
Magnezyum hibrid	2400	2100
Vanadyum hibrid	700	4500
Metanol	5700	4500
Petrol	12400	9100

* çevre sıcaklığı ve 20 Mpa

** kriyojenik sıcaklık ve 0.1 Mpa

CHG depolama, hızlı yeniden dolum kapasitesi ile doğal teknoloji ve düşük fiyat, hafiflik avantajları vaat eder, fakat güvenlik ile ilgili olarak ve çok yer tutan boyutuyla zarar görür. Sıvı hidrojen, hızlı yeniden dolum kapasitesi ve yüksek spesifik enerji sunar; ama yüksek uçuculuk kadar, dağıtım fiyatı ve pahalı üretim eksiklikleridir. Metal hibridlere rağmen, doğuştan güvenlik ve kompakt boyut üstünlüklerini sağlayabilir, ya vanadyum hibrid gibi (700 Wh/kg) düşük enerji yoğunluğuna oranla ya da magnezyum hibrid (278 °C) olarak ayrıştığında çok yüksek sıcaklığa müsaade edilebilir.

Yakıt pilleri sistemleri boyunca, kocaman değişken sayılar yüzünden, yakıtın tipi, elektrolit tipi, yanma tipi ve çalışma sıcaklıkları olarak; literatürde pek çok sınıflandırmalar ortaya çıkar. Aerodinamik yapının yapılmasında yıllardır genel olarak elektrolit tipi asit, alkalın, katı oksit, katı polimer, eritilmiş karbonat sınıflandırılır. Yakıt olarak hidrojen kullanılması yerine bazı yakıt pilleri ile aynı zamanda karbon monoksit ve metanol benimsenmektedir.

Tablo 9'da yakıt pillerinin karakteristik özellikleri özetlenmiştir. Buna göre, ergimiş karbonat yakıt pili (MCFC) ve katı-oksit yakıt pili (SOFC), 600 °C ve 900 °C çok yüksek çalışma sıcaklığından sağlanır, elektrikli taşıtlar için uygulandığında pratik olarak zordur. Direkt-metanol yakıt pili için (DMFC),

teknolojik yönden hala gelişmemiştir, buna rağmen 30 yılın üzerinde geliştirilmektedir. Aynı zamanda, pratik elektrikli taşıt uygulamaları için güç seviyesi işe yarar ve güç yoğunluğu çok düşüktür. Diğerleri, fosforik asit yakıt pili (PAFC), alkalın yakıt pili (AFC) ve katı-polimer yakıt pili (SPFC) olarak adlandırılır, aynı zamanda PEM yakıt pili olarak bilinir. Elektrikli taşıt uygulamaları ve yakıt pilleri için teknik olarak uygulanabilir.

(PEM) SPFC katı polimer teknolojisindeki ilerleme ile, elektrikli taşıt uygulamaları için alkalın yakıt pilinden (AFC), katı polimer yakıt pili daha avantajlıdır. Ana sebep, daha yüksek güç yoğunluğu ve daha uzun süre dayanım, ekonomik fiyat ve düşük çalışma sıcaklığı yüzündendir. Böylece, yakıt pili üzerindeki son araştırmalar ve gelişmeler elektrikli taşıtlar için, SPFC katı polimer (PEM)-SPFC teknolojisine odaklanmıştır. Ballard güç Sistemleri ve Daimler Benz ile birlikte 1997'de PEM yakıt pilli otobüs üretmişti, NEBUS olarak adlandırılmıştı. Günümüzde, platin-elektro-katalizör elektrodlarının ve katı polimer film malzeme fiyatının önemli ölçüde azaltılması çok önemli aşamalardır. Unutmamalıdır ki sıvı yakıtın kesin avantajı, DMFC direkt metanol yakıt pilinin eksikliğinin önüne geçer, metanol yakıtlı PEM (katı polimer yakıt pili) sistem konsepti elektrikli taşıtlar için çok çekicidir ve daha da çekici olacaktır. Metanol ve su önce karıştırılır, buharlaştırılır ve sonra hidrojen ve karbondioksit gazlarına çevrilir. Ortaya çıkan hidrojen gazı, saf su ve istenilen elektrik üretilerek PEM yakıt pilini besler.

Bu teknolojiye rağmen sıfır emisyon taşıtlarda kullanılması çelişkili gibi görünür, elektrikli taşıtlar hala çevre dostudurlar, karbon monoksit, nitrojen oksit ve hidrokarbon gibi zararlı emisyonlar üretmezler. Son zamanlarda, Daimler-Benz ve Ballard Güç Sistemlerinin ilk metanol yakıtlı PEM yakıt pili- güçlü elektrikli taşıt, NECAR 3 olarak adlandırılan, 400 km üzerinde seyahat edebilen, 38 L sıvı metanol kullanıldığında RAV 4 elektrikli taşıt olarak adlandırılan metanolün her tankı ile 500 km menzile sahip yakıt pili tasarlanmıştır. Öyle olsa

Tablo 9. Yakıt Pillerinin Tipik Karakteristikleri

	PAFC-FAYP	AFC-AYP	MCFC-EKYP	SOFC-KOYP	SPFC-KPYP	DMFC-DMYP
Çalışma Sıcaklığı (°C)	150-210	60-100	600-700	900-1000	50-100	50-100
Güç yoğunluğu (W/cm ³)	0.2-0.25	0.2-0.3	0.1-0.2	0.24-0.3	0,35-0,6	0.04-0.23
Tasarlanmış yaşam (kh)	40	10	40	40	40	10
Tasarlanmış fiyat (US\$/kW)	1000	200	1000	1500	200	200

PAFC: Fosforik asit yakıt pili

AFC: Alkalın yakıt pili

MCFC: Ergimiş karbonat yakıt pili

SOFC: Katı oksit yakıt pili

SPFC: Katı polimer yakıt pili veya proton değişme film yakıt pili

DMFC: Direkt metanol yakıt pili

bile bu metanol yakıtlı katı polimer yakıt pili, yakıt pilli elektrikli taşıtlar için hala gelişme aşamasındadır. Sıvı yakıtlı yakıt pilli elektrikli taşıtın konseptini daha fazla yaymak, hidrojenin elde edilme araştırmaları devam ettirilmelidir. Bu araştırmanın nedeni, metanol veya hidrojenle çalışan yakıt pilli elektrikli taşıtlar yüzünden, basittir; benzin dağıtımında milyar dolarlarının yüzlercesinin harcandığı bu yapının altında değişiklik imkansızdır. Son zamanlarda, Chrysler, bu konsepti önümüzdeki birkaç yıl içinde yakıt pilli

elektrikli taşıtı gerçekleştirmeye karar vermiştir. Hala bu konuda yapılacak araştırmalar vardır ve gelişmelerle yakıt pilli elektrikli taşıtlar ticari olarak geçerli hale gelecektir.

Hidrojenin üretimi vasıtasıyla metanol veya diğer tip hidrokarbon yakıt yeniden oluşturulduğunda yakıt alt yapı tesislerinin problemi çözülebilir.

3. ELEKTRİKLİ TAŞIT İÇİN TAHRİK KONTROLÜ

Otomotiv uygulama tahriginde, elektrikli taşıtlarda bazı büyük gereksinimler aşağıda özetlenmektedir:

- 1) Yüksek ani güç ve yüksek güç yoğunluğu,
- 2) Başlama ve tırmanma için düşük hızlarda yüksek moment,
- 3) Çok geniş hız aralığı için sabit-moment ve sabit-güç bölgeleri,
- 4) Hızlı moment cevabı,
- 5) Geniş hız ve moment menzillerinde yüksek verim,
- 6) Faydalı frenleme için yüksek verim,
- 7) Yüksek güvenilirlik ve sağlamlık için değişik taşıt çalışma koşulları,
- 8) Makul fiyat.

Elektrikli tahrik kontrolünde, daha yüksek hızlarda, özellikle hafif yüklerde yüksek verim, aşırı yükte iyi performans, geniş hız menzili sabit güçte çalışabilme, ana gereksinimlerdir. Bu karakteristikler, sınırlı batarya kapasitesinin kullanılmasına, boyut, motor ve tahrik ağırlığının minimize edilmesine müsaade eder.

Tablo 10. Farklı motor tiplerinin karşılaştırması

	ASM	PM	SRM	DCM	SYM
Motor boyut	0	+	0	-	0
Kütle					
Yüksek hız	+	+	+	-	-
Dayanıklılık	+	0	+	-	-
Bakım					
Verim	0	+	0	-	0
Kontrol edici boyut kütle	0	0	0	+	0
Kontrol edilebilirlik	+	+	-	+	0
Güç aletleri	0	0	+	+	0
Sayısı					
Dayanıklılık	0	0	0	0	0
TOPLAM	+++	++++	++	--	--

ASM: Asenkron motor

PM: Daimi mıknatıslı motor

SRM: Anahtarlı relüktans motor

DCM: doğru akım motoru

SYM: Senkron motor

Tablo 10, farklı motor tiplerinin karşılaştırmasını verir: asenkron motor (ASM), daimi mıknatıslı motorlar (PM), anahtarlı relüktans motor (SRM), doğru akım motoru (DCM) ve senkron motor (SYM). Uygulama aşamasında motorlar değerlendirilmelidir. Farklı motor tiplerinin her birinde çalışma bölgelerinin bazıları, diğerlerinden daha az verimlidir; bazı bölgeler diğerlerinden daha verimli yapılabilir. İyi bir karşılaştırma yapmak için sadece maksimum verimler karşılaştırılmamalıdır. Fakat verim, kesin hız devri ile ayarlanır. Tablo 10, elektrikli taşıtlar için cer motorları olarak sürekli mıknatıslı motor için avantajları göstermektedir. Gerçekte, sürekli mıknatıslı motor performansının makul pek çok yararlı özellikleri vardır. Fakat üretim fiyatı dikkate alındığında, mıknatısların yüksek fiyatı ve motorun daha karmaşık yapısı hesaba katılmalıdır. Bu fiyat çok yüksek olduğu kadar, Dünya çapında sonuç, belki de asenkron motorun avantajlı olmasıdır.

Tablo 11. Elektrikli taşıt motorlarının uygulamaları

Elektrikli Taşıt Modelleri	Elektrikli Taşıt Motorları
Fiat Panda Elettra	Seri dc motor
Mazda Bongo	Şönt dc motor
Conceptör G-Van	Ayrı uyarılmış dc motor
Suzuki Senior Tricycle	Sürekli mıknatıslı dc motor
Fiat Secicento Elettra	Asenkron motor
Ford Think City	Asenkron motor
GM EV1	Asenkron motor
Honda EV Plus	Sürekli mıknatıslı motor
Nissan Altra	Sürekli mıknatıslı motor
Toyota RAV4	Sürekli mıknatıslı motor
Chloride Lucas	Anahtarlı relüktans motor

Tablo 11’de günümüzdeki elektrikli taşıtlarda kullanılan motorlar belirtilmektedir.

4. DEPOLAMA SİSTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Batarya teknolojisindeki gelişmelerle bu enerji depolama türü de öne çıkacaktır. Yüksek hızlı volan, küçük sürekli mıknatıslı motor/generatör ile, daha çok avantaja sahiptir. Volanlar, yüksek ivmelenme gibi ani güç gerektiren taşıtlarda kullanılır. Volanlarda toksit emisyonlar ve atık malzemeler açığa çıkmaz, çevreye karşı daha duyarlıdır. Bataryaların zayıf güç yoğunluğunu geliştirmek için kullanılırlar. Diğer bazı sistemlere ve içten yanmalı motora gerçek bir rakiptir. Taşıtlar için volan/motor/generatör sistemi, malzemelerdeki, mil yatağı, rulmandaki ve kararlı hal kontrol devrelerindeki teknolojik gelişmeler yüzünden giderek daha iyi gelişmeler sağlamaktadır.

Süperkapasitörlerin deşarj süreleri hızlı ve çevrim ömrü, bataryalara göre fazladır. Süperkapasitörler ivmelenme ve yokuş yukarı çıkma gibi ani güç gereksinmelerinde bataryalara ya da yakıt piline yardımcı enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Yüksek güç yoğunlukları ile volanlara benzer uygulamalara adaydır.

Bataryalar, tepe yüklerde anlık enerji talebini karşılayabilir. Bataryalarla, spesifik gücün ve spesifik enerjinin yüksek olması ve uzun çevrim ömrü sağlanır. Bataryaların çeşitliliği, değişik tasarım problemlerine anahtar olacaktır.

Elektrikli taşıtlarda yakıt pillerinin kullanılmasının sağlayacağı temel avantajlar; normal ve kısmi yüklerde yüksek çalışma verimi, direkt enerji dönüşümü, düşük emisyon değerleri (CO, SO₂, NO_x), düşük bakım tutum maliyetleri, düşük gürültü seviyesidir.

Hidrojen, enerji yoğunluğunun fazla olması nedeniyle çok çekicidir. Kullanım için güvenli ve uygundur. Sıvı hidrojenin spesifik enerji yoğunluğu geliştirilmelidir.

6. SONUÇLAR

Son yıllarda özellikle daha düşük maliyetli, hafif, az yer kaplayan ve verimli elektrik motorlarının geliştirilmesi amacıyla çalışmalar yürütülmektedir. Kafesli asenkron motorları, elektrikli taşıtların, elektrik tahriği için en önemli potansiyel aday olarak yaygın olarak kabul edilmektedir. Elektrikli taşıtlar dayanıklılık, düşük bakım, düşük fiyat ve çevreye zarar vermeden çalışması yönünden yeterlidir. Özellikle, cer tahriği ve endüstriyel sıkıntılar ve çevre için uygundur. Günümüzde, asenkron motor tahriği komutatörsüz motor tahriğinde, en çok tercih edilen bir teknolojidir. Üstüne üstlük, kafesli asenkron motoru, otomotiv elektrik tahriğinin en temel büyük gereksinimlerini, en iyi yerine getiren bir aday olarak gözükmemektedir.

Elektrikli taşıtlar için kullanılan enerji depolama sistemlerinde volanlar ve kapasitörler % 90 verimle en iyi sonuçları vermektedir. Bataryalar ise % 70 - % 85 verim göstermektedirler.

Yakıt pillerinin verimleri % 60- % 70 seviyesindedir. Enerji üretiminde hiçbir döner parçanın kullanılmaması, tamamen sessiz çalışma sağlamaktadır. Gelecekte yakıt pilleri, elektrikli taşıtlarda ana enerji kaynağı olarak, yaygın olarak kullanılacaktır.

Hidrojenin verimi % 50 - % 60 olmasına rağmen teknolojinin hızla ilerlemesi ile birlikte bu konuda da hızlı bir gelişme beklenmektedir. Ancak yakıt pilli araçların yaygınlaşması için mevcut dağıtım ve bakım sistemlerinde köklü değişiklikler gerekecektir. Uzun vadede iyi bir seçenek olabilir.

EK

BİR OTOMOBİL İÇİN ENERJİ VE GÜÇ GEREKSİNİMLERİ (PRATİK OLARAK)

A. Taşıt Performans Özellikleri

Depolanan enerji ve maksimum gücün miktarı, taşıt ekstraksiyon performans özelliklerine ve tahrik gurubunun bileşenlerinin verimine bağlıdır.

Otomotiv pazarında kabul edilebilmesi için performans özellikleri, varolan otomobillerle benzer olmalıdır. Tipik özellikler:

Kütle	Taşıt (yakıt dahil)	1600 kg
	Yolcular	400 kg
	Bagaj	200 kg
	Toplam	2200 kg

Menzil	48 km/sa sabit hızda 250 km veya; 88 km/sa sabit hızda 200 km veya; % 10eğimde 48 km/sa sbt hızda 10 km
--------	---

Hız	Maksimum 120 km/sa
Hızlanma	0-96 km/sa'e 10 saniye
Yavaşlama	96-0 km/sa'e 7 saniye
Hızlı yeniden şarj	Tam şarj 40 saniyeden daha az
Yavaş şarj	Tam şarj için 8 saat

Yardımcı güç	Havalandırma/ısıtma	3 kW
	Ön cam	.1 kW
	Aydınlatmalar	1 kW
	Radyo/Ses donanımı	.2 kW
	Camların gücü	.2 kW
	Motor soğutma pompası & Fan	1.5 kW
	Toplam	6 kW

Verimler	Motorlar	% 95
	Vites Kutusu	% 99
	Evirici	% 97
	Kontrollü redresör	% 98
	Volan generatör	% 95
	Bataryalar	% 92

B.Enerji Gereksinimleri

Menzil özelliklerinin her biri için enerji gereksinimleri değerlendirilmelidir:

a) Eğim yok, sabit hız 48 km/s ve mesafe 250 km

Gerekli cer kuvveti	$1,1 \times 100 \times 4,448 = 500 \text{ N.}$
Seyahat edilen toplam mesafe	$250 \times 1000 = 250.000 \text{ m.}$
250 km gidildiğinde toplam zaman	$(250/48) \times 3600 = 18.750 \text{ s.}$
Yardımcı güç gereksinimleri	$6 \times 1000 \times 18.750 = 112.500.000 \text{ J (W/s)}$
Gezinti sırasında kullanılan enerji	$112.500.000 + 500 \times 250.000 / (.95 \times .99 \times .97 \times .98 \times .95)$ $= 112.500 + 147.173.561$ $= 259.673.561 \text{ J} = 72.13 \text{ kWh}$

b) Eğim yok, sabit hız 88 km/h ve mesafe 200 km.

Gerekli cer kuvveti	$1,1 \times 200 \times 4,448 = 980 \text{ N.}$
Seyahat edilen toplam mesafe	$200 \times 1000 = 200.000 \text{ m.}$
200 km gidildiğinde toplam zaman	$(200/88) \times 3600 = 8.182 \text{ s.}$
Yardımcı güç gereksinimleri	$6 \times 1000 \times 8.182 = 49.092.000 \text{ J}$

$$\begin{aligned}\text{Gezinti sırasında kullanılan enerji} &= 49.092.000 + 980 \times 200.000 / (.95 \times .99 \times .97 \times .98 \times .95) \\ &= 49.092.000 + 230.768.143 \\ &= 279.860.143 \text{ J} = 77.74 \text{ kWh}\end{aligned}$$

c) % 10 eğim, sabit hız 48 km/h ve mesafe 10 km

$$\begin{aligned}\text{Gerekli cer kuvveti} &= 1,1 \times 564 \times 4,448 = 2800 \text{ N.} \\ \text{Seyahat edilen toplam mesafe} &= 10 \times 1000 = 10.000 \text{ m.} \\ \text{10 km gidildiğinde toplam zaman} &= (10/48) \times 3600 = 750 \text{ s.} \\ \text{Yardımcı güç gereksinimleri} &= 6 \times 1000 \times 750 = 4.500.000 \text{ J (W/s)} \\ \text{Gezinti sırasında kullanılan enerji} &= 4.500.000 + 2800 \times 10.000 / (.95 \times .99 \times .97 \times .98 \times .95) \\ &= 4.500.000 + 32.966.878 \\ &= 37.466.878 \text{ J} = 10.4 \text{ kWh}\end{aligned}$$

200-250 km menzilde otomobile vermek için gerekli olan minimum enerji 78 kWh. Enerji gereksinmesi, toplam araç ağırlığı 2200 kg ve daha hafif araç kullanıldığında kayda değer oranda azalır.

C. Güç gereksinimleri

Yeniden şarj edilen bataryalarda, metal hibridlerde veya volanlarda taşıtın maksimum hızlanma/yavaşlama oranları, zaman ve güç gereksinmelerine bağlıdır.

1) Hızlanma 10 saniyede 0-96 km/h

$$\begin{aligned}\text{Hızlanma oranı} &= 96.000 / (3600 \times 10) = 2.67 \text{ m/s}^2 \\ \text{Hızlanma kuvveti} &= 2200 \times 2.67 = 5,867 \text{ N.} \\ \text{Toplam seyahat edilen mesafe} &= .5 \times 2.67 \times 10 \times 10 = 133.5 \text{ m.} \\ \text{Toplam geçici enerji gereksinmesi} &= 5.867 \times 133.5 / (.95 \times .99 \times .97 \times .98 \times .95) = 922.183 \text{ J.} \\ \text{Gerekli güç} &= 922,183 / 10 = 92.2 \text{ kW}\end{aligned}$$

2) Yavaşlama (10 saniyede 96-0 km/h)

$$\begin{aligned}\text{Yavaşlama oranı} &= 96.000 / (3600 \times 10) = 2.67 \text{ m/s}^2 \\ \text{Yavaşlama kuvveti} &= 2200 \times 2.67 = 5,867 \text{ N.} \\ \text{Toplam seyahat edilen mesafe} &= .5 \times 2.67 \times 10 \times 10 = 133.5 \text{ m.} \\ \text{Bataryaya veya volana geri dönen toplam geçici enerji gereksinmesi} &= 5.867 \times 133.5 / (.95 \times .99 \times .97 \times .98 \times .95) = 922.183 \text{ J} \\ \text{Gerekli güç} &= 922,183 / 10 = 92.2 \text{ kW}\end{aligned}$$

3) Yavaş yeniden dolma (8 saatte 78 kWh)

$$\text{Gerekli güç} = 78 / 8 = 9.75 \text{ kW}$$

4) Hızlı yeniden şarj (50 dakikada 78 kWh)

Gerekli güç

$$78/(50/60) = 93.6 \text{ kW}$$

Spesifik hızlanma/yavaşlama oranlarını karşılamak için gerekli minimum güç 94 kW'tır.

KAYNAKÇA

- [1] Benbouzid Hachemi M., Diallo Demba, et al, Kalhammer Fritz, Prokopius Paul and et al, "Advanced fault-Tolerant Control of Induction-Motor Drives for EV/HEV Traction Applications: From Conventional to Modern and Intelligent Control Techniques", IEEE Transactions On Vehicular Technology, Vol. 56, No. 2, p.519-528, March 2007.
- [2] Chan C.C., "The State of the Art of Electric and Hybrid Vehicles", Proceedings of The IEEE Vol. 90, No. 2, February 2002.
- [3] Douglas H., Pillay P., "Sizing Ultracapacitors For Hybrid Electric Vehicles", IEEE, p.1599-1604, 2005.
- [4] Garzian Ter, "Energy Storage for Power Systems", IEE 1994.
- [5] Hoolboom Gerard, Szabados Barna, "Nonpolluting Automobiles", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 43, No. 4, November 1994.
- [6] Kalhammer Fritz, Prokopius Paul and et al, "Fuel Cells for Electric Vehicles", IEEE, 1999.
- [7] Mader Jerry, Brunner Jim, Bevilacqua Oreste, "Electric Vehicle Commercialization" Electric Vehicle Conference.
- [8] Maggetto G., Mierio Van, "Electric and Electric Hybrid Vehicle Technology : A Survey", IEE Savoy Place, London, 2000.
- [9] Morita Kenji, "Automotive power source in 21st Century", Society of Automotive Engineers of Japan, Inc. And Elsevier Science, p.3-7, 2003
- [10] Sanchez D., Poxon W., "Hybrid Electric Vehicles: Current Concepts and Future Market Trends", Rama De Estudiantes Del IEEE De Barcelona, p.5-29, 2006.
- [11] Ünlü Namık ve diğerleri, "Elektrikli Araçlar", TÜBİTAK-MAM Yayını, KOCAELİ 2003.

ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE BATARYA TEKNOLOJİLERİ

Muhsin MAZMAN, Davut UZUN, Cem KAYPMAS, Sezer KÖYLÜ TOKGÖZ,

Emre BİÇER, Alparslan YILDIZ

TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü, Gebze/Kocaeli

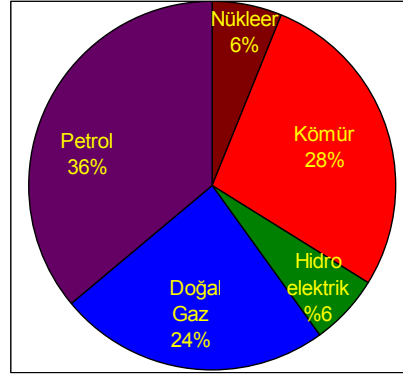
Özet

Günümüzde dünya enerji gereksinimi büyük oranda fosil yakıtlarla karşılanmaktadır. Fosil yakıtların yakın bir gelecekte tükenerek olması, kaynakların belli coğrafyalarda toplanmış olması ve kaynakların denetimi konusunda söz sahibi olmak adına yaşanan çekişmeler toplumlar üzerinde siyasal ve ekonomik baskılar yaratmaktadır. Bu durum fosil yakıt teknolojilerinin kullanıldığı alanlarda iyileştirme veya alternatif üretme çalışmaları yapmayı bir zorunluluk haline getirmektedir. Kaynakların ve olası alternatiflerinin daha verimli kullanılması için enerjinin depolanması kabiliyeti önemli açılımlar sunabilmektedir. Enerji depolamasında elektrik enerjisinin depolanması farklı sektörler açısından kritik önemdedir. Elektrik enerjisi kimyasal enerji olarak pil sistemlerinde depolanabilmektedir. Kimyasal reaksiyonlardan alınacak olan elektrik enerjisi miktarı, 100 mWh düğme pilinden 100 MWh'lik kesintisiz güç kaynakları bataryalarına kadar oldukça geniş bir aralık göstermektedir. Enerjinin verimli kullanımı açısından; yenilenebilir kaynaklardan üretilen enerjiyi depolayan sistemler ve hibrid ve/veya elektrikli araç bataryaları kritik teknolojilerdir. Bildiri hibrid ve/veya elektrikli araçlarda kullanılabilecek batarya sistemlerinin analizini ve bu konuda TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsünde yürütülmekte olan çalışmaları içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Elektrik Enerjisi Depolama, Li-iyon, NiMH, Pb-asit, Hibrid Elektrikli Araç, Elektrikli Araç

Enerji açısından Dünya'da ki durum:

Günümüzde dünya enerji gereksinimi büyük oranda fosil yakıtlarla karşılanmaktadır. Fosil yakıtların yakın bir gelecekte tükenerek olması, toplumlar üzerinde siyasal ve ekonomik baskılar yaratmaktadır. Bunun yanında fosil yakıt kullanın çevre üzerinde olumsuz etkileri bilinmektedir. Fosil yakıtların yanma ürünü olarak açığa çıkan CO_x, NO_x, SO_x gibi gazların atmosferdeki miktarının artması; asit yağmurlarına, ozon tabakasının zarar görmesine, sera etkisinin ve atmosferdeki uçucu organik bileşiklerin miktarının artmasına sebep olmaktadır. Tüm bu yanma ürünleri kadar önemli olan diğer bir unsur da ısıl kirliliktir. Her tür yanma sonucu açığa çıkan ısı küresel ısınmayı tetiklemektedir. Bu sebeple yakma teknolojilerine gereksinimi azaltacak sistemleri geliştirmek ve yaygınlaştırmak önem kazanmaktadır. Yakma teknolojilerinin kullanıldığı alanlarda iyileştirme veya alternatif üretme çalışmaları yapmak, bu teknolojilerin en yoğun olarak kullanıldığı alanlardan biri olan otomotiv sektörüne yönelik çalışmaları bir zorunluluk haline getirmektedir.

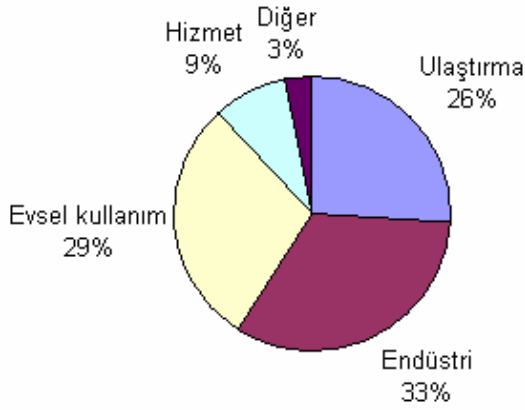


Şekil 1. Dünya Enerji tüketimi (BP Statistical Review of World Energy 2007, BP p.l.c.)

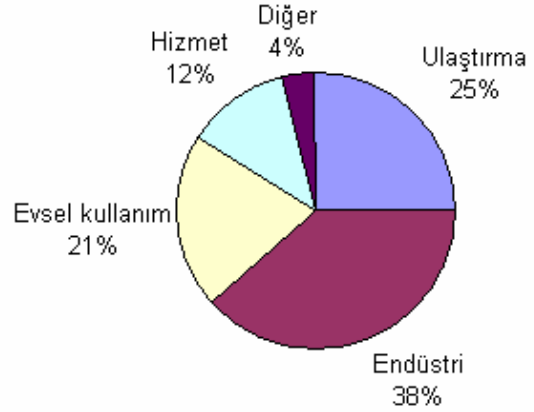
Dünyadaki enerji durumu genel olarak değerlendirildiğinde alternatif çalışmaların neden bu kadar önemli olduğu açıkça anlaşılmaktadır. Şekil 1’ den de görüleceği gibi dünya % 75-80 oranında fosil yakıtlara bağlı durumdadır. Şekilde yer almayan çeşitli yenilenebilir kaynakların toplam payı %1 civarındadır.

Yenilenebilir kaynaklar dahil farklı alternatifler üzerine yoğun olarak çalışmalar yürütülmekle birlikte dünyanın yükünü şimdilik fosil yakıtlar çekmektedir. Yakın bir gelecekte tükenme tehlikesi olmasa bu durumu sadece çevresel kaygılarla değiştirmek pek kolay olamayacaktır. Ancak kaynağın sonlu olması çalışmaları kaçınılmaz hale getirmektedir.

a)Sektörlere göre enerji kullanımı



b) Sektörlerden kaynaklı CO2 emisyonları

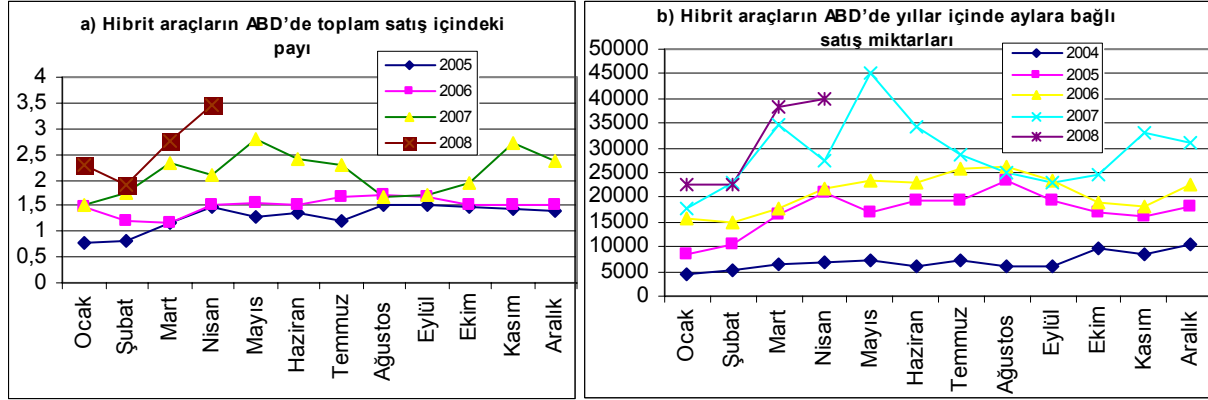


Şekil 2. (a) Sektörlere göre enerji kullanımı (b) Sektörlerden kaynaklı CO2 emisyonları (Worldwide trends in Energy use and efficiency, IEA, Energy indicators,2008)

Şekil 2’de görüldüğü gibi dünyadaki enerjinin %26’sı doğrudan ulaşırmada kullanılmakta ve dünya CO₂ emisyonunun %25’i bu kullanımdan kaynaklanmaktadır. Bu veriler ulaştırma sektöründe yapılacak bir tasarrufun ne denli hayati olduğunu ortaya koymaktadır.

Fosil yakıt kullanımını ve bu yolla CO₂ emisyonunu azaltmak için alternatif olarak görülen elektrikli araçlar (EA) ve Hibrit elektrikli araçlar(HEA) Türkiye dahil bütün dünyada piyasaya çıkmaya başlamıştır. Şu an için Hibrit araç Pazarı büyük oranda Japon firmalarının elindedir.

Hükümetler ülkelerinde Hibrit araç kullanımını teşvik etmektedir. Şekil 3. a).’da pazarın en büyük tüketicisi konumundaki ABD’de Hibrit araç satışının toplam araç satışı içindeki payının her yıl arttığı görülmektedir. Şeklin b) kısmında Hibrit araçların yıllara bağlı satış adetlerindeki değişiminde yukarı yönlü olduğu görülmektedir.



Şekil 3. a) Hibrit araçların ABD’de toplam satış içindeki payı, b) Hibrit araçların ABD’de yıllar içinde aylara bağlı satış miktarları (<http://www.greencarcongress.com/2008/05/reported-us-sal.html>)

2007 yılından itibaren Türkiye’de de piyasaya sürülen Honda CIVIC HYBRID için verilen katalog değerleri ve bu değerler kullanılarak yapılan hesaplar özellikle şehir içi kullanımda hibrit seçeneğinin çok etkin olacağını göstermektedir. Hibrit araçlar özellikle İstanbul gibi yoğun trafik sorunu yaşayan kentlerde şehir içi yakıt tüketimini ve CO₂ emisyonunu önemli oranda düşürebilecek potansiyele sahiptir.

Tablo 1. Honda CIVIC benzinli ve hibrit modellerli için katalog verileri ve % kazanç

	Benzinli (Lt/100km)	Hibrit (Lt/100km)	Yakıt Kazancı (lt/100 km)	% kazanç
Şehir İçi	9,45	5,2	4,3	45,0
Şehir dışı	5,35	4,3	1,1	19,6
Birleşik	6,8	4,6	2,2	32,4

Yine aynı aracın emisyon değerleri dünyada bugüne kadar koyulan emisyon hedefleri ile kıyaslandığında çok çarpıcı bir sonuçla karşılaşmaktayız.

ACAE (European Automobile Manufacturers Association)’nin koyduğu emisyon hedefleri aşağıdaki gibidir.

	CO ₂ emisyonu [g/km]
• 1996	- 184
• 1997	- 182
• 1998	- 179
• 1999	- 174
• 2000	- 170
• 2001	- 166
• 2008	- 140
• 2012	- 120 ACAE (European Automobile Manufacturers Association) hedefi

Müşteri performans beklentilerinden taviz vermeden emisyon hedef seviyelerini yakalamak mevcut motor teknolojilerini çok zorlamaktadır. Hibrit araç teknolojileri performans kaybı olmadan emisyon hedeflerine ulaşılmasında önemli bir çözüm olacaktır.

Honda CIVIC HYBRID (2007) için katalog değeri 109 gr/km olup 2012’de ulaşılmak istenen hedefin altındadır. Toyota başta olmak üzere dünya pazarındaki birçok büyük otomobil üreticisi hibrit modeller geliştirerek piyasaya sürmektedir. Fiyat olarak değerlendirildiğinde hibrit modellerlin diğerlerine karşı %20 civarında daha pahalıdır. Emisyon ve yakıt tüketimi açısından bütün hibrit araçlar benzer değerlerde katkı sağlamaktadır. Bu katkıların büyümesi enerji depolama kaynağı olan bataryalardaki gelişmelere bağlı olarak gelişecektir.

Hibrit Elektrikli Araçlar İçin Batarya Teknolojileri

Bu gün için araç teknolojisinde pazar fosil yakıtla çalışan içten yanmalı motorlar (İYM) içeren araçların egemenliğindedir. Çevresel duyarlılıktan kaynaklı artan toplumsal tepkiler ve fosil yakıtların hızla tükeniyor olması insanları bu teknolojinin kullanımını azaltan veya tamamen yerini alan Hibrit elektrikli araç ve elektrikli araç teknolojilerine yöneltmiştir.

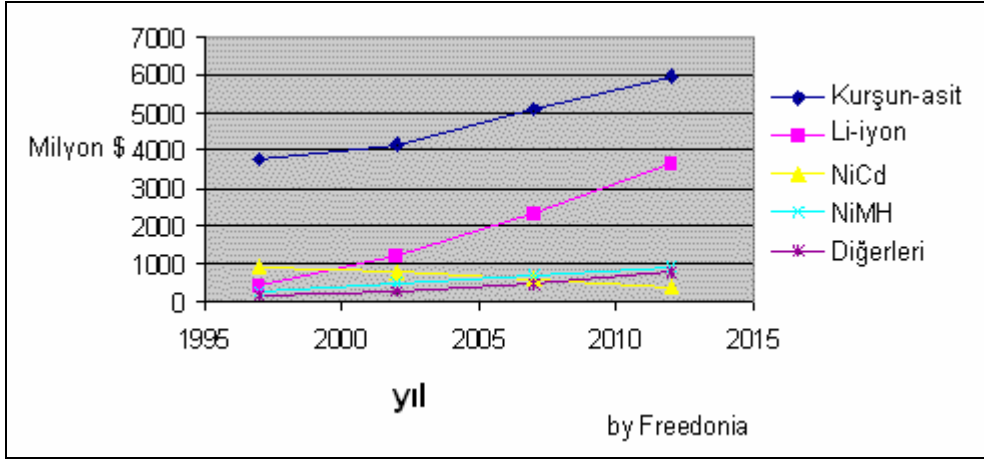
Dünya otomotiv sektörünün itici gücünü oluşturan ülkeler ve firmalar hibrit seçenekler konusundaki çalışmalarına büyük bir hız vermişlerdir. Türk otomotiv sanayisi de gelişimi değerlendirmekte ve farklı uygulamalarla konuyu ar&ge düzeyinde incelemektedirler. Hibrit ve elektrikli araç teknolojisi büyük oranda enerji kaynağına yani bataryaya bağlıdır ve bataryanın etkinliği ölçüsünde etkindir. Amaç en düşük hacim ve kütlede güvenli şekilde en fazla enerjiyi depolayabilmektir. Çünkü elektrikli araçlarda makul bir menzil, hibrit elektrikli araçlarda daha uzun menzil veya daha düşük hacim ve kütle alternatifleri ancak batarya teknolojisindeki gelişmelerle sağlanabilecektir.

Elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak depolayarak ihtiyaç anında tekrar elektrik enerjisine çeviren sistemlere pil (cell), pillerin seri veya paralel bağlanarak oluşturdukları yapıya akümülatör (batarya) denmektedir. Piller; birincil (Primer) tip (Çinko-karbon, çinko-klorür, alkali-mangan, çinko-hava, gümüş-çinko, lityum temelli piller v.b.) ve ikincil (sekonder) tip piller (Nikel-kadmiyum, nikel metal hidrür, lityum iyon, lityum iyon polimer v.b.) olarak ikiye ayrılırlar. Birincil piller şarj edilemez olup kullanımları bitince atılırken ikincil piller elektrik kaynağı ile tekrar şarj edilebilme özelliğine sahiptirler. Kimyasal reaksiyonlardan alınacak olan elektrik enerjisi miktarı, 100 mWh düğme pilinden 100 MWh’lik kesintisiz güç kaynakları bataryalarına kadar oldukça geniş bir aralık göstermektedir. Bu çeşitlilik; çok özel elektriksel karakteristikleri sağlayan, farklı batarya teknolojilerini ve hücre tasarımlarını kapsamaktadır.

Ülkemiz batarya sektörü sadece kurşun asit akülerin üretilmesi alanında faaliyet göstermektedir. Kurşun asit akümülatörler dünya batarya pazarında %50’nin üzerinde pay sahibidirler. Ancak taşınabilir ve

hareketli sistemlere olan ihtiyacın her geçen gün artması kurşun asit akümülatörlerin enerji ve güç yoğunluklarının düşük olması nedeniyle pazardaki payının artmasına yönelik açılımları tıkamaktadır

Geleceğe yönelik tahminler şarj edilebilir batarya pazarında lityum temelli bataryaların pazarda hâkim konuma geleceğini öngörmektedir. Kurşun asit (Pb-asit) bataryaların kullanım alanlarında yaygınlaşma ya da yeni kullanım alanları çok ön görülmezken yinede mevcut kullanım alanlarında talep artışına bağlı olarak Pazar payının korunacağı ve kısmen artabileceği düşünülmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Şarj edilebilir batarya pazarında gelecek tahminleri

Otomotiv endüstrisinde çoğunlukla Pb-asit, Nikel metal hidrür (NiMH) ve Lityum iyon/polimer (Li-iyon/polimer) olmak üzere kimyasal yapıları farklı üç tip batarya kullanılmaktadır. Bunların özellikleri Tablo 2’de verilmektedir. Tablo 2’den de net olarak görüleceği gibi düşük maliyetinden dolayı Pb-asit bataryalar pazarda hâkim konumdadırlar. Ancak bu bataryalar araçlarda; başlatma, aydınlatma ve ateşleme gereksinimini karşılayabilmekteyken düşük enerji yoğunluğundan dolayı elektrikli ve Hibrit elektrikli araçlarda kullanımı mümkün görünmemektedir. Bu durum araştırmaları güç ve enerji yoğunluğu yüksek olan NiMH ve Lityum iyon temelli hücrelere kaydırmıştır.

Tablo 2. Yüksek güç depolama sistemleri ve maliyetleri

Kimyası	Hücre Gerilimi (V)	W/kg	\$/kWh	\$/kW
Pb asit	2	600	200	8
Ni/MH	1.2	1200	750	30
Li-iyon	3.6	2000	1000	40

Buraya kadar ortaya konulan durum geleceğin araç teknolojisi olarak görülen HEA ve EA’ların giderek artan bir hızla ticarileşeceğini bu sürecin hızını ve yönünü ise batarya teknolojilerindeki gelişmelerin etkileyeceğini göstermektedir. Hibrit araçların yaygınlaşmasıyla ilgi tahminlerde 2015 yılında batarya pazarının 4.3 Milyar \$ olacağı düşünülmektedir. Bu gün için üretim hattındaki HEA’ların tamamına yakını NiMH batarya kullanılmaktadır. 2006 yılı verilerine göre satışa çıkan ticari HEA’lar Tablo 3.’te verilmiştir.

Tablo 3. 2006 yılında ticari olarak trafiğe çıkan HEA'lar ve bataryaları.

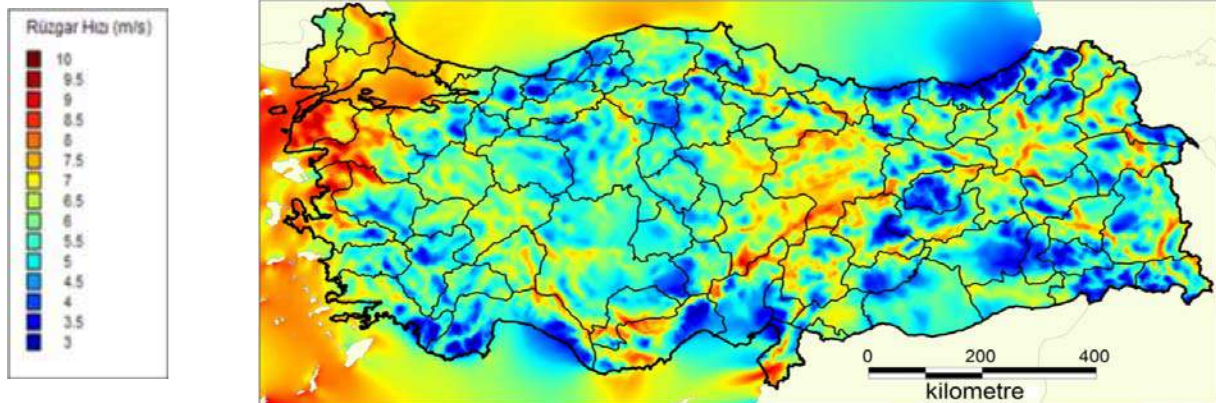
Model	Batarya tipi	Batarya kapasitesi (kWh)	Batarya Üreticisi
Toyota Prius 2	NiMH	1,3	PEVE
Toyota Estima	NiMH	1,9	PEVE
Toyota Highlander	NiMH	1,9	PEVE
Toyota Camry	NiMH	1,6	PEVE
Lexus GS450H	NiMH	1,9	PEVE
Honda Civic 2	NiMH	0,9	MBI
Honda Insight	NiMH	0,9	MBI
Honda Accord	NiMH	0,9	Sanyo
GM Silverado	NiMH	1,8	MBI
Saturn Vue	NiMH	0,6	Cobasys
Ford Escape & Mariner	NiMH	2	Sanyo

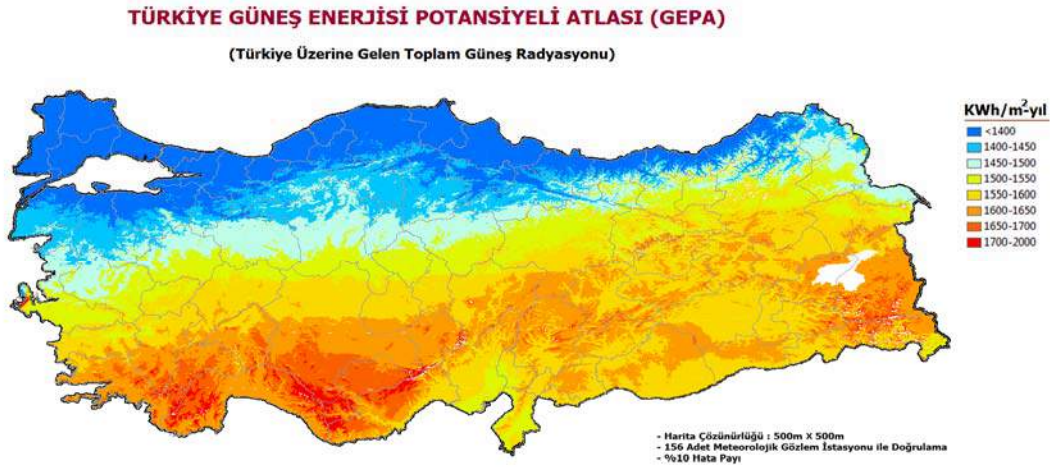
PEVE, MBI = Panasonic

Tablonun gösterdiği gibi tüm uygulamalarda NiMH kullanılmakta olmasına rağmen gelecekte NiMH'ün yerini Lityum temelli bataryalara bırakacağı konusunda geniş bir kabul vardır. Gerek batarya üreticileri gerekse otomobil üreticileri başarılı bir Lityum uygulaması için yoğun çaba sarf etmektedir. Lityum batarya kullanılan bir çok prototip olmakla birlikte başarılı bir ticari uygulama henüz yoktur. Bazı otomotiv üreticileri Lityum bataryalı araçlarını 2008'de pazara sunacaklarını söylemiş ancak Temmuz 2007 tarihinde bu ürünü 2009'dan önce piyasaya süremeyeceklerini bildirmişlerdir. Şu ana kadar 2009 içinde lityum batarya ile çalışan ürünlerini ticari hale getireceğini deklere eden yoktur. Batarya teknolojisindeki mevcut durum ve geline noktalar değerlendirildiğinde en önemli ve gelişmeye açık çalışma alanlarının başında Lityum temelli bataryaların geldiği görülmektedir.

Yenilenebilir Kaynaklar ve Enerji Depolama

Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları açısından zengin kaynaklara sahiptir. Bu kaynakların değerlendirilmesi için Enerji Bakanlığı bağlı müdürlükler aracılığıyla önemli çalışmalar yürütmektedir. Bu çalışmalar içinde bildiri kapsamındaki değerlendirmeler açısından Rüzgar (Şekil 5) ve Güneş (Şekil 6) potansiyellerimizin belirlenmesine yönelik haritalama çalışmaları oldukça değerlidir. Enerji Bakanlığı Şekil 5'te verilen harita üzerindeki çalışmalarla ülkemizdeki potansiyelin 48000 MW olduğunu hesaplamış olup ve 2020 yılına kadar bu potansiyelin 20000 MW'lık kısmını kullanılır hale getirmeyi hedeflemektedir.

**Şekil 5.** Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli (<http://www.eie.gov.tr>)



Şekil 6. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası (<http://www.eie.gov.tr>)

Gene Enerji Bakanlığı tarafından oluşturulan güneş atlasında 1650 KWh/m²-yıl üzerinde güneş radyasyonu alan bölgeler güneş termik santrali kurulabilir alanlar olarak belirlenmiştir. Çalışmada coğrafi koşullarda gözetilerek yapılan değerlendirme sonucu 380 milyar KWh/yıl'lık bir potansiyel hesaplanmış olup bu değer 56000 MW kurulu güçteki doğal gaz santralinden üretilen elektrik enerjisine eşit olarak değerlendirilmiştir.

Her iki alanda ülkemiz açısından büyük imkanlar bulunmaktadır. Bu imkanların yanında teknolojik kısıtlarımız mevcuttur. Enerjiyi üretecek, depolayacak, dağıtacak ve/veya şebekeye besleyecek sistemlerin teknolojisinin kazanılması gerekmektedir. Bildiri kapsamında güneş ve rüzgar enerjisinden üretilen elektriği depolamada kullanılacak sistemler hakkında bilgi verilecektir.

Güneş Enerjisi Depolama Sistemleri:



Şekil 7. Güneşten elektrik elde eden sistemin genel görünümü (<http://www.turksan.com/gunes-enerjisi-solar-enerji-nedir.html>>)

Klasik bir güneş enerjisi sistemi (Şekil 7); güneş enerjisinden elektrik elde edecek güneş panelleri, bu güneş panellerinin üreteceği elektriği akülere şarj eden şarj kontrolörü, enerjiyi depolayan bataryalar ve üretilen 12 V DC gerilimi 220 V AC gerilime çevirip kullanılır kılan inverterden oluşur. İnverter şebekeye bağlı olunan durumlarda hem bataryayı şarj eder hem enerjiyi şebekeye besler. Şarj kontrolörü aküleri korumak için önemlidir. Güneşten panele gelen ışınım sabit olmadığından üretilen elektriğin gerilimi dalgalıdır. Üretilecek dalgalı gerilimi aküye doğrudan beslemek. Akünün ömrünü kısaltır. Bu nedenle şarj kontrolörü kullanmak gerekir. Güneşten elde edilen enerji gerilim açısından dalgalı süreç açısından kesiklidir. Güneşin görüldüğü zamanlarla sınırlıdır. Mevsimsel ve günlük hava değişimlerinden etkilenir. Kurulacak sistemden sürekli fayda sağlamak için üretilen enerjinin kullanım fazlası olan kısmını depolamak gerekir ki güneş olmadığında (gece saatleri ve hava durumuna bağlı şartlar) kullanım devam edebilsin. Güneş pilinden elde edilen enerji depolamak için NiCd tip bataryalar zaman zaman kullanılsa da bu sistemlerde büyük oranda jel tipi kurşun asit aküler tercih edilmektedir. Bu tercihte fiyat-performans istekleri önemli olmaktadır. Jel tipi akülerin tercih edilme sebepleri şu şekildedir; şarj altında tutulmadığında ve derin deşarj edildiğinde dahi derin deşarjdan geri döndürülebilir ve tekrar kullanıma alınabilir. Kullanım ömrü %80 deşarjda 500-600 çevrim dolayındadır. Deşarj oranı düşürüldüğünde çevrim ömrü önemli oranda artmaktadır. Yüksek sıcaklıkta çalışma toleransı vardır. Çevrimsel ömrü arttırıp plakaları korozyona karşı koruyan daha kalın plakalar kullanılmaktadır. İç direnci düşüktür. Jel tipi aküler tam şarjlı olmadığı durumda da deşarj edilebilir.

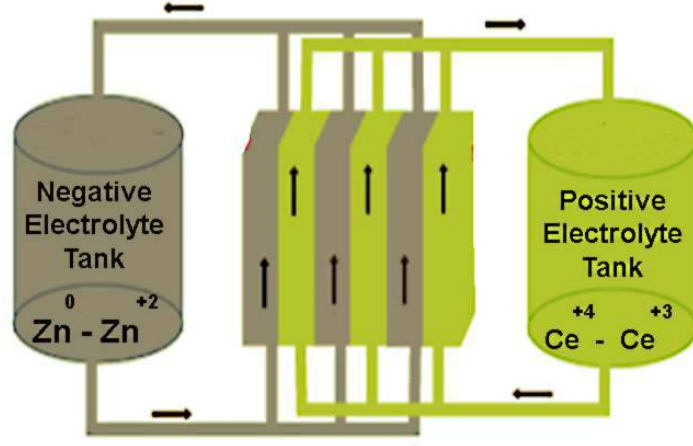
Jel tipi aküler VRLA (valve regulated lead-acid) tipi bakım gerektirmeyen kurşun asit akülerdir. Geleneksel tipteki kurşun asit bataryadan farkı; kurşun plakalar da antimon yerinde kalsiyum kullanılması, şarj deşarj sürecinde açığa çıkan gazları tahliye etmeye yarayan valf içermesi ve elektrolitin jel içine emdirilmesidir. Geleneksel Pb-asit aküde aşırı şarj oluştuğunda ortamdaki suyun elektrolizi gerçekleşir ve pozitif plakadan oksijen, negatif plakadan hidrojen salınır. Bu salınım aküyü kapalı ortamda kullanma konusunda sıkıntı yaratır ve su kaybına sebep olduğu için su eklemeyi gerektirir. Jel tipi aküde aktif madde stokiometrik oranları pozitif plaka negatif plakadan daha önce tam şarjlı duruma geçecek şekilde ayarlanır. Böylece oluşan oksijen negatif plakaca emilir ve kurşun oksit oluşturmak üzere tepkimeye girer. Oluşan kurşun oksit elektrolitle (sülfürik asit) tepkimeye girerek kurşun sülfat ve su oluşturur. Böylece kaybolan su yeniden üretilir su eklemeye gerek kalmaz. Ayrıca bakım gerekmez. Zamanla dönüşümde atıl durumda kalan gazlar valfla tahliye edilir. Elektrolit olarak kullanılan sülfürik asit silika bir yapı içinde jelleştirilerek kullanıldığı için elektrolit akması olmaz, akünün dik tutulması gerekmez.

Güneş enerjisinden elektrik elde eden sistemlerde akü grupları ihtiyaç duyulan akım ve gerilim değerlerine göre seri ve paralel bağlantılar kullanılarak çoklanır. Türkiye de kurşun asit akü üretimi yapan irili ufaklı birçok firma olmasına karşın VRLA tipi ve jel tipi akü üretimi büyük çoğunluğun ürün yelpazesinde yer almamaktadır.

Rüzgar Enerjisi Depolama Sistemleri:

Rüzgar enerjisi sistemleri enerji kaynağı olarak güneş yerine rüzgar türbinlerini kullanır. Bunun dışında sistem bileşenleri aşağı yukarı güneş bileşenleriyle aynıdır. Burada enerjinin depolanmasında güneş için kullanılan jel tipi aküler yoğun olarak kullanılmakla birlikte rüzgar tarlası kurulan bölgelerde akü blokları yerine alternatif olarak redoks bataryalar kullanılmaktadır. Redoks bataryalar (flow battery olarak ta adlandırılmaktadır) elektrokimyasal bir enerji depolama sistemidir. Elektrolitler aktif malzemeleri içerir ve bir birinden ayrı tanklarda depolanır. Tanklar ayrı olduğundan çalışmadığı zaman negatif ve pozitif aktif maddeleri arasında temas yoktur. Dolayısıyla kendiliğinden deşarjı oldukça küçüktür. Bu sistemlerde enerji çok hızlı şekilde depolanıp geri kazanılabilir. Çalışır durumdayken; tanklar içinde yer alan aktif madde içeren elektrolit bir pompa yardımıyla tankların dışındaki dizgelerde dolaştırılır. Dizgeler yakıt pillerinde de kullanılan membranlarla ayrılmıştır. Reaksiyon bu membran yardımıyla dizgelerde gerçekleşir. Elde edilen elektrik dış devreden kazanılır.

Elektrolit olarak sülfirik asit kullanılır. Sülfirik asit içindeki aktif maddelere göre çeşitleri bulunur. İlk yapılan şekli Zn/Cİ batarya olup daha sonra bu sistem Zn/Br (Zn negatif, Br pozitif elektrot mikroporlu separator mevcut) sistemlerine yerini bırakmıştır. En yaygın olarak vanadyum tipi(1.41 V at 25 °C) kullanılır. Ayrıca sodyum sülfat/sodyum polisülfat kullanan çeşidi de bulunmaktadır. Bataryanın kapasitesi kullanılan elektrolitin miktarı artırılarak artırılabilirdiğinden rüzgar tarlalarında yüksek miktarda enerjinin depolanması için kullanılabilir. Bakım maliyetleri düşüktür ve 13000'den fazla şarj/deşarj çevrimi yapabilmektedir. Elektrolit sürekli aktığı için sistemi soğutmakta bu da soğutma sistemi gereksinimini ortadan kaldırmaktadır. Tanklar fiber, borular PVC olup çalışması sırasında atık, ses, ısı v.b kirlilikler oluşturmaz. Tüm bu avantajları olması yanında diğer sistemlerden daha pahalıdır. Her ne kadar pil olarak görülse de aslında bir sistemdir. Normal batarya bloklarına göre oldukça komplekstir. Büyük sistemler de bir tesis gibi çalışmaktadır.



Şekil 8. Redoks batarya (<http://wood-pellet-ireland.blogspot.com/2008/01/plurion-redox-battery-comment.html>)

Redoks bataryalar dünyanın çeşitli yerlerinde rüzgar başta olmak üzere güneş panellerinde de 1 kW'tan başlayarak MWlar mertebesine kadar elektriğinin depolanmasında ve gece ucuz elektriği depolama olanağını kullanmak için kurulmaktadır.

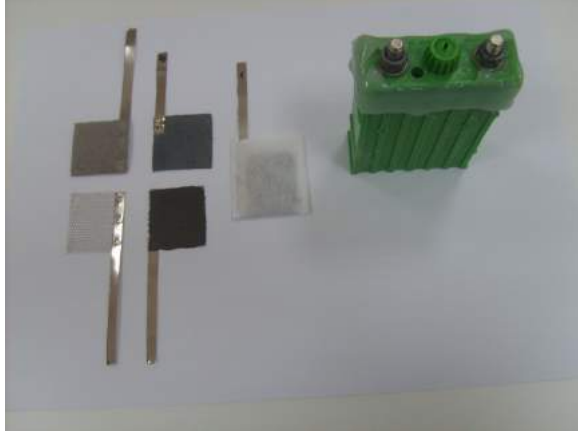
Türkiye de bu uygulamalarla ilgili çalışma bulunmamaktadır.

TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü ve Yapılan Çalışmalar

Ülkemizin bu teknolojik gelişim içerisinde dışa bağımlılığının azaltılması için batarya teknolojilerinin geliştirilmesi alanında yatırıma ihtiyaç vardır. Bu yatırımlarla Türk Akü sektörüne Ar&Ge desteği sağlanarak farklı tipteki akülerin ülkemizde üretimi sağlanacak ve ülkemiz dışa bağımlılıktan kurtulacaktır. Hibrit Elektrikli Araç teknolojisinin geliştirilebilmesi için batarya teknolojisine sahip olunması bu konudaki bağımsızlığımızı bize kazandıracak ve yerli teknolojinin üretilmesinin önündeki engelleri kaldıracaktır. Bu kapsamda TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü bünyesinde 2004 yılında *Türkiye'nin gereksinimleri, müşteri kurum ve kuruluş talepleri doğrultusunda prototip seviyesine kadar ürün geliştirmek ve ulusal batarya sanayisinin uluslararası pazarda rekabet gücünü arttırmak için Ar&Ge desteği sağlamak* amacıyla Batarya laboratuvarı kurulmuştur. Kurulduğu günden bu güne farklı kullanım alanlarına yönelik prototip ürünler geliştirmiş, kamu ve özel sektör ihtiyaçları doğrultusunda çalışmalar yürütmüş ve yürütmektedir. TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü bünyesinde

elektrikli/hibrit elektrikli araç konusunda faaliyet gösteren gelişmiş bir araç teknolojileri grubu da bulunmaktadır. Enstitü araç konusundaki birikim ve deneyimlerinden yola çıkarak Hibrit araç mükemmeliyet merkezi kurmak için DPT destekli bir proje başlatmıştır. Proje tamamlandığında hibrit araç geliştirme alanında uluslararası düzeyde önemli bir merkez ülkemize kazandırılmış, ulusal otomotiv ve batarya sanayisine Ar&Ge desteği sağlayacak önemli bir altyapı kurulmuş olacaktır.

TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü Batarya laboratuvarları, farklı batarya teknolojileri konusunda ürün geliştirme, sistem tasarımı, prototip batarya üretimi çalışmaları yürütmekte, batarya test ve danışmanlık hizmetleri vermektedir.



a)



b)

Resim 1: Araç bataryası geliştirme çalışmaları a) hücre b) batarya

Çalışma Grubu İnci Akü A.Ş. ve Ford Otosan ile birlikte yürüttüğü projelerde hibrit araçlarda kullanılmaya uygun hücre (NiMH) ve batarya geliştirmiştir (300 V, 27 Ah, NiMH). Geliştirilen batarya bloğu Ford Otosan'ın FOHEV1 hibrit aracında başarıyla denenmiştir. Farklı kullanım amaç ve kapasitelerine uygun batarya blokları için çalışmalar devam etmektedir. Son zamanlarda özellikle hibrit araç kullanımına uygun yüksek güç değerlerine sahip lityum temelli bataryalar konusunda çalışmalar yürütülmektedir. Teknolojiyi kazanmak için gerekli altyapıları kurmak amaçlı projeler hazırlanmış olup destek arayışları devam etmektedir.

TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü Batarya Laboratuvarları ulusal kalkınmaya katkı sağlayacak bir teknolojinin yerleşmesi konusunda tarafları bir araya getirme, çalışmaları koordine etme, Ar&Ge çalışmaları yürütme amacıyla farklı kurum ve kuruluşlarla işbirlikleri kurmakta, sektör ihtiyacı belirleme ve giderme yönünde çalışmalar yürütmektedir. Amacımız cumhuriyetimizin kuruluşunun 100. yılında cumhuriyetin kuruluş felsefesinden aldığımız güçle ülkemizin uluslararası düzeyde saygın bir yere gelmesi için çaba sarf eden herkes gibi üzerimize düşen sorumluluğu yerine getirmektir.

Kaynaklar

1. <http://www.cumminswestport.com/fuels/index.php> (BP statistics)
2. Worldwide trends in Energy use and efficiency, IEA, Energy indicators, 2008
3. http://www.greencarcongress.com/2006/12/usabc_awards_15.html
4. http://www.limn2o4.com/Knowledge/Battery_statistics.htm

ULAŞIMDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ İÇİN HİBRİD VE ELEKTRİKLİ ARAÇLAR

Hamdi UÇAROL, Emre KURAL

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Enerji Enstitüsü

ÖZET

Artan araç sayısına bağlı olarak, ulaşımda kullanılan yakıt miktarının artması, atmosferde kirletici emisyonların ve karbondioksit(CO₂) gazı miktarının hızla yükselmesi, dolayısıyla sera etkisinin oluşması ve iklim değişikliği sorunları, ulaşımda enerji verimliliği konusunu gündemde tutmaktadır.

Ulaşımda enerji verimliliği için içten yanmalı motor (İYM) teknolojisinde yapılan iyileştirmeler, alternatif yakıtlar ve alternatif tahrik sistemlerine sahip araçların geliştirilmesi çalışılan konular arasındadır.

Araştırmaların devam ettiği önemli alanlardan biri de elektrikli tahrik sistemlerinin araçlar içerisinde kullanılmasına olanak sağlayan tümü elektrikli ya da hibrid elektrikli araçlardır.

Bu bildiride, ulaşımda enerji verimliliği konusuna genel bir giriş yapıldıktan sonra günümüz araçlarına alternatif olarak gündeme gelen hibrid ve elektrikli araç teknolojileri anlatılacak, bu konuda TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü'nde yapılan çalışmalardan örnekler verilecektir.

Anahtar Kelimeler: Ulaşımda Enerji Verimliliği, Hibrid Araçlar, Elektrikli Araçlar, Emisyon

1.GİRİŞ

Artan araç sayısına bağlı olarak, ulaşımda kullanılan yakıt miktarının artması, atmosferde kirletici emisyonların ve karbondioksit(CO₂) gazı miktarının hızla yükselmesi, dolayısıyla sera etkisinin oluşması ve iklim değişikliği sorunları, ulaşımda enerji verimliliği konusunu gündemde tutmaktadır. Yurdumuzda ve Dünyanın diğer ülkelerinde her geçen yıl ulaşım yoğunluğunun artması ve açığa çıkan emisyon miktarlarının da buna paralel olarak yükselmesi, içten yanmalı motor teknolojisinde yapılan iyileştirmeleri, alternatif yakıtlar ve/veya daha verimli alternatif araçların geliştirilmesini gündeme getirmektedir.

Bu çerçevede, yapılan araştırmaların odak noktasında elektrikli tahrik sistemlerinin araçlar içerisinde kullanılmasına olanak sağlayan tümü elektrikli ya da hibrid elektrikli araçlar yer almaktadır.

Hibrid elektrikli araçlar, konvansiyonel bir İYM ve elektrik motorunun birlikte tahrik amaçlı kullanıldığı araçlardır. Aracın üzerinde çeşitli yöntemler ile depolanan elektrik enerjisi sayesinde elektrik motoru kullanılarak, gerek egzoz emisyonları gerekse yakıt tüketimi açısından, konvansiyonel araçlara göre büyük üstünlükler sağlanmaktadır.

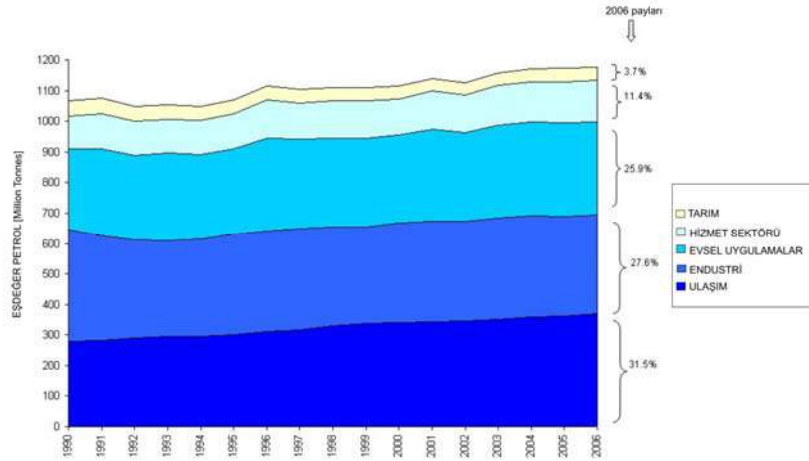
Özellikle, şehiriçi yolcu ve yük taşımacılığında otobüs, midibüs, minibüs, kamyonet gibi ağır ve hafif ticari araçlar ile binek araçlarda hibrid ve elektrikli araç teknolojilerinin kullanımı konvansiyonel teknolojilere göre enerji verimliliği açısından önemli avantajlar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Araçlarda emisyon salınımı ve enerji verimliliği büyük ölçüde birbirleri ile çelişen özelliklerdir. Dolayısı ile bu iki unsurun birbirleri ile ilişkilerini değerlendirmek gerekmektedir.

Bu bildiride, ulaşımda enerji verimliliği konusuna genel bir giriş yapıldıktan sonra günümüz araçlarına alternatif olarak gündeme gelen hibrid ve elektrikli araç teknolojilerinden bahsedilerek, bu konuda TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü'nde yapılan çalışmalardan örnekler verilecektir.

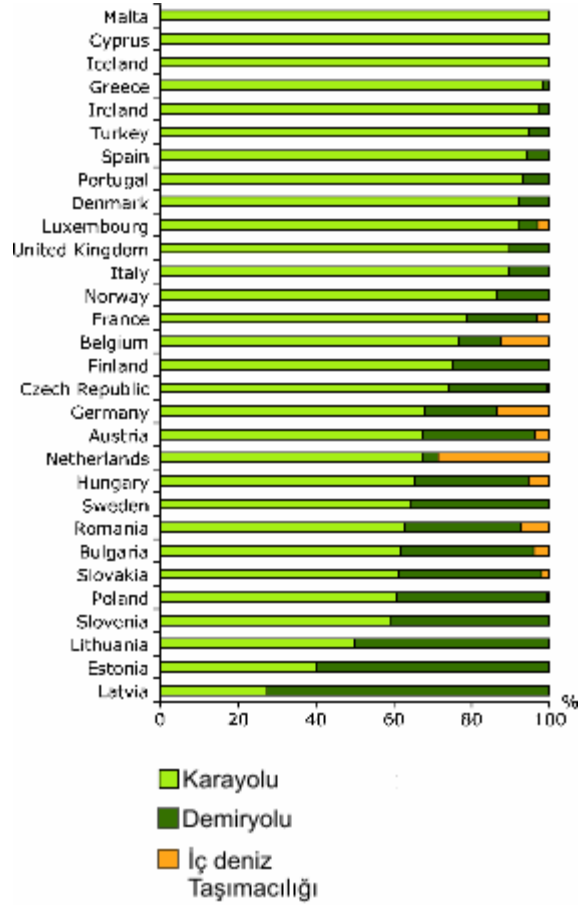
2. TÜRKİYE ve DÜNYADAKİ MOTORLU TAŞITLAR İÇİN EMİSYON STANDARTLARI

Dünyadaki enerji kullanımına bakıldığında artan araç sayısı ve artan ulaşım ihtiyacı ile birlikte ulaştırmanın toplam enerji tüketimindeki payının arttığı görülmektedir. Karayolu taşımacılığı ulaştırma enerji tüketiminin en önemli kısmını oluşturmaktadır. Şekil 1'de Avrupa Birliğine üye 27 ülkenin toplam enerji tüketiminin 1995-2006 yılları arası sektörlere göre dağılımı eşdeğer petrol ağırlığı olarak görülmektedir. Bu dağılımda ulaştırma, 2006 yılındaki %31.5 lik oran ile en büyük paya sahiptir. Şekil 2'de ise kara ve deniz yolu ulaştırmalarının paylarının Avrupa'daki ülkelere göre dağılımları görülmektedir. Bu grafikte görüldüğü üzere karayolu taşımacılığı, hemen hemen tüm ülkelerde en büyük paya sahiptir.



Şekil 1. 1995-2006 arası AB-27 ülkelerindeki enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı [1]

Karayolu taşımacılığında kullanılan motorlu kara taşıtlarının günümüzdeki en önemli enerji kaynağı olan fosil yakıtların içten yanmalı motorlarda tahrik gücüne çevrilmesi sonucunda ortaya çıkan emisyonların insan ve çevre sağlığı açısından zararları olduğu bilinmektedir. Bu çerçevede dünyada bölgesel olarak ülkeler çeşitli emisyon standartlarına uyum konusunda anlaşmalara varmışlardır. Örneğin, Avrupa Birliği karayolu taşımacılığı için üretilmekte olan motorlu taşıtların uyması gereken standartları ilgili yönetmelikler ile Tablo 1'de verildiği üzere uygulamaktadır [2]. Bu emisyon standartları araç tiplerine göre (binek, hafif, ağır) ve araçların yakıt tiplerine göre (benzin, dizel, LPG, CNG, vb.) çeşitlendirilmiş olup belirli zaman aralıkları ile güncellenerek daha da kısıtlayıcı hale gelmektedir.

**Tablo 1.** Hafif Hizmet Taşıtları için AB Emisyon Standartları (g/km)

Standart	Tarih	CO	HC	HC+NOx	NOx	Partikül Madde
Dizel Motorlu Taşıtlar						
<i>Euro 1</i>	1992.07	2,72	-	0,97	-	0,14
<i>Euro 2</i>	1996.01	1	-	0,7	-	0,08
<i>Euro 3</i>	2000.01	0,64	-	0,56	0,5	0,05
<i>Euro 4</i>	2005.01	0,5	-	0,3	0,25	0,025
<i>Euro 5</i>	2009.09	0,5	-	0,23	0,18	0,005
<i>Euro 6</i>	2014.09	0,5	-	0,17	0,08	0,005
Benzin Motorlu Taşıtlar						
<i>Euro 1</i>	1992.07	2,72	-	0,97	-	-
<i>Euro 2</i>	1996.01	2,2	-	0,5	-	-
<i>Euro 3</i>	2000.01	2,3	0,2	-	0,15	-
<i>Euro 4</i>	2005.01	1	0,1	-	0,08	-
<i>Euro 5</i>	2009.09	1	0,1	-	0,06	0,005
<i>Euro 6</i>	2014.09	1	0,1	-	0,06	0,005

Türkiye, Avrupa Birliği yönetmeliklerine uyum sürecinde daha önce yürürlükte olan emisyon standartlarını Avrupa standartlarına göre yeniden düzenlemektedir. Bu çerçevede, Türkiye’de uygulanmış ve uygulamaya başlanmış emisyon standartları araç tiplerine göre Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. Motorlu araçlar için Türkiye’deki emisyon standartları

		Önceki durum		Mevcut durum	
		Standart	Tarih	Standart	Tarih
Benzin Motorlu Hafif Hizmet Taşıtları	Yeni tip onayı	Euro 3	01.01.2001	Euro 4	01.01.2008
	Tüm tip onayları	Euro 3	30.09.2001	Euro 4	01.01.2009
Dizel Motorlu Hafif Hizmet Taşıtları	Yeni tip onayı	< Euro 1	01.01.2001	Euro 4	01.01.2008
	Tüm tip onayları	< Euro 1	31.12.2002	Euro 4	01.01.2009
Ağır dizel araç	Yeni tip onayı	Euro I	01.01.2001	Euro IV	01.01.2008
	Tüm tip onayları	Euro I	31.12.2002	Euro IV	01.01.2009

Taşımacılıktan kaynaklanan enerji tüketiminin azaltılması ve taşıtlardan yayılan kirletici emisyonların azaltılması için en önemli unsurlardan biri de bu taşıtları kullanan toplumun bilinçlendirilmesidir. 2009 yılı başından itibaren yürürlükte olan “Yeni binek otomobillerin yakıt ekonomisi ve CO₂ emisyonu konusunda tüketicilerin bilgilendirilmesine ilişkin yönetmelik” buna katkıda bulunmak için atılmış adımlardan biridir. Bu yönetmelikte açıklandığı üzere araçların bütün promosyon literatürleri resmi yakıt tüketim ve resmi spesifik CO₂ emisyon verilerini içermelidir. Resmi yakıt tüketimi değeri, 100 km başına litre (1/100 km) veya 1 litre başına km (km/l) ya da bunların birleşimine uygun halde en fazla ondalık basamak olarak açıklanmalıdır. Bu değerler 80/181/AT Yönetmeliği hükümleri ile uyumlu olacak şekilde değişik birimler cinsinden de ifade edilebilir(galon ve mil). Yönetmelikte araçların spesifik CO₂ emisyon değeri (g/km) cinsinden Tablo 3’ te verilen değerlere göre sınıflandırılmaktadır.

Tablo 3 Motorlu taşıtların CO₂ emisyon değerlerinin sınıflandırılması

Resmi Spesifik CO ₂ Emisyon Sınıfı	Resmi Spesifik CO ₂ Emisyonu E _c (g/km)
A	$E_c < 100$
B	$101 \leq E_c < 125$
C	$126 \leq E_c < 150$
D	$151 \leq E_c < 175$
E	$176 \leq E_c < 200$
F	$201 \leq E_c < 225$
G	$E_c > 225$

3. ULAŞIMDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ İÇİN ALTERNATİF TEKNOLOJİLER

Emisyon regülasyonları, yasal zorunluluklara uyum ve bunu takiben küresel rekabetin gerekliliği olarak daha verimli araçlar üretme zorunluluğu, araç üreticilerini gerek konvansiyonel sistemlerde yeni çözümler üretmeye gerekse alternatif teknolojilere yönlendirmektedir. Özellikle son yıllarda içten yanmalı motorlarda, egzoz sonrası işleme teknolojileri ile araçların emisyon değerlerinde önemli azalmalar gerçekleştirilmektedir. Neredeyse her araçta bulunan katalizörlerin yanı sıra, partikül madde salınımına karşı kataliz dizel partikül filtresi, azotoksit azaltımına yönelik SCR(Selective Catalyst Reduction) şu an araçlarda kullanılan başlıca sistemlerdir. Bunun yanı sıra, dizel motorlarda kullanılan yüksek basınçlı enjektör sistemleri ve hassas kontrol edilebilen enjeksiyon stratejileri ile yakıt verimliliği sağlamak mümkün olup beklenen emisyon regülasyonlarına uyum da gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, benzin ve dizel motorlarda kullanılan egzoz gazı geri beslemesi teknolojisi, emisyon azaltımına yönelik kullanılan teknolojiler arasındadır. İçten yanmalı motorlardaki gelişmelere paralel olarak, kullanılan malzeme teknolojilerindeki ilerlemeler, şanzıman sistemleri, lastik teknolojisindeki birçok gelişme, güvenlik unsurunu göz ardı etmeksizin araçlarda enerji verimliliğine yönelik iyileştirmeler arasında yer almaktadır. Tüm bu iyileştirmeler, araçlarda elektronik ve elektromekanik sistemlerin kullanımını arttırmakta, araçlar birçok sensör ve aktüatör ile donatılmış birer sistem haline gelmektedir.

Araçlarda enerji verimliliğine yönelik yapılan çalışmaların bir kısmı da yakıt teknolojilerini ilgilendirmektedir. Bu noktada regülasyonların belirlediği kükürt ve kurşun oranları gibi gerek çevreci yakıtların gerekse aracın komponentlerine zarar vermeyecek tipte yakıtların kullanımı önem kazanmaktadır. Özellikle dizel yakıtlarda, setan sayısı, kükürt, yağlayıcılık, su ve partikül gibi kirletici etkenler, benzinde ise oktan sayısı, gümüş korozyonuna sebep veren kükürt oranı, yakıt kalitesini belirleyen parametreler olarak göze çarpmaktadır.

Son yıllarda yakıt teknolojilerini yakından ilgilendiren bir diğer konu ise, alternatif yakıtların araçlarda kullanımı ve araç alt yapısının bu yakıtlara uyumlu hale getirilmesi üzerine yapılan çalışmalarıdır. Biyodizel ve biyoetanol kullanımının, Avrupa’da sınırlı olarak (%5) izin verilmesi ve sınırlı oranlarda karışım için (%5.75 biyo yakıt) regülasyonların bulunmasına rağmen, araştırma ve geliştirme trendleri yakın gelecekte daha yaygın kullanımların ortaya çıkacağını göstermektedir. Özellikle, esnek karışıma izin verebilen araçlar (Flexible Fuel Vehicle –FFV) teknolojinin yöneldiği noktalardan biridir. Ancak alternatif yakıt kullanımının daha yaygınlaşması, kullanılan yakıt tipinin korozyif etkileri ve diğer farklılıkları göz önünde bulundurulduğunda, beraberinde araçlardaki bazı modifikasyonların ortaya çıkmasına sebebiyet verecektir.

Son yıllarda enerji verimliliği bakış açısı ile araç teknolojilerinin yöneldiği noktalardan bir diğeri de elektrikli araç teknolojisi. Bu çerçevede, yapılan araştırmaların odak noktasında elektrikli tahrik sistemlerinin araçlar içerisinde kullanılmasına olanak sağlayan tümü elektrikli ya da hibrid elektrikli araçlar yer almaktadır.

3.1 Tümü Elektrikli ve Hibrid Elektrikli Araçlar

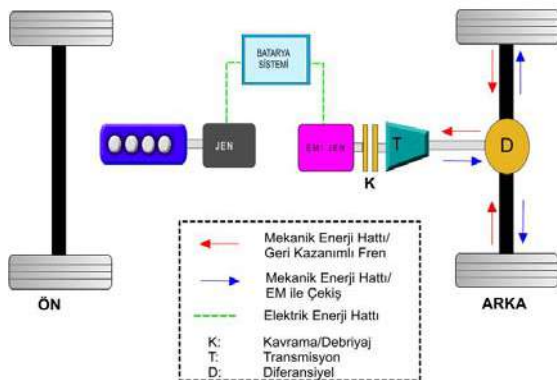
Tümü elektrikli ve hibrid elektrikli araçlar günümüzde çevresel duyarlılığın artması, kentsel hava kirliliği ve küresel sera gazı oluşumunu önleme isteği, fosil yakıtların hızla tükenmesi ve fosil yakıtların dış kaynaklara bağımlı olması nedenleriyle ulaşım araçlarında alternatif enerji kaynaklarının kullanılması zorunluluğundan doğmuştur.

Tümü elektrikli araçlar, konvansiyonel çekiş sistemindeki içten yanmalı motorun yerine araç üzerinde depolanan elektrik enerjisinin aracın çekiş sisteminde kullanıldığı sistemlerdir. Araçlarda harcanan elektrik enerjisi, araçlarda bulunan bataryaların şebekeden şarj edilmesi ile tekrar sağlanmış olur. Özellikle düzenli kullanım koşullarının söz konusu olduğu araç filolarına uyarlanması ve araçların şarj işlemlerinin güneş ve rüzgar enerjisi ile üretilen alternatif elektrik enerjisi kaynaklarından sağlanması ile bu araçların enerji verimliliği açısından katkıları daha da artmaktadır.

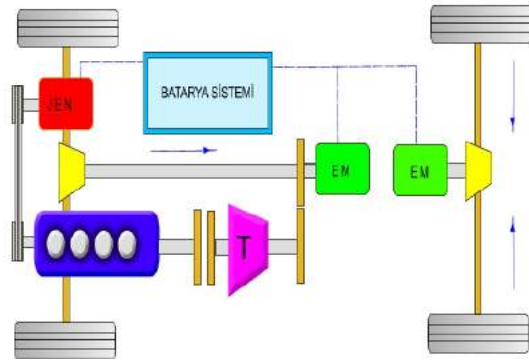
Hibrid elektrikli araçlar ise, konvansiyonel bir içten yanmalı motor ile elektrik motorunun birlikte tahrik amaçlı kullanıldığı araçlardır. Aracın üzerinde çeşitli yöntemler ile depolanan elektrik enerjisi sayesinde elektrik motoru kullanılarak, gerek egzoz emisyonları gerekse yakıt tüketimi açısından, konvansiyonel araçlara göre büyük üstünlükler sağlanmaktadır. İçten yanmalı motorun sadece tahrik amaçlı değil aynı zamanda elektrik motorunu generator olarak çalıştırarak elektrik enerjisi üretebilmesi ve konvansiyonel bir araçta ısı şeklinde kaybedilen frenleme enerjisinin araç üzerinde depolanabilmesi, araca bu temel özellikleri kazandıran sebeplerdir. Araçta iki farklı tahrik sisteminin kullanılması, iki farklı kaynağın verimleri açısından optimize edilerek, konvansiyonel bir araca göre yakıt tüketimi ve emisyon açısından verimli hale gelmelerine sebebiyet vermektedir. Kullanılan elektrik motorunun getirdiği bir başka avantaj da, bu araçların gürültü emisyonunun diğer araçlara göre çok daha az olmasıdır.

Özellikle, şehir içi toplu yolcu taşımacılığında sıklıkla kullanılan otobüs ya da midibüs segmenti hibrid araç kullanımı için diğer araçlara göre daha fazla avantaj sağlamaktadır. Araçların rotalarının belirli ve tahmin edilebilir olması, ortalama araç hızının ve ivmelenme değerlerinin düşük kalması ve araçta yeni komponentlerin yerleşimine izin verecek geniş alanların daha rahat bulunabilmesi bu tip araçların hibridleştirilmesini daha cazip kılmaktadır [3]. Günümüzde, Avrupa ve Amerika’da yolcu taşımacılığında kullanılan hibrid otobüs sayısı her geçen gün hızla artmaktadır [4,5].

Günümüzde hibrid elektrikli araçlarda kullanılan güç aktarma organlarında iki temel diziliş ön plana çıkmaktadır. Bu konfigürasyonlardan ilki olan seri konfigürasyonda İYM ile tekerlekler arasında mekanik güç iletimi olmazken, İYM üzerinde bulunan bir jeneratör, elektrik motorunda kullanılacak elektrik enerjisini üretmektedir (Şekil 3). Paralel konfigürasyonda ise, İYM’nin sağladığı enerjinin bir kısmı tekerleklerle iletilirken, bir kısmı da, elektrik motoru üzerinden batarya şarjında kullanılabilmekte, tahrik sırasında ise yük durumunda göre, İYM ve elektrik motoru beraber veya tek olarak da çalıştırılabilmektedir (Şekil 4).



Şekil 3 – Seri Hibrid Konfigürasyonu



Şekil 4 – Paralel Hibrid Konfigürasyonu

Her iki konfigürasyonun, aracın kullanım amacı başta olmak üzere, kullanıldığı coğrafya, araç özelliklerine bağlı olarak çeşitli artıları ve eksileri bulunmaktadır. Örneğin seri araçlarda iki elektrik makinesi (elektrik motoru ve jeneratör) bir arada kullanılması daha geniş yer ihtiyacı ve enerji çevriminden doğan kayıpların artmasına sebep olurken, yol yüklerinden bağımsız hale getirilmiş bir içten yanmalı motorun çalışma noktalarının daha verimli noktalara kaydırılması mümkündür. Bunun yanında, sadece çekişin elektrik motoru ile sağlanması araç üzerinde titreşim ve gürültü problemlerinin azalmasına sebebiyet verecektir [3].

Hibrid elektrikli araçların avantajını ortaya koyan unsurların başında, farklı moment karakteristiğinden iki farklı çekiş sisteminin bir arada kullanılması, enerji tasarrufu ve emisyonların ötesinde sürüş konforunun artırılmasından, gürültü-titreşim özelliklerinin iyileştirilmesine kadar farklı alanlarda avantaj sağlamaktadır. Sürüş sırasında, içten yanmalı motorun kapatılabilmesi, sıfır emisyonlu araç (Zero Emission Vehicle – ZEV) konseptinin de yaygınlaştırılması adına önem arz eder.

Hibrid araç teknolojisinde ortaya koyulan avantajların mertebesi, elbetteki araç üzerinde seçilen konfigürasyon ile yakından ilgilidir. Hibridleştirme oranı olarak adlandırılan bu durum, örneğin sadece aksesuar yüklerinin elektrikli hale getirilmesinden, yüksek güç ve enerji depolama ünitelerinin kullanıldığı ful-hibrid konseptine kadar geniş bir skalaya sahiptir. Görülmektedir ki hibridleştirme oranının artması, getirdiği avantajların yanı sıra, araç üzerine eklenen yeni bileşenlerin ağırlığı, kompleksleşen sistemler, üretim ve bakım maliyetlerin artması gibi unsurları da beraberinde getirmektedir [6].



Şekil 5 – Araç Entegrasyon Projeleri

Şekil 6 – Alt sistem Geliştirme Projeleri

3.2 TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsünde Hibrid ve Elektrikli Araç Teknolojileri Çalışmaları

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Enstitüsü bünyesinde faaliyet gösteren Araç Teknolojileri Grubu, gelecekte yaygın olarak kullanılması düşünülen bu teknolojinin geliştirilmesi ve günlük kullanıma uyarlanması konularında öncü rol oynaması adına bu teknoloji üzerine araştırma&geliştirme çalışmalarını yürütmekte ve gerekli alt yapı faaliyetlerini gerçekleştirmektedir. Hibrid elektrikli araçlar konusunda gerek araç entegrasyonu gerekse komponent geliştirme anlamında farklı projelere imza atılmıştır. Entegrasyon projelerine birkaç örnek vermek gerekirse, Türkiye'nin ilk hibrid elektrikli aracı olan ELİT 1 - Seri Hibrid Elektrikli Araç Geliştirilmesi ve Prototip Üretimi projesi, Hafif Ticari Hibrid Elektrikli Araç Geliştirilmesi ve Prototip Üretimi projesi ve Ulaşım Sektöründe Sera Gazı Azaltımı projesi sayılabilir (Şekil 5). Bu entegrasyon projelerinin yanı sıra hibrid elektrikli araç alt komponentlerinin geliştirilmesi ve prototip üretimine yönelik çeşitli proje örnekleri de saymak mümkündür. Örneğin elektrikli sürüş sistemi için Elektrik Motoru ve Sürücüsü Geliştirilmesi, Hibrid Kontrol Ünitesi Geliştirilmesi ve Hibrid Elektrikli Araçlar için Sürücü Arayüzü Geliştirilmesi bunlardan bir kaçıdır (Şekil 6).

Enerji verimliliği konusundaki birincil nesil olarak değerlendirilebilecek elektrikli araç teknolojilerinin devamında, ikincil nesil olarak yakıt pilli ve hidrojen teknolojileri sayılabilir. Bunların yanında, homojen karışımli sıkıştırılmalı ateşlemeli (HCCI) ve kontrollü otomatik ateşlemeli motorlarda halen üzerinde çalışılmakta olan ve önemli oranda yakıt tasarrufu ve emisyon avantajları sağlayan sistemler olarak göze çarpmaktadır.

4. SONUÇ

Ulaştırma sektörünün önemli bir parçasını oluşturan kara taşımacılığında enerji verimliliğini arttırmak üzere alternatif yakıtlar, içten yanmalı motor teknolojisinde yapılan iyileştirmeler ve alternatif tahrik sistemlerine sahip araçların geliştirilmesi gündemdedir. Kuzey Amerika ve Japonya yoğun olmak üzere Avrupa ülkelerinde ulaşırmada kullanılan yakıt miktarının azaltılması ve ulaşırmada kullanılan fosil yakıtların yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına başlanmıştır. Bununla birlikte fosil yakıtların çevreye yaydığı emisyonları azaltmak için çeşitli yönetmeliklere uyum sağlamayı kabul etmiş ülkelerde günümüz araçlarında iyileştirmeler yapmak bir zorunluluk haline gelmiştir. Giderek teknik açıdan sağlanması zorlaşan bu standartlar alternatif yakıtlı ve alternatif tahrikli araçlar üzerine araştırma geliştirme faaliyetlerini tetiklemektedir. Buna paralel olarak TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü hibrid ve elektrikli araçlar, alt sistemleri ve alternatif yakıtlar konularında çalışmalarına devam etmektedir.

KAYNAKÇA

1. Avrupa Çevre Ajansı, <http://www.eea.europa.eu/tr>
2. Direktif 88/77/EEC, “**Motor vehicles with trailers: emission of gaseous pollutants from diesel engines**”, European Directive.
3. Z. Rahman, K. L. Butler, M. Ehsani, 1999 “**Design Studies Of A Series Hybrid Heavy-Duty Transit Bus Using V-Elph 2.01**”, Vehicular Technology Conference, Volume 3, pp2268-2272 Houston, USA, 16-20 May.
4. M.J. Bradley & Associates, Inc., 2000, “**Hybrid-Electric Drive Heavy Duty Vehicle Testing Project Final Emissions Report**”, Technical Report, Northeast Advanced Vehicle Consortium.
5. M.J. Bradley & Associates, Inc., 2000, “**Engine Certification Recommendations Report**”, Technical Report, Northeast Advanced Vehicle Consortium.
6. Holger Jené, Ernst Scheid, Hans Kemper, 2006, “**Hybrid Electric Vehicle (HEV) Concepts - Fuel Savings and Costs**”, ICAD 2006 Konferansı, İstanbul.

4.2. Oturum

Oturum Başkanı : Çınar ULUSOY
Enerji Verimliliği

- **Egemen AKAR, Fatih GENÇ, Gaye SAĞLAM, Murat BARANAK, Özgür C. KORKMAZ, Salih OBUT, Fehmi AKGÜN** : Evsel Mikro Kojenerasyon Uygulamaları İle Enerji Verimliliğinin Arttırılması
- **Rabi KARAALİ, İlhan Tekin ÖZTÜRK**: Sıfır Emisyonlu Kojenerasyon Tesislerinin Mevcut Kojenerasyon Tesisleri İle Karşılaştırılması
- **Burak OLGUN, Orkan KURTULUŞ, Hasan HEPERKAN** : Yeşil Binalar ve LEED
- **İYTE Binalarda Enerji Performansı Çalışma Grubu** : İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde Enerji Verimliliği Çalışmaları

EVSEL MİKRO KOJENERASYON UYGULAMALARI İLE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI

Egemen AKAR, Araştırmacı
Egemen.Akar@mam.gov.tr
Fatih GENÇ, Araştırmacı
Fatih.Genc@mam.gov.tr
Gaye SAĞLAM, Araştırmacı
Gaye.Saglam@mam.gov.tr
Murat BARANAK, Uzman Araştırmacı
Murat.Baranak@mam.gov.tr
Özgür C. KORKMAZ, Araştırmacı
OzgurCan.Korkmaz@mam.gov.tr
Salih OBUT, Araştırmacı
Salih.Obut@mam.gov.tr
Doç. Dr. Fehmi AKGÜN, Müdür Yardımcısı
Fehmi.Akgun@mam.gov.tr

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Enstitüsü Gebze / Kocaeli

Özet

Verimli, güvenilir, sessiz ve çevre dostu olan yakıt pili teknolojileri, eşzamanlı elektrik ve ısı enerjisi sağlayan mikro kojenerasyon sistemlerinde kullanılmaktadır. Dünya çapında ilgi gören yakıt pilli mikro kojenerasyon sistemlerinin ilk prototipleri geliştirilmiş olup bu konuda çalışmalar devam etmektedir. “Yakıt Pili Mikro Kojenerasyon Sistemi” projesi, Türkiye’de ilk olup TÜBİTAK Kamu Kurumları Araştırma ve Geliştirme Projelerini Destekleme Programı kapsamında TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Kocaeli Üniversitesi ve Türk DemirDöküm Fabrikaları A.Ş. tarafından yürütülmektedir. Projenin amacı, doğal gazdan hidrojen üretimini içeren 5 kWe gücünde Polimer Elektrolit Membran yakıt pili teknolojisine dayalı bir mikro kojenerasyon sistemi prototipinin geliştirilmesidir. Bu bildiri, evsel mikro kojenerasyon uygulamalarının enerji verimliliği konusundaki önemini vurgulayarak proje kapsamında gerçekleştirilen çalışmaları içermektedir.

Anahtar kelimeler: *Hidrojen, doğal gaz, reformer, katalitik yakıcı, yakıt pili, mikro kojenerasyon, proses kontrol, güç şartlandırma*

Abstract

Fuel cell technologies, which are efficient, reliable, quiet and environment-friendly technologies, are used in micro-cogeneration systems, which produce electricity and heat simultaneously. As well as the first prototypes were developed, the studies in this area still continue. “Micro-Cogeneration System based on

Fuel Cell” project, which is conducted under TÜBİTAK Support Programme for Research Projects of Public Institutions by TÜBİTAK Marmara Research Center Energy Institute, İstanbul Technical University, Kocaeli University and Türk Demir Döküm Fabrikaları A.Ş., is the first project on this subject in Turkey. The aim of the project is to develop a micro-cogeneration system based on 5 kWe Polymer Electrolyte Membrane fuel cell prototype for residential applications. The aim of this paper is to summarize the achievements within the project by emphasizing the importance of fuel cell micro cogeneration systems in the frame of clean energy technologies.

Keywords: *Hydrogen, natural gas, reformer, catalytic burner, fuel cell, micro cogeneration, process control, power conditioning*

GİRİŞ

Önümüzdeki 25 yıl içerisinde dünya enerji tüketiminin %60 oranında artacağı öngörülmekte ve bu kapsamda gerekli yatırım miktarının 12 trilyon Avro civarında olacağı tahmin edilmektedir. Türkiye’nin yaklaşık olarak dünyanın %1’ini temsil ettiği varsayılırsa, ülkemize ait olan bu alandaki yatırım miktarının yaklaşık 120 milyar Avro olacağı söylenebilir. 2007 yılı verilerine bakıldığında, Türkiye’nin enerjide dışa bağımlılığı %73 oranındadır ve yaklaşık 15 milyar TL sadece ham petrol ithalatı için kullanılmıştır. Bu kapsamda, mevcut enerji kaynaklarını ve ilgili teknolojileri, öncelikle enerji verimliliğini arttırarak, sonrasında ise kaynak ve taşıyıcı açısından enerji portföyünü çeşitlendirerek, enerji güvenliği ve iklim değişikliği problemlerini çözerek ve enerji endüstrisinin rekabet gücünü arttırarak daha sürdürülebilir hale dönüştürmek gerekmektedir.

MİKRO KOJENERASYON SİSTEMLERİ

Kojenerasyon sistemleri, güç ve ısının kombine bir şekilde üretilmesini içerir ve atık olacak ısı geri kazanılarak ticari ve endüstriyel uygulamalarda kullanılabilir. Türkiye’de TEİAŞ verilerine göre elektrik iletim hatlarındaki kayıplar %3, dağıtım hatlarındaki kayıplar ise %9 civarındadır[1]. Mikro kojenerasyon sistemi ile elektrik iletim ve dağıtım hatlarındaki kayıpların önüne geçilmektedir. Elektrik üretim veriminin ortalama %35 olduğu konvansiyonel sistemlerde geriye kalan %65’lik enerji, atık ısı olarak dışarı atılırken mikro kojenerasyon sistemi ile elektrik üretimi en az %40 verim ile gerçekleştirilebilir ve %60’lık atık ısı, sıcak su ve ısınma ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanılabilir. Günümüzde küçük ölçekte elektrik üretimi için üzerinde durulan dört alternatif mikro kojenerasyon teknolojisinin özellikleri karşılaştırmalı olarak Tablo 1’de verilmektedir.

Mikro türbinler, Stirling makinaları ve yakıt pilleri halen tam anlamıyla ticarileşmemiş, araştırma aşamasında olan teknolojilerdir. Tablo 1 incelendiğinde, yakıt pillerinin tam ve kısmi yüklerdeki elektriksel verimleri daha yüksek, gürültü seviyelerinin ise daha düşük olduğu görülmektedir.

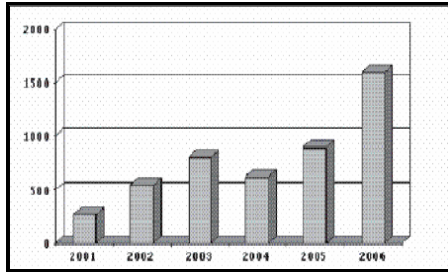
Dünya genelindeki mevcut mikro kojenerasyon sistemlerinin sayısı Şekil a’da görüldüğü üzere artış göstermektedir. Bu sistemlerde yakıt pili tipi olarak katı oksit yakıt pilleri (SOFC) ve polimer elektrolit membran yakıt pilleri (PEMFC) üzerine odaklanılmıştır. Şekil b’de görüldüğü üzere üretilen prototiplerin yaklaşık %80’inde PEMFC kullanılmakta ve bu sayı giderek artmaktadır [2].

Tablo 1. Küçük ölçekli kojenerasyon sistemlerinin karşılaştırılması

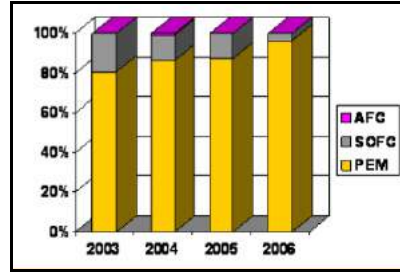
	İçten Yanmalı Motorlar	Mikro Türbinler	Stirling Makinaları	PEM Yakıt Pilleri
Elektriksel Güç (kW)	10–200	25–250	2–50	2–200
Elektriksel verim	25–45	25–30	15–35	40–50
Kısmi yüklerde verim (%50)	23–40	20–25	~ 35	40–50
Toplam Verim	75–85	75–85	75–85	75–90
Elektrik gücü / Termal gücü	0,5–1,1	0,5–0,6	0,3–0,7	0,9–1,1
Çıkış sıcaklığı (°C)	85–100	85–100	60–80	60–80
Bakım Zamanı (saat)	5000–20000	20000–30000	~ 5000	10000 (a)
Gürültü (dBa)	50–65	50–70	(b)	0
Yatırım Maliyeti (\$ kW ⁻¹)	800–1500	900–1500	1300–2000	2500–3500

(a) Vaillant firmasının prototip test sonuçları esas alınmıştır. 10000 saatlik ömür, gerçek çalışma şartları altında gerçekleşmiştir.

(b) Herhangi bir bilgiye ulaşılammıştır.



(a)



(b)

Şekil 1. (a) Toplam yakıt pilli mikro kojenerasyon sistemlerinin sayısı ve (b) yakıt pili çeşitlerinin kendi içinde yıllara göre üretim oranları (AFC: Alkali yakıt pili)



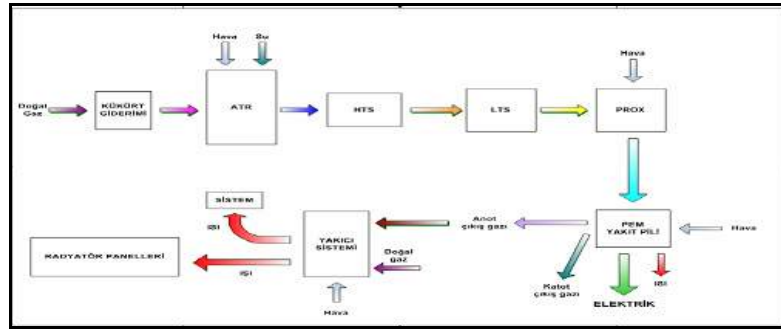
Şekil 2. Yakıt pilli mikro kojenerasyon sistemleri demonstrasyon örnekleri (MCFC: Ergimiş karbonatlı yakıt pili)

YAKIT PİLLİ MİKRO KOJENERASYON SİSTEMİ

Müşteri kurumun Elektrik İşleri Etüt İdaresi olduğu “Yakıt Pili Mikro Kojenerasyon Sistemi” projesi, TÜBİTAK Kamu Kurumları Araştırma ve Geliştirme Projelerini Destekleme Programı kapsamında TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Kocaeli Üniversitesi ve Türk DemirDöküm Fabrikaları A.Ş. tarafından yürütülmektedir. 15 Temmuz 2006’da başlayan projenin süresi 45 aydır. Projenin amacı, evsel uygulamalar için doğal gazdan hidrojen üreterek PEMFC teknolojisine dayalı 5 kWe gücünde bir mikro kojenerasyon sistemi prototipi geliştirmektir.

5 kW elektriksel ve 30 kW ısıl güç üretmek üzere evsel uygulamalar için tasarlanan mikro kojenerasyon sisteminin bölümleri aşağıda görüldüğü gibidir. (Şekil 3)

- Ototermal reformer ünitesi
- Gaz temizleme reaktörleri (WGS, PROX)
- Doğal gaz ve yakıt pili anot atık gazını yakan katalitik yakıcı sistemi
- 5 kW’lık PEM yakıt pili modül bileşenleri, modülü ve sistemi
- Tüm birimlerin işletimine yönelik kontrol sistemi
- Güç koşullandırma sistemi



Şekil 3. PEMFC mikro kojenerasyon sistemi akış şeması

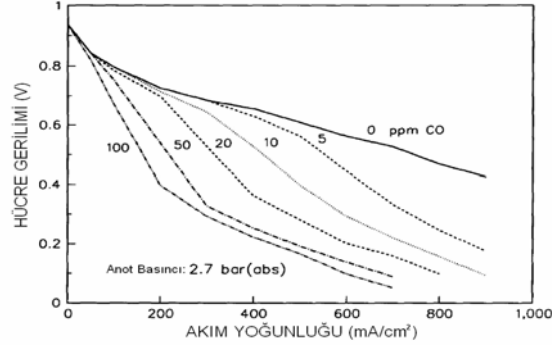
Hidrojen Üretim Sistemi

Dünya genelinde hidrojenin %48’i doğal gazdan üretilmektedir. Bunun nedeni doğal gazın hidrojen oranı yüksek, nispeten ucuz, temiz, şebeke altyapısı yeterli ve rezervleri yüksek bir yakıt olmasıdır. Ayrıca doğal gazdan hidrojen üreten sistemler, diğer kaynakları kullanan sistemlere nazaran daha basit ve yatırım maliyeti daha düşük olan sistemlerdir.

Mikro kojenerasyon sisteminde hidrojen üretimi üç aşamada gerçekleştirilmektedir. Birinci aşama doğal gazdan hidrojen zengin gaz karışımının üretildiği ototermal dönüşüm reaktörüdür. Bu reaktörün çıkışındaki akım içerisindeki karbon monoksit (CO) konsantrasyonu, PEM yakıt piline beslenebilecek oranın üzerinde olduğu için su-gaz dönüşüm reaktörleri ve seçici oksidasyon reaktörleri kullanılarak CO miktarının azaltılması amaçlanmaktadır.

Yüksek ve düşük sıcaklık su-gaz dönüşüm reaktörleri çıkışında CO bileşimi %0,5–1 aralığına kadar düşürülebilir. Fakat PEM yakıt pili giriş akımında 50 ppm’in üzerindeki CO konsantrasyonları, yakıt

pilinin anot katalizörünü deaktive ederek yakıt pilinin performansının düşmesine sebep olmaktadır [3]. Bu nedenle, hidrojen besleme gazındaki CO bileşiminin daha düşük seviyelere indirilmesi gerekmektedir [4]. CO içeriğine bağlı olarak yakıt pili gerilimindeki düşüş, Şekil 'de gösterilmektedir. CO derişiminin artmasıyla belli bir akım yoğunluğunda elde edilen yakıt pili geriliminin dolayısıyla yakıt pili veriminin düştüğü görülmektedir.



Şekil 4. CO derişiminin yakıt pili performansına etkisi [5].

Su-gaz dönüşüm reaktörlerinden çıkan gaz karışımındaki CO miktarı, seçici oksidasyon reaktörüyle 10 ppm'in altına kadar düşürülmelidir. Seçici oksidasyon reaktörleri içinde iki farklı oksidasyon reaksiyonu gerçekleşir:

Yakıt Pilli Mikro Kojenerasyon projesi kapsamında hidrojen üretimi ve saflaştırılması amacıyla ototermal dönüşüm reaktörü, yüksek sıcaklık / düşük sıcaklık su gaz dönüşüm reaktörleri, seçici oksidasyon reaktörlerinin tasarım, imalat ve montajları gerçekleştirilmiştir. Reaktör tasarımında kullanılan önemli parametreler aşağıda belirtilmektedir.

- Reaktörün çalışma sıcaklığı
- Reaktörün çalışma basıncı
- Kapasite
- Katalizör yatağı boyunca homojen gaz dağılımının elde edilmesi
- Reaktöre beslenen gaz karışımının boşluk hızı (GHSV)
- Optimum katalizör boy/çap oranı



Şekil 5. Hidrojen Üretim Sistemi

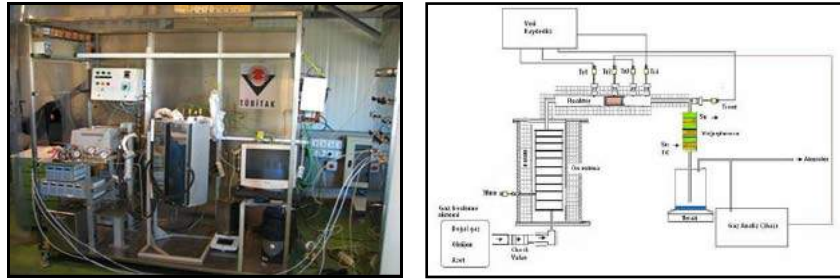
Proje kapsamında şimdiye kadar Şekil 'de görülen hidrojen üretim sisteminde 300 saatin üzerinde test gerçekleştirilmiştir. Testler sonucunda hidrojen üretim sisteminin 5 kW elektrik üretebilecek kapasitedeki PEM yakıt piline beslenebilecek kalitede hidrojen zengin gaz karışımını üretebildiği görülmüştür.

Katalitik Yakıcı Sistemi

Hidrojenin hava içerisinde stokiyometrik koşullarda adiyabatik yanma sıcaklığı 2097°C olup, yüksek homojen yanma sıcaklıklarında ($>1200^{\circ}\text{C}$) çok yüksek miktarda NO_x emisyonları oluşmaktadır. Katalitik yakıcı kullanımı ile gerçekleşen alevsiz yanma sonucu, hidrojen yüzdesine ve debisine de bağlı olarak maksimum 800°C sıcaklığa ulaşılmaktadır. Düşük yanma sıcaklıklarında ($<1200^{\circ}\text{C}$) NO_x emisyonları oldukça düşük seviyede gerçekleşmektedir. Bu nedenle PEM yakıt pili anot gazının katalitik olarak yakılması çevre açısından tercih edilmektedir.

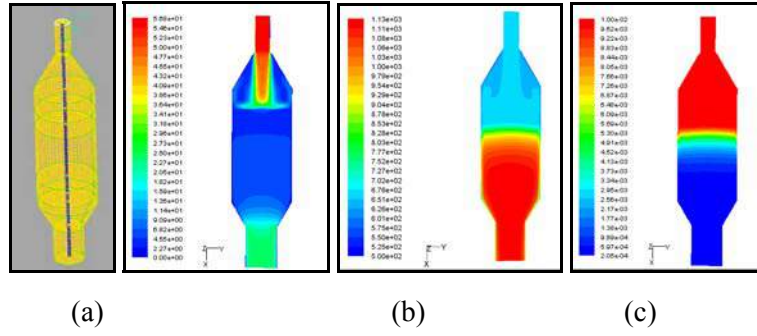
Mikro kojenerasyon sistemlerinin evsel uygulamaları ile ilgili olan bu proje kapsamında iki adet katalitik yakıcı geliştirilmiştir. Bu katalitik yakıcılardan 5 kW ısı güce sahip olan yakıcı, PEM yakıt pili anot atık gazı içerisinde bulunan dönüştürülemediği hidrojen, metan ve diğer yakılabilir gazların yakılmasında kullanılmaktadır. Katalitik yakıcı, hidrojen üretim sistemine gerekli gaz beslemeleri için ön ısıtma sistemi olarak tasarlanmıştır. Böylece PEM yakıt pili anot atık gazı atmosfere verilmeden ısı yükü geri kazanımı ile sistemin genel verimi artırılmaktadır. Geliştirilmekte olan 30 kW'lık ısı güce sahip ikinci katalitik yakıcıda ise metan hava karışımları yakılmaktadır. Açığa çıkan ısı enerjisi, evsel uygulamalar için ısıtma suyu ve sıcak kullanım suyu temininde kullanılmaktadır.

Her iki katalitik yakıcıda da seramik monolit yapı üzerine kaplanmış ticari katalizörler kullanılmıştır. Bu katalizörlerin kinetik özelliklerinin anlaşılabilmesi ve daha sonra tasarım aşamasında kullanılacak olan bilgisayar destekli akışkanlar dinamiği (CFD) programına girdi sağlanabilmesi için katalizörler üzerinde metan için katalitik yanma reaksiyonu kinetiği verileri (aktivasyon enerjisi ve hız sabiti) çıkarılmıştır. Şekil 'de kinetik çalışmalarda kullanılan test düzeneği görülmektedir.

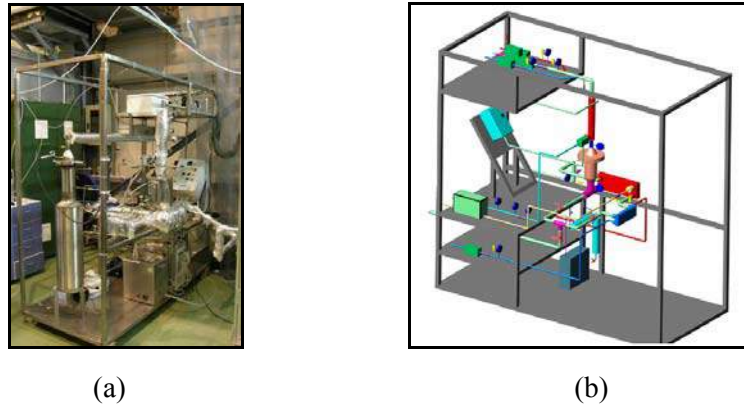


Şekil 6. Kinetik çalışmada kullanılan test düzeneği

CFD programı ile deney düzeneğindeki reaktör modellenerek kinetik veri doğrulanmıştır. 5 kW'lık katalitik yakıcı için model reaktör çizilerek reaktör difüzör açıları, boyu ve çıkış borusu çapı vb. parametreler model üzerinde incelenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda Şekil 'de görüldüğü gibi reaktör içerisinde akış hızı, sıcaklık, basınç ve kompozisyon dağılımları elde edilmiştir.



Şekil 7. 5 kW katalitik yakıcı sisteminde (a) modeli ve reaktör içerisinde hız, (b) sıcaklık ve (c) metan oranı dağılımları.

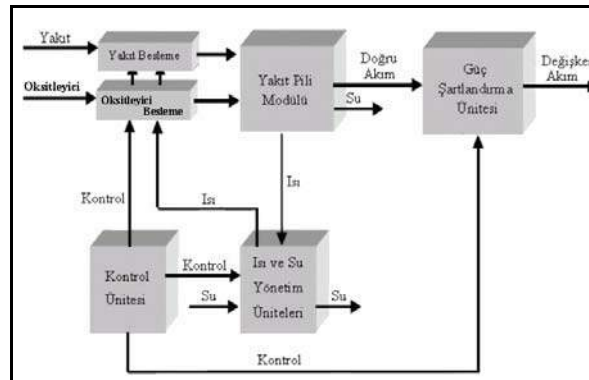


Şekil 8. 5 kW katalitik yakıcı (a) test düzeneği (b) 3D çizimi

Modelleme sonucu elde edilen veriler kullanılarak 5 kW’lık katalitik yakıcı prototipi imal edilmiştir. İmal edilen prototiplerin performanslarının değerlendirilmesi için test amaçlı deney düzeneği hazırlanmıştır. Hazırlanan deney düzeneği Şekil a ve b’de gösterilmiştir.

PEM Yakıt Pili Sistemi

“Yakıt Pili Mikrokogenerasyon Sistemi” projesi kapsamında 5 kW elektriksel güce sahip PEM yakıt pili modülünün oluşturulması amaçlanmıştır. Yakıt pili modülü yanında modülün çalışması için gerekli olan nemlendirme, ısı ve su yönetimi alt sistemleri de yakıt pili modülüne entegre edilerek PEM yakıt pili sistemi oluşturulacaktır (Şekil 9).



Şekil 9. PEM yakıt pili sistemi blok diyagramı

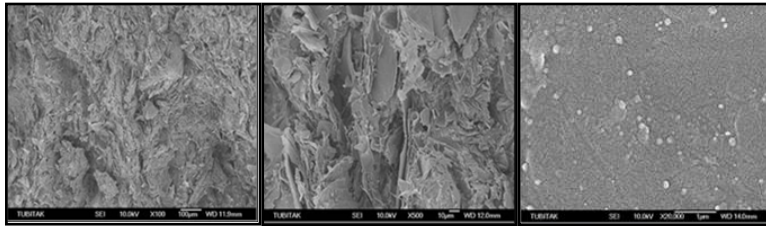
Yakıt pillerinin bileşenlerinden biri olan bi-polar plakaların yakıt pili içerisindeki gazların aktif alan boyunca homojen dağıtılması gibi ana işlevlerinin yanında, yüksek elektriksel ve termal iletkenlik, mukavemet, yüksek korozyon direnci v.b. özelliklere de sahip olması istenir.

Bu projede kimyasal kararlılık, korozyon direnci ve düşük yoğunluk kriterleri göz önüne alınarak polimer-kompozit bi-polar plakaların üretimi ve kullanımı tercih edilmiştir. Plakaların üretimleri için en uygun proses koşulları yapılan çalışmalar sonucunda belirlenmiştir. Dolgu, bağlayıcı, kalıp ayırıcı ve reoloji düzenleyicilerin farklı miktarlarında yapılan üretim çalışmaları sonunda uygun bileşim, kalıplama basıncı ve sıcaklığı belirlenmiş ve plaka üretim çalışmaları yapılmıştır. Proje kapsamında üretilen polimer-kompozit yapıdaki bi-polar plakaların özellikleri sahip olması gereken özelliklerle karşılaştırmalı olarak Tablo 2’de verilmiştir.

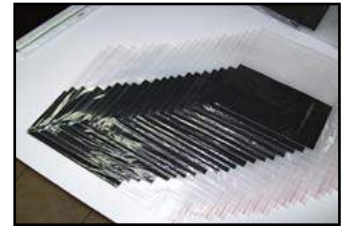
Tablo 2. Proje kapsamında üretilen plakaların özellikleri

	İstenen Değer	Üretilen Plaka Değeri
Yoğunluk, g/cm ³	1,85	1,69
Basma mukavemeti, N/mm ²	> 50	67
Eğme mukavemeti, N/mm ²	> 40	64
Çekme mukavemeti, N/mm ²	> 25	27
Elektriksel iletkenlik, S/cm	> 20	82
Korozyon hızı, $\mu\text{A}/\text{cm}^2$	< 16	0,022
Isıl genleşme, 1/K		$3,5 \times 10^{-6}$
Hidrojen geçirgenliği, $\text{cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$	$< 2 \times 10^{-6}$	$1,4475 \times 10^{-6}$

Ayrıca üretilen plakaların SEM analizleri yapılarak yüzey özellikleri hakkında bilgi edinilmiştir. Şekil 10a’da farklı büyütme ölçeklerinde alınan SEM fotoğraflarında farklı 2 tür dolgu, bağlayıcı, güçlendirici, iç ve dış kalıp ayırıcıların kullanıldığı plakaların yüzey ve kesitleri görülmektedir. Yapılan test ve karakterizasyon çalışmaları neticesinde üretilen kompozit plakaların yakıt pili çalışmaları için uygun özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir.



(a)



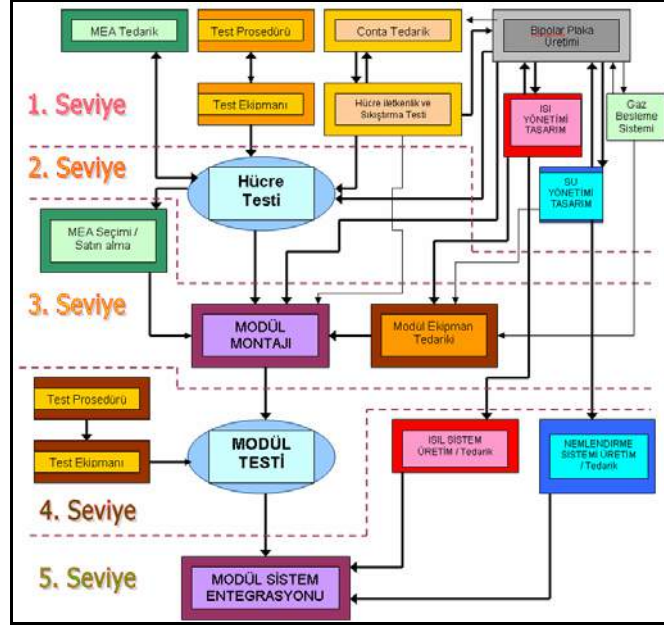
(b)

Şekil 10. (a) Üretilen plakaların SEM görüntüleri; (b) Üretilen membran elektrot üniteleri

Membran elektrot ünitesi katalizör ile kaplanmış gaz difüzyon tabakalarının yüksek sıcaklık ve basınç altında membran ile birleştirilmesiyle veya membranın katalizör ile kaplandıktan sonra gaz difüzyon tabakalarının arasına yerleştirilmesiyle oluşturulur. Muhtemel reformer gazı karbon monoksit içeriğine (<50 ppm) göre anotta Pt-Ru/C katalizör, katotta ise Pt/C katalizör kullanılmıştır. Anot ve katot

elektrotların en uygun yükleme miktarları yapılan çalışmalar sonucunda belirlenmiş ve bu elektrotlar kullanılarak membran elektrot üniteleri üretilmiştir (Şekil 10b).

Modül tasarımında, yakıt pilini oluşturan bileşenlerin (MEÜ, bi-polar plaka vb.) ısı ve nem yönetimi, yüksek performans kriterleri dikkate alınarak uygun bir şekilde bir araya getirilmesi amaçlanmıştır. Her bir bileşen tek başına teste tabi tutulduklarında yüksek performans elde edilebilmesine rağmen, hücreler bir araya geldiğinde toplam modül performansı hücrelerin toplamına eşit olmayabilir. En ideal durum, modül performansının hücrelerin her birinin performansının toplamı ile aynı olmasıdır. Modül tasarımı, Şekil 11’de verilen şemadan da görüleceği gibi, iş akışı açısından kritik önem taşımaktadır.



Şekil 11. PEM yakıt pili sistem entegrasyonu akış şeması.

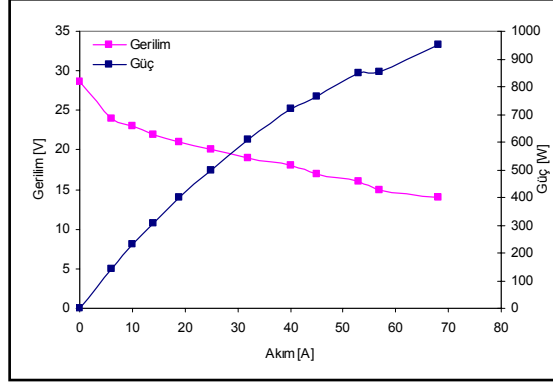
Modül tasarımında göz önünde bulundurulması gereken bazı önemli hususlar:

- Her hücreye gerektiği kadar reaktant gazların ulaştırılması,
- Reaksiyon sonucu meydana gelen suyun uzaklaştırılması,
- Reaksiyon sonucu oluşan ısının “fazlasının” uzaklaştırılması,
- Elektrik iletimi için yeterli baskı kuvvetinin sağlanması,
- Sızdırmazlık,
- Mekanik dayanım

şeklinde olup; bu hususlar proje kapsamında üretilen PEM yakıt pili modülleri için yapılan çalışmalar neticesinde optimize edilmiştir. 5kW kapasiteli modül üretiminden önce kW mertebesindeki prototip modül üretilip teste tabi tutulmuştur (Şekil 12).



(a)



(b)

Şekil 12. (a) 2 adet PEM yakıt pili modülü, (b) Üretilen modülün performans grafiği (30 L/dak. %100 nemli 65°C Hidrojen; 90 L/dak. %100 nemli 60°C Hava; modül sıcaklığı 70°C)

Mikro Kojenerasyon Sistemi Prosesleri ve Kontrol Sistemi

5 kW elektriksel ve 30 kW ısı güç kapasiteli mikro kojenerasyon sisteminin otomatik kontrolü, sistemin verimli işletimi açısından önem taşımaktadır. Mikro kojenerasyon sistemini oluşturan alt sistemlerin kontrolü, endüstriyel proses kontrolü kapsamına girmekte ve bu amaçla gerekli prosedürler yerine getirilmektedir. Proses kontrolü, uygun benzetim ve optimizasyon yöntemleri kullanılarak tasarlanan bir veya birden çok proses dahilinde ki tüm kontrol ekipmanlarının, belirlenen çalışma noktaları civarında denetimiyle birlikte prosesin öngörülen devreye alma, devreden çıkarma ve acil kapama senaryoları çerçevesinde gerçekleştirilen otomasyonunu kapsamaktadır.

Kontrol Parametreleri

Hidrojen üretim sisteminde kontrol edilmesi gereken temel işletme parametreleri ototermal dönüşüm (ATR) reaktörünün çalışma sıcaklığı ile O_2/C ve S/C stokiyometrik oranlarıdır. Bununla birlikte her üç proses bünyesindeki kütle akış kontrolörleri, pompa, kompresör, ısı değiştiricileri, soğutucular gibi yardımcı ünitelerin bulunduğu hatlarda sıcaklık, basınç, debi verilerinin izlenmesi ve kontrolü gerçekleştirilmektedir. Güç şartlandırma sisteminin kontrolü kendi içindeki mikrokontrolör devreleriyle gerçekleştirilmektedir. Bu sistemin otomasyonu kapsamında ise, yakıt pili sürekli çalışma durumuna geçtiğinde alınan uygun bir sinyalle güç şartlandırma ünitesi devreye alınmakta, aksi durumda devreden çıkarılmaktadır.

Kontrol Sistemi

Endüstriyel proseslerin kontrolü genel anlamda bir endüstriyel otomasyonu gerektirir. Endüstriyel otomasyon, bir endüstriyel üretim sisteminin istenen görevleri yerine getirecek şekilde belirlenen bir çalışma noktasında işletilmesini sağlayan otomatik prosedürler zinciridir [6]. Tüm sistemin kontrolü, önceden tanımlanan devreye alma, devreden çıkarma ve acil kapama senaryoları uyarınca oluşturulan kontrol akış şemalarına bağlı olarak yapılmaktadır. Endüstriyel otomasyon sisteminin güvenilirliği için kontrol prosedürü kadar uygun bir veri iletişiminin sağlanması da önemli bir ölçüttür. Veri iletişiminin en önemli alt birimi Denetleyici Kontrol ve Veri Toplama (Supervisory Control and Data Acquisition - SCADA) adı verilen yapıdır ve ayrı olarak programlanması gerekmektedir.

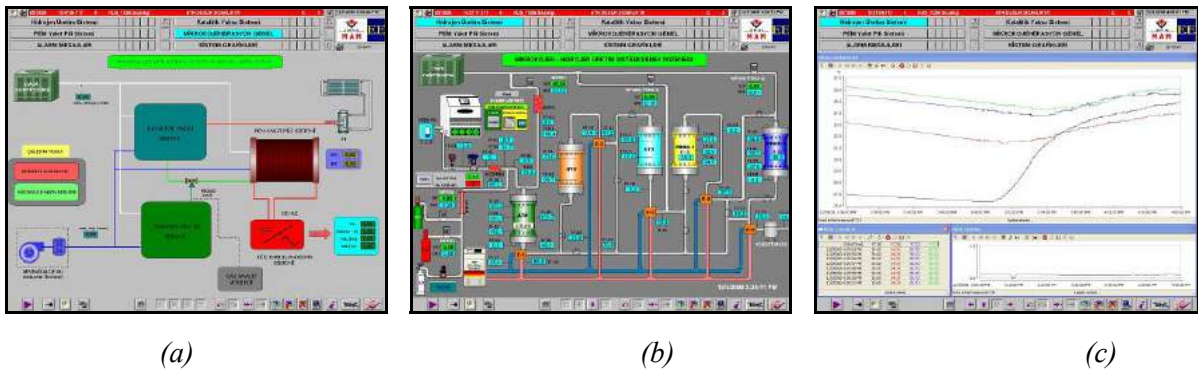
Kullanılan sistemde 8 kanallı 19 adet analog giriş, 3 adet analog çıkış, 4 kanallı 2 adet analog çıkış, 16 kanallı 1 adet dijital giriş, 8 kanallı 2 dijital giriş/çıkış modülü kullanılmıştır. Ayrıca kontrol panosunda

her bir sıranın birbiriyle haberlemesi için 3 adet ara modül, cihazların ilgili portları ile iletişim görevlerini yerine getirmek üzere iletişim modülü, CPU, ana ve yedekli güç kaynağı kullanılmıştır. Gerçekleştirilen prototip bir başka deyişle kontrol panosu Şekil 13’de görülmektedir.



Şekil 13. Kontrol panosu

Kontrolör ve saha seviyesi arasındaki bilgi akışının bilgisayar tabanlı olarak görüntülenmesi ve sistem üzerinde operatör kontrolünün sağlanması SCADA sistemiyle sağlanır. SCADA sistemi, proseslerin ve kontrol edilen saha elemanlarının anlık durumunu, tasarlanan grafik ekranlarıyla kullanıcıya aktaran çeşitli kullanıcı arayüzü ünitelerini birleştirir. Bu ekranlar ile proses değişkenlerinin değerleri listelenip grafik çıktıları alınabilir, diyagnostik bilgiler ve alarmlar görüntülenebilir. Böylece prosesin sürekli kontrolü sağlanarak proses verimliliği her işletim noktasında garanti altına alınmış olur. Şekil . (a), (b) ve (c), mikro-kojenerasyon sistemi için tasarlanan kullanıcı arayüz ekranlarından birkaç örneği yansıtmaktadır.



Şekil 14. (a) Mikro kojenerasyon sistemi genel yerleşimi (b) Hidrojen üretim sistemi proses ekranı (c) Grafik ekranı

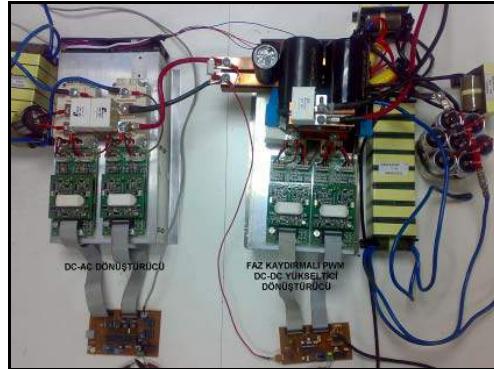
Güç Şartlandırma Sistemi

Geleneksel doğru akımlı güç kaynakları ile karşılaştırıldığında, yakıt pili modüllerine ait çıkış gerilim değerlerinin daha düşük ve çıkış akım değerlerinin de daha büyük olduğu bilinmektedir. Bunun nedeni, modüler yapıyı oluşturan her bir hücreye ait gerilimin düşük bir değere sahip olmasıdır. Bu değer, teorik olarak maksimum açık devre çalışma şartlarında 1,2 V olup, nominal güçte çalışma şartlarında yüklenme durumunda ise 0,5 ile 0,6 V arasında değişen bir değerde olmaktadır [7].

Yakıt pili çıkış gücünden optimum şartlarda ve kararlılıkta faydalanılabilmesi için, modül çıkışına çıkış gerilimini çeşitli yüklenme koşullarında kullanılabilecek seviyeye getirmekle görevli, güç şartlandırma sistemleri kullanılmaktadır. Yakıt pilli kojenerasyon uygulamalarının alt sistemler bazında en son bileşeni olan güç koşullandırma sisteminin görevi, düşük yakıt pili çıkış gerilimine sahip olan yakıt pili modülünden elde edilen elektriksel çıkış gücünü, özel uygulamalar ve diğer yardımcı sistemler için yüksek bir elektriksel verim oranı ile kullanılabilir düzeye çevirmektir[8].

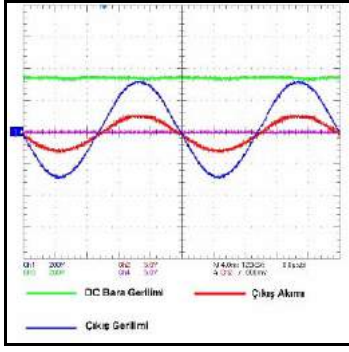
Kojenerasyon uygulamalarında çıkışta evsel yüklerin beslenmesi için güç şartlandırma ünitesinin çıkışında RMS değeri 220 V ve frekans değeri 50Hz olan AC gerilime ihtiyaç duyulmaktadır. 5 kW'lık çıkış gücüne sahip bir yakıt pilli modülüne ait olan çıkış gerilimi de tam yükte yüklenme koşulları altında ortalama olarak 60–100 Volt aralığındadır. Bu bilgiler ışığında güç şartlandırma ünitesinin giriş geriliminin 60–100 Volt DC, çıkış geriliminin de 220 Volt AC olması gerektiği açıktır. Dolayısı ile güç şartlandırma sisteminde bir DC-AC çevrim söz konusudur. Geleneksel inverter sistemlerinde çıkışta 220 Vrms değerine ulaşılabilmesi için, giriş DC gerilimin 400 Volt civarında olması gereklidir. Yakıt pili çıkış gerilimi ise bu gerilim seviyesinin oldukça altında bir değerde olduğundan, yakıt pili modül geriliminin öncelikli olarak DC-DC dönüştürücü (DC-DC konverter) aracılığı ile yükseltilmesi ve ardından elde edilen DC gerilimin DC-AC dönüştürücü (inverter) devresine uygulanması gereklidir.

Yukarıda açıklanan bilgiler doğrultusunda tasarlanmış mikro kojenerasyon güç koşullandırma sistemi, iki alt dönüştürücü sistemden oluşmaktadır. Bunlardan ilki, yakıt pili çıkış gerilimini yükseltme amaçlı kullanılan DC-DC faz kaydırmalı yükseltici PWM dönüştürücü, diğeri ise bu dönüştürücünün çıkışında elde edilen yükseltilmiş DC gerilimi evsel yüklerin beslenmesine uygun hale getiren DC-AC dönüştürücüdür. İlgili sisteme ait devre yapısı Şekil 15'te görülmektedir.

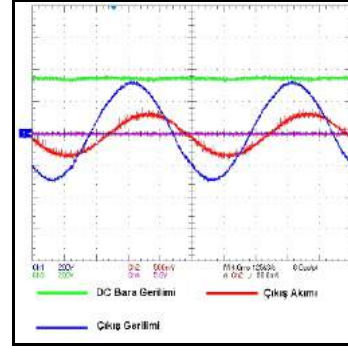


Şekil 15. 5 kW gücünde kojenerasyon sistemine ait güç şartlandırma sistemi

Güç şartlandırma sisteminin gerçekleştirilmesi aşamasından sonra gerçekleştirilen elektriksel performans testleri yardımı ile devreye ait elektriksel akım, gerilim ve verim değerleri elde edilerek, çıkışta beslenecek olan yüklerin sağlıklı bir şekilde çalışmasına uygun olup olmadığı tetkik edilebilir. Proje kapsamında gerçekleştirilen güç koşullandırma sistemine ait 4 kW değerinde çıkış gücü altında çalışma koşullarında yapılan performans testlerine ait sonuçlar Şekil 16.(a) ve (b)'de görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 16. (a) Omik yüklenme altında elektriksel performans testi elektriksel dalga şekilleri (b) Omik-endüktif yüklenme altında elektriksel performans testi dalga şekilleri

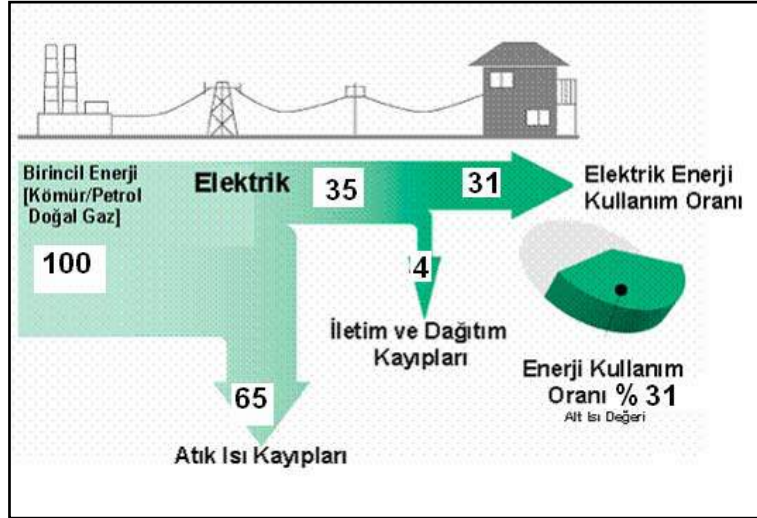
Şekil 16a'da çıkışta, su ısıtıcısı, ütü, fırın vb. türdeki rezistif (omik) yüklerin yüklenmesi sonucu elde edilen çıkış dalga şekilleri görülmektedir. Şekil 16b'de ise, çoğu evsel yükün (buzdolabı, çamaşır, bulaşık makineleri vb.) sahip olduğu omik-endüktif türde yüklere ait performans sonuçları verilmiştir. Güç koşullandırma sisteminin performans testlerinde sistemin verimi de, yüklenme koşullarına göre ayrı ayrı incelenmiştir. Omik yüklenme şartlarında, sistemin maksimum verimi %87,6, omik-endüktif yüklenmedeki maksimum verim ise %85'tir. Dönüştürücü sistemi, DC-DC ve DC-AC dönüştürücü alt sistemleri olarak ayrı ayrı incelendiğinde maksimum inverter verimi omik yüklenmede %97,7, omik-endüktif yüklenmede %97,5'dir. Maksimum DC-DC dönüştürücü (konverter) verimi ise omik yüklenmede %90,4, omik-endüktif yüklenmede ise %87,8'dir.

Sisteme ait verim değerlerinin hem dönüştürücü verimleri olarak ayrı ayrı hem de her iki yükte çalışma koşullarında yüksek oluşu, mikro kojenerasyon sisteminin verimini doğrudan etkilediğinden olumlu bir gelişme ortaya konulmaktadır.

SONUÇ

Yakıt pilli mikro kojenerasyon sistemleri, dağıtılmış (distributed) enerji üretimi kapsamında değerlendirilen bir teknolojidir. Dağıtılmış enerji üretimi yöntemi, elektrik enerjisinin tüketimin gerçekleşeceği bölgelere yakın alanlarda küçük ölçekli üretim sistemleri ile karşılanmasıdır. Bu yöntemin en önemli avantajları, sistemin alternatif ve yenilenebilir enerji kaynakları (hidrojen, güneş pilleri, biyokütle, rüzgar vb.) ile uygulanabilmesi, kojenerasyona imkan sağlaması, enerji üretim veriminin genellikle yüksek olması, emisyonların düşük olması, enerji iletim ve dağıtım kayıplarının düşük olması sayılabilir.

Enerji verimliliği açısından bakıldığında yakıt pilli mikro kojenerasyon sistemlerinin oldukça avantajlı olduğu değerlendirilmektedir. Konvansiyonel sistemler ile elektrik üretiminde verim ortalama olarak %35'tir. Geriye kalan %65'lik enerji, atık ısı olarak dışarı atılır. İletim ve dağıtım kayıplarına bakıldığında, TEİAŞ verilerine göre Türkiye'de iletim hatlarındaki %3, dağıtım hatlarında %9 oranında elektrik enerji kaybedildiği görülmektedir. Sonuç olarak, konvansiyonel sistemler ile birincil enerji kaynağının ortalama olarak ancak %31'i elektrik olarak kullanılabilmekte, %69'u ise atık ısı ve iletim dağıtım kayıpları ile atmosfere atılmaktadır (Şekil 17).



Şekil 17. Elektrik enerjisi kullanım oranı, atık ısı kayıpları ve iletim & dağıtım kayıpları

Yakıt pilli mikro kojenerasyon sisteminde ise kojenerasyon yapıldığı için atık ısı kayıpları oldukça düşüktür. Elektrik üretimi tüketime yakın bölgelerde gerçekleştirildiği için iletim ve dağıtım kayıpları ihmal edilebilecek düzeylerde. Yakıt pillerinde elektrik üretimi %40-65 verim ile gerçekleştirilebilir. Ayrıca atık ısı, önemli ölçüde ısınma ve sıcak su ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanılabilir. Sonuç olarak yakıt pilli mikro kojenerasyon sistemleri ile kayıpların önemli ölçüde bertaraf edilmesi ile birincil enerji kaynakları çok daha verimli kullanılabilir.

Üzerinde çalışılan proje kapsamında, ototermal dönüşüm reaktörü, yüksek sıcaklık / düşük sıcaklık su-gaz dönüşüm reaktörleri, seçici oksidasyon reaktörleri ile ısı değiştiriciler ve gerekli enstrümantasyondan oluşan hidrojen üretim sisteminin tasarım, imalat ve testleri gerçekleştirilmiştir. Sistem doğal gazdan, PEM yakıt pilinde kullanılacak özellikte, karbon monoksitten arındırılmış, hidrojen zengin gaz karışımı üretimi yapabilmektedir. Şimdiye kadar hidrojen üretim sisteminde 300 saatin üzerinde test gerçekleştirilmiştir.

Mikro kojenerasyon sisteminin çalışması esnasında sisteme beslenecek akışkanların ön ısıtılması için ihtiyaç duyulan ısı gücü, yakıt pili anod atık gazı içerisinde bulunan ve normalde atmosfere verilen atıl hidrojen ve metan içerikli gazın katalitik olarak yakılması ile sağlanması amaçlanmaktadır. Bu sayede sistemin genel verimi artırılırken kontrollü ve düşük sıcaklıkta meydana gelen katalitik yanma reaksiyonları sonucunda çok düşük emisyon değerlerine ulaşılmakta ve sistemin çevreye verdiği zararlar minimize edilmektedir.

Proje kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda alt sistem ve/veya elemanların tasarım, imalat, montaj ve test çalışmaları tamamlanmış olup, tüm sistemin entegrasyonu çalışmalarına devam edilmektedir.

KAYNAKÇA

1. Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2006–2015).
2. Kerry-Ann Adamson, “Fuel Cell Today Market Survey: Small Stationary Applications” 2006.
http://www.fuelcelltoday.com/FuelCellToday/FCTFiles/FCTArticleFiles/Article_1144_FuelCellTodaySmallStationarySurvey2006.pdf
3. Mariño, F., C. Descorme and D. Duprez, 2004, *Applied Catalysis B: Environmental*, Cilt: 54, Sayfa: 59-66.
4. Avgouropoulos, G., T. Ioannides, C. H. Papadopoulou, J. Batista, S. Hocevar ve H. K. Matralis, 2002, *Catalysis Today*, Cilt: 75, Sayfa: 157-167.
5. Amphlett, J.C., R. F. Mann ve B. A. Peppley, *International Journal of Hydrogen Energy*, Cilt: 21, Sayfa 673-678.
6. Kurtulan, S. (2008). *PLC ile Endüstriyel Otomasyon*, Birsen Yayınevi, İstanbul.
7. Ellis M.W., Nelson D.J., Von Spakovsky M.R., (2001) , “Fuel Cell Systems: Efficient, Flexible Energy Conversion for 21st Century”, *IEEE*.
8. Cheng K.W.E. , Ho Y.L., Law K.K., Sutanto D., (2001), “Exploring the Power Conditioning System for Fuel Cell”, *IEEE*.

SIFIR EMİSYONLU KOJENERASYON TESİSLERİNİN MEVCUT KOJENERASYON TESİSLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Öğr. Gör. Rabi KARAALİ¹, Prof. Dr. İlhan Tekin ÖZTÜRK²

¹Kocaeli Üniversitesi, Gölcük MYO. Gölcük- Kocaeli

²Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü
Veziroğlu Kampüsü- Kocaeli

ÖZET

Dünya elektrik ihtiyacının %40 civarı kömürden %20'si diğer fosil kaynaklardan sağlanmaktadır. Küresel ısınmanın %55 civarındaki baş sorumlusu olan CO₂ emisyonlarında, fosil kaynakların kullanımı önemli bir paya sahiptir. İklim değişikliklerinin önlenmesi veya mevcut durumu ile korunabilmesi için CO₂ emisyonlarının azaltılması veya belirli bir seviyede tutulması zorunludur. Bu yüzden en fazla CO₂ üreten güç üretim tesislerinin CO₂ emisyon teknolojisi tekrar gözden geçirilmeli ve minimum CO₂ salınımı üreten sistemlerin en kısa sürede faaliyete geçirilmesi gerekmektedir. CO₂'nin bertaraf edilmesinde kullanılan en önemli çevrimler ve teknolojiler ile mevcut kojenerasyon tesislerinin termodinamiğin birinci kanununa göre analizi yapılmıştır. Sıfır emisyonlu çevrimlerden uygulanabilir olan oksifuel ve su çevrimleri ile örnek ve hava ısıtmalı kojenerasyon çevrimleri ele alınarak elektrik ve ısı güçleri karşılaştırılmıştır. Oksifuel ve su çevrimlerinin sıvılaştırılacak CO₂'nin sıkıştırılması için (%5-6) ve havadan oksijenin ayrıştırılması içinde (%2-3) kompresör işi için ilave güç harcanmasından dolayı birinci kanun verimleri, örnek ve hava ısıtmalı kojenerasyon çevrimlerinden %8 daha düşük elde edilmiştir. Termodinamik analiz için Fortran programlama dilinde program yazılmış ve çalıştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar literatürdeki sonuçlarla karşılaştırılmış ve uygunluğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kojenerasyon, Sıfır Emisyon, Güç Çevrimleri.

ABSTRACT

Today coal and other fossil fuels share 40% and 20% of the world's total electricity respectively. Fossil fuels playing an important role on CO₂ emissions which has the greatest negative effect on greenhouse, causing 55% of the global warming. To stop negative effect on greenhouse CO₂ emissions should be decreased. For that reason the CO₂ emission technology of the power plants is necessary to be developed and replaced by a zero emission technology. Zero and near zero emissions power plant technologies and their cycles, and important cogeneration cycles are analyzed by the first law of the thermodynamic. Oxyfuel and water cycles' heat and electrical powers compared with sample and recuperated cycles. First law of the thermodynamic efficiency of the oxyfuel and water cycles are found less 8% than sample and recuperated cycles because of air separated unit work to separate oxygen (2-3%) and compressing work of CO₂ (5-6%). For the thermodynamic analyze a computer program which its' FORTRAN codes are written by us. The results of this study are also compared with the literature and found that appropriate.

Keywords: Cogeneration, Optimization, Thermo Economy, Zero Emission, Power Cycles.

1. GİRİŞ

Kyoto protokolünde birçok ülke 1990'daki gaz emisyon seviyesinin %5 altına inme (2008-2012 için) taahhüdünde bulunmuştur. Bunun için izlenecek stratejinin önemli bir kısmı olarak maliyet etkili CO₂ azalımı için karbon vergisi (50Euro/ton CO₂ civarında) koymuşlardır[12]. Bu yüzden CO₂'nin egzoz gazlarından ayrıştırılarak bertaraf edilmesi giderek önem kazanmakta ve üzerinde daha fazla çalışılmaktadır. CO₂ vergileri ya da CO₂ ayrıştırma maliyetleri üretilen elektriğin maliyetini artırmakta olduğundan, enerjinin en verimli kullanıldığı kojenerasyon tesislerinin sadece klasik termoekonomik değil, aynı zamanda çevre maliyetinin de hesaba katıldığı termoekonomik (çevresel termoekonomik) analizlerinin de yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Dünya'da mevcut sıfır emisyonlu kojenerasyon tesisinin olmaması ve sadece çoğu tasarım ve geliştirilme aşamasındaki güç tesisleri söz konusu olduğundan, burada mevcut kojenerasyon tesisleri ile sıfır emisyonlu kojenerasyon tesisine dönüştürülebilir sıfır emisyonlu güç tesislerinin analizi termodinamiğin birinci kanununa göre yapılacak ve karşılaştırılacaktır. Burada doğal gazlı kojenerasyon sistemleri incelendiğinden ve doğal gazın sülfür içermediği (ihmal edilecek miktarda) kabul edildiğinden SO_x oluşumu ve bertaraf edilmesi incelenmeyecektir. Ayrıca NO_x oluşumu da yanma odasının uygun geometride olduğu ve NO_x oluşmayacak sıcaklıklarda çalışıldığı kabul edildiğinden NO_x oluşumu ve bertaraf edilmesi incelenmeyecektir.

Sıfır emisyonlu güç tesislerinde CO₂'nin bertaraf edilmesi için geliştirilmiş yöntemler üç grupta toplanabilir.

a) **CO₂'yi sıvılaştırarak depolama yoluyla bertaraf eden çevrimler:** Halen dünyada CO₂'nin bertaraf edilmesi için en yaygın düşünülen yöntemdir. CO₂'nin sıvılaştırılarak bertaraf edilmesini kullanan çevrimler, oksifuel kombine, su, Graz, gelişmiş sıfır emisyonlu (AZEP), gaz türbinli katı oksitli yakıt hücreleri (SOFC), kimyasal bağlı yanma (CLC), oto termal reformer (ATR), kimyasal absorpsiyonlu sistem (Amine absorpsiyonlu sistem) (AMİNE), iyon membran, absorpsiyonlu soğutma çevrimleri şeklinde sayılabilir. Ayrıştırma sonucu CO₂'nin sıvılaştırılarak depolanacağı yere borularla taşınması gerektiğinden taşıma maliyetini, (ne kadar boru döşeneceği, nereye depolanacağı gibi) her durum kendine özgü olduğundan, hesaplayacak bir genel hesap ortaya koymak zordur. CO₂'nin sıvılaştırılması verimi % 3-5 civarında (bazı durumlarda %10'un üzerinde) düşürmekte ve kuruluş maliyetini %75 civarında ya da daha fazla artırmaktadır. CO₂'nin sıvılaştırılarak bertaraf edilmesini kullanan çevrimler ayrıntılı olarak incelenmiştir.

b) **CO₂'nin kimyasal reaksiyonla başka madde ile zararsız bileşik oluşturan çevrimler:** Bu yöntem en çok CO₂'nin bir metal oksitle birleştirilerek zararsız bir karbonata (CaCO₃ veya MgCO₃ gibi) dönüştürülerek doğada depolanması ile CO₂'nin bertaraf edilmesi şeklinde düşünülmüş bir yöntemdir.

c) **CO₂'yi tekrar yakıtı dönüştürüp kullanan çevrimler:** Bu yöntemle ilgili birçok çalışma ve araştırma yapılmış, ancak karbon formasyonu problemi ve reaksiyonun güçlü bir endotermik reaksiyon olması dolayısıyla endüstride büyük ölçüde ticari uygulama alanı bulamamıştır. Ancak yapılan son çalışmalarda soy metal kullanılarak yapılan ya da sülfürlenmiş nikel katalizörler karbon formasyonu problemini çözmüştür. Bu yöntemde CO₂'nin yakıtı dönüştürülme prosesinin verimi söz konusu olduğundan CO₂'nin hepsi yakıtı dönüştürülememektedir. CO₂'nin bertaraf edilmesi için uygulanabilecek iki çeşit biyolojik yöntem mevcuttur.

i) **Orman:** 500 MW gücündeki bir güç tesisinin elli yıldan fazla bir süre için orman ile ürettiği CO₂'nin bertaraf edilmesi için sıcak iklim koşullarında 4000–5000 km², soğuk iklim koşullarında ise 7000–10000 km² 'lık bir alana ihtiyaç vardır. Bu alanın ormana dönüştürülmesi ve bakımı elektrik fiyatlarında 1.4–1.9 US\$/kWh bir maliyet artışına sebep olacaktır[6].

ii) **Biyokimyasal proses:** Bu proses ile CO₂'nin bertaraf edilmesi için yüksek konsantrasyonlu CO₂ içeren egzoz gazlarına dayanıklı, CO₂'yi kullanan ve bu ortamda hızla büyüyen ancak NO_x ve SO₂'ye

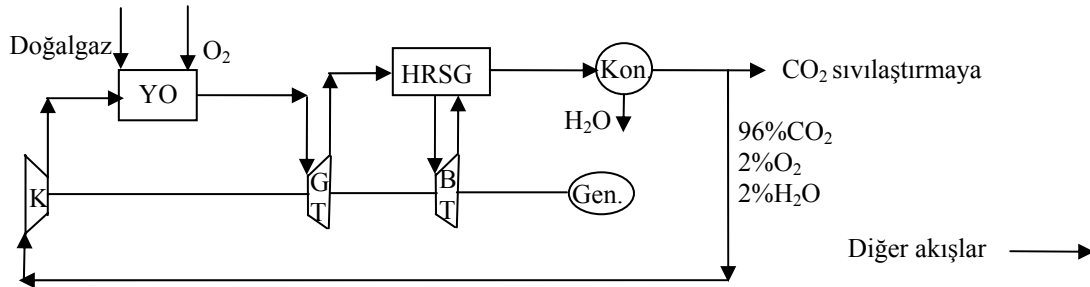
dayanabilen mikro algler gibi bitkilerin kullanılması söz konusudur. Açık havuzlarda ya da kapalı biyoreaktörlerde büyüeyebilen mikro algler için güneş enerjisi ve iklim büyüme ve gelişmelerinde dolayısıyla CO₂'yi bertaraf etmelerinde önemli rol oynar ve bunun yanında da önemli miktarda suya da ihtiyaç vardır. Çıkacak atık suyun çevreye zarar vermeden tahliyesi de çözülmesi gereken bir sorundur[9]. Bu bitkilerden daha sonra biyomas elde edilip hidrojen metan veya etanol üretimi gibi süreçlerde kullanılabilirler. 500 MW gücündeki bir güç tesisinin ürettiği CO₂'nin bertaraf edilmesi için gereken göl veya havuz alanı 45-89 km² arasında olup 70-100 US\$/tCO₂ ve bu da elektrik fiyatlarını 1.7-2.3 US\$/kWh artıracaktır[6].

İlk iki yöntemin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları şunlardır. Sıvılaştırma yönteminde CO₂'nin sıvılaştırılması için belli bir enerji harcanmaktadır, bunun da belli bir maliyeti vardır. Ayrıca bu yöntemde CO₂'den sonsuza kadar kurtulmak mümkün olmamakta, çünkü sıvı olarak nerede depolanmışsa (yeraltında ya da okyanus dibinde) orada durmaktadır. Deprem gibi olası sebeplerden dolayı atmosfere karışma riski çok düşüktür olsa bulunmaktadır. CO₂'nin kimyasal reaksiyonla dönüştürülmesinde ise kimyasal reaksiyona sokulacak maddenin önce işlenmesi sonra CO₂'nin üretildiği bölgeye getirilmesi ya da CO₂'nin kimyasal reaksiyona sokulacak bölgeye taşınması gerektiğinden, belli bir maliyet ortaya çıkmaktadır. Bu yöntemin ilk yöntemle olan üstünlüğü, CO₂'den sonsuza kadar kurtulmak mümkün olmaktadır.

1.1 CO₂'yi Sıvılaştırarak Depolama Yoluyla Bertaraf Eden Çevrimler

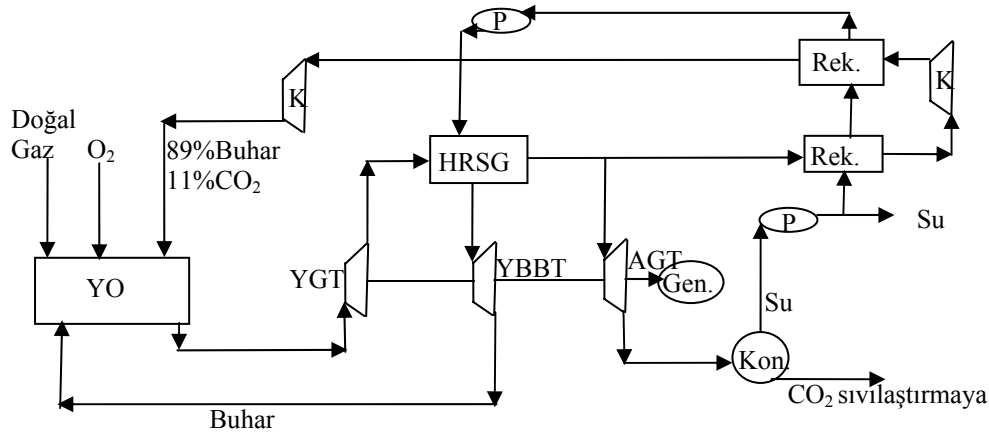
1.1.1 Oksifuel kombine çevrimi (O₂/CO₂ Güç Çevrimi): Bu çevrimde hava yerine yanmaya oksijen girmekte olup, çıkan egzoz CO₂ ve H₂O'dan ibarettir. Soğutarak yoğunlaştırma yoluyla H₂O ayrılmaktadır. CO₂'nin %90'ı çevrimde dönmekte geri kalan %10'u sıkıştırılarak sıvılaştırılmaktadır. Değişik versiyonları olan bu tip çevrimin en temel ve basit olanı Şekil-1'de gösterilmiştir.

1.1.2



Şekil 1. Oksifuel çevrim şeması

Matiant çevrimi de denilen O₂/CO₂ güç çevrimi Mathieu ve Nihart tarafından önerilmiş ve yüksek basıncı 30 MPa, türbin giriş sıcaklığı 1573 K için optimize edilerek çevrim verimi %45 civarında bulunmuştur. O. Bolland ve P.Mathieu'nun yaptığı O₂/CO₂, hava/CO₂-amine absorpsiyonla ayırma ve CO₂ ayrıştırma standart kombine çevrimli gaz türbini çevrimlerinin analizlerinin karşılaştırılması çalışmasında tesis verimi birinci çevrim için %44,9 ikincisi için %47,1 ve üçüncüsü için %55,2 elde edilmiştir[2,11]. Ayrıca CO₂'nin tekrar çevrimde dolaşım oranını artırmanın verim ve güç üzerinde çok az olumlu etkisi olduğunu ortaya koymuşlardır. Oksijeni havadan ayıracak olan ASU'nun (Hava Ayrıştırma Ünitesi) kullanımı, verimi ve elde edilen güç miktarını düşürmektedir. CO₂ ile çalışan büyük güçteki gaz

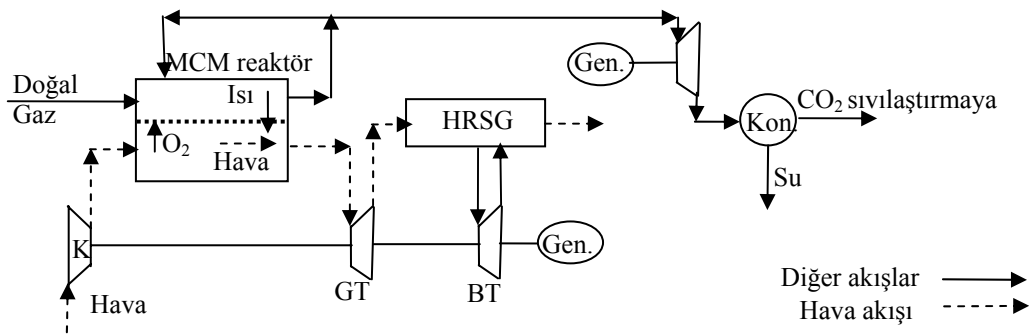


Şekil 3. Graz çevrimi (S versiyonu) şeması

1.1.4 Gelişmiş Sıfır Emisyonlu Güç Tesisleri Çevrimi (AZEP): Bu çevrimde kombine çevrimdeki yanma odası yerine bir karışımli iletken membran (MCM) reaktör vardır. Bu reaktörün üç tane fonksiyonu vardır.

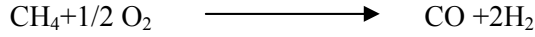
- 1) Oksijenin havadan bir membran yoluyla ayrılması
- 2) Yakıtın stokiyometrik orana yakın bir oranda yakılması
- 3) Isı değıştiricisi fonksiyonu olması, yani yanma ısısının oksijeni azaltılmış havaya verilmesi

Bu çevrimde oksijeni alınmış hava gaz türbininde genişletilir. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 'dan oluşan egzoz gazları da ayrı bir türbinde genişletilerek enerjisi işe dönüştürülür. H_2O 'nun çoğu soğutma ile yoğunlaştırularak suya dönüştürülüp CO_2 'den ayrıştırılır[9]. Burada MCM reaktörü 1200°C 'den daha az sıcaklıkta çalışması gerekmekte aksi halde reaktör zarar görmektedir. AZEP'in eski versiyonunda buhar türbini mevcut değildi. CO_2 'nin %100'e yakın kısmı ayrıştırılarak sıvılaştırmaya gönderilebilir. Bu çevrimin verimi %50 civarında olup CO_2 'nin ayrıştırılma oranı düşürülürse verim artar. Büyük ölçekte inşa edilmemiş olan bu çevrim halen geliştirilme aşamasındadır.

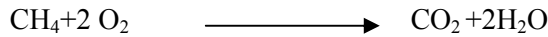


Şekil 4. Gelişmiş sıfır emisyonlu güç tesisleri çevrimi (AZEP) şeması

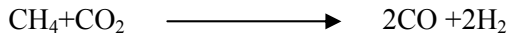
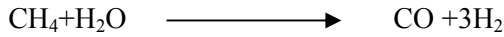
AZEP çevrimi NO_x oluşumuna engel olduğu gibi diğer bazı çevrimlerle karşılaştırıldığında daha düşük CO_2 ayrıştırma maliyeti avantajını sunmaktadır. Bu ve diğer avantajlar doğal gazın sadece karışık iletkenli membranda üretilen saf oksijen ile yakılması ve yakıt oksijen karışımına egzoz gazı katılması ile sağlanır. Reaktörde en çok kullanılan katalizör paladyumdur, ancak radyum ve diğerleri suyu daha az kirletirler[4]. Radyum bazlı katalizörler istenen özellikleri büyük oranda gösterirler. S.Eriksson ve arkadaşları radyum bazlı katalizörle zengin yakıtlı (kısmi katalitik oksidasyon (CPO)) yanmasını incelemiş ve yaptıkları deneylerle katalizör karakteristiklerini ortaya koymuşlardır. Metanın kısmi oksidasyonla reaksiyona sokulup yakılması için değişik mekanizmalar mevcuttur. Bunlar direkt oksidasyon (yani H_2 ve CO birincil ürünlerdir)



ve tamamlanmış yanma (yani H_2O ve CO_2 oluşur)



mekanizmalarıdır. Bu mekanizmaların arkasından metanın buharla dönüştürülmesi gelir ki bu reaksiyonlarda

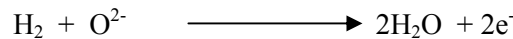


şeklinde dir. MCM reaktörü ile ilgili ayrıntılı bilgi ve araştırma S.Eriksson ve arkadaşları tarafından verilmiştir[4].

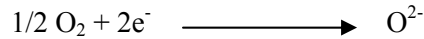
1.1.5 Gaz Türbinli Katı Oksitli Yakıt Hücresi (SOFC+GT): AZEP'teki gibi yanma odası yerine başka bir aygıt konmuştur. Bu aygıt yakıt hücresinin katodundan gelen oksijeni alınmış hava ana gaz türbinine gönderilir. Ancak yakıt tamamen yanmadığı için ayrıca ek bir yanma odası vardır. CO_2 'yi ayırmak için akışların katot ve anot akımları şeklinde ayrılması gerekir. Bu sistemin temel aygıtı olan SOFC (Solid oxide fuel cells) ya da katı oksitli yakıt pili (hücresi) dış üreticide, rekuperatörde ısıtılmış olan doğal gaz, ile SOFC'nin anodundan alınan bir miktar CO_2 ve H_2O ile yeniden üretilen H_2 katottan geçen havanın oksijeni ile birleşerek elektrik ve ısı üretimi sağlanır [9].

Burada yer alan reaksiyonlar şunlardır:

Anot reaksiyonu

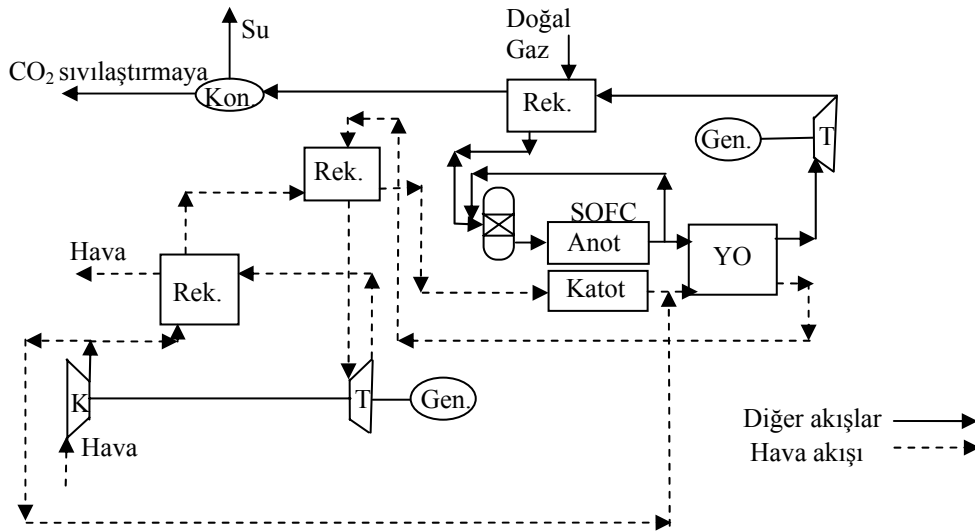


Katot reaksiyonu



Toplam reaksiyon





Şekil 5. Gaz türbinli katı oksitli yakıt hücreli çevrim (SOFC+GT) şeması

Katotta oksijen iki adet elektron yüklenerek oksijen iyonuna dönüşmekte ve bu iyonlar anotta hidrojen ile birleşerek H_2O buharı ve $2e^-$ şeklinde ayrılmaktadır. Sonuçta bu reaksiyondan bir mol hidrojen ve yarım mol oksijenden 241,83 kJ enerji elde edilmektedir. Burada iyonla dönüşen oksijen havadan ayrılarak anoda geçmekte ve kalan hava ve karbon ile bu reaksiyona girmemiş oksijen ve hidrojen ilave yanma odasında yakılmaktadır. Oksidasyon ürünleri anotta olduğundan azot reaksiyona girmemektedir. Ancak sıcaklığı katot ve yanma odası çıkışında arttığından ayrıca gaz türbininden geçirilerek elektrik elde edilir.

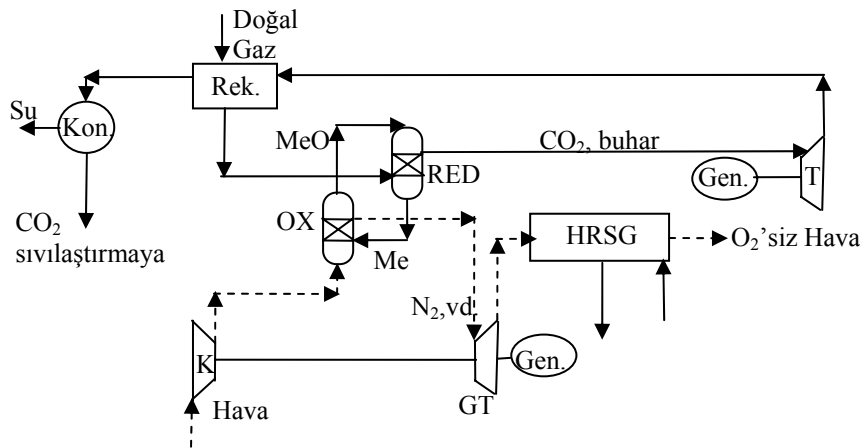
Halen SOFC ile elektrik üretiminde H₂'nin enerjisinin %50'sinin üzerinde verimlilikler elde edilmiş ve elde edilen atık ısının sıcaklığı 900–1100 °C civarında olduğundan atık ısının kullanımı da verimli olmaktadır. Böylece hem elektrik elde edilmesi sağlanmakta hem de ortaya çıkan atık ısı ki bu da geri kalan %50 civarında olup ayrı bir türbinden geçirilerek bir kısmı elektriğe dönüştürülmekte ve elektrik üretim verimi %70 (H₂'nin LHV'si) civarına çıkmaktadır[8].

SOFC verimi η_{SOFC} ile minimum ısı transfer verimi η_{MITV} ile gösterilirse,

$$\eta_{MITV}=0,37/(1-\eta_{SOFC}) \quad (1.1)$$

şeklinde bir bağıntı vardır. Buna göre SOFC'nin verimi arttıkça h yani ısı transfer verimi de artacak yani daha az ısı çıkacaktır. SOFC'nin verimi %63 olduğunda $h=1$ yani ısı transfer verimi %100 olacak ve toplam verim de %77 olacaktır. Ancak pratikte bu mümkün değildir çünkü bir miktar ısı egzoz gazları ile (buhar ve N_2) dışarı atılmaktadır. Karbonun LHV değerinin % 61.5 civarı (SOFC'nin %50 verimliliğinde (LHV)) elektriğe dönüştürülebileceği görülmüş bunun uygulamadaki kayıplar göz önüne alınırsa karbonun LHV değerinin %56 civarının elektriğe dönüşebileceği ortaya çıkmıştır. Yakıt kullanımı SOFC'den sonra ilave yanma odası ile %95 civarına çıkmaktadır. SOFC'nin uzun ömürlü ve düzenli çalışıp parçalarında yapısal bozuklukların ve termal gerilmelerin ortaya çıkmaması için eğilim çalışma sıcaklığının 900 °C altına inilmesi yönündedir. Ayrıca düşük sıcaklıkta çalışma SOFC aygıtının daha ucuza mal edilebilmesine olanak sağlamaktadır. SOFC'lerin büyük çoğunluğu doğal gaz veya hidrojen ile çalışacak şekilde optimize edilip üretilmişlerdir[12].

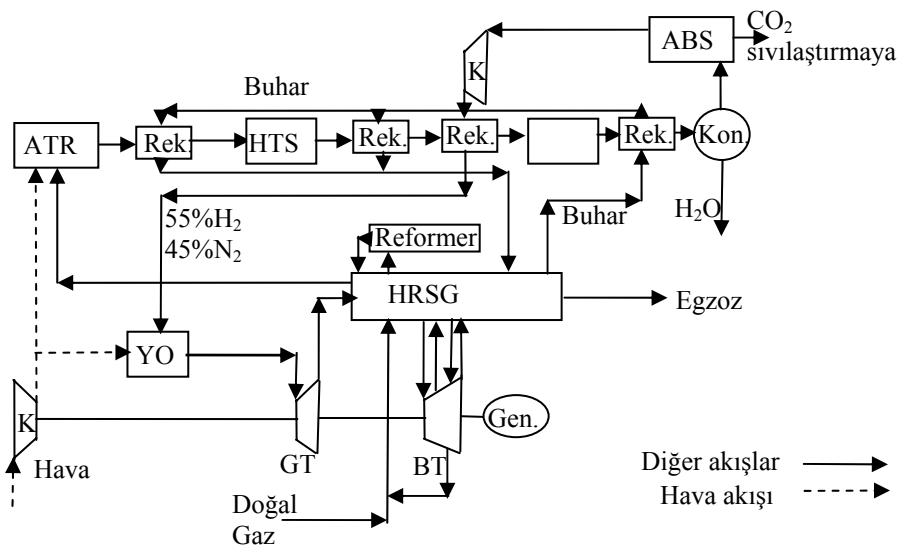
Henüz tam olarak olgunlaşmamış bir teknoloji olup gücü 20 MW'a kadar olan tesisler yapılmış olup daha büyük ölçekler denenmemiştir. Gaz türbinsiz SOFC çevrimli hibrit otomobil ve diğer taşıtların geliştirilmesi ve üretimi üzerinde halen yoğun çalışma araştırmalar devam etmektedir.



Şekil 6. Kimyasal bağlı yanma çevrim (CLC) şeması

1.1.6 Kimyasal Bağlı Yanma (CLC): CLC demek hava ile yakıt arasında direkt temas olmadan yanmanın meydana gelmesi demektir. Yanma prosesi oksidasyon ve reaksiyon şeklinde reaktör içinde termodinamik dengeye yakın gerçekleşir. RED ve OX reaktörleri arasında çalışan bir metal oksit sayesinde bu durum gerçekleşir.

Rekuperatorde ısıtılan doğal gaz metal oksitin oksijenini alarak (yanarak) CO_2 ve H_2O şeklinde oluşur ve oksijenini yitiren metal OX reaktöründe kompresörden gelen havanın oksijenini alarak tekrar oksitlenir. Oksijeni alınmış hava ve egzoz gazları farklı türbinlerde genişletilir ve havanın ısısı ile buhar üretilerek bir buhar türbini çalıştırılır. Egzoz gazlarının çoğu CO_2 ve H_2O 'dan oluşur. Yeni bir teknoloji olarak çıkan bu çevrim halen uygulamada geliştirilme ve pratiğe dökülme aşamasındadır. Özellikle reaktör sistemi çok yeni bir teknolojidir ve çevrim umut vermektedir. %100'e yakın bir oranda CO_2 'yi ayırtıran bu çevrimin verimi %51 civarındadır[9].



Şekil 7. Ön yanmalı oto termal reformer çevrim (ATR) şeması

İyon transfer membranı sık gözeneksiz seramik membrandan oluşur ve işlem 15–40 bar basınç ve 800–900 °C sıcaklıkta gerçekleşir. Yantovski ve arkadaşlarının termodinamik analizini yaptığı bu çevrimin verimi % 46–56 civarında (1300–1500 °C için) olup bununla ilgili ileri çalışmaların kojenerasyon ve diğer CO₂'yi bertaraf eden çevrimlerde kullanılmasını önermişlerdir[9].

Tablo 1. Sıfır emisyonlu güç çevrimlerinin karşılaştırılması[9].

Çevrim	Sistemin Verimi (%)	Avantajı	Dezavantajı	Kojenerasyon
Oxyfuel CC	47	Büyük ölçekler mümkündür	-	Mümkün
WC (Su)	45	Büyük ölçekler mümkündür	-	Mümkün
Graz	49	Büyük ölçekler mümkündür	-	Mümkün
AZEP 100%	50	CO ₂ ayrıştırma maliyeti düşük	Geliştirilme aşamasında	Mümkün
AZEP 85%	52.5	AZEP 100%'den daha verimli	85% CO ₂ ayrıştırma Geliştirilme aşamasında	Mümkün
SOFC/GT	67.3	Verimli	Büyük ölçekler denenmemiştir.	Mümkün
CLC	51.3	100% CO ₂ ayrıştırma	Geliştirilme aşamasında	Mümkün
ATR	46.9	Ağır karbonlu yakıtlar için uygun	Verim düşük	Mümkün
Amine	47.9	-	Optimum entegrasyon sağlanamamış	Mümkün
İyon Membranlı	56	-	Geliştirilme aşamasında	Mümkün

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Gaz Türbinli Kojenerasyon Tesislerinin Termodinamik Modeli

Açık sistem ve kararlı rejimde çalışma durumu için termodinamiğin 1. Kanunu sistem için aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\dot{Q}_{12} + \dot{W}_{12} = \dot{E}_2 - \dot{E}_1 \quad (2.1)$$

Kütlenin korunumu kanunu (sürekli rejimde),

$$\sum \dot{m}_g = \sum \dot{m}_\varphi \quad (2.2)$$

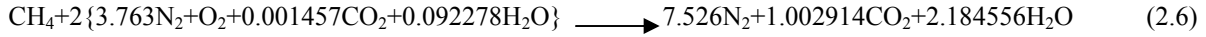
Böylece SASA için

$$\sum_c \dot{Q} - \sum_c \dot{W} = \Delta H \quad (2.3)$$

$$\Delta H = \sum_{\text{çık.}} \dot{n} h - \sum_{\text{gır.}} \dot{n} h \quad (2.4)$$

$$h_2 - h_1 = \int_1^2 c_{p0} dT \quad (2.5)$$

Denklemleri yazılabilir. Yanma reaksiyonun tam olarak ve ideal gerçekleştiği kabulü ile aşağıdaki kimyasal reaksiyon temel alınmış, ayrıca yanma odasında kullanılan yakıt olarak, doğal gaz kabul edilmiş olup, hesapları basitleştirmek için metan gazı olduğu varsayılmıştır.



Yanma işleminde maddelerin miktarı ve cinsi değiştiğinden genel bir referans haline göre özellikler ve özellik bağıntıları kullanılmaktadır.

$$h = \Delta h_{\text{oluş.}} + \int_{T_0}^T c_p \cdot dT \quad (2.7)$$

Entalpilerin genel denklemi ($298.15 < T < T_{\text{max}}$ ve $P_{\text{ref}} = 1$ bar için, $y = 10^{-3}T$)

$$c_p^0 = a + by + cy^2 + dy^3 \quad (2.8)$$

$$h^0 = 10^3 \left(H^+ + ay + \frac{by^2}{2} - cy^{-1} + \frac{dy^3}{3} \right) \quad (2.9)$$

olarak alınmıştır. Çevrimde kullanılan iş akışkanı ister egzoz, ister hava olsun aslında bir gaz karışımıdır. Gaz karışımının özellikleri ise onu oluşturan gazların yani karışanların karışımındaki miktar ve özelliklerine bağlıdır[1]. Karışımın karışanın mol sayısının (n_i) toplam mol sayısına (n) oranına mol oranı (y_i) denir.

$$y_i = \frac{n_i}{n} \quad (2.10)$$

Bir karışanın kütlelerinin toplam kütleyle oranına ise kütle oranı denir.

$$y_{mi} = \frac{m_i}{m} \quad (2.11)$$

Mol oranı ile kütle oranı arasında M_i karışanın mol kütlesi ve M_{kar} karışımın mol kütlesi olmak üzere aşağıdaki ilişki yazılabilir.

$$M_{\text{kar}} = \sum y_i \cdot M_i \quad (2.12)$$

bulunur. Mol oranları bilinen bir gaz karışımı içinde kütle oranları

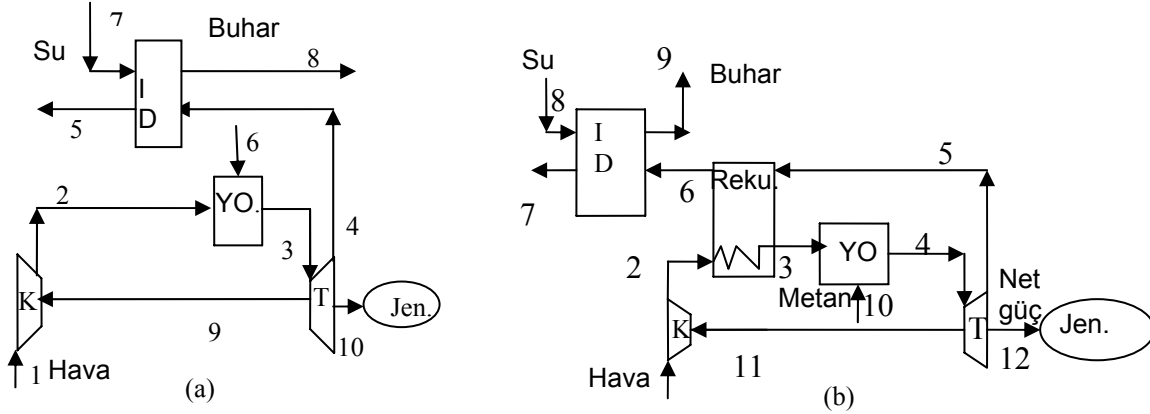
$$\frac{1}{M_{\text{kar}}} = \sum \frac{y_{mi}}{M_i} \quad (2.13)$$

Termodinamiğin birinci kanun verimi de şöyle yazılabilir.

$$\eta = \frac{W + Q}{Q_{\text{yakıt}}} \quad (2.14)$$

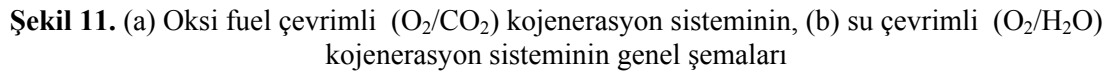
3. SIFIR EMİSYONLU KOJENERASYON TESİSLERİNİN MEVCUT KOJENERASYON TESİSLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Gaz türbinli kojenerasyon tesislerinde ana makine gaz türbinidir. Şekil 10. (a)'da görüldüğü gibi, kompresörden yüksek basınçla basılan hava yanma odasında metan gazı ile yakılarak, elde edilen yüksek sıcaklıktaki egzoz gazları gaz türbininde enerjisinin bir kısmını elektrik enerjisine dönüştürmek üzere bıraktıktan sonra ısı değiştiricisinde geri kalan enerjisinin büyük kısmını suya bırakarak dışarı atılır. Bu şekilde aynı anda gaz türbininden mekanik enerji (jeneratörde elektrik enerjine dönüşür) elde edilirken, ısı değiştiricisinden sıcak su ya da buhar elde edilir.



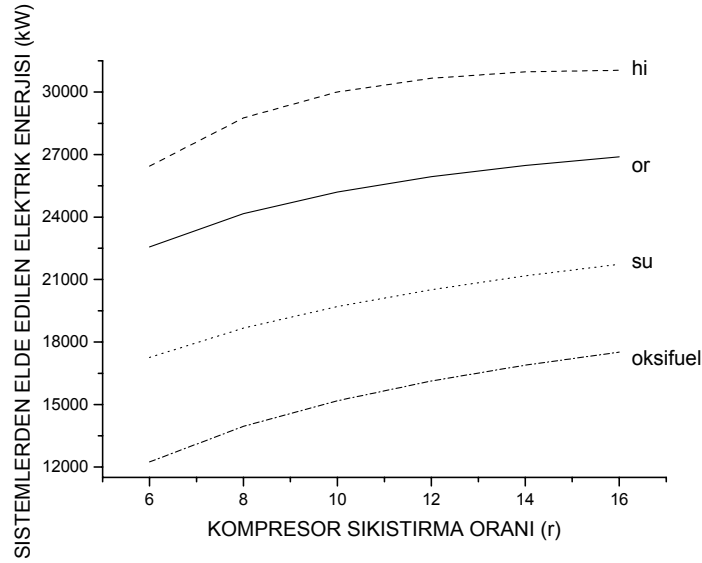
Şekil 10. (a) Örnek kojenerasyon sisteminin (Ör), (b) reküperatörlü kojenerasyon sisteminin (HI) genel şemaları

Elde edilen sıcak su ya da buhar ısıtma, kurutma, proses ihtiyacının karşılanmasında, buhar türbini kullanılarak elektrik üretiminde, absorpsiyonlu soğutmada, ve buna benzer işlemlerde kullanılır. Örnek kojenerasyon sistemleri bundan sonra Ör kojenerasyon sistemleri olarak anılacaktır. Şekil 10. (b)'de kompresörden gelen basınçlı hava, gaz türbininden çıkan egzoz gazları ile ısıtılarak daha yüksek sıcaklıkta yanma odasına gönderilir. Böylece yanma odasından daha yüksek sıcaklıkta egzoz gazları elde edilirken gaz türbininden çıkan egzoz gazlarının ısı enerjisinin bir kısmı havanın ön ısıtmasında kullanılırken geri kalan ısı enerjisi buhar üretimine harcanır. Hava ısıtmalı kojenerasyon sistemleri bundan sonra HI kojenerasyon sistemleri olarak anılacaktır[7,10]. Çevrime reküperatör, buhar püskürtme, ısı değiştiricileri, absorpsiyonlu soğutma, buhar türbini gibi başka aygıtlar eklenerek değişik çevrimler elde etmek mümkündür.



Şekil 11. (b)'de kompresörden yüksek basınca sıkıştırılan metan yanma odasında basınçlı sıcak su ve havadan ayrıştırılan (ASU'dan elde edilmiş) oksijen gazı ile yakılır. Burada CO₂ yerine iş akışkanı olarak H₂O kullanılmıştır. Bu çevrimlerdeki kompresör ve türbinlerin izentropik verimleri 0.86, CO₂ ve hava debileri 91.3 kg/s, su çevriminin ise su debisi 13.5 kg/s olup yakıt debileri 1.64 kg/s metan alınmıştır. Yanmanın tam ve verilen oksijen miktarının da tam yanma oranında olduğu kabul edilmiştir. HRSG çıkış sıcaklığı 303.15 K ve verimi 0.92 alınmıştır.

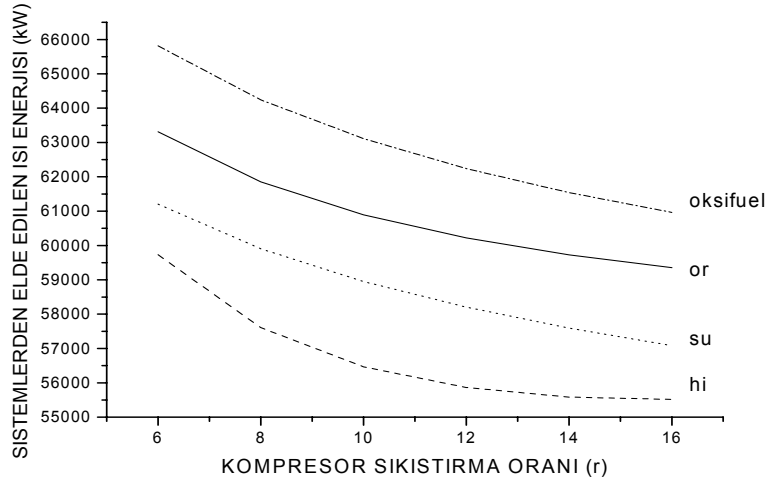
137



Şekil 12. Kompresör sıkıştırma oranı değiştikçe sistemlerden elde edilen elektrik enerjisi eğrileri (tüm çevrimlerde 1.64 kg/s metan yakıldığı esas alınmıştır).

Şekil 12’de kompresör sıkıştırma oranı değiştikçe elde edilen elektrik gücün değerleri hava ısıtmalı ve örnek çevrimde sıfır emisyonlu çevrimlerden daha fazladır. Bunun sebebi bunlarda oksijen ayrıştırma için ve CO₂ sıvılaştırma işi için ayrıca güç harcanmamasıdır. Burada ör ve hı çevrimleri, sıfır emisyonlu çevrimlerden %8 daha fazla verimlidir. Bunun %2-3 kadarını oksijen ayrıştırma işi, %5-6 kadarını da CO₂ sıvılaştırma işi verimi düşürmektedir.

Şekil 13’te kompresör sıkıştırma oranı değiştikçe elde edilen net ısıl güç oksifuel çevriminde en fazla olup her dört çevrimde de sıkıştırma oranı arttıkça ısıl güç düşmektedir. Bunun sebebi kompresör sıkıştırma işine daha fazla güç harcanması ile yüksek basınçlarda yanma odasından daha yüksek sıcaklıklara çıkılması ve türbinden daha fazla iş elde edilmesi böylece çıkan egzoz gazlarının ısı enerjisi daha az olmaktadır. Türbinden elde edilen net elektrik en fazla hava ısıtmalı çevrimde olmakta, bunun sebebi de ısıl enerjinin bir kısmının iş akışkanı olan havanın yanma odasından önce ısıtılarak verilmesi ve bu şekilde türbinden daha fazla güç elde edilmesidir. Her dört çevrimde de sıkıştırma oranı arttıkça elde edilen iş artmaktadır.



Şekil 13. Kompresör sıkıştırma oranı değiştikçe sistemlerden elde edilen ısı enerjisi eğrileri.

4. SONUÇLAR

Mevcut teknolojide şu an için büyük ölçeklerde çalışabilecek durumda olan sıfır emisyonlu güç tesislerinden oksifuel, su ve her ikisinin bir bileşimi olan Graz çevrimleri kanıtlanmış çevrimler olup diğer çevrimler henüz geliştirilme aşamasındadır. Geliştirilme aşamasında olan gaz türbinli katı oksitli yakıt hücreli çevrim (SOFC+GT) en verimli çevrim olup gelecek vaat etmektedir. Burada incelenen oksifuel ve su çevrimlerinin birbirinden farkı iş akışkanlarının farklı olmasıdır. Su çevriminde yüksek sıcaklıklara çıkmak mümkün olmadığından oksifuel çevrimi yüksek sıcaklıklarda daha verimlidir. Bu iki çevrimin oksijen ayrıştırma işi verimin %2-3'ünü (havadan oksijen ayrıştırma için 812 kJ/kg O₂ enerji harcanmaktadır.) ve CO₂'nin 75.013 bara kadar sıkıştırma işi (daha sonra ısı değiştiricisinde ısısını suya bırakmakta ve sıvılaşmaktadır) de verimin %5-6'sını yok etmektedir. Verimden %8 kadar vazgeçilebilirse atmosfere CO₂ emisyonları salınmayacak ve başta küresel ısınma gibi iklim değişiklikleri olmayıp atmosfer temiz kalacaktır. Sonuç olarak ısı kullanımı fazla olan kojenerasyon tesisleri için sıfır emisyonlu CO₂ çevrimlerin daha uygun olduğu görülmekle beraber bu çevrimlerin kıyaslanmasında ekonomik ve termodinamiğin ikinci kanununda yer aldığı analizlerden de faydalanılmalıdır. Ayrıca önerilen bu çevrimlerin iyileştirilmesi içinde çalışmalar yapılmalıdır.

5. KAYNAKÇA

1. Bejan, A., Tsatsaronis, G., Moran, M. 1996, Thermal Design And Optimization. Wiley Pub.
2. Bolland, O., Mathieu, P. 1998, Comparison of Two CO₂ Removal Options In Combined Cycle Power Plants. Energy Convers. Mgmt. 39 N:16, Elsevier Science Ltd.
3. Cao, W., Zheng, D. 2007, Thermodynamic Performance Of O₂/CO₂ Gas Turbine Cycle With Chemical Recuperation By CO₂-Reforming Of Methane Fuel, Elsevier Science Ltd.
4. Eriksson, S., vs. 2006. Fuel-Rich Catalytic Combustion Of Methane In Zero Emissions Power Generation Processes. Catalysis Today 117, Elsevier Science Ltd.
5. Gou, C., Cai, R., Zhang, G. 2006, An Advanced Zero Emission Power Cycle With Integrated Low Temperature Thermal Energy. Applied Thermal Engineering Elsevier Science Ltd.
6. Haugen,H.,A., Eide,L.I. 1996, CO₂ Capture And Disposal: The Realism Of Large Scale Scenarios. Energy Convers.Mgmt. 37 Elsevier Science Ltd.
7. Horlock, J.H. 1997, Cogeneration-Combined Heat And Power (CHP). CRIEGER Pub.
8. Iantowski, E., Mathieu, P. 1997, Highly Efficient Zero Emission CO₂-Based Power Plant. Energy Convers.Mgmt. 37Elsevier Science Ltd.
9. Kvamsdal, M., H., Jordal, K., Bolland, O.A. 2007. Quantative Comparison Of Gas Turbine Cycles With CO₂ Capture. Energy 32, Elsevier Science Ltd.
10. Limaye, D.,R.; 1985. Planning Cogeneration Systems. The Fairmont Press.
11. Mathieu, P., R.,Nihart 1999, Sensitivity analysis of the MATIANT cycle. Energy Convers.Mt.40 Els. Sci.Ltd.
12. Romeo, L.M., Bolea, I., Escosa, J.M. 2007. Integration Of Power Plant And Amine Scrubbing To Reduce CO₂ Capture Costs. Applied Thermal Engineering Elsevier Science Ltd.
13. Slowinsky, G. 2006, Some Technical Issues Of Zero-Emission Coal Technology Int., .J. Hydrogen Energy 31, Elsevier Science Ltd.

YEŞİL BİNALAR ve LEED

Mak. Yük. Müh. Burak OLGUN

Mak. Yük. Müh. Orkan KURTULUŞ

Prof. Dr. Hasan HEPERKAN

ÖZET

Son yıllarda dünyamız, birçok alanda büyük değişikliklere tanık olmaktadır. Enerji kaynaklarının paylaşımı ile ilgili krizler, gittikçe etkinleşen çevre bilinci, hızlı nüfus artışı ve buna bağlı olarak artan ekonomik rekabet, insanları, ellerinde bulunan olanakları daha rasyonel kullanmaya zorlamaktadır.

Dev adımlarla ilerleyen iletişim sistemlerinin ışığında küreselleşen (globalleşen) dünyanın yaşadığı bir süreçte Türkiye'nin de yerini alabilmesi, yenilikleri yakından takip edebilmesi ve yeni teknolojileri hızla adapte ederek uygulayabilmesi ölçüsünde gerçekleşebilecektir.

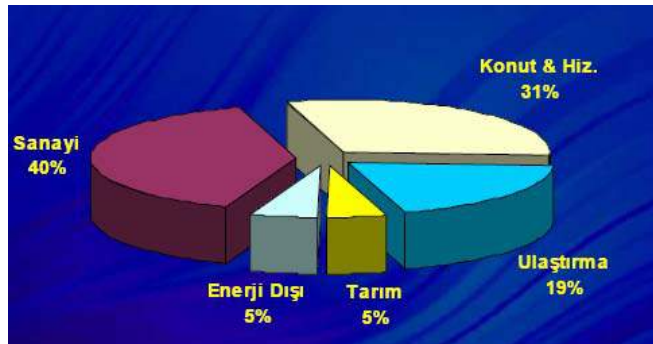
Dünyada meydana gelen bu değişikliklerden ülkemiz de etkilenmiş, son yıllarda özellikle büyük şehirlerimizde yaşanan hava kirliliğinin dayanılmaz boyutlara ulaşması sonucu, ısınma ihtiyacının ekonomik ve çevreye saygılı bir şekilde sağlamanın gereği kavranarak doğal gaz getirilmiştir. Yanlış politikalar ve öngörüler sonucu doğal gaz fiyatlarında yaşanan artışlar, bugün insanları tekrar kalitesiz kömüre yönlendirmekte, hava kirliliği büyük şehirlerimizi tehdit etmektedir.

1.GİRİŞ

Türkiye çeşitli enerji kaynaklarına sahip olmakla beraber ürettiği toplam enerjinin yarıdan fazlasını ithalatla karşılamaktadır. 2006 yılı toplam enerji üretimi 27 milyon TEP, tüketimi ise 77 milyon TEP olmuştur (1). Enerji açığı 50 milyon TEP olarak gerçekleşmiştir. Yapılan tahminlere göre 2010 yılında enerji açığı 96 milyon TEP olacaktır. Giderek artan enerji açığının karşılanabilmesi için petrol, doğal gaz ve taşkömürü gibi enerji hammaddelerinin ithalatına da devam edilecektir.

Türkiye'nin enerji tüketimi sektör bazında incelendiğinde, enerjinin %31'inin konutlarda, %40'ının sanayide, %19'unun ulaşımda, %5'inin tarımda ve %5'inin enerji dışı amaçlarda kullanıldığı anlaşılmaktadır (2). Tüketilen yakıtlar içinde petrol %32.5, kömür (toplam) %28.2, doğal gaz %28.9, odun %8.1 ve hidrolik %5.1 oranda yer almaktadır. [1]

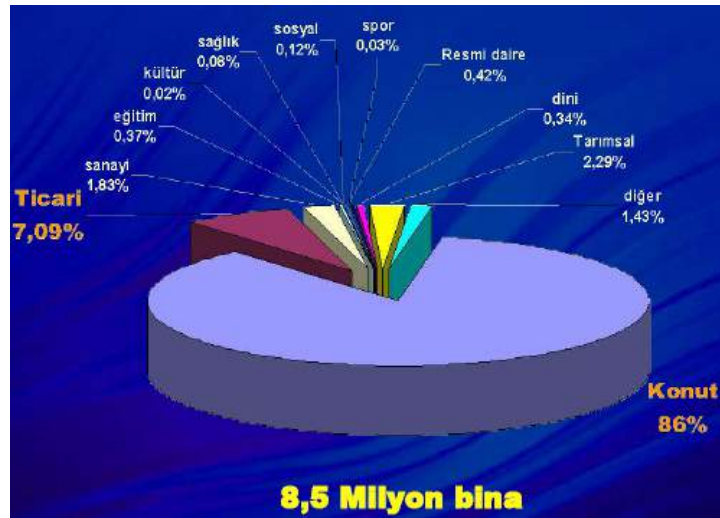
Tablo 1.'de Türkiye'deki birincil enerji kaynaklarının tüketimi % olarak gösterilmiştir. Konut sektörünün kullandığı enerji kaynaklarının tüketimleri Tablo 2.'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Enerji Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı [1]

Tablo 1. Birincil enerji kaynakları tüketimi (%) [2]

Yıllar	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Antrasit	15,4	11	8,9	9,8	12,2	10,6	12,3	9,3	11,3	13,4	14	13,7	14,8
Linyit	9,2	9,8	12,4	20,3	18,3	16,8	15,5	15,2	13,3	11,3	10,8	10,2	11,2
Asfaltit	0,1	0,7	0,8	0,6	0,2	0	0	0	0	0,1	0,4	0,4	0,3
Toplam Kömür	24,7	21,5	22,1	30,7	30,7	27,4	27,9	24,5	24,6	24,7	25,2	24,3	26,2
Doğal Gaz	-	-	0,1	0,2	5,8	10	17,1	19,7	20,6	23,2	23,3	27,2	28,9
Petrol	42,2	51,8	50,4	46,3	44,8	46,4	40,1	41	39,5	37,9	37,5	35,4	32,6
Hidrolik	1,4	1,9	3,1	2,6	3,7	4,8	3,3	2,7	3,7	3,6	4,5	3,8	3,9
Jeotermal													
Elektrik	-	-	-	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Isı	-	-	-	-	-	0,1	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1,1
Güneş	-	-	-	-	-	0,1	1	1,2	1,3	1,5	1,5	1,6	1,5
Toplam Ticari	68,3	75,2	75,9	80,2	85,1	88,9	90,2	90,2	90,7	92	93	93,3	94,3
Odun	20,4	16	14,8	13,3	10,1	8,7	6,3	6,5	6	5,4	4,9	4,6	4
Hayvan Atığı	11,3	8,8	9,3	6,5	4,8	2,5	1,7	1,8	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2
Toplam Ticari Olmayan	31,7	24,8	24,1	19,8	14,9	11,2	8	8,2	7,6	6,9	6,3	5,8	5,2
Elektrik İthalat	-	-	-	-	-	-0,1	0,3	0,3	0,4	0,8	1,1	1,3	1,4
TOPLAM	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

**Şekil 2.** Binaların Kullanım Amacına Göre Dağılımı (2006) [3]

Tablo 2. Konut sektörü enerji tüketimi [2]

YILLAR	TAŞKÖMÜRÜ (Binton)	LİNYİT (Binton)	ASFALTİT (Binton)	KÖK (Binton)	BRIKET (Binton)	PETROL (Binton)	DOĞALGAZ (10 ⁶ m ³)	HAVA GAZI (10 ⁶ m ³)	ODUN (Binton)	HAYVAN VE BİTKİ ARTIKLARI (Binton)	GÜNEŞ (Bintep)	ISI (Bintep)	ELEKTRİK (GWh)
1970	386	2409	36	320	21	1179		131	12816	9253		23	2502
1971	387	2682	23	310	17	1375		133	12589	9316		38	2820
1972	306	3493	168	324	20	1611		133	13503	9514		38	3180
1973	180	3483	289	200	16	1891		133	13847	9807		48	3274
1974	429	3362	394	298	22	1918		127	14500	10088		50	3600
1975	396	3607	456	148	16	2126		122	14562	10495		56	4519
1976	225	4408	443	192	18	2652		136	14734	11002		58	5295
1977	315	4468	434	181	26	2768		135	14989	11276		58	5706
1978	233	4884	297	157	28	2505		140	15248	11750		60	6238
1979	281	4005	203	143	31	2193		140	15506	12258		60	6823
1980	191	5581	558	80	30	2237		130	15765	12839		60	7031
1981	108	5623	560	83	24	2102		132	16023	12689		60	7500
1982	172	7037	745	153	37	2115		130	16760	12607		82	6015
1983	171	7634	652	244	43	1998		124	17086	12748		100	8484
1984	318	8229	165	166	54	2116		130	17256	11978		178	9165
1985	429	9169	509	211	47	2113		113	17368	11039		232	9576
1986	459	9128	583	355	58	2144		108	17570	11343	5	304	10756
1987	730	10322	599	476	56	2484		105	17693	11059	10	324	12126
1988	1260	9160	604	317	44	2518	1	105	17711	10387	11	340	13684
1989	1270	9704	368	39	38	2600	7	73	17815	10885	15	342	14693
1990	1275	7247	232	143	43	2651	49	46	17870	8030	20	364	16688
1991	1379	7503	102	159	27	2941	187	43	17970	7918	28	365	19884
1992	1495	7728	171	208	24	3168	372	39	18070	7772	43	388	21152
1993	1451	7091	86	188	10	3306	553	18	18171	7377	68	400	23523
1994	774	6270	0	90	3	3109	808	4	18272	7074	100	415	25579
1995	1233	6407	20	105	3	3688	993	0	18374	6765	105	437	27384
1996	973	6362	33	136	2	3509	1688	0	18374	6666	113	471	31155
1997	1317	6737	28	157	2	3437	2469	0	18374	6575	121	531	35777
1998	740	5727	11	108	2	3244	2662	0	18374	6396	141	582	38567
1999	606	4907	28	27	2	3093	2876	0	17842	6194	160	618	41433
2000	714	4926	8	47	2	3354	3274	0	16938	5981	165	648	45664
2001	798	2583	30	22	2	2713	2898	0	16263	5790	169	687	46058
2002	859	3582	0	43	2	2639	2910	0	15614	5609	199	730	48336
2003	984	4131	0	159	47	2495	3873	0	14991	5439	231	784	52120
2004	904	5399	0	75	159	2590	4383	0	14393	5278	254	811	57637

Görüldüğü gibi enerji kaynaklarının kullanımında fosil yakıtların yakılması büyük önem taşımaktadır. Yakma sistemlerinin veriminde yapılacak ufak gelişmeler dahi ülke genelinde büyük tasarruflara neden olacaktır. Günümüzde kullanılan enerji üretim teknolojilerinin hepimizce bilinen sakıncaları bulunmaktadır. Sınırlı kaynaklara bağıdırlar (fosil yakıtlar), çevreyi kirletirler (hava ve su kirliliği, atık depolama) ve sera etkisi yaratırlar.

Fosil yakıtların kullanılması, karbondioksit gazı biçiminde karbon açığa çıkmasına yol açar. Karbondioksit ise iklim değişikliği yaratan insan etkinliklerinin yaydığı en önemli sera gazıdır. Bugün, özellikle kuraklıklar, seller ve rekor kıran sıcaklıklar yüzünden mercanların ağarması ve kutupların erimesi gibi iklim değişikliği etkilerine tüm dünya tanık olmaktadır. Bu nedenle en kısa zamanda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelerek, acilen karbondioksit yayılımını azaltmaya ve fosil yakıtlardan vazgeçmeye başlamak zorundayız.

1986 yılında ozon tabakasında keşfedilen delik kloroflorokarbonların (CFCs) yasaklanmasını zorunlu kıldığı zaman, onlar kadar etkili olmayan hidrokloroflorokarbonlar (HCFCs) ve hidroflorokarbonlar (HFCs) kullanılmaya başlandı. Ancak bugün hem HCFC, hem de HFC lerin de güçlü sera gazı etkisine sahip olduğu bilinmektedir. İklim değişikliği, çağımızın en önemli sorunlarından birisi olarak, özellikle 1990'lı yıllardan itibaren hemen hemen bütün çevre koruma ve sürdürülebilir kalkınma girişimlerinin odağında yer almıştır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC), atmosferdeki sera gazı birikimlerini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkiyi önleyecek bir düzeyde durdurmayı başarmak amacıyla 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik uluslararası ve yaptırım gücüne sahip ilk adım olarak kurgulanan Kyoto Protokolü ise 16 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe girmiştir. [4]

Küresel ısınmaya yönelik en etkili çözümler, temiz, yenilenebilir enerjiler, enerji verimliliği ve çevresel açıdan sağlıklı teknolojilerdir. Bu çözümlerin uygulanması, insanların özveride bulunmasını yada yaşam kalitesini düşürmesini gerektirmez. Aksine bu çözümler, insanların, ekonomik büyüme, yeni iş alanları, teknolojik yenilikler ve en önemlisi de çevresel koruma sağlayacak yeni bir döneme geçişini mümkün kılacaktır. En önemli yenilenebilir enerji kaynakları: hidrolik, biyokütle, güneş, rüzgar ve jeotermaldir. [5]

Türkiye güneş kuşağında yer almaktadır. Güneş enerjisi potansiyeli ülkenin bütün bölgeleri için yaklaşık 1500 kWh / m² yıl olarak bilinmektedir. Bulutluluk ve berraklık değerleri de çok yüksek olarak kabul edilmektedir.

Yeşil bina kavramı, USGBC, Amerika Yeşil Binalar Konseyi (US. Green Building Council), tarafından tanımlanan şekliyle, binanın yerleşimini, su yönetimini, iç hava kalitesini, malzeme kullanımını ve enerji unsurlarını içerir. Sağlıklı, rahat, sağlam, enerji verimli ve çevre bilinçli ve çevre dostu binalar demektir. Bu tür binalar, LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), adı verilen bir sistem ile değerlendirilebilir. Sistem her türlü binaya uygulanabilir.



Şekil 3. LEED dört şamada verilebilir: yeşil, gümüş, altın ve platin [6]

Çevreye yönelik endişeler ve 1987 Birleşmiş Milletler çalışma raporunda ortaya çıkan sürdürülebilir kalkınma söylemi dünya üzerinde birçok ülkede rağbet gördü ve çevresel hareketler başlattı. AB ülkeleri, Amerika, Avustralya ve Kanada, özellikle İngiltere, çıkarılan kanunlarla sürdürülebilir gelişme politikalarını destekledi. Böylece dünya ülkeleri, gelişmişlik yarışı, kalkınma modelleri yanında kendilerini bir de sosyal, ekolojik, ekonomik, mekansal ve kültürel boyutları olan sürdürülebilirlik tartışmaları içinde buldu.

Dünya iklim sisteminde değişikliklere neden olan küresel ısınmanın ve ekolojik sorunların yarattığı olumsuzluklarda yapı sektörünün büyük oranda rol oynadığının farkına varıldı. Ekolojik sürdürülebilirlik kavramı, yeşil bina oluşumları, değerlendirme kriterleri ve çevrenin korunmasının garanti altına alınması önem kazandı. Konutlarda daha sağlıklı, doğa ile uyumlu ve yaşam kalitesinin üst düzeyde olduğu bir yaşam alanı arayışı başladı. Bu ihtiyacın doğaya uyumlu, dengeli ve kaliteli bir şekilde karşılanmasının yapı sektörünün doğal çevre üzerindeki etkilerinin bina ölçeğinde değerlendirilmesi ile olabileceği düşünülerek çeşitli sertifikasyon sistemleri ortaya çıktı. Bugün uluslararası platformda en çok itibar edilen değerlendirme sistemlerinden biri LEED dir. Türkiye 'de de sınırlı bir tanınırlığı olmasına karşın yapılan veya projelendirilen binaların çevre dostu olduğu ve enerji tasarrufuna önem verildiğini göstermesi bakımından, yeşil bina statüsü kazandıracak böyle bir sertifikasyon uygulanmaktadır.

Yeşil binalarda, yerel olarak mevcut maddelerin tekrar kullanılması ve kaynakların korunarak sürdürülebilirliğin sağlanması için güneşten faydalanma, ısı verimlilik, güneş enerjisi uygulamaları, su tasarrufu sağlayan tesisat kullanımı, yağmur suyunu tutan ve bakım ihtiyaçlarını azaltan peyzaj gibi yöntemler kullanılabilmektedir. Böylece atıkların değerlendirilmesi (çatıya yağan yağmur suyunun tekrar kullanımı gibi), bina içi hava kalitesinin sağlanması, güneş kolektörlerinin sıcak su ihtiyacını karşılaması, kışın güneş enerjisinden bina ısıtmasında yararlanılması mümkün olabilmektedir. 1990 larda İngiltere'de

oluşturulan BREEAM (Bina Araştırma Kurumu Çevre Değerlendirme Yöntemi), LEED gibi bir başka bina değerlendirme sistemidir.

4 Ocak 2003 tarihinde yürürlüğe giren, Avrupa Parlamentosu ve Konseyi'nin Binalarda Enerji Performansı Direktifi (2002/91/EC). Avrupa'da hem mevcut hem de yeni yapılacak binalarda enerji performansı değerlendirmesine ilişkin belirli standartlar ve ortak bir yöntem getirmenin yanı sıra, düzenli bir denetim ve değerlendirme mekanizması kurarak, binalarda enerjinin daha verimli kullanılmasını sağlamayı amaçlar ve yukarıda belirtilen değerlendirme sisteminin alt yapısını oluşturur. AB'deki 160 milyon bina, birliğin enerji talebinin % 40'lık bir bölümünü oluşturması ve böylece de toplam karbondioksit yayılımının % 40'ını gerçekleştirmesi nedeniyle enerji verimliliğini sağlamak konusunda son derece büyük bir önem arz eder.

Kyoto protokolüne göre karbondioksit yayılımını azaltmayı taahhüt etmiş olan AB, Binalarda Enerji Performansı Direktifini böyle bir hedefe yönelik olarak hazırlamıştır. Bu direktif, AB'nin daha önce yayımlamış olduğu Sıcak Su Kazanları Direktifi (92/42/EEC), Yapı Malzemeleri Direktifi (89/106/EEC) ve enerji verimliliğini artırarak karbondioksit yayılımını sınırlamayı amaçlayan SAVE Direktifi'nin (93/76/EEC) bir devamı niteliğinde görülebilir.

Tüm bu düzenlemeler sonucunda binalardaki mevcut enerji tüketiminde 2010 yılı itibarıyla % 22'lik bir tasarruf sağlanabileceği ve karbondioksit yayılımında ise 44 milyon tonluk bir düşüş elde edilebileceği belirtilmektedir.

2. LEED VE YEŞİL BİNALAR

Bir binanın yeşil olabilmesi için LEED beş adet koşulun yönetimi büyük önem taşımaktadır. Bunlar sırasıyla;

- Enerji
- İç hava kalitesi
- Malzemeler
- Kurulu alan
- Su

LEED sertifikası ile onaylanmış evlerin genel özellikleri aşağıdaki şekilde belirtilebilir.

- Sağlıklı
- Konforlu
- Uzun süre dayanıklı
- Enerji verimli
- Çevreye karşı duyarlı

2.1 Yeşil Binalarda Enerji

Bina içerisinde enerjinin efektif kullanımı için bina içerisinde yatırım malzemelerinin yeşil binanın kullanım amacına uygun olarak seçilmesi önemlidir. Yeşil binalardan istenilen en büyük özellik kış aylarında evde depolanmış ısının dışarıya kaçmaması yönündedir. Bu amaçla yeşil binanın yalıtımı uygun yapılmalıdır. Aynı zamanda ileriye dönük olarak yalıtım malzemelerinde geri dönüşümünün olması da beklenmektedir.

Yeşil bina içerisinde aydınlatmak amacı ile enerji tasarruflu lambaların kullanılması yürürlükteki mevzuatta tavsiye edilmektedir. Bunun yanında elektrik kullanımının en aza indirilmesi veya açık unutulmalara karşı özellikle az kullanılan (hol, antre, apartman boşluğu, vs.) gibi yerlerde hareket algılayan sistemlerin bulunması yine tavsiye edilmektedir. Yeşil bina içerisinde kullanılacak bireysel cihazların (televizyon, buzdolabı, çamaşır makinası, vs.) A+ sertifikaya sahip olması büyük önem taşımaktadır. Aydınlatma ve cihazlar konusunda yapılan bu çalışmalar sonucunda karbon emisyon miktarlarında ki azalma gerçekleşecektir. Diğer yandan bina üzerine uygun yerlere yerleştirilmiş olan camlar ile aydınlatmada gün ışığından maksimum derecede faydalanmak bu sayede daha az elektrik enerjisi harcamak binanın elektriksel bazda karbon emisyonlarını düşürücü bir neden olacaktır.

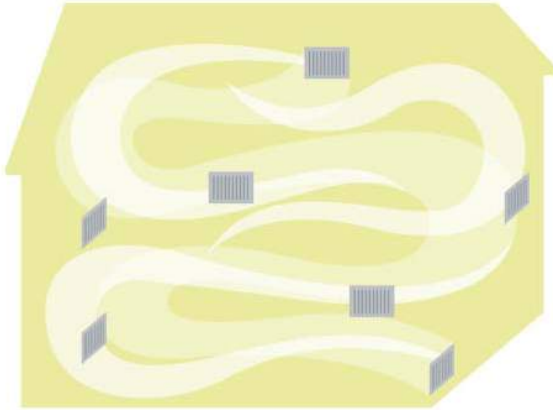


Şekil 4. Binalarda enerji [6]

2.2 Yeşil Binalarda İç Hava Kalitesi

Yaşanılan alanın atmosferi konfor şartları açısından ele alındığında önemli bir konudur. Uygun yalıtım, uygun pencere yerleşimi ve uygun havalandırma sistemi yardımı ile yaz aylarında ve kış aylarında konfor şartlarını sağlamak kolay olacaktır. Türkiyede Mardin evleri bu konudaki en büyük örneklerden biridir. Hala incelenen bu evler yaz aylarında beklenildiğinin aksine çok serin; kış aylarında ise sıcak olmaktadır.

Havalandırma sistemlerinin ve menfezlerin hava hareketini uygun bir şekilde sağlayabilecek şekilde seçmek; binanın konfor şartlarını sağlaması açısından etkilidir.



Şekil 5. Binalarda hava kalitesi [6]

2.3 Yeşil Binalarda Malzeme

LEED yeşil binaların yapım aşamasından itibaren incelenmesi gerektiğini önemle vurgulamaktadır. Binada toksik olmayan malzemelerin kullanılması veya geri dönüşümü mümkün olan malzemelerin kullanılması istenilmektedir. Uygun malzeme seçimleri ile birlikte yaşanılacak alanların kalitesi yükselmektedir.



Şekil 6. Yeşil binalarda Malzeme [6]

2.4 Yeşil Binalarda Kurulu Alan

Yeşil binaları oluşturmadan önce binanın uzun süre kullanılmasını sağlayacak özelliklerde olmalıdır. Binanın dayanımı yeşil binalar için önemli bir özellik olmaktadır. Aynı zamanda yeşil binanın tümleşik sistemlere sahip olması istenilir. Örnek olarak yeşil binalarda kışın ısıtma sistemi ile bütünleşik olarak çalışacak sistemler kurmak gerekmektedir. Güneş enerjisi kolektörleri ve toprak kaynaklı ısı pompası gibi sistemleri bütünleşik sisteme eklemek enerjinin etkin kullanımına yardımcı olacaklardır.

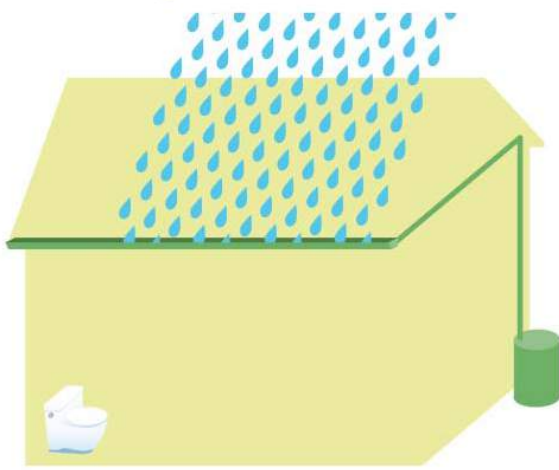
Enerji verimli bir bina dizayn etmek kendi içerisinde yeterli olmayacaktır. Daha önceden de bahsedildiği gibi yeşil binalar karbon emisyonlarını minimuma indirmek için inşa edilmektedirler. Bütünleşik bir sistem dizaynı yapıp bina kendi içinde enerji verimliliği sağlasa bile konum açısından şehir merkezinden uzakta veya toplu ulaşım araçlarının kullanılmadığı bir bölgede olduğu takdirde; o bölgede yaşayan insanların ihtiyaçlarını karşılamak amacı için kendi arabalarının kullanmaları karbon emisyonlarını bireysel bazda arttıracaktır. Şekil 7.'de yeşil bina ile ilgili bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 7. Binanın konumu ile ilgili bir örnek [6]

2.5 Yeşil Binalarda Su Yönetimi

Yeşil binalarda su yönetimi dikkat edilmesi gereken bir konudur. Suyun kullanımı son zamanlarda küresel ısınmada etkisi ile daha büyük önem kazanmıştır. Su yönetimi artık günümüzde çoğu binada yapılmaya başlanmıştır. Bu amaç ile evin içerisinde fotosel bataryalar kullanmak musluğun açık unutulması riskini iindirgeyecektir. Aynı zamanda tuvaletlerde iki kademeli sifon sisteminin olması yine su kullanımını önemli derecede azaltacaktır. Su kullanımına örnek teşkil edebilecek bir başka uygulama ise Şekil 8’de gösterildiği gibi yağmur suyu bir depoda biriktirilip daha sonra tuvalet ve dış mekan sulamalarında kullanılabilir. Bina çevresinde veya bina bünyesinde bir arıtma havuzu kurulma ihtimali var ise atık suların arıtılma işlemlerinden sonra yine aynı şekilde arıtılmış atık suların kullanılması mümkün olacaktır.



Şekil 8. Su yönetimine bir örnek [6]

SONUÇ

Dünyadaki birincil enerji kaynak rezervlerinin sınırlı olması nedeniyle, tüketime arz edilen enerjinin verimli ve etkin kullanılması ve genel enerji tüketiminin, üretimi ve yaşam konforunu etkilemeden en aza indirilmesi büyük önem taşımaktadır. Ülkemizde bir birim katma değer yaratabilmek için birçok ülkeye göre daha çok enerji harcanmaktadır. [7] [8]

Arz-talep istatistikleri ile üretim profilleri incelendiğinde Türkiye’de enerjinin verimli ve etkin kullanılmadığı anlaşılmaktadır. Türkiye’de enerji verimliliği ile ilgili yeterli bilinci oluşturabilmek amacı ile gerekli mevzuat çalışmaları yapılmaktadır. Bir kısım düzenleme yürürlüğe girmiş ve uygulamaya yönelik çalışmalar devam etmektedir.

Bir diğer yandan enerji verimliliğinin bilinçlendirilmesi amacı ile insanların eğitilmesi gerekmektedir. Gerek okullarda küçük yaşlardaki çocukların, gerekse yazılı ve görsel medya aracılığı ile insanların bilinçlendirilmesi yönelik çalışmalar yapılması gereklidir.

KAYNAKÇA

1. Türkiye 10. Enerji Kongresi Sonuç Raporu, 27-30 Kasım 2006, İstanbul
2. Türkiye 10. Enerji Kongresi Enerji İstatistikleri, 27-30 Kasım 2006, İstanbul
3. Dünya ve Türkiye Enerji İstatistikleri, 2006
4. www.kureselisinma.org
5. www.greenpeace.org/turkey/campaigns/enerji/temiz-enerji
6. U.S Green Building Council www.usgbc.org
7. Heperkan, H. A., Olgun, B., “Enerji Verimliliği ve Türkiye’deki Mevzuat”, Isıtma, Soğutma, Klima, Havalandırma, Yalıtım, Pompa, Vana, Tesisat, Su Arıtma ve Güneş Enerjisi Sistemleri Dergisi, Eylül-Ekim 2008.
8. Heperkan, H. A., Olgun, B., Kurtuluş, O. “Enerji Verimliliği ve Türkiye’deki Mevzuat”, Tesisat Kongresi (Teskon) 2009

İZMİR YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ (İYTE)'NDE

ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÇALIŞMALARI

İYTE Binalarda Enerji Performansı Çalışma Grubu

geocen@iyte.edu.tr

ÖZET

“Enerji Verimliliği” genel başlığı altında toplanabilecek tez, proje ve uygulama çalışmaları İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (İYTE)’nde 1998 yılından bu yana yürütülmektedir. Enerji ve Malzeme Mühendisliği Yüksek Lisans Programları, Makina Mühendisliği, Kimya Mühendisliği, Mimarlık Bölümü ve Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi (İYTE-JEOMER) ile Yapı İşleri Daire Başkanlığı tarafından yürütülen çalışmalar 2007 yılında 5627 sayılı Enerji Verimliliği Yasası’nın yayınlanması ile ivme kazanmış, Kampüs içi ve dışında gerçekleştirilen uygulama çalışmalarında artış görülmüştür. 4 adet enerji yöneticisinin görev yaptığı İYTE’de oluşturulan “*Binalarda Enerji Performansı Çalışma Grubu*” ile “Enerji Verimliliği” alanında çalışan tüm araştırmacı ve öğrencilerin iletişimi sağlanarak interdisipliner çalışmalar yapma ve fikir/bilgi paylaşımı olanağı yaratılmıştır.

Bu bildiri; İYTE’de tamamlanan, yürütülen ve planlanan “Enerji Verimliliği” çalışmalarını içermektedir.

Anahtar Kelimeler: enerji verimliliği, İYTE

ABSTRACT

Thesis, projects and various applications under “Energy Efficiency” studies are carried out at Izmir Institute of Technology since 1998 by Energy, Materials, Mechanical, Chemical Engineering and Architecture Departments, Center for Geothermal Research and Office of Constructive Works. The “Energy Efficiency” area has become more attractive since the Energy Efficiency Law was released in 2007. In 2008, “*Building Energy Performance Study Group*” was formed in the Campus to provide a platform for the exchange of scientific knowledge and technical solutions among researchers, students and the sector. Four energy managers are employed at different departments and several buildings in the Campus have been observed to evaluate their energy performance.

In this study; completed, ongoing and planned “Energy Efficiency” studies and applications by IZTECH will be introduced.

Keywords: energy efficiency, IZTECH

1. ALTYAPI, OLANAKLAR

Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi (İYTE-JEOMER) bünyesinde enerji etüdü çalışmaları için gereken ve “Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Yönetmelik”te listelenen tüm ekipmanlar ile “iç hava kalitesi” çalışmalarında kullanılan ve binalarda ısı konfor çalışmaları için gerekli olan ısı konfor sistemi, partikül sayım cihazı, radonmetre gibi cihazlar mevcuttur.

Yine JEOMER’e ait Meteoroloji İstasyonu 2006 yılından bu yana Kampüs’e ait iklimsel verileri (dış sıcaklık, bağıl nem, rüzgar hızı ve yönü, güneş radyasyonu, hava basıncı ve yağmur miktarı) toplayıp kaydetmektedir. Bu veriler İYTE’de yürütülen tez ve araştırma projeleri ile özel sektörle ortaklaşa gerçekleştirilen projelerde kullanılmaktadır.

Mimarlık Fakültesi’ne ait bir “Merkezi Yapı Fiziği Laboratuvarı” bulunmaktadır. Bu laboratuvarı veri kaydedici (sıcaklık, yüzey sıcaklığı, bağıl nem ve aydınlık), portatif hava istasyonu, anemometre, ışık şiddeti ölçüm cihazı ve aynı anda sıcaklık, bağıl nem, malzeme nem içeriği, hava hızı ve CO₂ ölçen çok fonksiyonlu bir ölçüm cihazı bulunmaktadır.

Ayrıca, üniversite bünyesinde binalarda enerji performans hesaplamalarında kullanılan Ecotect, EnergyPlus ve TRNSYS gibi bilgisayar programları mevcuttur.

2. TAMAMLANAN ÇALIŞMALAR

İYTE’de tamamlanan enerji verimliliği çalışmaları; tez ve araştırma projeleri, konutlarda enerji performansının belirlenmesi için geliştirilen metodoloji çalışması, yarışmalarda alınan ödüller ve düzenlenen seminer çalışmalarını kapsamaktadır.

2.1 Tez Çalışmaları

1998 yılından bu yana yürütülen tez çalışmalarında; alışveriş merkezlerinde enerji tüketimini azaltmada HVAC kontrol stratejilerinin optimizasyonu, sıfır enerjili bina tasarımı, jeotermal bölgesel ısıtma sistemi optimizasyonu, imalat sektöründe enerji tasarrufu amaçlı matematik modelleme, binalarda soğutma yükünün tahmini için yapay sinir ağları ve bulanık mantık modellerinin geliştirilmesi, toplu konutlarda enerji verimliliği, ofis binalarında günışığı aydınlık değerlerinin belirlenmesi, binalar için pasif güneş enerjili tasarım stratejileri geliştirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının binalara entegrasyonu konuları incelenmiştir. 2008 yılında tamamlanan iki örnek tez çalışması aşağıda özetlenmiştir.

2.1.1 Toplu konutlarda enerji verimliliği

Mimarlık Bölümü’nde gerçekleştirilen Yüksek Lisans tez çalışması, İzmir Gaziemir Emlak Bankası Toplu Konut Alanı’ndan seçilmiş bir apartman bloğu için (Şekil 1 ve 2), Avrupa Birliği üyesi 11 ülkede gerçekleştirilmiş konut yenileme örnekleri ışığında belirlenmiş etkin ve yere özel enerji etkin yenileme senaryoları sunmaktadır. Seçilen apartmanın plan şeması Şekil 3’de verilmiştir.

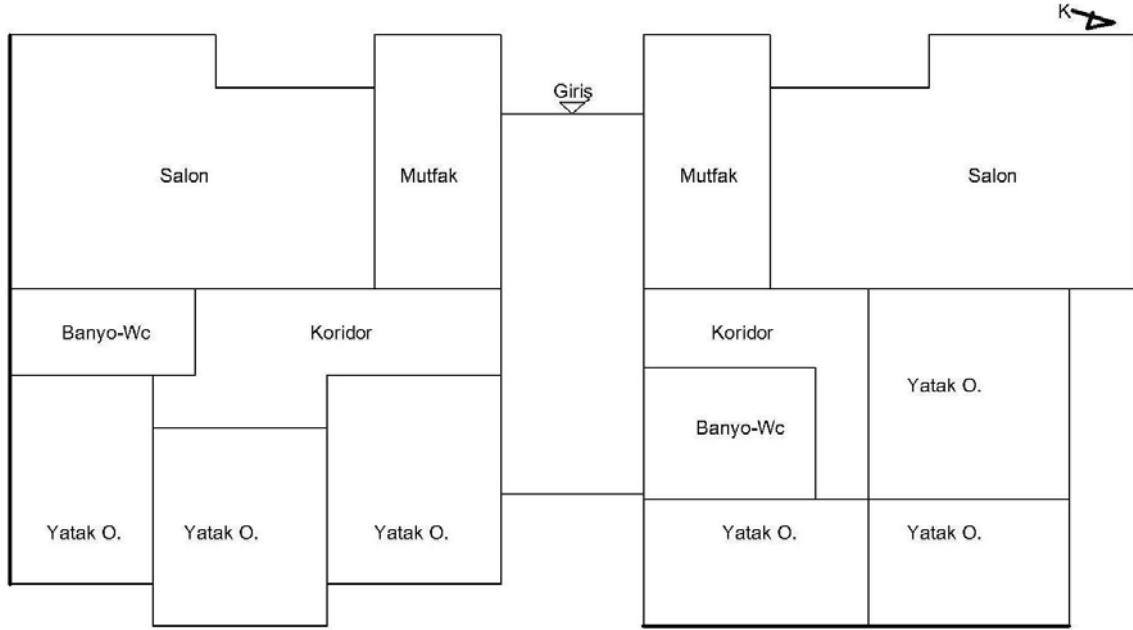


Şekil 1. Seçilen apartman binasının güneybatı (giriş) cephesi

Tezin amacı, mevcut toplu konut alanlarında enerji tüketiminin, etkin enerji yenileme uygulamaları ile azaltılma potansiyeline dikkat çekmektir. Tez, seçilen apartman bloğunun ısıtma enerjisi yükünü azaltıcı senaryoları araştırmakta ve belirlenen senaryoların soğutma yükü üzerindeki etkilerini değerlendirmektedir.



Şekil 2. Seçilen apartman binasının köşe cephesi



Şekil 3. Seçilen apartman binasının plan şeması.

Mevcut ve iyileştirilmiş yapının ısıtma ve soğutma yükü, Ecotect v 5.50 bina enerji analiz programı kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, İzmir Gaziemir Emlak Bankası Toplu Konut Alanındaki bir apartmanda uygun enerji yenileme senaryoları uygulanarak, mevcut yıllık enerji tüketiminin hemen hemen yarısı oranında azaltılabileceği kanıtlanmıştır. Dış duvarların dış yüzeyine 3-5-8-10 cm kalınlıklarında değişen yalıtım eklenmesiyle yılda ortalama %20 enerji tasarrufu gerçekleşmiştir. Çatı ve zemin kat döşemesine yalıtım eklenmesiyle ise ortalama %5 tasarruf sağlanmıştır. Tek camın, çift cam ve low-e kaplamalı cam tipleriyle değiştirilmesinde ise tasarruf miktarı %14'lere ulaşabilmektedir. İstenmeyen hava kaçaklarının minimuma indirilmesi ile de ortalama yıllık enerji miktarı %10 seviyelerinde azalmıştır. İç ortam set sıcaklığının her bir derece azaltılmasıyla ise enerji tüketimi %8 azalmaktadır. Bu sonuçlara göre net bir şekilde söylenebilir ki yukarıda belirlenen enerji etkin her önlemin enerji tüketimi üzerinde yadsınamayacak pozitif etkileri vardır (*Yüksek Lisans Öğrencisi: Yusuf Yıldız; Tez Danışmanı: Dr. Zeynep Durmuş Arsan; Tez Yardımcı Danışmanı: Doç.Dr. Murat Günaydın, Yard.Doç.Dr. Fikret Okutucu*).

2.1.2 Ofis binalarında günışığı aydınlık değerlerinin belirlenmesi

Mimarlık Bölümü'nde gerçekleştirilen bu tez çalışmasında, günışığı aydınlık değerlerini tahmin edebilmek için yapay sinir ağ modeli kurulmuştur. Günışığı doğru tasarlandığı zaman insan sağlığını ve aktiviteleri destekleyici dinamik mekanlar yaratmakta ve binanın enerji ihtiyacını azaltmaktadır. Uygun olmayan şekilde kullanıldığında ise görüş alanı engellenmekte, enerji tüketimi artmakta ve yüksek miktardaki enerji konforsuz çevre koşullarına neden olmaktadır. Günışığı aydınlatmasının, mekan kullanıcıları üzerinde olumlu psikolojik etkileri olmaktadır. Elektrik aydınlatması ihtiyacı düşük seviyede tutularak enerji tasarrufu sağlanmakta, ısıtma için harcanan enerji miktarı da daha düşük kapasitede mekanik cihazların kullanımını da artırmaktadır.

Tez çalışmasının alan çalışması, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Bölümü C Blok'ta üç ay (Kasım-Aralık 2007, Ocak 2008) boyunca yürütülmüştür. Çalışma odalarında aydınlık ölçer cihazı kullanılarak günışığı aydınlık değerleri günde üç defa olmak üzere ölçülmüştür (sabah 9.30, öğle 12.30, öğleden sonra 15.30). Modelde kullanılmak üzere bina parametreleri mimari projeden, meteorolojik

veriler ise İYTE Meteoroloji İstasyonundan alınmıştır. Meteorolojik parametreler; dış hava sıcaklığı, bağıl nem, güneş radyasyonu, UV indeks, UV doz iken bina parametreleri; pencere sayısı, odaların yönü, kat, oda boyutları ve ölçüm noktaları olmuştur. Ayrıca gün ve saat değerleri de parametre olarak modele katılmıştır. Güneş ışığı aydınlık değeri ise modelde çıktı parametresi olarak alınmıştır. Modelde kullanılan 100 veri setinden ilk 80'i modelin öğrenmesi (eğitilmesi) için, sonraki 20'si ise modelin tahmini için (test etmek amacıyla) kullanılmıştır. Microsoft Excel Solver girdi parametrelerinin ağırlık değerlerini 'simpleks optimizasyon metodunu' kullanarak hesaplamıştır. Bulgular, modelin %98'lik bir oranda tahmin edebildiğini göstermiştir. Sonuçta, modelin tahmin ettiği değerler ile ölçülen değerler arasında %2'lik hata oranı çıkmıştır. Böylece modelin başarılı bir şekilde sonuç verdiği söylenebilmektedir. Ayrıca NeuroSolutions Software modelin hassasiyetini ölçmüş, girdi değerlerinin güneş ışığı aydınlık değeri üzerindeki etki oranlarını göstermiştir. En etkili parametreler yön, saat, ölçüm noktaları ve pencere sayısı olmuş; en etkisiz olanlar ise UV index, dış hava sıcaklığı ve oda boyutları olarak belirlenmiştir. Bu da göstermektedir ki bina tasarımlarında binanın yönlendirilmesi, pencere büyüklükleri ve gün ışığının ne zaman bina içine alınacağı gibi tasarım kriterleri mimarların karar vereceği temel konulardır. Bu çalışmanın, binaların güneş ışığı performansı değerlendirmelerinde ve bina tasarım aşamalarında faydalı veriler sağlayacağı düşünülmektedir. Mekanların konfor koşullarının değerlendirilmesi çalışmalarında da yardımcı bir yöntem olarak kullanılabilir (*Yüksek Lisans Öğrencisi: Selcen Binol; Tez Danışmanı: Dr. Tuğçe Kazanmaz; Tez Yardımcı Danışmanı: Doç.Dr.Murat Günaydın*).

2.2 Konutlarda Enerji Performansı Standard Değerlendirme Metodu (KEP-SDM) Geliştirme

Konutlarda Enerji Performansı Standard Değerlendirme Metodu (KEP-SDM), Enerji Verimliliği Yasası hükümlerince hazırlanan "Konutlarda Enerji Performans Yönetmeliği" çalışmaları içinde, Makina Mühendisleri Odası tarafından oluşturulan ve çoğunluğunu İYTE'li araştırmacıların oluşturduğu Çalışma Grubu tarafından Haziran 2008'de tamamlanmıştır.

Metod, tüm Avrupa Birliği ülkelerinde olduğu gibi, 2002/91/EC Direktifinin 3. Maddesindeki yeni ve büyük onarımın söz konusu olduğu bina sınıflarından (Directive 2002/91/EC Annex 3), bağımsız ve apartman bloklarındaki konutların enerji performansını belirlemeye yönelik olarak, Avrupa Birliği (AB) ülkelerindeki benzeri metotların (SAP, DEAP, Th-C-Ex, vb.) pratiğinden yararlanarak oluşturulmuştur.

Binaların enerji performansını belirleyen göstergeler; konutun birim alanına düşen yıllık enerji tüketimi (kWh/m²yıl) ile yıllık CO₂ emisyon miktarıdır (kgCO₂/m²yıl). Her iki gösterge, yenilenebilir enerji kaynakları ile yeni enerji teknolojileri kullanılarak tasarruf edilen enerji ve emisyonlar da göz önüne alınarak, hacim ısıtma, su ısıtma, havalandırma ve aydınlatmadan kaynaklanan yıllık enerji tüketimleri ile CO₂ emisyonları göz önünde bulundurularak hesaplanır. KEP-SDM, "Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği"nde öngörülen *Binaların Enerji Kimlik Belgesi*'ndeki "Bina Enerji Sınıfı" ve "Bina Emisyon Sınıfı" belirlenmesine ait hesap yöntemidir.

2.3 Ödüller

Mimarlık Bölümü doktora öğrencisi Yusuf Yıldız, 15-17 Ekim 2008 tarihinde Ankara'da gerçekleştirilen 1. Ulusal Temiz Enerji Kurultayı kapsamında düzenlenen İklim Uyumlu Temiz Enerji Bilinçli Ev Tasarımı öğrenci yarışması'nda, "İzmir'de iklim uyumlu temiz enerji bilinçli ev tasarımı" projesi ile 1.lik ödülü almıştır.

27 Kasım 2008 tarihinde İYTE Kimya Mühendisliği Bölümü tarafından düzenlenen 7. "Ege Bölgesi'nde Ne Üretelim?" proje yarışmasında Makina Mühendisliği Bölümü lisans öğrencileri "Kağıt Atığı Katkılı İzolasyon Tuğlası Geliştirilmesi" projesi ile 2.lik ödülü almışlardır.

2.4 Etkinlikler

2007 yılında 8. Ulusal Tesisat Kongresi kapsamında "Enerji Yönetimi Uygulamaları" semineri düzenlenmiştir.

3. YÜRÜTÜLEN ÇALIŞMALAR

İYTE’de devam eden enerji verimliliği çalışmaları; tezler, projeler ve etkinlikler başlıkları altında toplanabilir.

3.1 Tez Çalışmaları

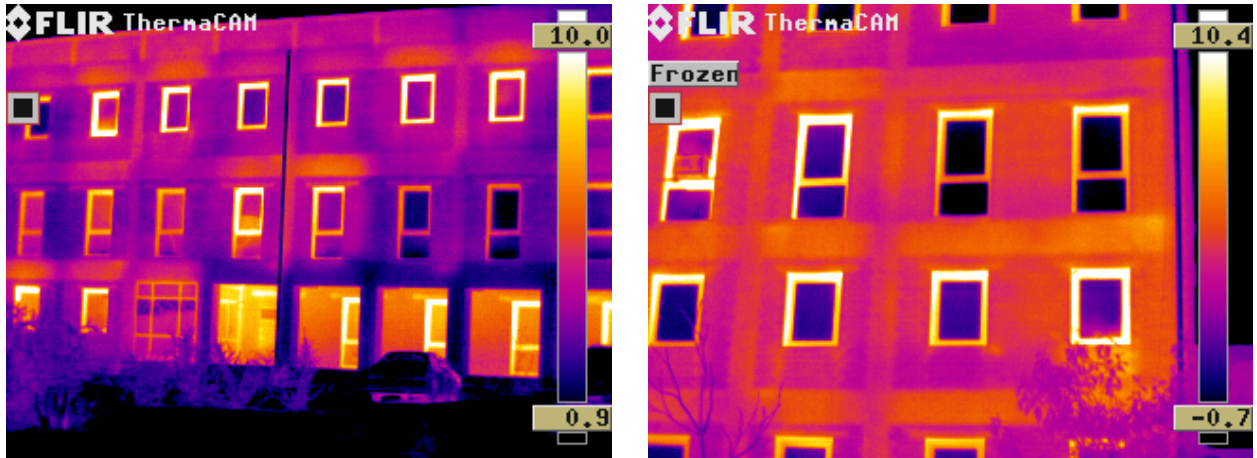
Yürütülmekte olan lisansüstü tez çalışmalarında; kamu binalarında enerji performansının belirlenmesi, geleneksel yerleşkelerin tasarımında görülen iklim etkisinin belirlenmesi, kağıt atığı katkılı izolasyon tuğlası geliştirilmesi, faz değişim malzemesi içeren gazbeton geliştirilmesi gibi konular ele alınmıştır. Bu tez çalışmalarından ikisi aşağıda özetlenmiştir.

3.1.1 Kamu binalarında enerji performansının belirlenmesi

İYTE Kampüsünde mevcut ve farklı yıllarda inşa edilmiş olan binaların enerji performanslarının belirlenmesi amacıyla yürütülen bazı tez çalışmaları mevcuttur. Bu çalışmalar ile 2000 yılından itibaren zorunlu hale gelen TS 825 “Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları” standardı’na uyan ve uymayan binalar karşılaştırılacaktır.

Bu çalışmalardan ilki, Enerji Mühendisliği Yüksek Lisans tezi olarak yürütülmektedir ve Kampüste ilk inşa edilen binalardan biri olan ve kendisine ait ısıtma/soğutma sistemine sahip İdari Bina’yı kapsamaktadır. 2000 yılında inşa edilen binada iç ortam sıcaklık ve bağıl nem değerleri, dış ortam meteorolojik verileri, bina elektrik ve yakıt tüketimleri 2006 yılından bu yana izlenmektedir.

Kazan verimleri bacagazı analizörü ile takip edilmekte, taze hava ayarının doğru yapılması sağlanmaya çalışılmaktadır. Binanın termal kamera görüntüleri ısı köprülerini, dış yüzey duvar sıcaklıklarını ve ısı kaçaklarını göstermekte yardımcı olmaktadır (Şekil 4).

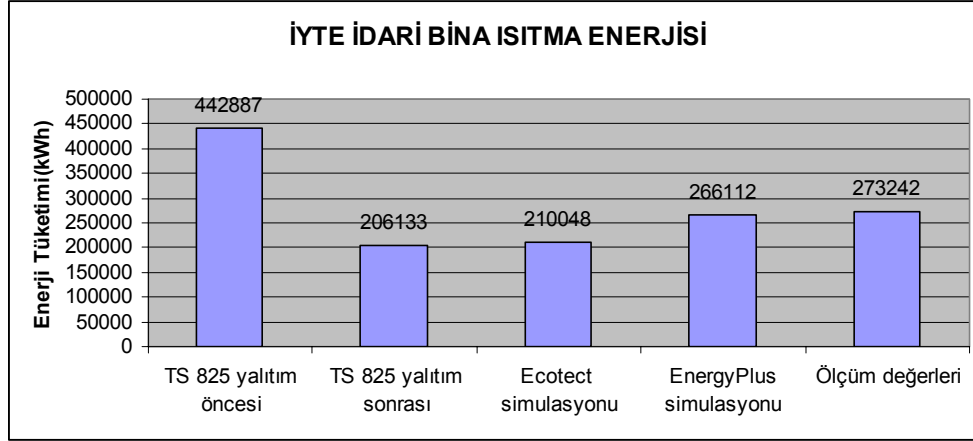


Şekil 4. İYTE İdari Bina'nın çeşitli açılardan alınmış termal kamera görüntüleri.

İdari Bina'nın enerji simülasyonu için statik, yarı-dinamik ve dinamik hesap yöntemleri kullanılmaktadır. Statik hesap için Türkiye’de zorunlu standart olan TS 825 uygulanmıştır. Sonuçlar binanın TS 825’e uymadığını, uygun yalıtımın (5mm XPS dış cephe, 8mm XPS çatı) yapılması durumunda ısıtma enerjisi ihtiyacının %45 azalacağını göstermiştir. Yapılacak yatırımın geri dönüşü, tüketim ölçümleri ve güncel elektrik ve yakıt fiyatları hesaba katıldığında 4.3 yıl sürecektir.

Yarı dinamik hesap metodu olarak CIBSE Addmittance Method (Chartered Institution of Building Services Engineers, İngiltere) kullanılmaktadır. Addmittance Method ve bu metoda bağlı olarak çalışan

Ecotect adlı yazılım ile statik metoda ilave olarak ısıtma süresi ve rejimi, çalışma saatleri, aydınlatma ve soğutmanın enerji tüketimi üzerindeki etkisi incelenmektedir. Yerel iklim verileri İYTE Meteoroloji istasyonundan alınmakta ve yazılıma adapte edilerek saatlik, hassas, ölçümlere yakın enerji tüketimi tahmin edilebilmektedir. Şekil 5’de ölçüm ve hesaplamalara göre binanın ısıtma enerjisi değerleri verilmektedir.



Şekil 5. 2007 Yılı İYTE İdari Bina Isıtma Enerjisi Hesaplamaları.

Tam dinamik hesap metodu olarak ASHRAE Heat Balance Metodu ve bu metoda bağlı olarak çalışan EnergyPlus yazılımı kullanılmaktadır. Bu metod yarı dinamik modele göre ısı kütlesi ve zonal hava hareketlerini hesaba katmakta, güneş kazançlarını daha hassas şekilde hesaplayabilmektedir. Ayrıca EnergyPlus yazılımı enerji simülasyonunda ısıtma/soğutma sistemini de kapsamakta, gerçeğe en yakın verileri istenen aralıkta verebilmektedir.

Çalışmadan elde edilecek sonuçlar, mevcut kamu binalarının durumunu ortaya koyarak iyileştirme çalışmalarının yapılması ve yeni yapılacak binalar için referans olması açısından önemlidir (*Yüksek Lisans Öğrencisi: Mustafa Can Yaman; Tez Danışmanı: Doç.Dr. Gülden Gökçen, Tez Yardımcı Danışmanı: Prof.Dr. Barış Özerdem*).

3.1.2 Geleneksel yerleşkelerin tasarımında görülen iklim etkisinin belirlenmesi

Mimarlık Bölümü tarafından yürütülen Doktora tez çalışmasında; açık, yarı açık ve kapalı alanlarda farklılaşarak hareket eden havanın hareketi ve basınç değişimleri kentsel ve tek yapı bazında incelenerek ısı konfor koşulları açısından değerlendirilecektir.

Çalışma için alan olarak iklim koşullarının ılıman olduğu Ege Bölgesi seçilmiştir ve yaz koşulları üzerinden değerlendirme yapılmaktadır. Hava hareketinin yaz aylarında olumlu etki gösterebileceği hipotez edilen tarihi bir yerleşkede çeşitli ölçüm ve simülasyon yöntemleri ile konutlarda ısı konfor koşulları değerlendirilecektir. Farklı konut tiplerinin karşılaştırmalı biçimde incelenerek değerlendirilmesi ve daha etkin olan konut tipinin ampirik olarak sunulması çalışmanın ilk aşaması olarak değerlendirilebilir.

Yöntem oluşturmak ve yöntemin geçerliliğini kanıtlamak çalışmanın farklı alanlarda tekrarlanması için gerekli görülmektedir. Yöntem olarak alanda (Alaçatı) ölçüm yapmak ve bilgisayar simülasyon yöntemleri ile de aynı koşulları modelleyerek karşılaştırma sağlamak öngörülmüştür. Alanda iklim verileri ve belirlenen yapılarda çeşitli ısı konfor kriterleri ölçümleri yapılarak konfor koşulları belirlenen alana göre sentezlendikten sonra uygunluk değerlendirmesi yapılmaktadır. Bu nedenle hassaslık derecesi yüksek sıcaklık ve bağıl nem ölçerler ayrıca rüzgar hızı ölçer cihazlar ile alan ölçümleri ve Bilgisayar destekli akışkanlar dinamiği (CFD-Computational Fluid Dynamics) programı, Yapı enerji simülasyon

programları (BES-Building Energy Simulation) birlikte kullanılarak modellemeler yapılacaktır. Alan ölçümleri Mimarlık Fakültesi Yapı Fiziği Laboratuvarı'nda mevcut cihazlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir ve simülasyon programı olarak da yine aynı laboratuvarın lisanslı CFD programı Fluent 6.2 ve BES programı EnergyPlus kullanılmaktadır.

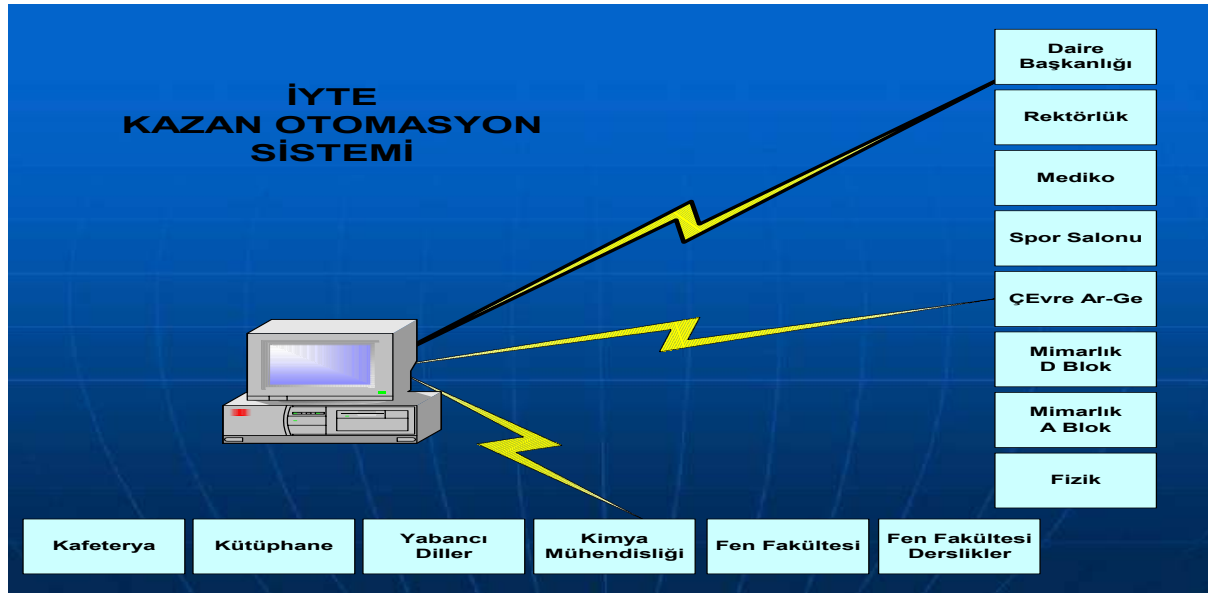
Çalışma sonucunda, yaz koşullarını iyileştirmek adına yapılardaki açık, yarı açık ve kapalı mekanların ilişkisini en etkin biçimde kurma yöntemlerinin geliştirilip yapılan saptamaların yeni tasarım kararlarını yönlendirebilmesi söz konusu olacaktır. Ayrıca kurulan yöntem farklı alanlarda da benzer çalışmaların uygulanabilmesini ve etkin bulunan geçmiş tasarım prensiplerinin günümüzdeki tasarım kararlarına aktarımını sağlayabilecektir. Belli bölgelerdeki tarihsel yapı örnekleri ile yeni örnekleri karşılaştırmak ve bu verileri yeni tasarım kararlarında değerlendirmek de çalışmanın farklı bir alanı olarak değerlendirilebilir (*Doktora Öğrencisi: Belgin Terim; Tez Danışmanı: Yard.Doç.Dr. Fehmi Doğan*).

3.2 KEP-SDM Yazılımı

KEP-SDM yazılımı, İYTE Bilgisayar Mühendisliği Bölümü son sınıf öğrencileri tarafından bitirme projesi olarak “Enerji Sertifikalandırma Yazılımı (KEP-İYTE-EES)” adı altında İYTE server’ını ve merkezi veritabanını kullanarak web tabanlı olarak geliştirilmektedir. Her kullanıcı şifresini girerek kendi hesabına erişebilir ve burada yaptıkları işlemlerin sonuçları merkezi veritabanına işlenir. Takip edilen algoritma, iklim verileri, cihaz verimleri vb. merkezi veritabanında yönetici tarafından belirlenir. Yazılımın sonucu olan enerji sertifikası, emisyon sertifikası ve bina stoğuna ait istatistiksel veriler değerlendirilmek üzere saklanır.

3.3 Kazanlarda Dış Hava Kompansatörü Kullanımı

15.02.2008 tarih ve 26788 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan 2008/2 nolu Başbakanlık Genelgesi doğrultusunda İYTE’de ısıtma, soğutma ve aydınlatma için kullanılan enerjinin, çalışma alanlarındaki ısı konfor ve iç hava kalitesini düşürmeden, daha etkin-verimli kullanımını sağlamak amacıyla İYTE Rektörlüğü tarafından hazırlanan “İYTE Etkin Enerji Kullanımı Aksiyon Planı” Haziran 2008’de uygulamaya konmuştur.



Şekil 6. İnternet üzerinden kontrol ünitelerine erişim.

İYTE’de ısıtma fuel-oil yakıtlı kazanlarla sağlanmaktadır ve toplam 14 adet kazan dairesi mevcuttur. 2000 yılından bu yana manuel olarak işletilen ve işletme problemlerinin yaşandığı mevcut kazanları

internet üzerinden (Şekil 6) işletmek üzere 2008-2009 kış sezonunda programlanabilir kontrol üniteleri eklenmiştir. Farklı IP adresleri ile kontrol ünitelerine ulaşıldığında Şekil 7’de verilen kontrol menüsünden gece ve gündüz periyotları için istenilen ayarlar ve gözlemler yapılabilmektedir. Şekil 8’de ise grafik çıktı örneği görülmektedir. Kontrol sisteminde kullanılan sensörlerin, binaların kompenzasyon eğrilerine karşı davranışları gözlenmeye başlanmıştır. Bazı ek özelliklerle kontrol sistemi geliştirilmeye çalışılmaktadır. Ayrıca kazanlarda düzenli baca gazı ölçümleri yapılarak yanma verimleri belirlenecektir.



3.4 Projeler

1. Türk Tesisat Mühendisleri Derneği (TTMD) Ar-Ge Fonu tarafından Aralık 2008-Aralık 2009 tarihlerini kapsayan 1 yıl boyunca desteklenecek olan “Türkiye’nin Farklı İklim Koşullarında Isıl Konfor Sıcaklıklarına Bağlı Olarak Konutların Enerji Performanslarının Değerlendirilmesi” projesi JEOMER tarafından yürütülmektedir.
2. İzmir Adnan Menderes Havaalanı Dış Hatlar Terminali’nin enerji yönetimi çalışmaları yürütülmektedir.
3. PCM katkılı gazbeton geliştirilmesi konulu bir SANTEZ projesi Kimya Mühendisliği ile Gazbeton A.Ş. tarafından yürütülmektedir.
4. İlköğretim okullarında iç hava kalitesi konulu bir TÜBİTAK projesi Kimya Mühendisliği Bölümü tarafından yürütülmektedir.
5. Endüstriyel fırınlar için gözenekli tuğla geliştirilmesi konulu araştırma projesi Makina Mühendisliği Bölümü tarafından yürütülmektedir.
6. Kampüs alanında bulunan jeotermal kaynağın değerlendirilmesi ve rekreasyon amacıyla inşa edilecek olan açık-kapalı yüzme havuzu kompleksinin tüm enerji ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynakları (jeotermal ve rüzgar) ile karşılanması projesi ihale aşamasındadır.
7. BAP projesi kapsamında Mimarlık Fakültesi’nde 2003 yılında inşa edilen bir binanın enerji izleme çalışması devam etmektedir.
8. İYTE Kütüphane Binası’nın soğutma sisteminin performansını belirlemek amacıyla binanın 4 büyük salonuna sıcaklık ve bağıl nem ölçer veri toplayıcılar yerleştirilmiştir. 2008 Temmuz ayında bu yana alınan sonuçlarla sistemin eksikliklerinin giderilme çalışması başlamıştır. Ölçümler kış ayları boyunca da devam etmektedir. Benzer bir çalışma Fizik Bölümü’nde de Ocak 2009 itibarıyla uygulamaya konmuştur.

3.5 Etkinlikler

Mayıs 2009’da düzenlenecek olan 9. Ulusal Tesisat Kongresi Yürütme ve Düzenleme Kurulu üyeleri arasında yer alan İYTE öğretim üyeleri, Kongre temasını “Binalarda Enerji Performansı” olarak belirlemişlerdir. Kongre kapsamında aynı başlıklı bir sempozyum ile “Binalarda İç Hava Kalitesi” semineri İYTE Öğretim üyeleri tarafından düzenlenmektedir. Kongre’ye İYTE’li araştırmacılar tarafından çok sayıda bildiri özeti sunulmuştur.

İYTE öğretim üyeleri, II. Enerji Verimliliği Kongresi Danışmanlar Kurulu’na katkıda bulunmuşlardır.

4. PLANLANAN ÇALIŞMALAR

4.1 Tezler

Planlanan lisansüstü tez çalışmaları; mevcut yapı kabuğunda etkin iyileştirme çalışmaları, kentsel ölçekte bina ve sokak geometrilerinin ve yönlendirmelerinin dış mekanlarda rüzgar hızına ve konfora etkisi, hizmet binalarında enerji performansı, İzmir’de inşa edilmekte olan binaların enerji performanslarının belirlenerek yapı stoğu ile ilgili bilgi edinilmesi, ofislerde ısı konfor koşullarının belirlenmesi çalışmalarını kapsamaktadır. Mimarlık bölümü tarafından başlatılacak olan tez çalışmalarından iki örnek aşağıda özetlenmiştir.

4.1.1 Mevcut yapı kabukları için enerji etkin iyileştirme yöntemi

Türkiye’deki mevcut kamu yapılarının kabuklarının enerji etkin iyileştirilmesine olanak sağlayacak bir metodoloji geliştirmeyi amaçlayan çalışma, 2007 yılında inşası tamamlanan SKS Binası’nda gerçekleştirilecektir. Çalışmanın sonucunda ortaya çıkacak metod Türkiye’de farklı iklim bölgelerinde farklı tasarım kriterleri ile inşa edilmiş birçok kamu yapısında enerji etkin iyileştirmenin gerekli görülmesi halinde uygulanabilecek adımları tanımlayacaktır. Metodun bileşenleri olan enerji denetimi, enerji performans değerlendirmesi çalışmaları, alternatif iyileştirme önerilerinin geliştirilmesi ve bu önerilerin enerji performans kriterleri ve maliyet/fayda analizi üzerinden değerlendirilmesi, yapıların fiziksel öğelerinden bağımsız olarak kurgulanabilecektir (*Doktora Öğrencisi: Başak Güçyeter; Tez Danışmanı: Doç.Dr. Murat Günaydın*).

4.1.2 Kentsel ölçekte bina ve sokak geometrilerinin ve yönlenmelerinin dış mekanlarda rüzgar hızına ve konfora etkisinin örnek üzerinden incelenmesi ve gelecekteki kentsel tasarımlara rehber oluşturulması

“Kentsel Isı Adası Etkisi” basitçe kentsel ve kırsal alanlarda gözlemlenen yaklaşık 5-10°C’lere varabilen ortalama sıcaklık farkıdır ve ağırlıklı olarak akşam saatlerinde meydana gelir. Kentsel alan içinde pek çok faktöre bağlı olarak belli noktalarda veya ‘ada’larda sıcaklık artışları tesbit edilmiştir ve buralarda özellikle sıcak iklim bölgelerinde, yaz aylarında soğutma giderlerinin arttığı ve dış konforun düştüğü saptanmıştır. Malzeme özellikleri, güneş kaynaklı ısıtım, insan etkinliklerinden kaynaklanan ısınmanın yanı sıra kentsel geometrinin, binaların tekil geometrileriyle beraber hakim ve yerel rüzgarları yönlendirmeleri veya engellemelerinin de Kentsel Isı Adası’na etkileri büyüktür. Bitişik nizamdaki yüksek binaların çeşitli genişlikteki sokak ve ana caddelerde sağlı sollu konumlanması rüzgarı yönlendiren ‘kentsel vadiler’in oluşmasına neden olur.

Sıcak iklimlerde binaların hava akışını engellediği durumlarda hem kent içinde hareket etmekte olan veya dış mekanlarda bulunan insanların konfor koşulları etkilenir hem de iç mekanlarda bulunan insanlar/binalar pasif soğutma olanaklarından faydalanmakta güçlük çekerler. Bunun yanında sokak yönlenmelerinin hakim rüzgarı alamayacak şekilde olması ve bina yüksekliğinin sokak genişliğine oranının yüksek olması insan etkinliklerinden kaynaklanan zararlı gazların kentsel vadilerin içerisinden tahliye edilmesini güçleştirir.

Yapılacak çalışmanın amacı, ileride tamamlanabilecek, henüz kent şekillenmeden plancılara, tasarımcılara ve yöneticilere kentsel politikaların geliştirilmesinde yardımcı olabilecek, kentsel ölçekte pasif iklimlendirmeden yararlanmayı sağlayacak pek çok etkenin göz önüne alınmasıyla oluşturulmuş rehber niteliğindeki bir çalışmanın küçük bir parçasını oluşturmaktır. Çalışmada İzmir Merkez İl sınırları içerisinde sahil boyunca kesintisiz yüksek binaların bulunduğu Güzelyalı İlçesi’nde bir bölge, mevcut kentsel bir mekanda, hava hızı, yönü, sıcaklığı ve bina yüzey sıcaklıklarının ölçülmesi ve dış konfor koşullarının değerlendirilmesi için seçilmiştir. İzmir, yaz aylarının sıcak ve kurak geçtiği bir kenttir ve merkez ilçelerde yazın dış mekanda konfor koşulları oldukça düşüktür. Yapılan ölçümler bir simülasyon çalışması ile alternatif kentsel geometrinin veya formun oluşturulması ile beraber değerlendirilecektir. Kentsel mekanda dış hava sıcaklığı üzerinde rüzgar dışında pek çok etki bulunduğundan çalışmada diğer unsurlar göz ardı edilmeden sınırlanacaktır. Bu tür çalışmalar literatürde çok sayıda bulunmaktadır ama Türkiye’de kentsel ölçekte alan çalışması ve simülasyonu içeren bir çalışma yapılmamıştır. Bunun yanında çalışmanın amacı kentsel ısınma ile ilgili söylemlerin özellikle mimarlık alanında söylem düzeyinde kalmaması için bilimsel altyapı oluşturmaktır (*Doktora Öğrencisi: Çelen Ayşe Çelik; Tez Danışmanı: Yard.Doç.Dr. Şebnem Yücel Young, Tez Yardımcı Danışmanı: Yard.Doç.Dr. Ünver Özkol*).

4.2 Projeler

İYTE Rektörlüğü tarafından başlatılan “Enerji Etkin Bina Tasarımı ve Uygulaması” konulu ve tüm Kampüste Enerji Verimliliği alanında çalışanların katılacağı bir proje Ocak 2009’da başlatılmıştır.

Kampüs sınırları içinde inşa edilecek olan bir binanın enerji etkin tasarımı, inşası ve performansının belirlenmesi amacıyla geniş katılımlı bir grup oluşturulmuştur.

5. SONUÇ

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, gerek yönetim gerekse cihaz altyapısı ve araştırmacı kadrosu ile “Enerji Verimliliği” çalışmalarına büyük önem ve destek vermektedir. Kampüs içinde yaratılan uygulama olanaklarının yanısıra Kampüs dışında da çeşitli kuruluşlar ve özel sektörle “Enerji Verimliliği”nin çeşitli aşamalarında çalışmalar yürütülmektedir.

5.1. Oturum

Oturum Başkanı : Atıf METE

Sanayide Enerji Verimliliği

- **Namık ÜNLÜ, T. Cem KAYPMAS, Davut UZUN, Fehmi AKGÜN, E. Alptekin YAĞMUR, Mustafa TIRIS** : Madencilik, Kimya ve Beyaz Eşya Sanayinde Enerji Verimliliği Uygulamaları
- **Mehmet ALKAN** : Rafinerilerde Enerji Tasarrufu
- **Akın ÜÇTAŞ** : Endüstriyel Isı Yalıtımı
- **Adnan GÜLBAL** : Enerji Tasarrufu Uygulamaları

MADENCİLİK, KİMYA VE BEYAZ EŞYA SANAYİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ UYGULAMALARI

**Namık ÜNLÜ, T. Cem KAYPMAS, Davut UZUN, Fehmi AKGÜN,
E. Alptekin YAĞMUR, Mustafa TIRIS**

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Enerji Enstitüsü, Gebze, Kocaeli

ÖZET

Günümüzde, enerji iktisadi ve sosyal hayatın vazgeçilmez bir unsuru olduğu kadar toplumların enerji kaynaklarının ulaşılabilirliği o ölçüde refah ve gelişmeye etki etmektedir. Bu kaynakların ulaşılabilirliği enerji güvenliği olarak tanımlanmaktadır. Hâlihazırda Petrol ve Doğalgaz açısından kısıtlı kaynaklara sahip ülkemizin enerji tasarrufu ve verimliliği açısından teknolojik ve yönetsel açıdan çeşitli ilerlemelerin ortaya çıkması bu durumun doğal bir sonucudur. Bunun yanında ülkemize nazaran daha zengin kaynaklara sahip ülkelerinde artan rekabet koşulları ve çevre açısından yaptırımlar nedeni ile enerji tasarrufuna önem vermeye başladığı görülmektedir. Brezilya ülkemize kıyasla bol kaynaklara sahip olmasına karşın geçtiğimiz yıllarda bu ülkedeki şirketler enerji verimliliğine önem vermeye başlamıştır. Bu doğrultuda TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Enstitüsü Enerji Tasarrufu Ekibi, sırası ile Sao Paulo’da büyük ölçekli bir kimya tesisini, daha sonra Rio de Janeiro’da bir meşrubat kutusu üretim fabrikasına ve büyük ölçekli iki beyaz eşya tesisinin enerji tüketimlerin yerinde inceleyerek tasarruf imkânlarını ortaya çıkartmıştır. Elde edilen potansiyeller teknik ve ekonomik fizibiliteler ile raporlanmıştır. Devamında, ilgili firmalar tarafından gerçekleştirilen önlemler ve yatırımların ardı sıra takip değerlendirilmeleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Brezilyalı mühendislerle enerji verimliliği uygulamaları konusunda eğitimler verilerek sanayi tesislerinde ölçüm yapabilir hale getirilmiştir. Eğitilen Brezilyalı ekip Angola’daki bir elmas madeninde gerçekleştirdikleri enerji tasarrufuna yönelik ölçüm sonuçlarını Türkiye’ye göndermiştir. Bu madene ait enerji kullanım bilgileri değerlendirilerek enerji tasarrufu potansiyelleri ortaya konmuş, raporlanmış ve takip değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada ülkemizle birçok yönden benzerlikler teşkil eden Brezilya’da yapılan çalışmanın yöntemi ve uygulanan teknikleri hakkında tecrübeler paylaşılmaktadır. Bu kapsamda bir kimya tesisinde, iki farklı beyaz eşya fabrikasında, bir metal kutu üretim tesisinde ve elmas madeninde gerçekleştirilen etüt hazırlık çalışmaları, ölçümler ve değerlendirme çalışmaları hakkında bilgi verilmektedir. Son olarak fabrikalardaki enerji tasarrufu potansiyelleri irdelenerek ekonomik değerlendirmeleri verilmiştir.

Giriş:

Enerji, iktisadi ve sosyal toplumlarda vazgeçilmez bir unsur olarak yer almaktadır. Enerji üretim ve tüketim trendleri endüstri devrimi ile birlikte hızla yükselerek günümüze ulaşmıştır. Günümüzde Enerji dönüştürme faaliyetleri artık yaşam dengesini etkiler hale gelmiştir. Milletler arasında gelişmişlik seviyeleri için artık kişi başına enerji tüketimi bir parametre olmaktadır. Toplumun sosyal ve ekonomik yaşamının kalitesi etkisi ulaşabildiği enerji kaynaklarının niteliğine, maliyetine ve güvenilirliğine bağlı olarak artmakta yahut azalmaktadır. Üretim sektörü incelendiğinde rekabet gücüne etki eden önemli girdilerden olan enerji tüm yatırım ve kar potansiyelini etkilemektedir. Artan globalleşme ile kalkan sınırlar rekabet ortamının daha keskin uçlara sahip olmasına yol açmaktadır.

Enerjinin insan için gerekliliği kadar kaynaklarında sınırlı olması temel olgulardandır. Bu durumda gittikçe azalan ve daha da değerli hale gelen enerji kaynakları üretim tesislerinin ara optimisasyon sürelerini oldukça azaltmıştır. Bu durumun etkisi mevcut tesislerin sürekli izleme sistemleri ile donatılmasını ve yeni kurulan tesislerin ise daha esnek proses koşulları dikkate alınarak tasarlanmasına yol açmaktadır. Bir çok kuruluş, tesislerinin durumunu incelemek ve tasarruf potansiyelini belirlemek amacı ile enerji etütlerine başvurmaktadır.

Endüstri açısından Enerji etütlerinin faydaları aşağıda özetlenmektedir:

- Süreçlerin Optimizasyonu: Tesis içerisinde kurulacak ve geliştirilecek sistem ile ortaya konulacak olan veriler kullanılarak optimisasyon çalışmaları gerçekleştirilecektir.
- Birim Maliyetlerin düşürülmesi: Enerji maliyetlerinin düşürülmesinin doğrudan etkisinin yanında indirekt olarak kalite maliyetlerinde, kapasite arttırılmasından dolayı birim maliyetlerde düşme olacaktır.
- Rekabetçi Koşulların korunması: İşletmenin global pazarda ve iç piyasada imaj, teknoloji, pazar imkanları ve yasal zorunlulukların yerine getirilerek rakiplerin bir adım önünde hareket etmektir.
- Enerji Krizine direnç: Önümüzdeki dönemde yapılan dünya enerji tüketim ve kaynaklarına ait verilerle yapılan projeksiyonlarda petrolün 60 yıl civarında doğalgazın ise 45 yıl civarında yetecek kadar rezervinin bulunduğu bilinmektedir. Bu durum enerjinin gittikçe pahalılaşmasına ve tedarikinin zorlaşmasına yol açacaktır.
- Yaşadığımız Çevrenin korunması.

Enerjinin rekabete etkisi bu konuda zengin ülkelerde de duyarlılığın artmasına yol açmaktadır. Bilhassa gelişmekte olan ülkelerde yeralan kuruluşlar maliyet avantajını korumak amacı ile enerji etütlerine bütçe ayırmaktadır. Bu açıdan bir çok ülkenin önünde olduğumuz görülmektedir. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi bünyesinde yürütülen çalışmalar sonucunda sanayide enerji etütlerinde yetkinlik kazanılmıştır. Merkez yurtdışına da enerji etütlerini gerçekleştirebilecek nitelikte alt yapıya sahiptir. Bu çalışmada 2002 ve 2003 yıllarında gerçekleştirilen yurtdışı enerji etütlerine ait bulgular ve sonuçları değerlendirilecektir.

Metodoloji

TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkez, Enerji enstitü bünyesinde enerji tasarrufu grubu oluşturmuştur. Enerji tasarrufu grubunun görev alanı içerisinde sanayi kuruluşları ile birlikte çalışarak teknoloji, uygulama planları, ekonomik fizibilite ve çevresel etkileri öngörecektir şekilde enerji tasarrufu imkanlarının ortaya koyarak uygulama yöntemlerini oluşturmak bulunmaktadır. Enerji tasarrufu grubu üç farklı hizmet tipini sanayicilerin kullanımına sunmaktadır:

- Ön enerji etütleri: Bu tür etütlerde amaç mevcut enerji verilerinin ve dokümantasyonun toplanarak herhangi ölçüm yapmadan tasarrufu hakkında genel bir yaklaşım sağlamaktır. Çalışma süresi 3 gün olup 2 araştırmacı tarafından gerçekleştirilmektedir.
- Enerji Etüdü: Bu kapsamda hedef işletmenin enerji tüketiminin incelenmesi, durumun her yönü ile incelenmesi ve potansiyelin ortaya konmasıdır. Enerji etütleri, ön enerji etüdünü ve ana enerji tüketim cihazlarında çeşitli ölçümleri kapsar. Çalışma süresi takribi 10 gün olup tetkikçiler 3 araştırmacı ve iki teknisyenden oluşan bir ekiptir. Bu tür etütler tekstil, otomotiv gibi hafif ve orta seviyede enerji tüketen sanayi kuruluşları için önerilmektedir.
- Detay Enerji Etüdü: Çimento ve Demir-Çelik gibi yüksek yoğunlukta enerji tüketiminde bulunan sanayiler için yapılan bir çalışmadır. İşletmenin detaylı bir şekilde incelenerek bütün sistemlerde

gerekli tüm ölçümlerin yapılması kütle ve enerji denklikleri, muhtemel tasarruf kapasiteleri, yatırım ve geri ödeme süresi analizleri ve tüm sistemler için ön mühendislik tasarımlarının ortaya konmasıdır. Çalışma süresi çimento fabrikaları için 3 ay mertebesindeir. Çalışma ekibi 6 mühendis ve 4 teknisyenden oluşmaktadır.



Resim 1. Enerji Etüdü Ekibi Planlama Çalışması sırasında

Enerji Tasarrufu ekibinin çekirdeğini çeşitli disiplinlerde mühendisler ve teknisyenler oluşturmaktadır. Ekibin envanterinde saha ölçümlerini gerçekleştirmek için termal kameradan hassas gaz analiz cihazlarına kadar donatılmış cihazlar bulunmaktadır.

Bu çalışma kapsamında sırasıyla 2002 ve 2003 yılında TÜBİTAK MAM enerji tasarrufu ekibi Brezilya'ya giderek yerinde enerji etütlerini gerçekleştirmiştir. Seyahatler her defasında yaklaşık 3 hafta olarak gerçekleştirilmiştir. Çeşitli sektörlerle ait işletmeler bu kapsamda etüt edilmekle birlikte bu çalışma kapsamında sırası ile madencilik, kimya ve beyaz eşya sektörüne ait kuruluşların bulgu ve değerlendirmeleri verilmiştir.

Bu çalışmalar sırasında öncelikler Türkiye'den gönderilen işletme bilgi formlarının firmalarca doldurulması istenmiştir. Bilgi formlarında istenen bilgiler başlık olarak:

- İşletmede kullanılan enerji türleri miktarları ve en az üç yıllık olarak aylık değişimleri
- İşletmede kurulu enerji dönüşüm (Kojenerasyon, kazan vs.) tesisleri özellikleri
- İşletmede bulunan enerji ile iş üreten (motor, kompresör, fırın vs.) sistemlerin özellikleri
- İşletmenin bulunduğu çevre koşulları en az üç yıllık
- Üretim değişkenleri
- Enerji maliyetleri
- Tesisin kuşbakışı görünüşü

Enerji etüdü ekibi elde ettiği bilgiler çerçevesinde gerekli planları gerçekleştirerek fabrika ziyareti sırasında kullanacağı cihazları ve teçhizatı hazırlar. Ayrıca ilk iş planlaması bu süreçte gerçekleştirilmektedir.

Enerji etüdü ekibi fabrikaya ulaştığında gerekli giriş ve iş güvenliği işlemlerinin arkasından fabrikada belirlenen enerji etüdü sırasında mihmandarlık ve koordinasyonu sağlayacak ekiple tanışarak ilk toplantıyı gerçekleştirir. Bu toplantıda bilgi formları üzerinden bir daha geçilerek mevcut ölçme cihazları ve fabrikadaki işleyiş hakkında bilgiler sağlanır. Akabinde hızlı bir fabrika turu ile ortam gözden geçirilir. Mümkünse aynı gün üst yönetim ile kısa bir toplantı yapılarak konu hakkındaki görüşleri ve stratejileri öğrenilerek gelecekte ne gibi planlar olduğu hakkında bilgi edinilir. İlk günün sonunda sektörden bağımsız alanlardaki tasarruf potansiyellerini belirlemek için ölçme ihtiyacının ve yerlerinin belirlenmesi amacı ile yoğun bir tur yapılır. Bu tur sırasında sektöre özel enerji kullanım alanları da belirlenerek planlamalara dâhil edilir.

Devam eden günlerde elektrik ve ısı grupları paralel ve koordineli çalışarak ölçme işlemlerini gerçekleştirir. Toplanan veriler gözden geçirilerek ham enerji tasarrufu potansiyelleri başlıklar olarak ortaya çıkartılır.

Son gün fabrika içerisinde binaların durumu incelenir ve son veriler toplanır. Bunun sonunda elde edilen veriler ışığında ön hesaplamalar ile enerji tasarruf potansiyel konuları ve bunların büyüklükleri tanımlanır. Üst yönetim ile fabrikadan ayrılmadan önce son bir toplantı yapılarak gerçekleştirilen çalışmalar hakkında bilgi verilerek elde edilen tasarruf potansiyelleri açıklanır ve görüşleri istenir.

Hesaplama aşamasında enerji etüdü ekibi ayrıntılı hesaplamalar ile uygulanması gereken iyileştirmeleri, donanım büyüklükleri, yatırım için teklifleri, tesisteki prosese etkilerini inceleyerek enerji etüdü raporunu hazırlar ve işletmeye uygulaması için sunar. Raporda uygulamanın sonucunda elde edilen tasarrufun nasıl gözleneceği de bildirilmektedir. Bu amaçla enerji izleme sistemi ihtiyacı da dâhil edilmektedir.

İşletme uygulama sonrası genelde izleme sonuçları paylaşarak katkılarımızı istemektedir. Bunun dışında bilhassa uygulamayı 3. Kuruluşlara yaptıran işletmeler performans ölçümleri için ikinci bir ziyareti talep etmektedir. Bu performans ölçümleri veya izlemenin değerlendirilmesi sonrasında enerji etüdü tamamlanmaktadır.

Sektörden Bağımsız Enerji Tasarrufu Teknolojileri

Sektörden Bağımsız Enerji Tasarrufu teknolojileri, her sektörde enerji verimliliğinin artmasını sağlamak ile birlikte tasarruf potansiyeline etki oranı sektörler arasında farklılık göstermektedir. Sektörden Bağımsız Enerji Tasarrufu teknolojileri birçok yapılacaklar yada kontrol listeleri ile anahtar reçete şeklinde gösterilse de uygulama öncesi karar verme kriterleri açısından azami performansın sağlanmasına yönelik yaklaşımlar ile değerlendirilmeli ve geri ödeme süresi açısından gözden geçirilmelidir. Sektörden Bağımsız Enerji Tasarrufu teknolojilerine ait özellikler Tablo 1 de listelenmiştir.



Resim 2. Basınçlı hava sistemlerinde ölçme ve tarama çalışmaları

Tablo 1. Sektörden bağımsız enerji tasarrufu enerji tasarrufu teknolojileri

Teknoloji	Enerji Tasarrufu	Geri Ödeme Süresi	Çevresel Kazanç
Gelişmiş kompresör kontrol sistemleri	Orta	0.0	Düşük
Basınçlı hava sistemi yönetimi	Yüksek	0.4	Düşük
Motor diagnostikleri	Düşük	Hemen	Düşük
Motor sistemi optimizasyonu	Yüksek	1.5	Az
Pompa verimliliği artırılması	Yüksek	3.0	Yok
Anahtar relüktans motorlar	Orta	7.4	Yok
Gelişmiş yağlayıcılar	Orta	0.1	Orta
Anaerobic atık su arıtımı	Orta	0.8	Düşük
Yüksek verimli yakıcılar	Yüksek	3.1	Düşük
Atıksu için membran teknolojileri	Yüksek	4.7	Orta
Proses entegrasyonu (Pinch)	Yüksek	.3	Düşük
Sensörler ve kontrol	Yüksek	2.0	Orta
Gelişmiş HVAC	Orta	4.0	Yüksek
Gelişmiş aydınlatma teknolojileri	Yüksek	1.3	Yüksek
Gelişmiş aydınlatma dizaynları	Yüksek	3.0	Yüksek
Gelişmiş ayarlanabilir hız sürücü kontrolleri	Yüksek	1.1	Orta

Enerji Etüdü (A) Madencilik Sektörü

2002 yılının Ağustos ayında gerçekleştirilen enerji etüdü sırasında yerleşim ve enerji nakil hatlarından uzak bir elmas madeni incelenmiştir. Sektörün yapısının getirdiği özel şartlar ve iklimin tropikal olması nedeni ile güvenlik sistemleri ve iklimlendirme için harcanan kayda değer enerji miktarı belirlenmiştir. Tesisin uçak ile ulaşılır olması nedeni ile kullanılan tek kaynak dizel yakıtı uçak ile nakledilmektedir. Bu sebeple etüdün yapıldığı tarihte elektriğin kWh ti 0.23 ABD doları mertebesinde. Tesise ait bilgiler aşağıda ve enerji tüketim bilgileri tablo 2 de özetlenmiştir.

Üretim	: Endüstriyel Elmas
Yıllık Üretim Miktarı	: 2,000,000 Karat
Tesisin yaşı	: Dört Yıl
Tesisler	: Dizel Jeneratörler (1750 kW)
	Su tesisi
	Basınçlı hava sistemi
	Klimalar (850 kW)
	Havalandırma

Tablo 2 Tesisin yıllık enerji kullanım bilgileri

Enerji	Enerji Miktarı		Maliyet
Elektrik	27,692,000 kWh	99,691 GJ	İç Üretim
Dizel Yakıt	7,795,000 Litre	321,154 GJ	\$ 6,236,000
Toplam			\$ 6,236,000

Enerji Etüdü sırasında öncelikle dizel jeneratörlere odaklanılmıştır. Jeneratörlerin baca gazı sıcaklığından faydalanarak elde edilecek ısı klima sisteminde kullanılabileceği bulgulanmıştır. Bunun üzerine birleşik ısı güç sistemi önerilmiş olup bu sistem absorpsiyonlu soğutma sistemi ile donatılarak tasarruf potansiyeli değerlendirilmiştir. Ayrıca tesiste güç faktörü yönünde problem olduğu görülmüş olup düzeltici faaliyetler hazırlanarak uygulama için sunulmuştur. Bu tesiste basınçlı hava sistemi de taranarak iyileştirmeler belirlenerek hesaplar desteğinde raporlanmıştır.

Tüm bulgular hesaplamalar ile birleştirilerek potansiyeller ve uygulama detayları ortaya konmuştur. Bu uygulama detaylarına teklifler toplanarak yatırım özellikleri belirlenmiştir. Bunun sonucunda 1 Milyon ABD Doları karşılığı bir yatırım ile yıllık yaklaşık 1.6 Milyon ABD Doları enerji tasarruf potansiyeli ortaya çıkarılmıştır. Tablo 3 de enerji tasarruf potansiyellerine ait bilgiler verilmektedir.

Tablo 3 Tespit edilen Enerji tasarruf potansiyelleri

Açıklama	Elektriksel Tasarruflar (kWh/y)	Dizel Yakıt Tasarrufu (Litre/y)	Tasarruf Potansiyeli (\$/y)	Yatırım Maliyeti (\$)	Basit Geri Ödeme (y)
Jeneratörler den Isı Geri Kazanımı	-	900,000	800,000	400,000	0,5
Absorpsiyon lu Soğutma	1,500,000	-	300,000	300,000	0,9
Güç faktörü	2,000,000	-	500,000	300,000	0,9
Hava Kaçakları	%10	-	%10	700	0,2
Toplam	3,500,000	900,000	1,600,000	1,000,000	0,8

Enerji Etüdü (B) Kimya Sektörü

2002 yılının Ağustos ayında gerçekleştirilen enerji etüdü sırasında Rio de Janeiro yakınlarında bulunan bir organize sanayi bölgesinde yer alan boya üretim tesisi incelenmiştir. Tesiste şebekeden elektrik ve doğal gaz kullanımı gerçekleşmektedir. Etüdün yapıldığı tarihte elektriğin kWh ti 0.06 ABD doları ve Doğal gazı metreküp bedeli 0.152 ABD doları mertebesindeydi. Tesise ait bilgiler aşağıda ve enerji tüketim bilgileri tablo 4 de özetlenmiştir.

Üretim	: Endüstriyel Boya
Tesisin yaşı	: On Yıl
Tesisler	: Buhar ve Sıcak Yağ kazanları
	Su tesisi
	Basınçlı hava sistemi
	Klimalar (850 kW)
	Havalandırma
	Kompresörler
	Aydınlatma

Tablo 4 Tesisin yıllık enerji kullanım bilgileri

Kaynak	Miktar	Maliyet (ABD Doları)
Elektrik	35.866.466 kWh 129.119 GJ	2.204.815
Doğalgaz	19.641.216 kWh 70.708 GJ	281.586
Toplam		2.486.401

Enerji Etüdü sırasında öncelikle yakma sistemlerine ve elektrik dağıtım sistemlerine odaklanılmıştır. Üst yönetimin bulundukları bölgede sık sık elektrik kesintileri nedeni ile kendi elektriğini üretme ve ayrıca maliyet avantajı nedeni ile daha yüksek gerilim seviyesindeki hatta bağlanma stratejisi nedeni ile bu konuda yerinde incelenmiştir. Kompresörlerin durumu ve elektrik motorları da incelenerek bu konudaki tasarruf potansiyeli ortaya çıkarılmıştır. Binalar ve ofislerin incelenmesi sırasında klimaların sürekli 19°C ayarlı olarak tutulduğu bir kısmının hiç durmadan gece gündüz çalıştığı görüldüğü için bir otomasyon sistemi önerilmiştir. Aydınlatmaların aynı ışık şiddetini daha düşük elektrik tüketimi ile sağlayacağı düşünülen armatürlerle değiştirilmesi uygun olduğu belirlenmiştir. Bu tesiste basınçlı hava sistemi de taranarak iyileştirmeler belirlenerek hesaplar desteğinde raporlanmıştır.

Tüm bulgular hesaplamalar ile birleştirilerek potansiyeller ve uygulama detayları ortaya konmuştur. Bu uygulama detaylarına teklifler toplanarak yatırım özellikleri belirlenmiştir. Tesiste 2.8 Milyon ABD Doları karşılığı bir yatırım ile yıllık yaklaşık 1.1 Milyon ABD Doları enerji tasarrufu potansiyeli ortaya çıkarılmıştır. Tablo 5 te enerji tasarruf potansiyellerine ait bilgiler verilmektedir.

Enerji Etüdü (C) Beyaz Eşya Sektörü

2003 yılının Eylül ayında gerçekleştirilen enerji etüdü sırasında Sao Paolo yakınlarında bulunan bir organize sanayi bölgesinde yer alan beyaz eşya (fırın) üretim tesisi incelenmiştir. Tesiste şebekeden elektrik ve doğal gaz kullanımı gerçekleşmektedir. Etüdün yapıldığı tarihte elektriğin kWh ti 0.074 ABD doları ve Doğal gazı metre-küp bedeli 0.26 ABD doları mertebesindeydi. Tesise ait bilgiler aşağıda ve enerji tüketim bilgileri tablo 6 da özetlenmiştir.

Üretim	: Elektrikli ve Gazlı Fırınlar
Tesisin yaşı	: 25 Yıl
Tesisler	: Buhar ve Sıcak Yağ kazanları
	Su tesisi
	Basınçlı hava sistemi
	Klimalar (850 kW)
	Havalandırma
	Kompresörler
	Aydınlatma

Tablo 5 Tespit edilen Enerji tasarruf potansiyelleri

Açıklama	Elektrik Enerjisi Tasarrufu (kWh/yıl)	Doğal Gaz Tasarrufu (kWh/yıl)	Tasarruf Potansiyeli (ABD\$/yıl)	Yatırım Maliyeti (ABD\$)	Basit Geri Ödeme Süresi (Ay)
Basınç Hava Kayıpları	129763	-	8760	860	2
Kompresörler için Dışarıdan emiş	417078	-	25476	3600	2
V Kayışların değiştirilmesi	90058	-	6044	1575	4
Ofis Sıcaklığının Ayarlanması	346300	-	22454	11000	6
Yüksek Verimli Motorlar	190867	-	12818	15786	15
Tesisin mikro kojenerasyonu	0	-	233034	183552	1
Aydınlatma	133856	-	5354	11790	23
Gerilim Seviyesi Değişimi	0	-	727589	2500000	41
Basınçlı Hava Sisteminde Basınç seviyesi	834156	-	50952	25000	6
Yanma Verimliliği	0	4143425	45000	60000	16
Toplam	2142078	4143425	1137481	2813163	29.5

Tablo 6 Tesisin yıllık enerji kullanım bilgileri

Enerji	Miktar	Maliyet (ABD\$)
Elektrik	10,430,240 kWh	28,972 GJ
Doğalgaz	18,514,735 kWh	67,000 GJ
Toplam		1.210.816

Enerji Etüdü sırasında öncelikle yakma sistemlerine ve elektrik dağıtım sistemlerine odaklanılmıştır. Üst yönetimin daha yüksek gerilim seviyesindeki hatta bağlanma stratejisi nedeni ile bu konuda yerinde incelenmiştir. Bu sırada kompresörlerin durumu ve elektrik motorları da incelenerek bu konudaki tasarruf potansiyeli ortaya çıkarılmıştır. Aydınlatmaların aynı ışık şiddetini daha düşük elektrik tüketimi ile sağlayacağı düşünülen armatürlerle değiştirilmesinin uygun olduğu belirlenmiştir. Bu tesiste basınçlı hava sistemi de taranarak iyileştirmeler belirlenerek hesaplar desteğinde raporlanmıştır.

Tüm bulgular hesaplamalar ile birleştirilerek potansiyeller ve uygulama detayları ortaya konmuştur. Bu uygulama detaylarına teklifler toplanarak yatırım özellikleri belirlenmiştir. Tesiste 2.6 milyon ABD Doları karşılığı bir yatırım ile yıllık yaklaşık 900 Bin ABD Doları potansiyeli ortaya çıkarılmıştır. Tablo 7 de enerji tasarruf potansiyellerine ait bilgiler verilmektedir.

Tablo 7 Tespit edilen Enerji tasarruf potansiyelleri

Açıklama	Elektriksel Tasarruf (kWh/yıl)	Doğalgaz Tasarrufu (kWh/yıl)	Tasarruf Potansiyeli (ABD\$/yıl)	Yatırım Maliyeti (ABD\$)	Basit Geri ödeme süresi (Ay)
Basınçlı Hava Kaçakları	195600	-	11464	2260	2.4
Dış Ortam Havaının Kompresörlerde kullanılması	95700	-	5855	1800	4
Yüksek Verimli Motorlar	81520	-	6654	9139	17
Kompansasyon	0	-	28788	58000	24
Aydınlatma	346982	-	13879	34425	29
Gerilim Seviyesi Değişimi	0	-	727589	2500000	41
Yanma verimliliği	0	4780875	120000	36000	4
Toplam	719802	4780875	914229	2641624	35

Sonuç

Marmara Araştırma Merkezi Enerji Tasarrufu grubu son 10 yılda 10 dan fazla detaylı enerji etüdü projesini çimento, demir-çelik gibi enerji yoğun sektörler için tamamlamıştır. Bunun yanında 6 adeti yurtdışı olmak üzere 30'un üzerinde enerji etüdü ve 50 civarı ön enerji etüdü gerçekleştirilmiştir. Detaylı etütler kapsamında yurt içinde ve dışında 40 milyon ABD Doları civarında yıllık enerji tasarruf imkanı ortaya çıkarılmıştır. Bu potansiyelin birçoğu geri ödeme sürelerinin bir yıl civarında olmasından dolayı işletmeler tarafından hızla uygulamaya alınmıştır. Kriz ortamının yaşandığı günümüzde firmaların, enerji etütlerine olan talebi hızla artmaktadır. Önümüzdeki dönemde yurtiçi ve yurtdışındaki enerji tasarrufu etütlerinin ekonomik değerinin artarak devam etmesi ve ülkemizin bu alanda önde yer alması için gerekli çalışmaların hız kesmeden devam ettirilmesi gerekmektedir. Bu alanda Merkezimiz yaratılan katma değer artırılması yolunda sahip olduğu uzmanlık ve altyapıyı kullanarak yeni projelere imza atmayı hedeflemektedir.

KAYNAKÇA

- [1] F. Akgün, D. Uzun, N. Ünlü, H. Uçarol, H.Olgun, T. Çoban “Adana çimento enerji etüdü audit” TUBITAK MAM Report, 2000
- [2] N. Ünlü, H. Uçarol “Akal Textile enerji etüdü” TUBITAK MAM Report, 2000
- [3] M. Ruth, E. Worrell, L. Price “Evaluating Clean Development Mechanism Projects in the Cement Industry Using a Process-Step Benchmarking Approach”, 2000
- [4] N. Martin, E. Worrell, M. Ruth, L. Price, R.N. Elliott, A.M. Shipley, J. Thorne, “Emerging energy-efficient industrial technologies”, 2000
- [5] N. Martin, E. Worrell, M. Ruth, L. Price, R.N. Elliott, A.M. Shipley, J. Thorne, “Emerging energy-efficient industrial technologies”, 2000
- [6] N. Ünlü, T.C. Kaypmaz, F.Akgün “Energy Audit Report of Catagona Mining ”, 2002
- [7] N. Ünlü, T.C. Kaypmaz, F.Akgün “Energy Audit Report of BASF”, 2002
- [8] N. Ünlü, T.C. Kaypmaz, E.A.Yağmur “Energy Audit Report of BSH Mocca”, 2003
- [9] N. Ünlü, T.C. Kaypmaz, E.A “Energy Audit Report of BSH Hortolandia”, 2003
- [10] N. Ünlü, T.C. Kaypmaz, E.A “Energy Audit Report of Latasa”, 2003

TÜPRAŞ RAFİNERİLERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÇALIŞMALARI

Mehmet ALKAN – TÜPRAŞ AŞ.

ÖZET

Tüpraş Rafinerilerinin toplam ham petrol işleme kapasitesi 28,1 milyon tondur. Rafineriler tükettiği toplam enerjinin yaklaşık olarak %70-75'ini ham petrolün ve ürünlerin proses edilmesi için ısı enerjisi olarak, geri kalan %20-25'lik kısmını elektrik enerjisi olarak tüketmektedir. Yıllık yaklaşık olarak 18 000 000– 18 500 000 Gcal lik toplam enerji tüketimi olan rafinerilerimizde enerji tüketimi en modern ölçüm cihazlarıyla takip edilmektedir.

Enerji tasarrufundaki esas amaç elektrik, fuel oil ve buhar tüketimlerini azaltarak bu alanda yapılan masrafları kısmak olmalıdır. Enerji tasarrufu programı dahilinde ilk yapılması gereken enerji denetimidir. Enerji denetimi bu alanda yapılacak en temel unsurdur. Denetim, dikkatli bir tetkik, döküman araştırma; enerjinin nasıl, nerede ve ne kadar kayıp ile kullanıldığını saptamak için proses bilgisinin, akışının incelenmesini ve analizini gerektirir.

ABSTRACT

Total crude oil processing capacity of Tüpraş Refineries is 28,1 millions of tons. About %70-75 of energy is supplied as heat and the remaining %25-30 of energy is supplied as electricity during crude oil processing. Total energy consumption of refineries is 18 000 000-18 500 000 Gcal/year.

Main purpose of the energy saving is to reduce electricity, fuel oil and steam consumption and hence to reduce the costs. The first thing to do is to audit energy. Audit consists of a survey, document research and analysis of plant data to determine where and how energy is used and may be lost in the plant.

GİRİŞ

Enerji yönetimi farklı boyutlardaki projeler ile gerçekleştirilebilir. Büyük yatırımların gerektiği, yeni ve verimli teknolojilerin kurulumunu gerektiren çalışmaların yanı sıra basit bakım ve işletme faaliyetlerinin düzenlenmesi ile de tasarruf sağlanabilir. Enerji yönetiminde, öncelik genellikle teknolojiye yönelik ve ekipmanların yenilenmesini gerektiren projelere verildiğinden dolayı, düşük maliyetli, bazı operasyonel değişiklikler ile sadece bakım işleri gerektiren, tasarruf açısından yüksek potansiyele sahip fırsatlar gözardı edilebilir. Ufak ama büyük fayda sağlayan bu fırsatlar iyi değerlendirilmelidir. Bu projelerin planlanması, uygulanacak teknikler, kişilerin sorumlulukları, hedefler, öncelikler, eğitimler etkili olarak yapılmalıdır ve çalışanlar enerji yönetimi konusunda bilinçlendirilmelidir.

Enerji Verimliliği ile ilgili 5627 sayılı yasanın yürürlüğe girmesiyle Tüpraş Genel Müdürlüğünde Enerji Yönetimi Müdürlüğü ve Tüpraş İzmit, İzmir, Kırıkkale ve Batman Rafinerilerinde Enerji Yönetimi Baş Mühendisliği ve bağlı kadrolar oluşmuştur. Bu kadrolarda çalışan tüm yönetici ve mühendisler enerji yöneticisi kurslarına iştirak etmiş ve enerji yöneticisi kurslarına katılan katılımcıların enerji yöneticisi sertifikalarının yakın zamanda alınması beklenilmektedir. Rafinerilerde enerji verimliliği bilincinin

yaygınlaştırılması ve daha etkin sonuçların alınması için, bakım, proje, teknik servisler ve işletme gibi diğer departmanlardan da mühendis ve yöneticilerin enerji yöneticisi kurslarına gönderilmeleriyle çok olumlu geribildirimler alınmıştır. Enerji verimliliğinin yalnızca enerji yöneticilerine ait bir görev olmadığı, bu görevin tüm çalışanların görevi olduğu ile ilgili fikir/bilgi paylaşımı çoğunlukla benimsenmiştir. Şirketimizin özelleştirilmesiyle beraber üst yönetimin enerji verimliliğine verdikleri önem ve sürekli destek tüm çalışanlar tarafından takdirle karşılanmıştır. Şirket karlılığını arttırmak ve rakabet ortamı yaratabilmek için enerji iyi bir şekilde yönetilmelidir. Etkili bir enerji yönetimi programının kurulumu ve çalıştırılması zaman ve çaba ister; iyi bir enerji yönetimi sadece çalışanların, mühendis ve müdürlerinin değil aynı zamanda üst yönetimin de bunda görev üstlenmesini gerektirir. Gerçek hayatta, prostenen sorumlu kişiler kısıtlı zamanlarının çok az bir kısmını enerji yönetimine ayıramabilmektedirler.

Rafinericilik sektöründeki mühendisler ve tüm çalışanlar değerli işletme ve teknik bilgiler ile donatılmış durumdadır. Bu bilgiler bazı temel enerji yönetimi bilgileri ile desteklendiği takdirde tasarruf konusunda ve karlılık arttırmada büyük fırsatlar yaratılabilirler.

Rafinaj sektöründeki enerjinin çoğunluğu yakıt yada elektrik olarak harcanmaktadır. Rafineri genelinde tesislere ait verilerin incelenerek ünitelerin operasyonu ve enerjinin nasıl tüketildiği hakkında bilgi toplandıktan sonra sahada enerji tasarrufu fırsatlarını nerelerde aramamız gerektiği sorgulanmaktadır.

Bu bildiride Tüpraş Rafinerilerinde, tamamlanan, yürütülen ve planlanan ""Enerji Verimliliği"" çalışmalarını içermektedir.

1. ALT YAPI, OLANAKLAR:

Rafinerilerimizde tüm ünitelerde üretimler distributed kontrol sistemleriyle (DCS) takip yapılmaktadır.

Enerji tüketimimizin online olarak izlenilebilmesi ve optimizasyon yapılması amacıyla İzmit ve İzmir Rafinerilerinin Enerji Sistemlerini İzleme Projeleri anlaşması 09.09.2008 tarihinde imzalanmış ve bu yılın 3. çeyreğinde tamamlanarak devreye girmesiyle enerji faturamızda minimum % 2-2,5 lik bir tasarruf tahmin edilmekte ve beklenilmektedir.

Bu projenin başarıyla devreye alınmasından sonra yapılan tüm iyileştirme projelerinin parasal kazançları ve iyileştirmeler sonucunda azalan CO₂ emisyon miktarları izlenilebilecek ve monitöre edilecektir.

Ayrıca rafinerilerimizde PHD programı vasıtasıyla tüm datalar histrocial olarak izlenilebilmekte ve bu programın alt yapısından istifade edilerek enerji sistemlerinin izleme projeleri gerçekleşmiş olacaktır.

Özellikle ünitelerde enerji potansiyel noktalarının belirlenmesi ve uygulanması ile ilgili olarak tüm gelişmiş ülke rafinerilerinin Pinch Analizi İçin kullandıkları Super Target Programı ve benzer programlar rafinerilerimizde kullanılmaktadır.

Pinch Analizi :Ünitelerde enerji potansiyel programı olarak kullanılmaktadır.

- 1.1 TÜPRAŞ enerji verimliliğine neden öncelik vermektedir?
- 1.2 En iyi enerji verimliliğine sahip rafineriler arasındaki sıralamamız nerededir?
- 1.3 Biz daha iyi nasıl olabiliriz?
- 1.4 Bizim verimsiz olduğumuz alanlar "yapısal" mı ?
- 1.5 Hangi alanlar özellikle verimsizdir?
- 1.6 Ekonomik olarak iyileştirilebilir mi?
- 1.7 Hangi yatırım seviyesi gerekmektedir?
- 1.8 Yatırımsız enerji tasarrufu fırsatları varmı?
- 1.9 Bir enerji maliyetini düşürme programı nasıl yapılabilir?

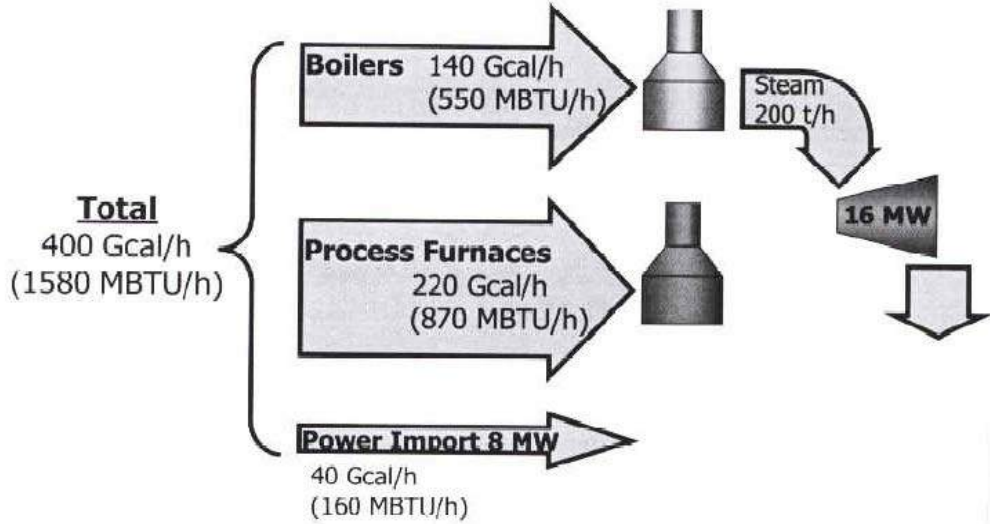
RAFİNERİ ENERJİ BALANSI :

Rafineride işlenen ton ham petrol başına enerji tüketimi aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır.

Enerji Balansı=Kazanlarda Tüketilen Enerji +Proses Fırınlarında Tüketilen Enerji+Satın Alınan Elektrik-(Gcal),(1)

Şayet Rafineriden elektrik satışı söz konusu ise enerji balansı formülü aşağıdaki formül gibi olmaktadır.

Enerji Balansı=Kazanlarda Tüketilen Enerji +Proses Fırınlarında Tüketilen Enerji-Satın Alınan Elektrik-(Gcal) (2)



Rafineride enerji tüketimi aylık ve yıllık olarak Gcal/ton ve enerji de maliyeti Gcal/TL şeklinde hesaplanmaktadır.

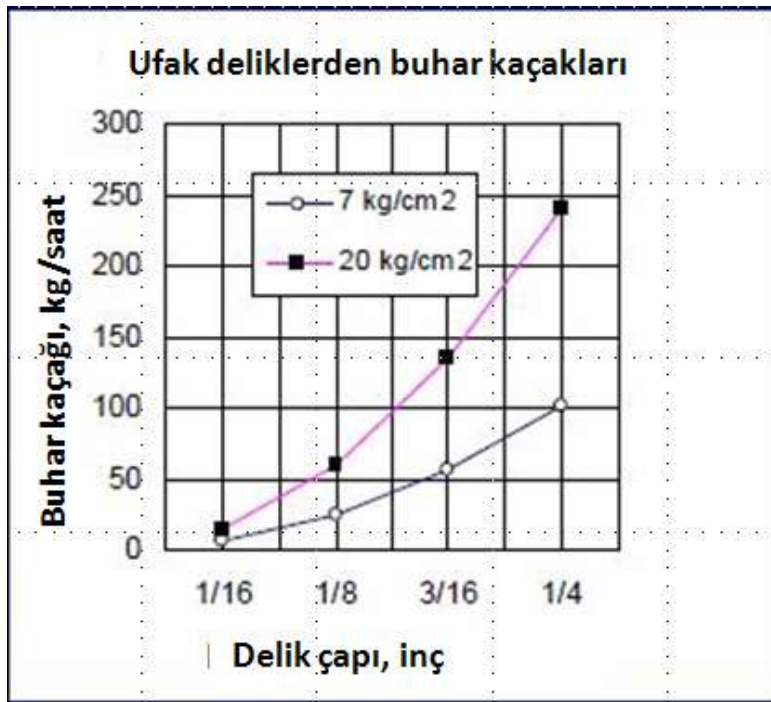
2. TÜPRAŞ RAFİNERİLERİNDE YAPILAN ENERJİ TASARRUF ÇALIŞMALARI

Buhar Trep Bakımı ve Onarımı (Hedef Kondanse Kazanımı): Rafinerilerimizde mevcut tüm stim trepler numaralandırılarak trep men cihazıyla kontrol edilerek arızalı olanların bakımları yapılarak kondanse recovery artışı sağlanmıştır. Bir stim trep arızalı olduğunda yaklaşık olarak 10-20 kg/h buhar kaçağına neden olmaktadır.

- Pratikte yaşanan rafineri tecrübelerine ve buhar trepleri ile ilgili yapılan araştırmalara göre bozulan her buhar trepi 10-20 kg/saat'lik bir buhar kaybına yol açmaktadır.
- Rafinerideki buhar treplerinin her yıl %10'u arıza yapmaktadır.
- 250.000 buhar kapanı (%40 mekanik, %40 termodinamik, %20 termostatik; basınçları 40 bar ile 3-4 bar arası) üzerinde yapılan bir çalışma :

Kontrol ve bakım sıklığı	Arızalanan buhar trepleri % yüzdesi
Sadece problem oluştuğunda kontrol	50
Yıllık	25
Altı aylık	13-15
Çeyrek yıl	6-7
Aylık	2-3

Buhar kaçaklarının neden olduğu kayıp tablosu :



Yaşanan buhar trep arızalarının nedenleri:

Oversizing	50%
Kirlilik	20%
Canlı buhar üfleme	20%
Uygunsuz borulama	10%

5000 Buhar trepin olduğu bir rafineride, her bir trep arızasının 10 kg/saat buhar kaybına yol açtığını düşünürsek ve treplerin %50'sinin arızalandığını varsayarsak kayıp 25 t/saat olur. Bu da rafineriye yılda 2 milyon \$'lık bir ekonomik kayba neden olmaktadır.

- Düzenli bir operasyon için her saha rutin kontrol programlarına sahip olmalıdır. Bakım ve işletme personelleri buhar trepler konusunda yeterli eğitime sahip olmalıdır. Trapmen cihazının kullanımı için özel eğitilmiş personel çalışmalıdır.

- Daha kolay testler ve kayıt takibi için trepler numaralandırılmalıdır. Kapan giriş ve dönüş hatları kolayca tamir edilebilmek ve izolasyon yapılabilmesi için işaretlenmelidir.
- Kapalı sistemlerdeki tüm buhar trepleri atmosferik vente sahip olmalıdır, böylece operasyon kolayca gözlemlenebilir. Eğer buhar trap hederleri bu ventlere sahip değilse modifiye edilmelidirler.
- Her spesifik uygulama için uygun kapan dizaynları seçilmelidir. Bazı uygulamalar için “inverted bucket” tipi kapanlar termostatik yada termodinamik olanlara göre tercih edilmelidir.
- Hederden stim çıkışı olan kapanları gözlemek önemlidir. Gözlem yapmak bazen trapleri test etmenin en saçma ama doğru yöntemidir. Ultrasonic, akustik ve pyrometric test yöntemleri hatalı sonuçlar verebilirler.
- Buhar kapanları beklenen kondanse yüküne göre uygun dizayn edilmelidirler. Uygunsuz dizaynlar buhar kayıplarına, donmalara ve mekanik arızalara yol açarlar.
- Kondanse toplama sistemleri donmayı ve erken gelişen arızaları azaltmak için düzgün dizayn edilmelidir. Kondanse borulaması traplerin açılma hatalarına karşı %10 düşülerek dizayn edilmelidir.

İZMİT RAFİNERİSİ 2008 YILI BUHAR TREP BAKIMI VE KAZANÇ TABLOSU-I

TÜPRAŞ İZMİT RAFİNERİSİ YILLIK STEAM TRAP ÖLÇÜM PLANI												
	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
550# tur	125 DEĞİŞİM			TÜMÜ KONTROL EDİLDİ	49 DEĞİŞİM		TÜMÜ KONT. EDİLDİ			RAFİNERİ		439 ADET KONTROL
150# tur		RAFİNERİ KONTROL		PROSES Ü. KONTROLÜ	155 DEĞİŞİM			RAFİNERİ KONTROL	138 DEĞİŞİM			
50# tur	550 DEĞİŞİM		NİSAN SONU PROSES KONTROL		370 DEĞİŞİM				YARDIMCI TESİSLER KONTROL		TAMAMLANDI	
RAFİNERİ TOPLAMI												
550# steam trap adedi (Rafineri)				: 435								
150# steam trap adedi (Rafineri)				: 1423								
50# steam trap adedi (Proses)				: 6173								
50# steam trap adedi (Yardımcı Tesisler)				: 5547								
							2008 YILI TOPLAM KAZANIM					
							1.020.000 \$					

2008 YILI İZOLASYON EKSİKLERİYLE İLGİLİ YAPILAN İŞLER

	SÖKÜLEN HAT (M)	BORU İZOLESİ (M)	VANA VE DİRSEK İZOLESİ (ADET)	EKİPMAN İZOLESİ (M ²)
OCAK-ŞUBAT	12360	9933	2541	1855
ŞUBAT-MAYIS	10667	9191	1312	1324
HAZİRAN	10881	8937	1696	686
TEMMUZ	11359	9058	2289	1352
AĞUSTOS	3733	5915	1497	1112
EYLÜL	7785	6451	1218	598
EKİM-KASIM	11809	9008	3126	126
ARALIK	7387	5959	1339	2984
	75.981	64.452	15.018	10.037

İZMİR RAFİNERİSİ -2008 YILI BUHAR TREP BAKIMI VE KAZANÇ TABLOSU:II

Stim treysing hattı kaçaklarının ve buhar trep arızalarının hızlı,etkin onarılması ve kondanse geri kazanım oranının artırılmasına başlanmıştır
Bu kapsamda toplam 3600 metre treysing yenilenmiştir.
4700 adet buhar trepi trepman cihazıyla taranarak kontrol edilmiştir
880 adet buhar trepin bakımı yapılmıştır.
Kondanse geri kazanım oranının artırılması için bir proje çalışması başlamıştır.
Kondanse Geri Kazanım Oranı % 60,1
2008 Yılı Mayıs ayından itibaren yapılan uygulamayla 73 000 \$ kazanç sağlanmıştır.

KIRIKKALE RAF.-2008 YILI BUHAR TREP BAKIMI VE KAZANÇ TABLOSU-III

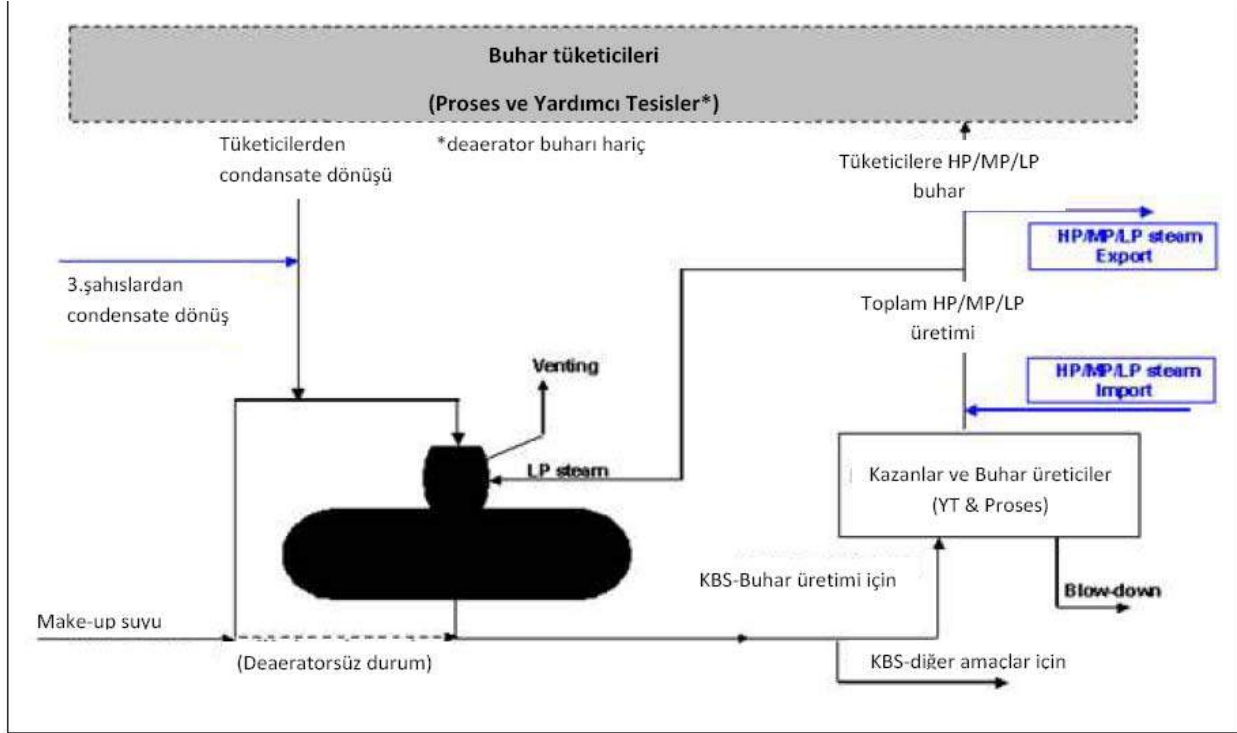
Proses Ünitelerinde 1232 adet stim trep değiştirilerek bakımları yapıldı
Proses ünitelerinde ilk etapta 465 metre sonra 2903 metre izolasyon yenilendi
Proses ünitelerinde sıcak çalışan vanalar için 845 adet ceket siparişi yapıldı
Isı kaybına neden olan fırın refrakter ve izolasyon malzeleri yenilendi
Buhar trep bakımıyla 14.9 milyar Kcal ısı-yani 1490 ton f.oil tasarruf edilmiştir.

BATMAN RAFİNERİSİ 2008 YILI KONDENSAT GERİ KAZANIM TABLOSU-IV

Batman Rafinerisi Geri Kazanım sistemi ile ısı ve demin su sisteminde iyileştirme yapıldı.Yeni kondensat toplama kolektörü yapıldı. Buhar trep miktarı 250 den 292 ye çıkarıldı. 2007 yılı Eylül ayından itibaren kondensat geri kazanılmaya başlamıştır.

KONDENS GERİ KAZANIM GETİRİSİ	MİLYON-YTL
2007 YILI GETİRİSİ-(4 AYLIK)	0.484
2008 YILI GETİRİSİ-(12 AYLIK)	1,485
FARK	1.001

En önemli bir enerji tasarruf kriteri olan kondanse geri kazanım hesabı raşağıda verilen formül ve şemaya göre yapılmaktadır.



$$\text{Kondanse geri kazanımı (\%)} = \frac{\text{ünitelerden dönen kondanse miktarı}}{\text{toplam HP / MP / LP buhar üretimi} - \text{deaeratore verilen LP buhar}}$$

Kondanse geri kazanım hesabını netleştirmek amacıyla yukarıda belirtilen Formül (1)'de "Ünitelere Giden Toplam HP/MP/LP Stim Miktarı"nın, yani Toplam HP/MP/LP Stim Üretiminden Degazöre giden LP Stim miktarının çıkartılmasıyla hesaplanmaktadır.

Rafinerilerde minimum hedef kondanse geri kazanımının minimum %60 olarak hedef değer belirtilmiştir. Kazanılan kondanse kazancı parasal olarak hesaplanmaktadır.

3. İZOLASYON KAYIPLARININ HESAPLANMASI

Tesislerimizde ısı yalıtım uygulamalarının thermal kameralarla kontrol edilip, proses sıcaklıklarına göre doğru ve yeterli kalınlıkta izolasyon malzemesinin seçimi ve bulundurulmasına özen gösterilmektedir.

Bu amaçla Rafinerilerde üretilen HP-Yüksek Basınç, MP-Orta Basınç, LP-Alçak Basınç Buharın çıkışından, üretim noktasından başlayarak tüketim noktalarına kadar olan bölgelerde hat sıcaklıkları thermal kameralarla ölçülmektedir. Hat sıcaklıkları farklı olan bölgelerde deformasyona uğramış ve bozulmuş izolasyonlar yenilenerek ısı kayıpları minimize edilmekte ve yapılan ısı tasarruflarının parasal kazançları hesaplanarak raporlanmaktadır.

Rafineride uygulanan izolasyon yenileme projesi: Aşağıdaki örnekte gösterilmektedir.

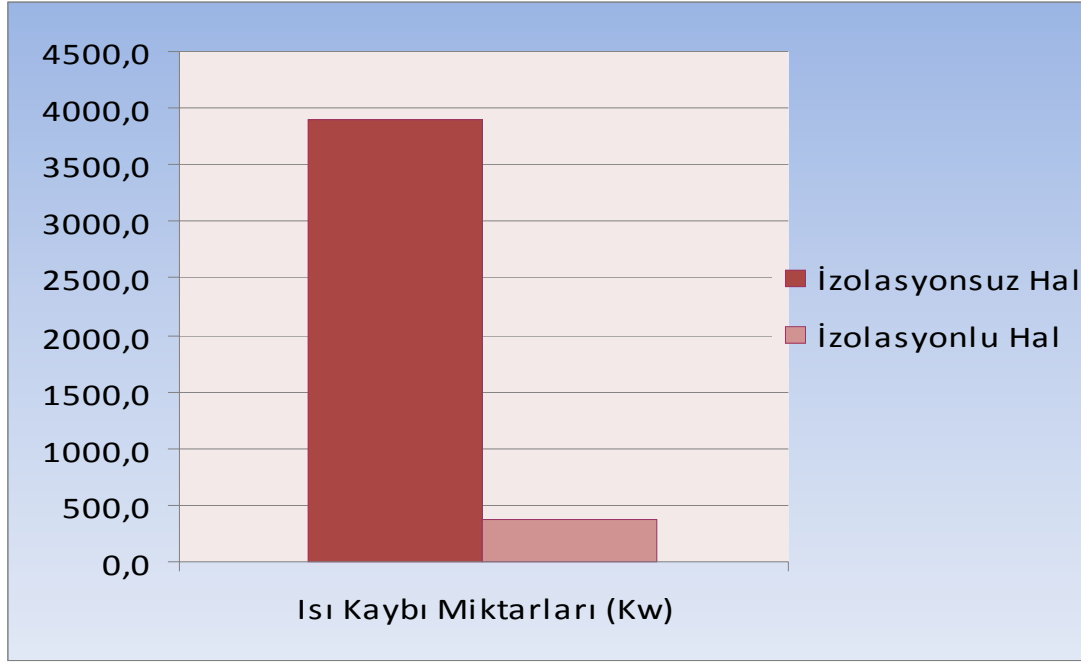
İzolasyon Yenileme Proje Çalışması				
SIRA NO	İzolasyonları Yenilenen Kısımlar	İzolasyon Metraj (m)	İzolasyon Kalınlık (mm)	Hat Sıcaklığı-°C
1	F-1601 alt kolları 6" boru izole	39	100	360
2	F-1601 üst kolları 6" boru izole	72	80	280
3	F-1601 üst kolları 10" boru izole	104	100	280
4	F-1601 alt kolları 12" boru izole	69	100	360

İzolasyon Yenilenmesi ile Sağlanan Örnek Isı Kazanç Hesabı :

Isı Kaybı Miktarı				Isı Kazancı		
İzolasyonsuz Hal		İzolasyonlu Hal				
(Kw)	(Kw/m)	(Kw)	(Kw/m)	(Kw)	(Kw/m)	%
128,300	3,290	9,220	0,230	119,08	3,06	92,81
182,300	2,530	14,680	0,200	167,62	2,33	91,95
427,590	4,110	26,710	0,250	400,88	3,86	93,75
437,300	6,330	28,200	0,400	409,10	5,93	93,55

İzolasyon Yenilenmesi ile Sağlanan Parasal Kazanç Tablosu ve Grafiği :

İzolasyonsuz Toplam Isı Kaybı:	3898,5	kWh
İzolasyonlu Toplam Isı Kaybı:	376,60	kWh
Toplam Isı Kazancı:	3521,88	kWh
Ortalama Kazanç Oranı:	88,37	%



Yenilenen izolasyonlarda yapılan tüm iyileştirmelerle kazanılan parasal kazançlar hesaplanarak raporlanmaktadır.

4. FIRIN VE KAZAN VERİMLİLİKLERİNİN TAKİP EDİLMESİ

Enerji tasarrufu açısından fırın ve kazanların verimliliklerini takip edilmesi çok büyük bir önem arz etmektedir.

Ünitelere gelen şarj akımlarının ısıtılarak fırınlara daha sıcak akım olarak girmesini sağlayacak dizayn değişikliklerinin yapılması, APH air preheater (hava ön ısıtıcılarının) kullanılması ve WHB lerin bulunulmasına, fırın operasyonunda fazla havanın optimum kullanılmasına ve fırın/kazan draftlarına (çekişlerine) özen gösterilmektedir.

Baca gazı sıcaklığı yüksek saptanan bacaların atık ısılarından istifade edilerek WHB tesisi proje çalışmaları başlatılmaktadır. Bu kapsamda İzmit Rafinerisi Plant-47 Hydrocracker Ünitesinde WHB tesisi ile ilgili proje çalışması 2009 yılı ünite duruşunda gerçekleştirilecektir.

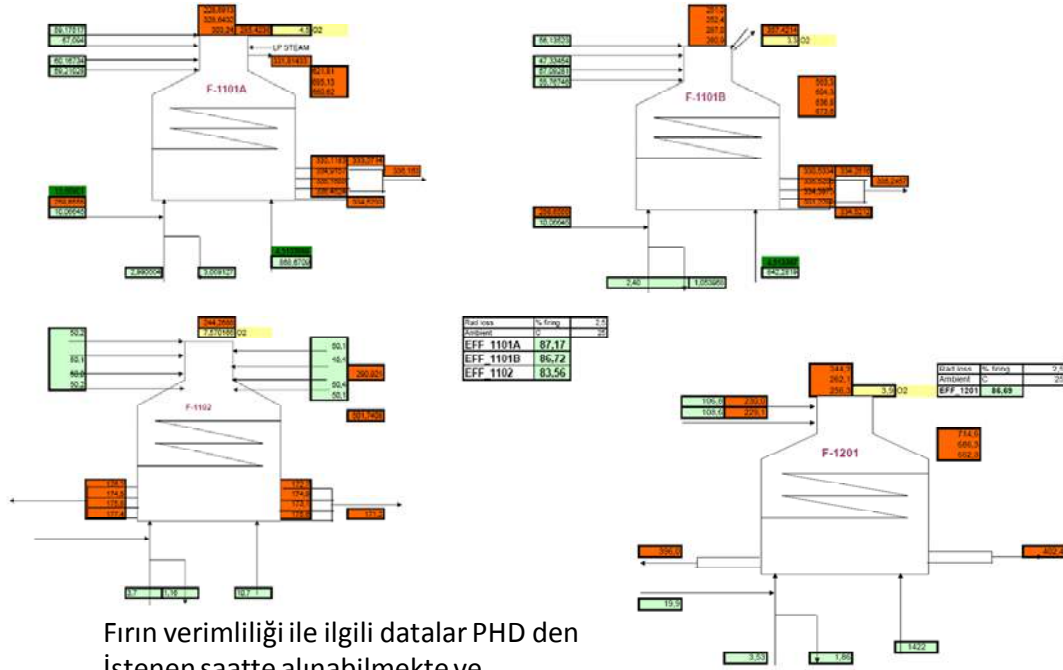
Tüm fırın ve kazanların bürner sistemi elden geçirilmekte ve eski ve verimsiz burner sistemleri yenileri ile değiştirilmektedir. Fırın tubelerinin iç kısımları "pigging" işlemi yapılarak temizlenmektedir. Fırınlarda yapılan her işlemten sonra ısı transferinde sağlanan iyileştirmeler parasal kazanç olarak hesaplanmaktadır.

Fırın ve kazanlarda bir milyon Kcal enerjiyi ucuz üretmek için yakılan düşük kükürtlü fuel oil'le doğal gaz arasında bir mukayese yapılarak en ekonomik olan yakıt tercih edilerek sürekli olarak ekonomik olarak optimize edilmektedir.

Fırın ve kazanların verimli çalıştırılmaları ile ilgili olarak uzman firma ve kuruluşlardan eğitim alınmaktadır.

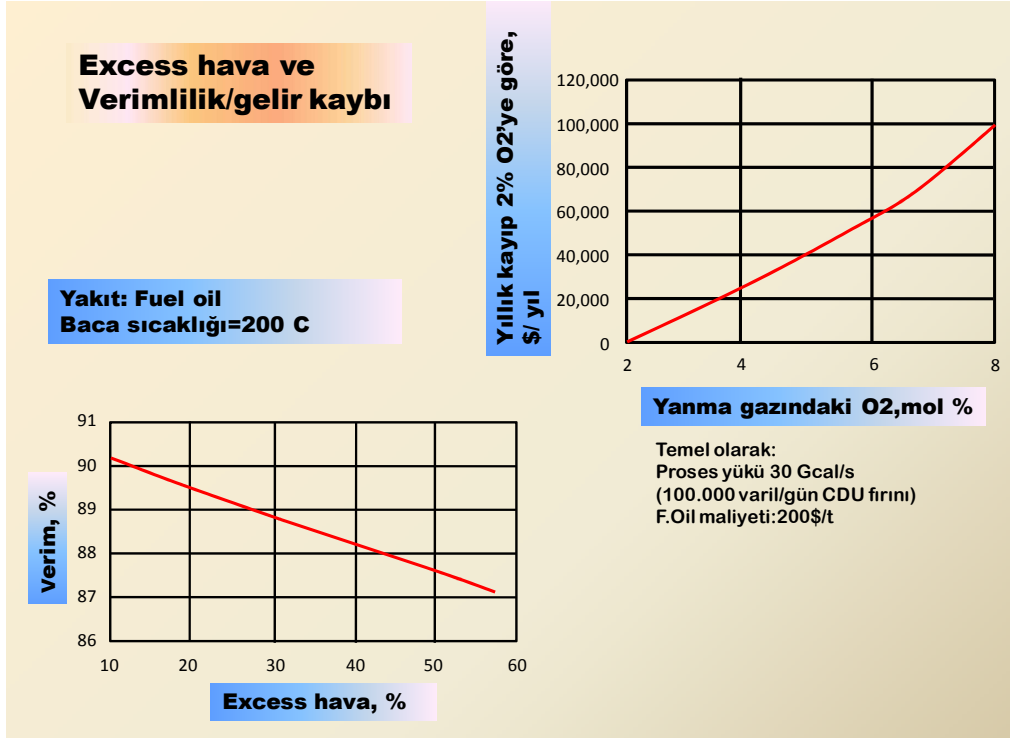
Her fırın ve kazanın verimliliği aşağıdaki resimde görüldüğü gibi tüm detaylarıyla yakından takip edilmektedir.

FIRIN VERİMLİLİKLERİN TAKİBİ (Örnek Proses Fırınları)



Fırın verimliliği ile ilgili datalar PHD den istenen saatte alınabilmekte ve Verimlilik hesabı formülize edilerek parasal Kazanç ve kayıplar hesaplanmaktadır

Baca gazındaki % O₂ miktarına bağlı yıllık kayıp/kazanç tablosu aşağıda belirtilmektedir.





Bu darboğazın aşılması için fırın giriş sıcaklığının yükseltilerek fırın yükünün azaltılması amacıyla E-1211 (yeni ismi E-1432 olacak) eşanjörün preheater olarak kullanılması aşağıdaki resimde görüldüğü gibi montajı yapılmış ve devreye alınmıştır.

Eşanjörde W.F.O. tarafı tüpten geçerek shell kısmından geçecek olan U-1500 ürünü, T-1502 Kolon dibinden alınan (230°C) ile ısıtılarak H-1401 fırınına daha çok sıcak olarak girmesi sağlanmış ve bu operasyon moduyla fırın yükü azalmıştır.

Bu exchanger vasıtasıyla H-1401 Fırının giriş sıcaklığı 100 °C den 150 °C ye yükselmiş ve fırın giriş /çıkış sıcaklıkları arasındaki fark 70 °C ye düşmüştür.

Bu projenin gerçekleşmesiyle hem f.oil tasarrufu sağlanarak parasal kazanç sağlanmış, hem CO₂ salınımları azalmış ve diğer taraftan ta fırın giriş sıcaklığının artması nedeniyle fırın çekişi rahatlamış ve bu artış ünitenin şarj işleme kapasitesinin artmasına neden olmuştur.

U-1500 ünitesinde EM-1416/Y ve EM-1504 fanlarının elektrik yükünün de bir miktar azalmasına neden olmuştur.

Bu projenin yatırım bedeli : 25 000 \$

Projenin yıllık getirisi : 1 000 000 \$'ın üzerindedir.

6. BUHAR ÜRETİMİNDE OPTİMİZASYON

Rafinerilerde üretimde olan kazanların çok düşük ve aşırı yükte çalıştırılmadan daha verimli çalıştırılmaları için mevcut çalışan kazanların minimum % 70 yükte çalıştırılarak kazanların düşük yükte verimsiz çalışmaları önlenmiştir. Bu projeye iki rafinerimizde dört kazan devre dışı edilerek parasal kazanç sağlanmıştır.

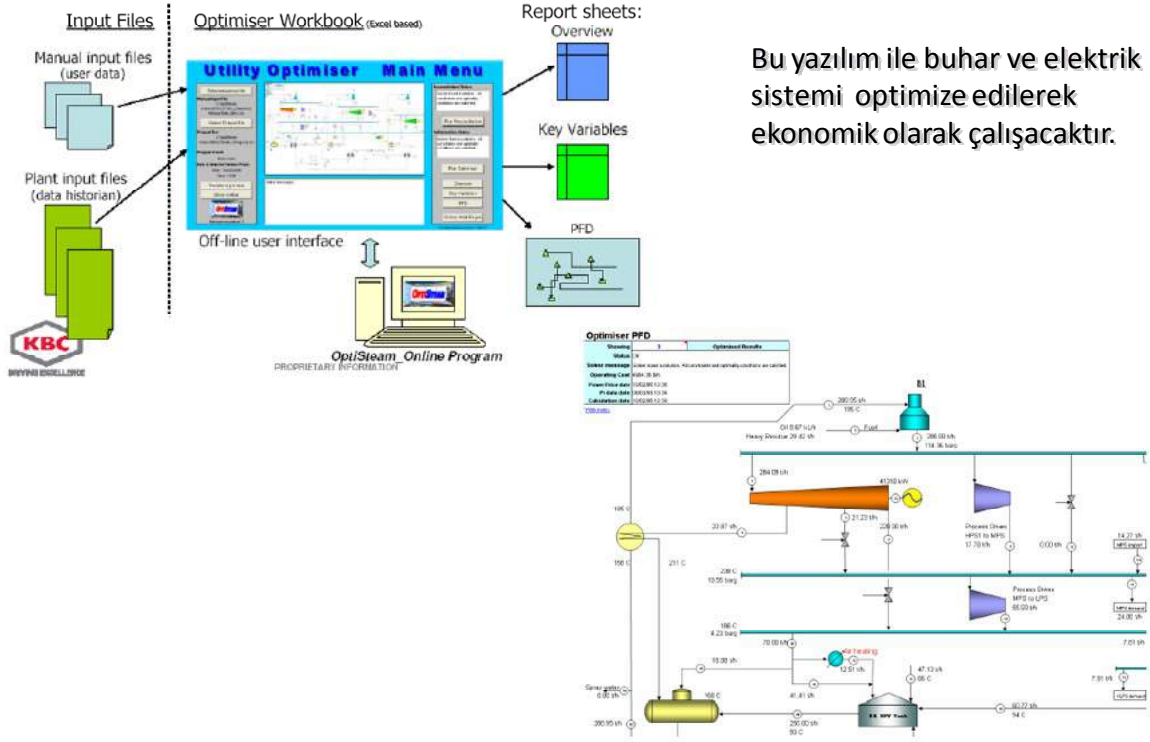
2008 YILINDA BUHAR –GÜÇ OPTİMİZASYONU İLE SÜREKLİ İKİ KAZANIN DEVRE DIŞI EDİLMESİYLE 11 MİLYON \$ PARASAL KAZANÇ SAĞLANMIŞTIR.

Kazan yüklerinin artırılması ile iki kazan sürekli olarak devre dışı edilerek yedek bırakılmış ve bu operasyon şekliyle kazanların periodik olarak planlı bakımlarının yapılması sağlanmıştır.

Kazan yüklerinin artırılmasıyla ton başına üretilen birim buhar maliyeti azalmıştır.

Aşağıdaki örnekte görülen modele benzer proje İzmit ve İzmir Rafinerilerinin Enerji Sistemlerini İzleme Projesi olarak online çalışacak bir system 2009 yılında gerçekleşecektir. Bu yazılım marifetiyle elektrik, buhar ve rafineride tüketilen yakıt için en optimum ekonomik case belirlenerek uygulanabilecek ve parasal kazanç sağlanabilecektir.

ENERJİ SİSTEMLERİNİ İZLEME PROJESİ



Yukarıda proje modeli belirtilen yazılım ile enerji sistemleri her yarım saatte bir veya saatte bir defa online olarak çalışacak şekilde enerji sistemleri optimize edilebilecektir.

7. TÜPRAŞ RAFİNERİLERİNDE 2009 YILINDA ENERJİ TASARRUFU AÇISINDAN DEVAM EDEN PROJELER

- ✓ Rafinelerimizde aşağıda örnekte görüldüğü gibi proses iyileştirmeleri ile sağlanacak enerji tasarruf projeleri devam edecektir.
- ✓ Düşük verimli EFF3 elektrik motorlarının EFF1 yüksek verimli elektrik motorlarıyla değişimi yapılacaktır.
- ✓ Alçak gerilim elektrik motorlarına VSD uygulamaları yapılacaktır.
- ✓ Kazan ve fırın verimlilikleri takip edilecektir.
- ✓ Aynı serviste çift çalışan stim türbinli pompalardan birer adedi elektrik tahrikli elektrik motorlarına dönüştürülme projeleri devam edecektir.
- ✓ Kondanse sistemleri tekrar gözden geçirilecektir
- ✓ İzmit/İzmir Enerji sistemlerini inceleme projeleri tamamlanarak devreye alınacaktır. Bu projelerin devreye girmesiyle enerji faturamızda % 2-3 arası parasal bir tasarruf beklenmekte ve tahmin edilmektedir.
- ✓ Ünitelere sıcak şarj alınması projelerine devam edilecektir.
- ✓ Stim tracing hat ısıtılmalarından elektrik tracing uygulamalara başlanması çalışmalarına devam edilecektir.
- ✓ Hava soğutucu fan kanatlarında dizayn değişikliği yapılarak enerji tasarruf sağlanacaktır.

- Kapalı sistemlerdeki tüm kapanlar atmosferik vente sahip olmalıdır, böylece operasyon kolayca gözlemlenebilir. Eğer buhar trap hederleri bu ventlere sahip değilse modifiye edilmelidirler.
- Her spesifik uygulama için uygun kapan dizaynları seçilmelidir. Bazı uygulamalar için “inverted bucket” tipi kapanlar termostatik yada termodinamik olanlara göre tercih edilmelidir.
- Hederden stim çıkışı olan kapanları gözlemlemek önemlidir. Gözlem yapmak bazen trepleri test etmenin en saçma ama doğru yöntemidir. Ultrasonic, akustik ve pyrometric test yöntemleri hatalı sonuçlar verebilirler.
- Buhar kapanları beklenen kondanset yüküne göre uygun dizayn edilmelidirler. Uygunsuz dizaynlar buhar kayıplarına, donmalara ve mekanik arızalara yol açarlar.
- Kondanse toplama sistemleri donmayı ve erken gelişen arızaları azaltmak için düzgün dizayn edilmelidir. Kondanse borulaması treplerin açılma hatalarına karşı 10 % düşünülerek dizayn edilmelidir.

ENDÜSTRİYEL ISI YALITIMI

Akın ÜÇTAŞ

KIVANÇ GROUP

ÖZET:

Enerjinin verimli kullanılmasına dair çalışmalar ülkemizde olduğu gibi tüm dünyada yapılmaktadır. Var olan enerji kaynaklarının sınırsız olmayışı, enerjinin pahalılığı ve dünya genelinde yaşanan enerji krizleri sanayicileri farklı uygulamalar arayışına sokmuştur.

Enerjinin verimli kullanılması, özellikle fosil yakıtların tüm dünyadan daha pahalı olduğu ülkemizde çok daha fazla önem arz etmektedir. Bir çok enerji kaynağını diğer ülkelerdeki üreticilerden çok daha fazla para karşılığı temin eden ülkemiz üreticilerinin çalışmalarına elimizden geldiğince yardımcı olmaya çalıştığımızı ve çalışacağımızı belirtmek isteriz. Bu çalışma enerji verimliliğinde kendi dalımızla yaptığımız uygulamaları, endüstride ısı kayıplarına neden olan noktaları ve bunların çözümlerini içermektedir.

ISI YALITIMI VE AMACI

Yalıtım herhangi bir yalıtım malzemesini kullanarak enerjinin ortamdan dışarı akışının indirgenmesidir. Sıcak ve soğuk hatlarda yalıtım; enerji tasarrufu sağlayabilen ve sağladığı tasarruflarla kendisini kısa sürelerde geri ödeyebilen önemli bir enerji tasarrufu yöntemidir.

Çoğu ülkede, ısıtma ve soğutma işi için oldukça büyük miktarda enerji yani para harcanmaktadır. Bu noktada yalıtım; enerji tasarrufu, iş güvenliği ve konfor açısından bir ihtiyaç doğurmaktadır.

Fabrikalar, evler ve binalar verimli ve doğru bir şekilde yalıtıldığında:

- Enerji verimi artacak ve parasal olarak tasarruf sağlanacaktır.
- İşçi sağlığı ve iş güvenliği sağlanacaktır.
- Yalıtımın korunması için, ekstra bir güç ve maliyete gerek yoktur, kalıcıdır ve genelde bakım gerektirmez.
- Çalışma koşullarını iyileştirir.
- Yüzey boyunca, sıcaklık dağılımı daha homojen olur.
- Yalıtım, içerden veya dışardan gelen gürültüyü emdiği için, ses yalıtımı da sağlar.
- Enerji tasarrufu sayesinde zararlı atık gaz salımı azalmış olur ve küresel ısınma engellenir.

Eğer bina, makina, ekipman veya tesisat kötü yalıtılmış ve kötü havalandırılıyorsa şu işaretler görülür:

- Fazla enerji sarfıyatı.
- Sıcaktan veya soğuktan uygun olmayan çalışma ortamı.
- Makine gövde sıcaklıklarının homojen olmaması nedeniyle çarpılmalar.
- Yalıtımın uygun olmamasından kaynaklanan beklenmedik iş kazaları.

ISI KAYBINA VE KAZANCINA NEDEN OLAN NOKTALAR

Borular

Vanalar

- Isı Kazanları

- Türbinler

- Boya kazanları

- Fırınlr

- Metalik kompensatörler

- Diğer Makine ve ekipmanlar

YALITIM MALZEMELERİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

Malzeme	Sıcaklık Dayanımı (°C)	Bağlayıcı	İğneleme	Kanserojen	Mukavemet	Sabit İzolasyon	Yastık Sistemi
Camyünü	250	Var	Yok	Hayır	7	Evet	Hayır
Taşıyünü	750	Var	Yok	Hayır	6	Evet	Hayır
İğnelenmiş Beyaz Camyünü	500	Yok	Var	Hayır	3	Evet	Evet
İğnelenmiş Cam lifi keçe	600	Yok	Var	Hayır	1	Evet	Evet
Seramik Battaniye	1260	Var	Yok	Evet	5	Evet	Evet
İzolasyon bat.	1260	Var	Yok	Hayır	4	Evet	Evet
İğnelenmiş Keçe	1000	Yok	Var	Hayır	2	Evet	Evet

YALITIM YAPTIRIRKEN DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN NOKTALAR

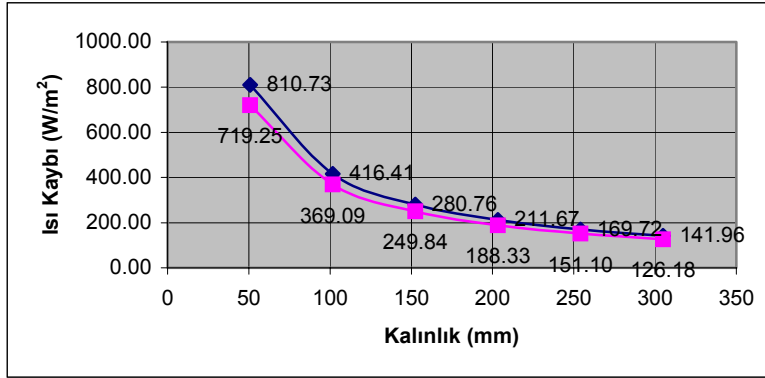
- Yüzey sıcaklığı ve ısı kaybı
- Ortam Şartları
- Isı iletim katsayısı ve kalınlık
- Malzemenin ömrü
- **Yalıtımın** ömrü

YÜZEY SICAKLIĞI VE ISI KAYBI

Yüzey sıcaklığı yalıtımın dış yüzeyindeki sıcaklıktır. Bu sıcaklık yalıtımda kullanılan malzemelerin özelliklerine ve kalınlıklarına bağlı olarak değişim gösterir. Firma yaptıracığı yalıtımı seçerken kendi ihtiyacına uygun bir yüzey sıcaklığı belirler ve yalıtımı yapacak olan firmaya yapılacak yalıtım bu yüzey sıcaklığını geçmemesi gerektiğini belirtir. Bu yüzey sıcaklığı makina veya ekipman etrafında çalışmayı engellemeyecek kadar düşük olmalıdır. Yani yalıtımı yapılan makina veya ekipman devredeyken etrafında çalışan kişiler sıcaktan etkilenmemelidir.

Firma için önem taşıyan bir diğer nokta da yalıtım sonrası ısı kayıplarındaki azalmadır. Isı kaybı, birim yüzey başına kaybedilen ısıнын miktarını gösterir (W veya W/m^2). Isı kaybı ne kadar çok olursa, sıcaklığı sabit tutmak için kullanılacak yakıt miktarı da o kadar fazla olacaktır.

Aşağıdaki grafikten görülebileceği gibi yalıtımın kalınlığı arttıkça ısı kaybı azalmaktadır. Fakat bu eğri sağa doğru gidildikçe x eksenine paralel hale gelmektedir. Yani bir noktadan sonra kalınlıktaki artış ısı kaybını daha fazla düşürmemektedir.



Yukarıdaki grafik (aynı ortam şartlarında, aynı yüzey sıcaklığında) farklı iki izolasyon malzemesinin kalınlığa bağlı olarak ısı kayıplarındaki azalmalarını göstermektedir.

ORTAM ŞARTLARI

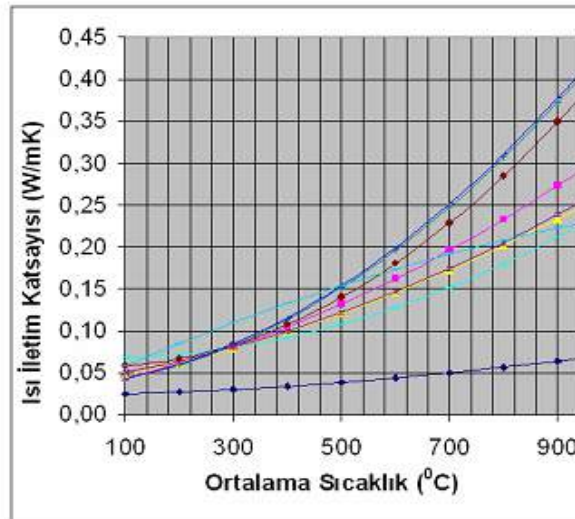
İzolasyon uygulamalarında dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan biride ortam şartlarıdır. İzolasyon uygulamasında elde edilmek istenen sıcaklık değerleri ortam sıcaklığına, rüzgar hızına, izolasyonu yapılacak ekipmanın dış veya iç ortamda bulunmasına bağlı olarak değişmektedir.

Örneğin: Sıcaklığın 30 C olduğu bir ortamda çalışan 150 C gövde sıcaklığında çalışan bir makinanın izolasyonu yapıldıktan sonra gövdede okunması istenen sıcaklık 30 C yada daha altında olamaz.

ISI İLETİM KATSAYISI VE KALINLIK

Isı iletim katsayısı ısı iletim kapasitesine bağlı olan ve λ ile gösterilen bir katsayıdır. Bu katsayı malzemelerin ne kadar iletken veya yalıtkan olduğunu gösterir. **En basit haliyle ısı iletim katsayısı yüksek olan malzeme iyi bir iletken, ısı iletim katsayısı düşük olan malzeme ise iyi bir yalıtandır.**

Isı transferini minimuma indirmek için ısı iletim katsayısı düşük olan malzemeler tercih edilir.



Yukarıdaki grafik farklı izolasyon malzemelerinin ısı iletim katsayılarını göstermektedir.

Burada unutulmaması gereken bir diğer nokta da ısı iletim katsayılarının ortalama sıcaklıkla değiştiğidir. Yani bir malzeme için bir tane ısı iletim katsayısı yoktur. Her ortalama sıcaklıkta farklı ısı iletim katsayıları bulunmaktadır. Ortalama sıcaklık arttıkça malzemenin ısı iletim katsayısı da sıcaklıkla birlikte artmaktadır. O nedenle farklı malzemeler karşılaştırılırken aynı ortalama sıcaklıktaki ısı iletim katsayıları karşılaştırılmalıdır. Aynı ortalama sıcaklıkta, ısı iletim katsayısı daha düşük olan malzeme seçilmelidir. **Isı iletim katsayılarının farklı olması farklı kalınlıklarda aynı yüzey sıcaklığına ulaşılabilmesine imkan sağlamaktadır. Isı iletim katsayısı düşük olan bir malzeme kullanılarak daha ince bir izolasyon yapılabilir ve bu izolasyonla ısı iletim katsayısı daha yüksek olan bir malzemenin yüzey sıcaklığına ulaşılabilir.**

MALZEMENİN ÖMRÜ

Kullanılacak malzemenin ısı iletim katsayısının düşüklüğü kadar, malzemenin kullanım ömrü de önem taşımaktadır. Bazı malzemeler zamanla tozlaşma ve dağılma gösterirken bazıları da ilk günkü özelliklerini sürekli korurlar. Zamanla tozlaşan ve dağılan malzemeler ilk günkü izolasyon değerlerini sağlayamazlar. Bu malzemelerin kullanıldığı izolasyonlarda yüzey sıcaklıkları zamanla yükselir ve ısı kayıpları artmaya başlar.

YALITIMIN ÖMRÜ

Malzeme ömrü ile yalıtımın ömrü farklı kavramlardır. Yalıtımın ömrü malzeme ömründen fazla olamaz. Ancak yapılacak yalıtım sisteminin türüne göre yalıtım ömrü malzeme ömründen az olabilir. Bu nedenle yalıtım ömrünü belirleyen farklı yalıtım sistemleri açıklanmalıdır.

YALITIM YÖNTEMLERİ

Sabit Yalıtım: Cam yünü veya taşyünü gibi yalıtım malzemelerinin saca kaplanması ile oluşturulan yalıtım yöntemi. (Bina yalıtımı, kazan ,boru yalıtımı...)

Cözülebilir Yastık Sistemi ile Yalıtım: Yüksek sıcaklığa dayanıklı cam elyaf kumaşların yalıtım malzemeleriyle birlikte kullanılmasıyla oluşturulan yalıtım yöntemi. (Türbin yalıtımı, makina-ekipman yalıtımı, vana ceket, kazan yalıtımı...)

Sabit Sistemle Yalıtımın Avantajları

- * Isı kaybında azalma
- İzolasyonsuz: 538°C yüzey sıcaklığı, 23.120 W/m² ısı kaybı
- İzolasyonlu: Başlangıçta düşük (60-80°C) yüzey sıcaklığı, 300 W/m²'den düşük ısı kaybı, %95'in üzerinde azalma
- * İşçi güvenliğinin bir ölçüde sağlanması
- * Genleşme ve çarpılmaların başlangıçta engellenmesi
- * Üretim artışı

Sabit Sistemle Yalıtımın Dezavantajları

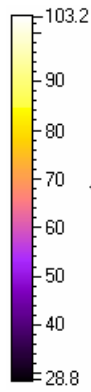
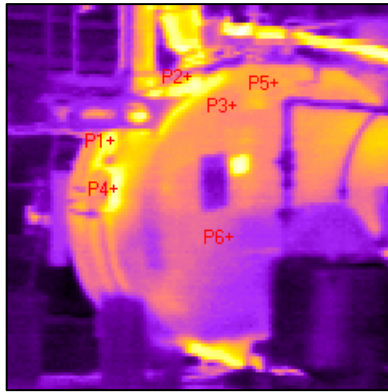
- * Bakım zamanı
- * Acil durum
- * Bilinmeyen bir arıza nedeniyle kontrol
- * İzolasyonun kırılmasının maliyeti ve zararı
- * Ani sıcaklık değişimi ve titreşimle harcın çatlaması
- * Çabuk soğuma – Geç ısınma
- * Homojenliğin bozulması
- * Yakıt maliyetinin artması
- * Üretim kaybı

Çözülebilir Yastık Sistemi ile Yalıtım:

Çözülebilir Yalıtım Sistemi sabit yalıtımdan farklı olarak kumaş ve izolasyon keçeleri kullanılarak uygulanır. Yüksek sıcaklığa dayanıklı, iğneleme metoduyla üretilen özel yalıtım battaniyeleri ve yüksek sıcaklığa dayanıklı cam elyaf kumaşlar kullanılarak yapılan bu uygulamada oluşturulan yalıtım yastıkları kolaylıkla monte edilir ve tekrar sökülebilir. Bununla birlikte demonte edilen yastıklar tekrar tekrar kullanılabilme özelliğine sahiptir.

**FARKLI MAKİNA VE EKİPMANLARIN
YALITIMINA DAİR HESAPLAMALAR**

TEKSTİL BOYA MAKİNALARINDA ISI KAYIPLARI



Boya Makinası
Yüzey Alanı : 6.6 m²
Ortam Sıcaklığı: 25 C
Yüzey Sıcaklığı: 90-100 C
Rüzgar Hızı: 0 m/s
Emisivite : 0.9
İğnelenmiş İzolasyon Keçesi :50 mm

ISI KAYBI –GERİ DÖNÜŞÜM SÜRESİ HESABI

	Birim	İzolasyonsuz	İzolasyon Ceketini ile İzolasyon
İzolasyon Maliyeti	EURO	-	600
	\$	-	800
Isı Kaybı	W / m ²	955,11	50,47
İzolasyonu Yapılan Yüzeyin Alanı	m ²	6,6	6,6
Saat Başına Ek Enerji Gereksinimi	W	6.304	333
Makinanın Yıllık Çalışma Süresi	saat	7.680	7.680
Yıllık Ek Enerji İhtiyacı	kWsaat	48.413	2.558
Kullanılan Yakıtın Isıl Değeri (Doğalgaz)	kcal / m ³	8.250	8.250
Yakıt Etkinliği	%	93	93
Kullanılan Yakıtın Etkin Isıl Değeri	kcal / m ³	7.673	7.673
Birim Yakıt Maliyeti	\$ / m ³	0,525206	0,525206
Birim Yakıt Maliyeti	\$ / kWsaat	0,058859	0,058859
Yıllık Ek Yakıt İhtiyacı	m ³	5.426	287
Yıllık Ek Enerji Maliyeti	\$	2.850	151

1 ADET BOYA MAKİNASI İÇİN
KAZANÇ : 2699 \$ / Yıl
GERİ ÖDEME SÜRESİ : 108 GÜN

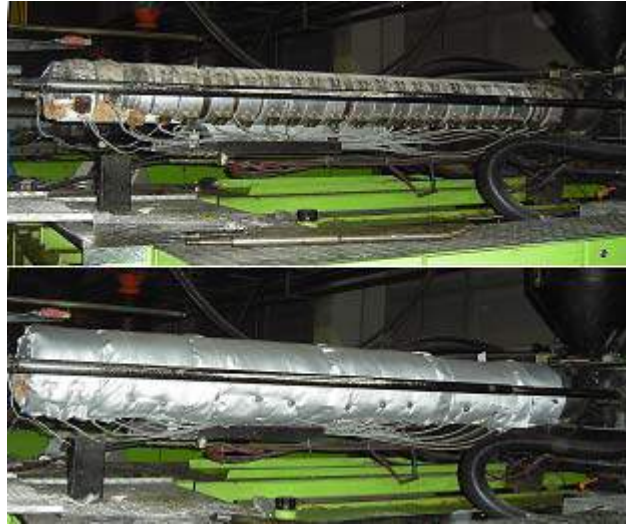
UYGULAMALARDAN ÖRNEKLER



PLASTİK ENJEKSİYON MAKİNALARINDA ÇÖZÜLEBİLİR YASTIK SİSTEMİ İLE YALITIM

Endüstride birçok noktada ihtiyaç duyulan plastik enjeksiyon makinalarının resistans kısımları yalıtımsız olarak çalışmakta ve ciddi bir enerji kaybına neden olmaktadır. Plastik enjeksiyon makinalarının elektrikle çalışan resistans (kovan) kısımları izole edildiği takdirde :

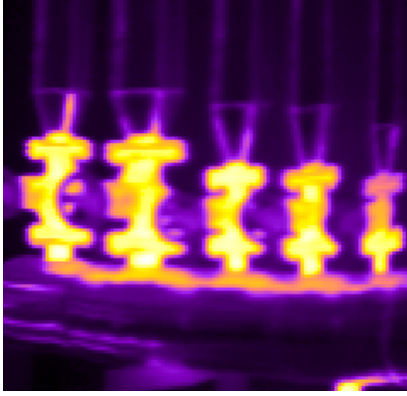
% 90 ısı kaybı tasarrufu , % 40 elektrik tasarrufu sağlanmaktadır.



**Yalıtımdan önce elektrik tüketimi 12 kW/saat
yalıtımdan sonra elektrik tüketimi 6.7- 7.2 kW/saat**

Yalıtım yastıklarının kendini amorte etme süreleri **1,5 –2 aydır.**

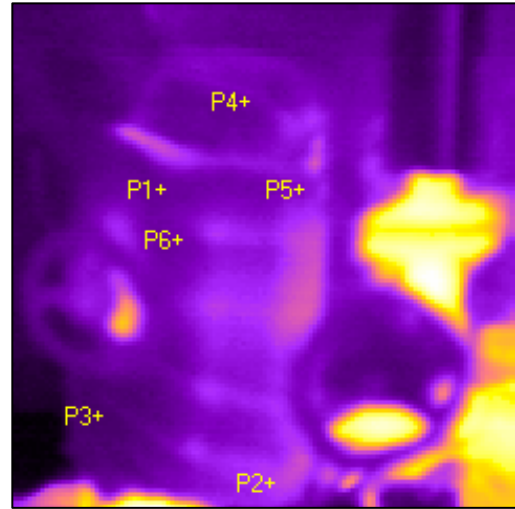
VANA CEKETİ İLE YALITIM



Bir vanadaki ısı kaybı; o vananın bağlı bulunduğu en az 1 metre uzunluğundaki borudaki ısı kaybına eşdeğerdir. (Kaynak: Department of Environment Energy Efficiency Programme). Fabrikalardaki vanaların miktarları gözönüne alındığında yüzlerce metre borunun izolasyonsuz olduğu kadar bir ısı kaybı olduğu görülmektedir. Sökülüp takılabilir şekilde tasarlanan vana ceketleri vanaların bakım ve arıza durumlarına göre tekrar tetkar sökölüp takılabilmektedir.

Sıcak tesisat hatlarında sıklıkla kullanılan vanaların ısı yalıtımcı için çözülebilir yastık sistemi ile oluşturulan vana ceketleri ısı yalıtımı açısından sabit izolasyonlardan farklı olarak kolaylıkla takılıp sökülebilir ve tekrar tekrar kullanılabilir özelliktedir.

YALITIMLI VE YALITIMSIZ VANALARIN TERMAL GÖRÜNTÜLERİ



ÖRNEK HASAPLAMA

DN 150 lik bir adet vana için ısı kaybı ve geri ödeme süresi hesabı :

Akışkan Sıcaklığı : 170 C

Ortam sıcaklığı : 25 C

Emisivite: 0,9

Yakıt : Doğalgaz

Birim Yakıt Maaliyeti: 0,5252 \$/m³

Vana Çapı: DN 150

	Birim	İzolasyonsuz	Vana Ceketli ile İzolasyon
Isı Kaybı	W / m ²	2.312,32	113,57
İzolasyonu Yapılan Yüzeyin Alanı	m ²	0,99	0,99
Saat Başına Ek Enerji Gereksinimi	W	2.289	112
Vananın Yıllık Çalışma Süresi	saat	7.680	7.680
Yıllık Ek Enerji İhtiyacı	kWsaat	17.581	863
Kullanılan Yakıtın Isıl Değeri (Doğalgaz)	kcal / m ³	8.250	8.250
Yakıt Etkinliği	%	93	93
Kullanılan Yakıtın Etkin Isıl Değeri	kcal / m ³	7.673	7.673
Birim Yakıt Maliyeti	\$ / m ³	0,525206	0,525206
Birim Yakıt Maliyeti	\$ / kWsaat	0,058859	0,058859
Yıllık Ek Yakıt İhtiyacı	m ³	1.970	97
Yıllık Ek Enerji Maliyeti	\$	1.035	51

SONUÇ

Kazanç	\$/yıl	984
Geri Ödeme Süresi	Gün	49

Tablodan da görüldüğü gibi bir vananın yalıtımsız olduğu durumda yılda **1035 \$**'lık bir kayıp vardır, vana ceketli ile yalıtım yapıldığı takdirde bu kayıp **51 \$**'a düşmektedir. Vana ceketli kullanıldığı durumda bunun yıllık getirisi **984 \$**'dır ve **bu para her yıl firmanın kasasına artı bir değer olarak girmektedir.**

Vana ceketli geri ödeme süresi ise 49 Gün dür.

Yukarıdaki hesaplamalar bir adet vanaya aittir. Üretim hatlarınızda yüzlerce sıcak hat vanası olduğunu düşündüğümüzde kazancınız kat kat fazla olacaktır

ENERJİ VERİMLİLİĞİ UYGULAMALARI

Adnan GÜLBAL – Bursa Çimento A.Ş.

Enerji, günümüzde teknolojinin de gelişmesine bağlı olarak giderek önem kazanan bir hale gelmiştir. Özellikle enerji kaynaklarımızın giderek azalması ve dışa bağımlı olmamızdan dolayı enerjinin verimli kullanımı ve tasarrufu için çeşitli uygulamalara gidilmesi gerekmektedir. Enerjinin tasarrufu için öncelikle tüketimler ve meydana gelen çeşitli kayıplar belirlenmeli, daha sonra gerekli tedbirler alınarak, kayıpların mümkün olduğu kadar azaltılması yoluna gidilmelidir.

Enerji verimliliği ve tasarrufu çalışmaları; yaşam standardı, üretim ve kaliteden ödün vermeden, sadece mevcut olan enerjinin en etkin şekilde kullanılması amaçlanarak bir plan ve programa dayalı olarak yapılmalıdır. Özellikle çimento ve demir-çelik gibi enerji yoğun sektörlerde -Enerji Verimliliği Yasası gereğince de- enerji yönetim birimleri olmalıdır. Bu kapsamda Fabrikamız, 1996 yılında Enerji Kontrol Birimi'ni kurmuştur ve geçmişten günümüze çeşitli zamanlarda gerekli yatırımlarla enerji verimliliği projelerini uygulamaya geçirmiştir. Son yıllarda yaptığımız ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin düzenlemiş olduğu Sanayide Enerji Verimliliği Proje yarışmalarında ödül ve plaket alan bu uygulamalardan 4 tanesi şöyledir:

- 1- Isı Geri Kazanım Tesisi (Rekuperatör),
- 2- Döner Fırın-2 Elektro Filtre fanı, Eski Abgaz fanı ve Yeni Abgaz fanı Frekans konvertörü uygulaması,
- 3- Döner Fırınlara Elevatörlü Farin Besleme Sistemi,
- 4- Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi.

1- Isı Geri Kazanım Tesisi (Rekuperatör)

Fabrikanın ve Sosyal Tesislerin ısıtılması ve sıcak su kullanım ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik kömürle çalışan 1.200.000 kCal/Saat kapasiteli Kazan Dairesi vardır. Kazan Dairesi yılda yaklaşık 1.050 ton kömür sarf etmektedir.

Çimento üretiminde yarı mamul olarak kullanılan klinker, döner fırınlardan elde edilmektedir. Döner Fırın soğutma ünitelerinde, klinkerin 1.350 °C'den 100 °C'ye soğutulması esnasında açığa çıkan gazların bir kısmı yanma havası olarak fırınlarda kullanılmaktadır. Kalan kısmı ise dışarı atılmaktadır. Döner Fırın soğutma atık sıcak gazı kullanılarak 3.000.000 kCal/Saat'lik Isı Geri Kazanım Tesisi (Rekuperatör) kurulmuştur. Elde edilen buhar, ısınma ve sıcak su ihtiyacı için kullanılmaktadır. Bunun sonucunda Kazan Dairesinde kömür sarfıyatı önemli ölçüde azalmıştır. Kazan Dairesi, sadece Döner Fırının revizyon bakımlarında devreye alınmaktadır.

Rekuperatör sisteminin devreye alınmasından sonra yılda ortalama 700 ton kömür tasarrufu (4.200.000.000 kCal/Yıl) sağlanmıştır. Ayrıca Kazan Dairesinde çalışan 4 eleman boşa çıkmıştır.

Proje Süreçleri:

- a) Planlama : 2001
- b) Proje Hazırlama : Haziran 2002
- c) Uygulama : Ekim-Kasım 2002
- d) Bitiş : Aralık 2002
- e) İzleme : 2003–2004

Proje Uygulaması Öncesi Durum:

Fabrikanın ısınma ve sıcak su ihtiyacı mevcut Kazan Dairesi çalıştırılarak karşılanmaktadır. Kazan Dairesinde yılda ortalama 1.050 ton kömür yakılmaktadır.

Kazan Dairesi kapasitesi	: 1.200.000 kCal/Saat
Döner Fırın–1 soğutma atık ısı debisi	: 210.000 m ³ /Saat
Döner Fırın–1 atık gaz sıcaklığı	: 270 °C

Yapılan hesaplar sonucunda Reküperatör Tesisi ile bu gaz sıcaklığında 5-6 bar basınçta, 4,5 ton kuru buhar elde edilebileceği görülmüştür.

Uygulama:

2002 yılının Ekim ve Kasım aylarında montaj işleri bitirilmiştir. Bu sistemde set edilen buhar basıncına göre devir ayarlı bir fan ile sıcak atık gaz emilerek reküperatörden geçirilmekte ve kullanıma hazır buhar elde edilmektedir.

Tasarruf Miktarı:

Toplam Tasarruf Miktarı (Enerji)	: 420	TEP
Toplam Tasarruf Miktarı (Enerji)	: 4.200.000.000	kCal/yıl
Toplam Tasarruf Miktarı (Maliyet)	: 65.500	\$/Yıl
Toplam Tasarruf Miktarı (Maliyet)	: 97.595.000.000	TL/Yıl
Tasarruf Oranı (4.200.000.000/1.068.402.000.000)	: 0,39	%
(Tasarruf miktarı/Uygulama öncesi toplam yakıt enerjisi tüketimi)		
Tasarruf Oranı (4.200.000.000/6.300.000.000)	: 66,66	%
(Tasarruf miktarı/Uygulama öncesi proje yerindeki ekipmanın toplam yakıt enerjisi tüketimi)		
* Esas alınan döviz kuru: 1.490.000 TL/\$		

Maliyet Analizi:

Yatırım Miktarı	: 260.000.000.000 TL (198.000 \$)
Esas alınan döviz kuru	: 1.310.000 TL/\$ (2002 yılı Eylül ayı)
Geri ödeme süresi	: Yatırım Miktarı / Tasarruf
	: 198.000 \$ / 65.500 \$/Yıl
	: 3 Yıl

Fabrikamızın şu andaki ihtiyacı 1.200.000 kCal/Saat olmasına karşın ilerideki ihtiyaçlarımızda düşünülerek Reküperatör Tesisi atık gazın tamamını kullanabilecek şekilde 3.000.000 kCal/Saat kapasiteli olarak seçilmiştir.

Reküperatör Sistemindeki 1.800.000 kCal/Saat'lik atıl kapasite kullanılarak, Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi düşünülmektedir. Böylece fabrikada ihtiyaç duyulan yerlerin klimatizasyonu sağlanacaktır.

2- Döner Fırın-2 Elektro Filtre fanı, Eski Abgaz fanı ve Yeni Abgaz fanı Frekans konvertörü uygulaması

Endüstride kullanılan birçok fan sistemlerinde, çalışma şartlarının değişimine bağlı olarak akışkan debisinin ayarlanması gerekmektedir. Debi ayarlamasında, yaygın olarak klape veya vana kontrollü sistemler, kayış-kasnak mekanizmaları ve frekans konvertörlü sistemler kullanılmaktadır. Klape veya vana ile yapılan debi ayarı, fan karakteristik eğrilerinde de görüleceği üzere, sistem basıncının artmasına bağlı olarak debinin azalması esasına dayanmaktadır. Bu uygulama ile fan, daha düşük verim ile çalışmaya itilmektedir. Akışı engelleyerek debiyi kontrol eden bu tür yöntemler, sürtünme nedeniyle önemli miktarda enerji kaybına sebep olurlar.

Döner Fırın-2 ünitemizde 2 adet siklon kulesi olduğu için 2 adet abgaz fanı ve 1 adet elektro filtre fanı bulunmakta ve bu fanların debisi klape kontrolüyle yapılmaktaydı. Bilindiği gibi fanlarda çekilen güç, devirin küpü ile orantılıdır. Dolayısıyla debinin klape ile ayarlanması yerine frekans konvertörüyle yapılması sonucunda bir enerji tasarrufu söz konusu olacaktır.

2002 yılı Döner Fırın-2 revizyonunda enerji sarfiyatını düşürmeye yönelik olarak elektro filtre, eski abgaz ve yeni abgaz fanlarının 6 kV olan motorları değiştirilerek frekans konvertörü uygulaması yapılmıştır.

Yapılan uygulamadan sonra fanların ton-klinker başına sarf ettiği enerji 19,08 kWh/Ton-Klinker'den 14,42 kWh/Ton-Klinker'e düşerek, 4,66 kWh/Ton-Klinker enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Proje Süreçleri:

- | | |
|--------------------|---------------|
| a) Planlama | : 2001 |
| b) Proje Hazırlama | : 2001 |
| c) Uygulama | : 2002 |
| d) Bitiş | : 2002 |
| e) İzleme | : 2002 – 2005 |

Proje Uygulaması Öncesi Durum:

Proje uygulaması öncesinde Elektro filtre, Eski abgaz ve Yeni abgaz fanlarının motor ve fan bilgileri;

Elektro Filtre Fanı,

- | | |
|------------|-----------------------------|
| Fan debisi | : 270.000 m ³ /h |
| Motor | : 315 kW, |
| | 39,5 A, |
| | 6000 V, |
| | 974 d/d ve cosφ :0,83 |

Eski Abgaz Fanı,

- | | |
|------------|-----------------------------|
| Fan debisi | : 152.200 m ³ /h |
| Motor | : 500 kW, |

61 A,
6000 V,
1479 d/d ve $\cos\phi$:0,83

Yeni Abgaz Fanı,

Fan debisi : 216.000 m³/h
Motor : 710 kW,
85 A,
6000 V,
980 d/d ve $\cos\phi$:0,85

Uygulama öncesinde Eski abgaz fanı % 92–95 klape açıklığında, Yeni abgaz % 92–95 klape açıklığında çalışmaktaydı. Elektro filtre fanı ise, Kömür değirmeni çalışırken % 67 klape açıklığında, dururken % 85 klape açıklığında çalışmaktaydı. Ayrıca Döner Fırının tuğla duruşlarında fırını soğutmak ve tozmayı önlemek için elektro filtre ve eski abgaz fanı çalıştırılmakta, boşta çalışmalarda da fazla enerji tüketmekteydi. Aşağıdaki tablodan da görüleceği üzere Mart 2001 ve Ocak 2002’de Döner Fırın–2 revizyon duruşunda olduğundan spesifik enerji değerleri yüksektir. Fanların sarf ettiği enerjiler, Döner Fırın-2’nin klinker üretimi ve sadece fanların spesifik enerji değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

	Eski Abgaz (kWh)	Yeni Abgaz (kWh)	Elektro Filtre fanı (kWh)	Toplam (kWh)	D.Fırın-2 Klinker (Ton)	kWh/t
Oca-2001	355.287	426.780	199.590	981.657	54.440,990	18,03
Şub-2001	305.843	363.180	178.782	847.805	43.240,050	19,61
Mar-2001	199.980	216.972	149.058	566.010	24.819,127	22,81
Nis-2001	347.600	411.300	195.810	954.710	52.630,000	18,14
May-2001	340.200	404.880	195.000	940.080	50.853,131	18,49
Haz-2001	343.320	400.440	193.656	937.416	51.129,150	18,33
Tem-2001	313.530	391.440	188.664	893.634	46.896,015	19,06
Ağu-2001	352.070	422.976	200.670	975.716	53.948,179	18,09
Eyl-2001	307.390	329.724	175.854	812.968	41.902,910	19,40
Eki-2001	339.821	420.972	198.666	959.459	52.541,433	18,26
Kas-2001	326.669	395.592	189.906	912.167	48.076,770	18,97
Ara-2001	322.565	389.196	190.944	902.705	45.293,325	19,93
Oca-2002	169.475	159.432	98.442	427.349	16.488,822	25,92
				11.111.676	582.259,902	19,08

Tablodan görüleceği üzere fanların 13 aylık toplam enerji tüketimleri 11.111.676 kWh'tir. Döner Fırın–2 ünitesinin aynı dönemde toplam klinker üretimi 582.259,902 ton'dur. Buna göre, 3 adet fan ton-klinker başına 19,08 kWh enerji sarf etmiştir.

Uygulama:

Endüstride kullanılan birçok fan sistemlerinde, çalışma şartlarının değişimine bağlı olarak akışkan debisinin ayarlanması gerekmektedir. Diğer yandan, kullanılan fanların çoğu emniyet açısından gereğinden büyük kapasitede seçilmektedir. Bunun sonucu olarak, fanlar genellikle tasarlanan debilerin altında yani düşük verim ile çalışmakta ve bu nedenle enerji kaybı söz konusu olmaktadır.

Debi ayarlamasında, yaygın olarak klape veya vana kontrollü sistemler, kayış-kasnak mekanizmaları ve frekans konvertörlü sistemler kullanılmaktadır. Klape veya vana ile yapılan debi ayarı, fan karakteristik eğrilerinde de görüleceği üzere, sistem basıncının artmasına bağlı olarak debinin azalması esasına dayanmaktadır. Bu uygulama ile fan, daha düşük verim ile çalışmaya itilmektedir. Akışı engelleyerek debiyi kontrol eden bu tür yöntemler, sürtünme nedeniyle önemli miktarda enerji kaybına sebep olurlar.

Bilindiği gibi fanlarda;

- Debi devir sayısı ile orantılıdır,
- Basınç devir sayısının karesi ile değişir,
- Güç devir sayısının küpüyle değişir.

Teorik olarak, devir sayısının %85'e indirilmesi durumunda debi %85, basınç %72 ($=0,85 \times 0,85$) ve güç % 61,4 ($=0,85 \times 0,85 \times 0,85$) değerine düşmektedir.

1996 yılı yatırımında Döner Fırın–1 ünitemizin Elektro filtre (250 kW, 690V) ve Abgaz fanları (1100 kW, 690V) frekans konvertörlü olarak seçilmiştir ve bu ünitemizin spesifik enerji tüketimi 26,50 kWh/ton-klinker civarındadır. Yukarıda anlatılanların ve Döner Fırın–1 ünitemizde yapılan uygulama ışığında, Döner Fırın–2 ünitemizdeki klape kontrolü ile çalışan Elektro filtre, Eski abgaz ve Yeni abgaz fanlarında da frekans konvertörü uygulaması yaparak enerji tasarrufu yapılabileceği öngörülmektedir.

Uygulama sırasında öncelikle motorların çalışma gerilimi 6 kV olduğu için, gerilimi 690 V olan 3 adet motor ve frekans konvertörleri ile 1 adet 6,3/0,69 kV, 2500kVA besleme transformatörü satın alındı. Satın alınan motorların bilgileri şöyledir.

Elektro Filtre Fanı,

Motor : 315 kW,
325 A,
690 V,
991 d/d ve $\cos\phi$:0,84

Eski Abgaz Fanı,

Motor : 500 kW,
490 A,
690 V,
1489 d/d ve $\cos\phi$:0,88

Yeni Abgaz Fanı,

Motor : 710 kW,
706 A,
690 V,
995 d/d ve $\cos\phi$:0,86

Yeni alınan motorlar ve frekans konvertörleri Döner Fırın-2'nin Ocak 2002 revizyon duruşunda monte edilerek devreye alınmıştır. Devreye alındıktan sonra enerji tüketimleri izlenmiş ve spesifik enerji tüketimleri hesaplanarak değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir. Uygulama öncesi her bir fanın birer adet enerji sayacı varken, uygulamada sadece besleme transformatörü girişine 1 adet enerji sayacı bağlanmıştır. Dolayısıyla 3 adet fanın tükettiği enerji bu sayaçtan izlenebilmektedir.

	Fanların Toplam Enerjisi (kWh)	Klinker (Ton)	Spesifik Enerji kWh/t
Şub-2002 / Ara-2002	7.270.944	473.623,971	15,35
2003	8.803.272	581.723,947	15,13
2004	8.277.840	600.063,491	13,79
Oca-2005 / Tem-2005	4.260.720	328.350,101	12,98
TOPLAM	28.612.776	1.983.761,510	14,42

Tasarruf miktarı : 19,08 – 14,42

: 4,66 kWh/t-klınker

Yıllık klınker üretimi : 566.789 Ton/Yıl (Döner Fırın-2'nin Şubat 2002'den

Temmuz 2005 arasındaki üretim değerlerine göre ortalama olarak hesaplanmıştır.

$1.983.761,51/42 \times 12 = 566.789$)

Yıllık enerji tasarrufu = $4,66 \text{ (kWh/t)} \times 566.789 \text{ (t/Yıl)} = 2.641.236 \text{ kWh/Yıl}$

Yapılan uygulamadan sonra fanların ton-klınker başına sarf ettiği enerji 19,08 kWh/Ton-Klınker'den 14,42 kWh/Ton-Klınker'e düşerek, 4,66 kWh/Ton-Klınker'lik enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Tasarruf Miktarı:

Tasarruf Miktarı (Enerji)	: 634	TEP/Yıl
Tasarruf Miktarı (Enerji)	: 2.641.236	kWh/Yıl
Tasarruf Miktarı (Maliyet)	: 244.049,52	YTL/Yıl (184.886 €/Yıl)
Tasarruf Oranı	: 0,43	%
(Tasarruf/Uygulama Öncesi Fabrikanın Toplam Enerji Tüketimi)		
Tasarruf Oranı	: 24,42	%
(Tasarruf/Uygulama Öncesi Proses veya Ekipman Enerji Tüketimi)		
Toplam Yatırım Miktarı	: 337.570,20	YTL (255.735 €)
Projenin Geri Ödeme Süresi	: 1,38	Yıl (Yaklaşık 16 Ay)
1 kWh = 2.400 kCal,		
1 € = 1,32 YTL olarak alınmıştır. (Ocak 2002)		

Maliyet Analizi:

Yatırım miktarı	: 337.570,20 YTL	(255.735 €)
Geri ödeme süresi	: 1,38 Yıl	(Yaklaşık 16 Ay)

3- Döner Fırınlara Elevatörlü Farin Besleme Sistemi

Önceki yıllarda Döner Fırınlara farin (hammadde) besleme sevk sistemleri pnömatik olarak kompresörlerle yapılmaktaydı. Siklon kulelerinin 50 metrenin üzerinde olması ve bu metrenin üzerindeki elevatör teknolojisinin gelişmemiş olmasından kaynaklanan problemler nedeniyle pnömatik sevk sistemleri tercih edilirdi. Fabrikamızdaki 2 adet Döner Fırının farin besleme sevk sistemleri de pnömatikti. Pnömatik sevk sistemlerinde fırına hammaddenin yanında gereksiz olarak kompresörün sevk havası da verilmekte, bu da kalori kaybına ve abgaz fanlarının yükünün artmasına yol açmaktadır.

Günümüz teknolojisinde yüksek metrelerde sorunsuz çalışabilecek elevatörler geliştikçe farin besleme sevk sistemlerinde tercihler elevatör lehine kaymaya başladı. Bu gelişmelerden sonra Fabrikamızda araştırma ve incelemelerden sonra elevatörlü sevk sistemine geçmiştir.

Pnömatik sevk sisteminden elevatörlü sevk sistemine geçmekle; ilk olarak kompresörler elevatörlere göre daha fazla elektrik enerjisi tükettiği için buradan bir enerji tasarrufu sağlandı, ikinci olarak fırına gereksiz hava verilmesi kesildi ve kalori kayıpları azaldı, üçüncü olarak ta abgaz fanlarının yükünün azalmasından kaynaklanan % 3-4 civarında kapasite artışı sağlandı.

Proje Süreçleri:

- | | |
|--------------------|-------------------------|
| a) Planlama | : 2004 |
| b) Proje Hazırlama | : Mayıs-Aralık 2005 |
| c) Uygulama | : Mayıs-Kasım 2006 |
| d) Bitiş | : Kasım 2006 |
| e) İzleme | : Kasım 2006-Eylül 2007 |

Uygulama:

Önceki yıllarda Döner Fırınlara farin (hammadde) besleme sevk sistemleri pnömatik olarak kompresörlerle yapılmaktaydı. Siklon kulelerinin 50 metrenin üzerinde olması ve bu metrenin üzerindeki elevatör teknolojisinin gelişmemiş olmasından kaynaklanan problemler nedeniyle pnömatik sevk sistemleri tercih edilirdi. Fabrikamızdaki 2 adet Döner Fırının farin besleme sevk sistemleri de pnömatikti. Pnömatik sevk sistemlerinde fırına hammaddenin yanında gereksiz olarak kompresörün sevk havası da verilmekte, bu da kalori kaybına ve abgaz fanlarının yükünün artmasına yol açmaktadır.

Günümüz teknolojisinde yüksek metrelerde sorunsuz çalışabilecek elevatörler geliştikçe farin besleme sevk sistemlerinde tercihler elevatör lehine kaymaya başladı. Bu gelişmelerden sonra Fabrikamızda 2004 yılında bu sistemlerin araştırmaları başladı. Ülkemizde elevatörlü sevk sistemiyle çalışan çimento fabrikaları ziyaret edildi. Bütün bunların ışığında da 2005 yılında bir proje hazırlığına başlandı ve tamamlandı. Bu proje kapsamında hammadde dozajlama sisteminin modifikasyonu da ele alınarak projeye dâhil edildi. 2006 yılında da gerekli malzeme ve montaj siparişlerine çıkılıp uygulamaya geçildi. 2006'nın Kasım ayında da uygulama tamamlanıp elevatörlü sevk sistemi ve dozajlama sistemi devreye alınmış oldu.

Pnömatik sevk sisteminden elevatörlü sevk sistemine geçmekle; ilk olarak kompresörler elevatörlere göre daha fazla elektrik enerjisi tükettiği için buradan bir enerji tasarrufu sağlanmıştır. İkinci olarak %3-4 civarında kapasite artışı sağlanmış, farin beslemenin stabil olması sayesinde pişme ve yanma verimliliği iyileşmiş, abgaz arkası sıcaklık değerlerinde ve O₂ değerlerinde düşme gözlemlenmiştir. Konuyla ilgili rapor ekte verilmiştir.

Diğer bilgiler:

Uygulama öncesi ve sonrası Döner Fırınlara üretim, enerji sarfı, spesifik enerji sarfı ve çalışma saatleri ile ilgili tablolar aşağıda verilmiştir.

	DF1 Çalışma Saati (Saat)	DF1 Üetimi (Ton)	DF1 Kapasite (Ton/Saat)
2002	6.703	624.030	93,1
2003	7.276	668.676	91,9
2004	7.174	660.094	92,0
2005	8.051	745.015	92,5
2006	7.758	709.269	91,4
TOPLAM	36.962	3.407.084	92,2
2007	6.068	577.487	95,2

Son 5 yıla göre Döner Fırın-1'in kapasite artışı : $95,2/92,2 \times 100 - 100$
: % **3,25**

	DF2 Çalışma Saati (Saat)	DF2 Üetimi (Ton)	DF2 Kapasite (Ton/Saat)
2002	6.641	490.113	73,8
2003	7.632	581.724	76,2
2004	7.941	600.063	75,6
2005	7.869	592.508	75,3
2006	7.867	593.432	75,4
TOPLAM	37.950	2.857.840	75,3
2007	6.102	478.099	78,4

Son 5 yıla göre Döner Fırın-2'in kapasite artışı : $78,4/75,3 \times 100 - 100$
: % **4,11**

Yukarıdaki tablolardan da görüleceği gibi % 3–4 civarında bir kapasite artışı sağlanmıştır. Bu da spesifik enerjinin düşmesini sağlamıştır. Kapasite artışından kaynaklanan spesifik enerjideki düşüşü ve yıllık tasarruf miktarını hesaplırsak;

	Klinker Üetimi (Ton)	Enerji Sarfı (kWh)	Spesifik Enerji Sarfı (kWh/Ton-Klinker)
2002	1.114.142	33.368.771	29,95
2003	1.250.401	36.658.331	29,32
2004	1.260.157	35.461.267	28,14
2005	1.337.523	37.361.666	27,93
2006	1.302.701	37.125.272	28,50
TOPLAM	6.264.924	179.975.307	28,73

2007 Aylık)	(9 1.055.586	28.741.206	27,23
----------------	-----------------	------------	-------

2007 yılı 9 aylık Spesifik Enerji Sarfı ile Son 5 yılın Spesifik Enerji Sarfı farkı;

Fark =	1,50	kWh/Ton-Klinker
---------------	-------------	------------------------

Pnömatik sevk sistemiyle çalışırken Fırınlarda sarf edilen

Spesifik Enerji: 28,73 kWh/Ton-Klinker (Son 5 yılın ortalaması)

Elevatörlü sevk sistemiyle çalışırken Fırınlarda sarf edilen

Spesifik Enerji : 27,23 kWh/Ton-Klinker (2007 yılı 9 aylık ortalama)

Enerji Tasarrufu : 28,73 – 27,23

: 1,50 kWh/Ton-Klinker

Yıllık enerji tasarrufu : 1,5 kWh/Ton x 1.400.000 Ton/Yıl

: 2.100.000 kWh/Yıl

Not: (Yıllık klinker üretiminin 9 aylık üretim miktarına ve üretim planına göre 1.400.000 Ton olacağı öngörülmüştür.)

Yıllık enerji tasarrufu : 181 TEP/Yıl (1 kWh = 860 kCal)

Yatırım maliyeti : 735.000 €

: 1.293.600 YTL

Yıllık tasarruf miktarı : 2.100.000 kWh/Yıl x 0,0875 YTL/kWh

: 183.750,00 YTL/Yıl

Yatırımın geri ödeme süresi : 1.293.600 YTL / 183.750 YTL/Yıl

: 7,04 Yıl

Not: Kapasite artışıyla elde edilen 45.000 – 50.000 Ton klinkerden sağlanan kâr miktarı yatırımın geri dönüş hesabına katılmamıştır.

1 kWh : 0,0875 YTL/kWh (0,05 €/kWh)

1 € : 1,76 YTL

Sonuç olarak pnömatik taşıma sistemleri gerek ilk yatırım maliyetlerinin düşük olması gerekse uygulama ve montaj kolaylıkları açısından işletmelerde tercih edilen bir yöntem olarak görülmektedir. Ancak bütün bunlara enerji tarafından bakarsak işletmelere maliyetinin daha fazla olduğu açıktır. Mekanik sevk sistemleri teknolojilerindeki gelişmeler ve enerji maliyetlerindeki artışlar ile (çok zorunlu haller dışında) pnömatik sevk sistemleri yavaş yavaş terk edilmektedir. Bu kapsamda ülkemizdeki çimento fabrikaları yeni yatırımlarında mekanik olan elevatörlü sevk sistemlerini tercih etmektedirler.

4- Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi

Günümüzde genel olarak binaların soğutulmasında klimalar veya hava apareyleri kullanılmaktadır. Son zamanlarda işletmeler, oteller vb. yerlerde daha verimli ve bakımı kolay olan merkezi soğutma sistemleri kullanılmaya başlanmıştır.

Bu sistemlerden en çok kullanılanı ise, elektrik enerjisi tüketerek proses suyunu 7–12 °C'ye düşürerek odalara soğuk su gönderen mekanik Chiller'lerdir. Diğer bir sistem ise Absorption Chiller'dir.

Fabrikamızda Döner Fırınlarda atık ısıyı değerlendirilerek buhar elde eden bir reküperatör sistemi vardır. Bu sistemin kapasitesi 3.000.000 kcal olup mevcut sıcak su ihtiyacı ise 1.000.000 kCal'dir. Dolayısıyla

reküperatör sisteminde 2.000.000 kcal'lık bir potansiyel vardır. Kullanılmayan potansiyel buharın bir kısmının ünitelerin soğutulmasında değerlendirilmesi amacıyla 2006 yılında 800 kW (690.000 kcal) soğutma kapasiteli Absorpsiyon Chiller sistemi kurulmuştur.

Proje Süreçleri:

- a) Planlama : 2005
- b) Proje Hazırlama : Ocak-Şubat 2006
- c) Uygulama : Mayıs-Kasım 2006
- d) Bitiş : Kasım 2006
- e) İzleme : Kasım 2006-Ekim 2007

Uygulama:

Gerek yaşam alanlarındaki konfor, gerekse bilgisayar, PLC ve elektrik-elektronik sistemlerin ısıya karşı duyarlı olmaları, kullanım ömürlerini etkilediğinden dolayı klima-soğutma sistemlerinin kullanımında büyük artışlar olmuştur. Genelde ilk yatırım maliyetlerinin düşük olmasından dolayı merkezi klima veya chiller sistemlerinden çok bireysel klima sistemleri tercih edilmektedir. Ancak verimlilikleri, enerji harcamaları düşünüldüğünde merkezi sistemlerin ilk yatırım maliyet farklarını kısa sürede kapattığı, ayrıca bakım maliyetlerinin de merkezi sistemlerde daha az olduğu görülmektedir.

Merkezi sistemlerde büyük bir çoğunlukla Mekanik Chillerler kullanılmaktadır. Absorbsiyonlu soğutma sistemleri çok eskiden beri bilinmekte ise de kullanımı çok az olmuştur. Son yıllarda işletmelerde atık ısıların değerlendirilmesi için çalışmalar yapılmış ve ısıtma ve proses amaçlı buhar üretilmiştir.

Fabrikamızda da 2003 yılında döner fırınların atık ısısından (yaklaşık 280 derece) faydalanılarak buhar elde etmek amacıyla 3 milyon kCal'lık bir reküperatör tesisi kurulmuştur. Bu tesisin 1milyon kCal kapasitesi kullanılmakta olduğundan kalan kapasitenin bir kısmından faydalanılarak 800 kW soğutma kapasiteli Absorbsiyon sistemi kurulmuştur. (Kalan kapasite ileride soğutma ihtiyacı olan yerlerde kullanılacaktır.

Diğer bilgiler:

Mekanik ve Absorbsiyon Chiller sistemlerinin maliyet analizleri ve elektrik enerjisi tüketimlerini karşılaştıracak olursak;

800 kW soğutma kapasiteli Absorbsiyon Chiller maliyeti	: 250.000 US\$
Motor güçleri toplamı	: 70 kW
Fiili durumda harcadığı güç	: 55 kW
400kW soğutma kapasiteli Mekanik Chiller maliyeti	: 70.000 US\$
Motor güçleri toplamı	: 150 kW

Absorbsiyonlu sistemin mekanik chillere göre tasarrufu : 150 kW – 55 kW
: 95 kW

Rekuperatör sistemi yılda 330 gün çalışmakta olduğu için yıllık tasarruf;

95 kW x 24 Saat x 330 Gün : 752.400 kWh/Yıl

Tasarruf miktarı : 752.400 kWh/Yıl x 0,0875 YTL/kWh
: **65.835 YTL/Yıl**

Geri ödeme süresi : (307.500 YTL - 86.100 €)/65.835€/Yıl
: **3,4 Yıl**

Eğer 800kW kapasitenin tamamını kullanacak olursak Absorbsiyon sisteminin çekeceği güç 70 kW olacak. Mekanik chiller kullanılsa bu güç 300 kW civarında olacaktı.

Bu durumda tasarruf : 300 kW – 70 kW
: 230 kW dır.

Not: Elektrik odalarındaki hava apareyleri ve zon pompaları mekanik chillerde de kullanılacağı için bunların maliyetleri hesaba katılmamıştır.

1 kWh = 0,0875 YTL/kWh (0,05 €/kWh)

1 US\$ = 1,23 YTL

1 € = 1,76 YTL

5.2. Oturum

Oturum Başkanı : Oğuz TÜRKYILMAZ

Enerji Ekipmanları Yerli retimi

- **Ayla TUTUŞ** : Türkiye Hidromekanik Ekipman Pazarı
- **Muzaffer BAŞARAN** : Enerji Ekipmanları Yerli retimi Kamu Santrallerinde Yerli Malzeme Kullanımı
- **Gültekin TÜRKOĞLU** : Elektro-Mekanik İmalat Sanayi ve Hirfanlı HES 4 nc ünite rneĐi
- **Eşref ÖZÇELİK** : Elektromekanik Ekipmanları retimi
- **Yakup ÇİFTÇİ** : Enerji Optimizasyonu ve Enerji Maliyetlerinin Sürdürülebilir Azaltılması İçin Bütünsel Yaklaşım

HES'LERDE ELEKTROMEKANİK PAZARI VE YERLİ İMALATIN ÖNEMİ

Ayla TUTUŞ –DEK TMK

1. HİDROELEKTRİK SANTRALLERDE ARAŞTIRMA GELİŞTİRME (AR-GE)

Gelişmekte olan ülkeler sınıfında yer alan ülkemizde teknolojik ürün ihtiyaçları AR-GE ye dayalı tedarik yerine, satın almaya dayalı tedarik yöntemi kullanılarak karşılanmaktadır. Bu tedarikin önemli bir bölümünü ithal teknolojilerin oluşturması, yerli AR-GE çalışmalarının ve dolayısıyla yerli üretim ve sanayinin gelişmesini engellemektedir. Ayrıca bu ürün ve hizmetlerin sağlandığı yurtdışı firmaların AR-GE harcamaları da bir anlamda ulusal kaynaklarımızdan fonlanmaktadır. Ülkemiz ise sadece teknoloji satın alan genellikle eskimiş teknolojilerin pazarı olarak görülen bir ülke konumunda yer almaktadır. Sanayimiz ise montaj sanayisinden öteye gidememektedir. Bu durum diğer sektörlerde olduğu gibi baraj ve hidroelektrik santrallerin hidromekanik ve elektromekanik ekipman tedariki içinde geçerlidir.

2. BARAJ VE HES'LERDE ENERJİ MAKİNALARININ TANIMI

Baraj ve hidroelektrik santrallerde enerji makineleri tanımı ikiye ayrılmaktadır. Bunlar;

II-I Doğrudan enerji üreten hidroelektromekanik ekipman diye adlandırılan makineler;

Türbin ve Jeneratörler

II-II Enerji üretiminde yardımcı olan ve hidromekanik ekipmanlar diye adlandırılan makineler

Kapaklar, Izgaralar

Derivasyon, sualma yapısı, dolusavak, dipsavak emme borusu batardo kapakları

Giriş yapısı tekerlekli, katerpillar kapakları

Dolusavak, dipsavak radyal kapakları

Sualma yapısı ızgaraları, ızgara temizleme düzenleri

Kapak kaldırma mekanizmaları

Halatlı, zincirli, krameyerli mekanik kaldırma mekanizmaları

Hidrolik silindirli kaldırma mekanizmaları

Vanalar

Hidrolik ve mekanik tahrikli kelebek vanalar

Hidrolik ve mekanik tahrikli sürgülü vanalar

Hidrolik ve mekanik tahrikli konik vanalar

Hidrolik ve mekanik tahrikli küresel vanalar

Cebri Borular

Enerji cebri boruları (açıkta döşenmiş, gömülü, tünel çelik kaplamaları)

Branşmanlar, geçiş parçaları, esnek ve genleşme contaları
Dipsavak boruları
Denge bacaları

Ayrıca, hidrolik santrallerde montaj, bakım ve/veya direkt olarak bazı kapakların işletmesinde kullanılan tavan ve portal vinçler de enerji makineleri tanımına girmektedir. Basınçlı hava sistemleri, drenaj ve su boşaltma sistemleri, çeşitli su pompaları, yağ taşıma ve depolama sistemleri, acil ihtiyaç dizel jeneratör sistemi, hatta ısıtma, havalandırma, iklimlendirme yardımcı sistemlerini de bu gruba katmak mümkündür.

Esas itibarı ile elektrik ekipmanları olarak adlandırılabilirler olan transformatörler, kesici-ayırıcılar, şalt sahaları ekipmanları gibi birçok elektrik ekipmanı da yapıları itibarı ile enerji makineleri olarak sınıflandırılabilirler.

3 BARAJ VE HES YATIRIM MALİYETİ İÇERİSİNDE ENERJİ MAKİNALARININ PAYI

DSİ Genel Müdürlüğü verilerine göre barajlı bir hidroelektrik santralin birim yatırım maliyeti yaklaşık 1000–1500 \$/kW'tır. Bu maliyetin yaklaşık %30'unu yani 300–450\$/kW'ını elektromekanik ve hidromekanik oluşturmaktadır. %30'un ise %80'ini 240–360 \$/kW'ını elektromekanik, %20'sini yani 60–90 \$/kW'ını ise hidromekanik oluşturmaktadır. Özel sektör tarafından gerçekleştirilerek 2000 yılında işletmeye alınmış olan Birecik barajı ve HES'in birim yatırım maliyeti 1100\$/kW olarak gerçekleşmiştir. Bu maliyetin 344\$/kW'ını elektromekanik, 73\$/kW'ını ise hidromekanik ekipman maliyeti oluşturmuştur. Ayrıca bir hidrolik santralin hidroelektromekanik teçhizat bedelinin %18 ile %26 arası bedel proje ve tasarım ücretini oluşturmaktadır.

4 TÜRKİYE'DEKİ SU YAPILARI PROJELERİNDE YERLİ SANAYİNİN KATKISI

Türkiye'de ICOLD standartlarında (temelden yüksekliği 15 m ve rezervuar hacmi 3hm³'ten büyük) bugüne kadar 555 adet büyük baraj 664 adet gölet inşa edilmiştir. 148 adet de hidroelektrik santral mevcuttur. İnşaat işlerinin hemen hemen tamamı yerli olarak gerçekleştirilmektedir. Yatırım maliyetinin yaklaşık %10-%50'sini (proje kapsamında enerji amacının, tünel ve depolama sisteminin olması durumuna göre değişir) oluşturan **makine ekipmanlarından**; **hidromekanik** ekipmanlarda tasarım ve imalat olarak 1960'lı yılların ortalarından başlayarak 1980'li yıllardan sonra tüm ekipmanları kapsayacak duruma gelmiş, parasal değeri çok daha yüksek olan **hidroelektromekanik** ekipmanlarda ise çok sınırlı sayıda imalatla kısıtlı kalmıştır.

DSİ'nin 1954 yılında kuruluşundan sonra baraj ve HES yapımı hızlanmış 1960 lı yıllarda özellikle hidroelektromekanik ekipmanın iç piyasadan temini yönünde görüşler desteklenmiştir. Bu doğrultuda 1977 tarihinde TEMSAN'ın (Türkiye Elektromekanik Sanayii A.Ş.) kurulması ile su türbinleri ve jeneratörlerin yurt içinde yapımı için çok önemli bir adım atılmıştır.

KİK kanunun çıkmasından önce, DSİ Genel Müdürlüğü gerçekleştireceği bir kısım hidroelektrik santralleri TEMSAN'a protokolle vermekteydi. TEMSAN, kendisine ortak seçeceği yabancı firmayı kendi ihale usullerine göre belirlemekte ve teklifini ortaklık adına DSİ Genel Müdürlüğüne iletmekteydi. Bu yöntemle TEMSAN'ın gelişmesine önemli bir destek sağlanırken, yerli üretim ve alım oranı maksimum tutulabilmekteydi.

Ancak aradan geçen yıllar içerisinde her zaman ve herkesim tarafından desteklenmesi gereken bu kuruluş ihmal edilmiştir. TEMSAN tasarım konusunda tamamıyla dışa bağımlı olarak bugünlere kadar gelmiştir.

TABLO-1 Temsan Tarafından Yabancılarla Ortaklaşa Üretilen Türbin ve Jeneratörler*

s.no	SANTRALİN ADI	TOPLAM GÜCÜ (MW) (a)	YAPILAN YATIRIM TUTARI (\$) (b)	YILLIK ENERJİ ÜRETİMİ Milyon kWh	YAPILAN YATIRIMIN GERİ DÖNÜŞ SÜRESİ (YIL) (b/d)	PROJENİN DÖVİZ İKAMESİ	İŞLETMEYE ALINDIĞI TARİH
1	KEPEZ II HES ANTALYA	2 x 2,91=5,82	917.956	21			1986
2	MANAVGAT HES (Kısmi İmalat)	2 x 24,00 = 48,00		220			1986
3	İVRİZ HES KONYA	2 x 0,52 = 1,04	637.855	4			1986
4	HOŞAP HES VAN	2 x 2,10 = 4,2	1.514.876	13			1989
5	TERCAN HES ERZURUM	3 x 4,98 = 14,94	4.191.176	51			1990
6	KOÇKÖPRÜ HES VAN	4 x 2,17 = 8,68	3.352.394	44			1994
7	KRALKIZI HES DİYARBAKIR	2 x 48,28 = 96,56	13.594.125	146	1,4	7.476.769	1998
8	DİCLE HES DİYARBAKIR	2 x 55 = 110	14.350.787	298	1	7.892.933	1999
9	KUZGUN HES ERZURUM	3x6,30+1x2,06 = 20,96	8.310.643	36	4,6	4.570.854	1999
10	ÇAMLIGÖZE HES SİVAS	2 x 17,20 = 34,40	16.084.336	102	3,2	8.846.385	2000
12	SUATUĞURLU HES SAMSUN	1 x 23,50 = 23,50	12.347.307	65	3,2	4.986.812	2000
11	BEYKÖY HES ESKİŞEHİR	3x5,60= 16,80	16.198.773	87	3,7	8.909.325	2000
13	BATMAN HES BATMAN	3x62,15+1x5,70 = 192,15	40.795.633	483	1,7	22.437.599	2003
14	MERCAN HES TUNCELİ	3 X 6,18 = 18,53	8.597.007	78	2,2	4.728.354	2003
15	KÜRTÜN HES GÜMÜŞHANE	2 x 46 = 92	17.752.289	198	1,8	9.763.760	2003
16	ALPASLAN-I HES VAN	4x41,75 = 167,00	28.723.079	488	1,2	15.797.693	2008(tahmini)
17	ÇİNE HES AYDIN	2x23,60 = 47,20	10.335.260	118	1,8	5.684.393	2008(tahmini)
18	KILAVUZLU HES MARAŞ	4x14. 10= 56,4	-	100	-	-	2008(tahmini)
19	MANYAS HES BALIKESİR	3x6,83 = 20,49	-	59	-	-	2008(tahmini)
20	TOPÇAM HES ORDU	3x20,87 = 62,61	-	200	-	-	2008(tahmini)
TOPLAM		1041,28	187.089.239	2.546		101.094.877	

16,18 ve 19.sıradaki santrallerin montaj çalışmaları devam etmektedir. 17. sırada bulunan Çine HES’de inşaat işlerinin ilerlememesi nedeniyle montaj yapılamamaktadır. Cindere HES projesi TEMSAN yükümlülüğünden çıkarılmıştır.

Ülkemizde; türbin, jeneratör ve yardımcı ekipman ile güç transformatörleri, otomatik kontrol ve kumanda sistemlerinin tümü yerli olarak imal edilebilmektedir. 32 MW Kurulu gücündeki Hirfanlı HES’in dördüncü ünitesi buna bir örnektir. İki senede imalatı ve montajı yapılarak 08.08.1982 günü ticari

işletmeye alınan santralin bu ünitesi, günümüze kadar arızasız ve kesintisiz üretimini sürdürmektedir. Yüzde yüz yerli olarak yapılmış olması, enerji üretim ve dağıtım makineleri ile ekipmanın üretimi için gerekli imalat sanayinin Türkiye’de mevcut olduğunu kanıtlamaktadır. Ayrıca Derbent Barajı’nın türbin gömülü parçaları GÜRİŞ tarafından, Birecik Barajı jeneratör rotor örümcekleri ve kamaları (6x112 MW) GAMA tarafından imal edilmiştir.)

TABLO-2 Jeneratörleri İŞBİR, Türbinleri TÜRBO SAN Tarafından İmal Edilmiş Olan Mini ve Mikro Santraller

Yıl	K. Güç kW	Tip	Yer
1983	675	Francis	K.Maraş Döngel HES
1985	120	Francis	Hakkâri-Çukurca Narlı HES
1985	132	Francis	Sivas-Yakaboyu HES
1985	111	Francis	Erzurum-Eşkay HES
1985	45	Francis	Adıyaman- Kâhta HES
1985	144	Francis	Sivas-Gürün Sarıca HES

Yukarıdaki örneklerden de anlaşılacağı gibi hidroelektrik santral donanımları ile transformatörlerinin yardımcı elemanları, koruma ve kumanda tesisleri komple projelendirilip imalat ve montajları güvenilir bir biçimde ithal ürünün yarı fiyatına yapılabilme olanağı vardır. Ayrıca birçok santralde salyangoz, emme borusu, sabit çember, türbin çukuru çelik kaplaması gibi birçok türbin parçası, yabancı tasarımla yerli firmalar tarafından imal edilmiştir. Zaten yabancı firmalar taahhüt ettikleri ekipmanların büyük bir bölümünü de ülkemizde imal ettirmektedirler.

Türkiye’de elektromekanik sanayinde üretim; özellikle şalt ve dağıtım cihazları konusunda önemli ölçüde artmış olmakla beraber ithalatta da aynı hızla artmaktadır. Özellikle, büyük jeneratörler, motorlar, türbinler, karmaşık ölçme kontrol ve otomasyon sistemleri hala ithal edilmektedir.

Enerji üretim tesislerinin ihtiyacı olan her türlü donanım, vasıflı çelik borular, ventiller, fanlar, elektrik motorları, pompalar, vasıflı çelik saclar, vasıflı çelik miller, kesiciler, ayırıcılar, trafolar, ölçü aletleri, kablolar, dişliler, dişli kutuları, sızdırmazlık elemanları Türkiye’de üretilmektedir. Ayrıca büyük boyutlarda talaşlı imalat ve kaynaklı konstrüksiyon imalat olanakları mevcuttur.

DPT verilerinden¹ alınan bilgilere göre elektromekanik sanayiinde 650 civarında imalatçının olduğu ve sektörde 40.000’den fazla kişinin çalıştığı anlaşılmaktadır. Sektörde uzun yıllardır uluslararası standart ve kurallar doğrultusunda imalat yapılmakta ve yaklaşık 450 firmada TS EN ISO 9001:2000 kalite standartları uygulanmaktadır.

¹ 2003 yılı verileri kullanılmıştır.

5 MUHTEMEL PAZAR ARAŞTIRMASI

5.1 Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyeli

Teorik Potansiyel	433 Milyar kWh/yıl
Teknik Potansiyel	216 Milyar kWh/yıl
Ekonomik Potansiyel	150 Milyar kWh/yıl

Belirtilen ekonomik potansiyelin dışında henüz çalışılmamış ekonomik birçok proje yeri bulunmaktadır. Bu nedenle 2001 yılında DSİ Genel Müdürlüğü tarafından ilave HES potansiyelini belirlemek üzere çalışma yapılmış ve ekonomik potansiyelin yaklaşık 163 milyar kWh olacağı tahmin edilmiştir. Bu potansiyel dikkate alındığında 117 milyar kWh/yıl enerji üretilebilecek olan su enerjisi alınmadan denizlere gönderilmekte ve Türkiye bundan dolayı her yıl 7- 8 milyar dolar kaybetmektedir.

Elektrohidromekanik ekipmanın yerli olarak imal edilmemesi nedeniyle Tablo-3'te verilmiş olan inşa halindeki 6 564 MW kurulu gücünde 158 adet, proje aşamasında ise 22 260 MW kurulu gücünde 977 projenin yakın gelecekte gerçekleştirilmeleri durumunda dışardan alınacak olan elektrohidromekanik ekipman için yaklaşık 11 milyar \$ döviz dışarı gidecektir.

İşletmede olan 148 adet santralden 58 adedi 35 yaşın üzerindedir ve elektromekanik ekipmanları kısmen veya tamamen değiştirilmek zorundadır. Bunun yanında işletmedeki santralardan henüz 8-10 yıldır işletmede olmalarına rağmen kalitesiz ürünlerin kullanılmış olmasından dolayı (Romanya'dan alınmış türbinlerde olduğu gibi) rehabilitasyon zorunluluğu doğmuş birçok büyük ölçekli proje bulunduğu bilinmektedir.

Ayrıca ülkemiz enerji sistemi içerisinde biran önce yer alması gereken pompa depolamalı santrallerde kullanılacak olan ekipmanlar ile pompajlı sulama ve içme suyu projelerinde kullanılacak olan ekipmanlarda göz önünde bulundurulacak olursa elektrohidromekanik alanındaki pazar sadece ülkemizde yaklaşık 20 milyar \$'a ulaşacaktır.

TABLO-2 Ekonomik HES Potansiyelinin Proje Durumlarına Göre Dağılımı (Haziran 2007)

Proje Durumu	Proje Sayısı	K.Güç (MW)	Ort. Üretim (GWh/yıl)	Oran (%)
İşletmede	148	13 306	47 590	32
İnşa Halinde ²	158	6 564	23 620	16
Proje	977	22 260	79 177	52
Toplam	1 283	42 480	150 387	100

5.1.2 D8, Ekonomik İşbirliği Teşkilatı (EİT) ve Karadeniz Ekonomik İşbirliği Teşkilatına (KEİT)'na Üye Ülkelerdeki Hidroelektrik Potansiyel

Türkiye'de elektromekanik sanayinin geliştirilmesi durumunda Türkiye'nin de üyesi olduğu D8 ülkeleri, Ekonomik İşbirliği Teşkilatı (EİT) ülkeleri ve Karadeniz Ekonomik İşbirliği Teşkilatı (KEİT) ülkelerinin hidroelektrik potansiyeli ve gelişme durumu muhtemel pazar olarak düşünüldüğü için incelenmiştir.

² İnşa aşamasında DSİ web sayfasında sadece 42 adet proje görülmektedir. İnşaatına başlanmış olan özel sektör projeleri ilave edilmemiştir. Bu yüzden inşa halindeki 158 adet proje, EPDK web sayfasında inşaatına başlamış gözüken projeler ile DSİ sayfasındakilerin toplamıdır. (Ayla TUTUŞ)

Türkiye'nin uluslararası anlaşmalarla bağlı olduğu bu ülkelerin birçoğunda hidroelektrik potansiyelin büyük kısmının önümüzdeki yıllarda geliştirilecek olması elektromekanik sanayimizi geliştirdiğimiz takdirde, bu ülke yatırımlarında da değerlendirilebilmesi için bir fırsat olarak görülmektedir.

Bu ülkelerdeki HES potansiyeli ve kullanım oranları aşağıda verilmiştir.

TABLO-3 D8 Ülkelerinin Hes Potansiyeli ve Kullanım Oranları

Ülke	Teknik HES Potansiyeli	Ekonomik HES Potansiyeli	Teknik Pot. Kullanım Oranı	Ulusal Enerji Üretimindeki payı
	GWh/yıl	GWh/yıl	%	%
Bangladeş	1 500	1 300	Bilinmiyor	4,5
Endonezya	401 646	40 000	2**	12
İran	50 000	50 000	16**	6
Malezya	123 000	123000	5	9
Mısır	50 000	50 000	30**	17
Nijerya	32 450	29 800	26	41
Pakistan	175 000	175000	20	29
D8 Toplamı	833 596	469 100		

TABLO-4 EİT Ülkelerinin Hes Potansiyeli ve Kullanım Oranları

Ülke	Teknik HES Potans.	Ekonomik HES Potans.	Teknik Pot. Kullanım Oranı	Ulusal Enerji Üretim. Payı
	GWh/yıl	GWh/yıl	%	%
Afganistan	Bilinmiyor	Bilinmiyor	Bilinmiyor	Bilinmiyor
Azerbaycan	16 000	7 000	12,00	7
İran	50 000	50 000	16	6
Kazakistan	62 000	27 000	11,60	13,50
Kırgızistan	99 200	55 200	10,70	92,50
Özbekistan	27 400	15 000	24,80	10,20
Pakistan	175 000	175 000	20,00	29,40
Tacikistan	263 500	263 500	5,70	96,00
Türkmenistan	4 800	1 700	0.03	0,10
EİT TOPLAMI	697 900	594 400		

TABLO–5 KEİT Ülkelerinin Hes Potansiyeli ve Kullanım Oranları

Ülke	Teknik HES Potansiyeli	Ekono. HES Potansiyeli	Teknik Pot. Kullanım Oranı	Ulusal Enerji Üretiminde payı
	GWh/yıl	GWh/yıl	%	%
Arnavutluk	15 000	6 380	35	97
Azerbaycan	16 000	7 000	12,6	7
Bulgaristan	15 000	12 000	33	5
Ermenistan	6 500	3 500	16**	33
Gürcistan	80 000	40 000	8	91
Moldova	1 200	1 000	27**	7
Romanya	40 000	30 000	40**	29
Rusya	1 670 000	852 000	10	20
Ukrayna	23 500	16 500	50	6
Yunanistan	15 000	12 000	50	7
KEİT Toplamı	1 882 200	980 380		

(*) TABLO 3-4-5 Kaynak: 2005 World Atlas & Industry Guide (Hydropower & Dams) verileri kullanılarak **Ayla TUTUŞ** tarafından hazırlanmıştır.

(**) Teknik potansiyelin kullanım oranı verilmediği için o yılki hidrolik üretim üzerinden bulunan değerlerdir.

5.2 HES'LERİN KURULU GÜÇLERİNE GÖRE SINIFLANDIRILMASI

Birleşmiş Milletler Sanayi ve Kalkınma Organizasyonu UNİDO tarafından belirlenen ve dünyada birçok ülke tarafından kabul gören sınıflandırmaya göre kurulu gücü;

0–0,1MW arasında olan santraller **mikro**,

0,1–1MW arasında olan santraller **mini**,

1–10 MW arasında olan santraller **küçük HES**

10 MW ve üzeri ise **büyük HES** olarak tanımlanmaktadır.

Hidroelektrik türbinler aslında “tailor made” olarak yani çalışacakları yerdeki doğa koşullarına göre oraya ait olarak tasarlanırlar. Söz konusu doğa koşulları proje yerindeki suyun düşü, debi ve kavitasyon gibi özellikleridir. Herhangi bir santral için tasarlanan hidrolik türbin bir başka santralde kullanılamaz. Bir santralde kullanılan türbinin bir başka santralde kullanılabilmesi ancak rastlantısal ve nadiren mümkün olabilir. Ancak kurulu güç düştükçe toplam yatırım bedeli içersindeki enerji makinalarının oranı artmaktadır. Bu oranın düşürülmesi için sınıflandırılmış donanım üretimi oldukça önem arz etmektedir. Verim kayıpları ve diğer olumsuzlukların ihmal edilebileceği mini ve mikro ölçekli santraller düşü ve debiye göre sınıflandırılarak standartlaştırmak suretiyle türbin üretim maliyetleri aşağıya çekilebilir. Örneğin küçük HES potansiyeli yönünden oldukça zengin olan Çin standardizasyona giderek elektromekanik ekipman maliyetlerini oldukça düşürmüştür. Türkiye'nin küçük HES potansiyeli Tablo-7'de verilmiştir

TABLO–6 İşletmedeki Santraller

K.Güç aralığı MW	Santral sayısı	Toplam K.Güç MW	Toplam Üretim GWh/yıl
0-0,1	5	0,47	3
0,1-1	31	14	51
1-10	40	186	716
10-50	33	824	3 111
50-100	16	1 146	4 844
100-250	12	1 775	5 630
250 ve üzeri	11	9 314	33 235
TOPLAM	148	13 306	47 590

TABLO–7 İnşa Halindeki Santraller

K.Güç aralığı MW	Santral sayısı	Toplam K.Güç MW	Toplam Üretim GWh/yıl
0-0,1	0		
0,1-1	1	1	4
1-10	56	328	1 422
10-50	66	1 675	6 967
50-100	18	1 300	4 232
100-250	12	1 714	5 747
250 ve üzeri	5	1 546	5 248
TOPLAM	158	6 564	23 620

TABLO–8 Önümüzdeki Yıllarda Geliştirilecek Olan Santraller

K.Güç aralığı MW	Santral sayısı	Toplam K.Güç MW	Toplam Üretim GWh/yıl
0-0,1	0		
0,1-1	67	45	239
1-10	528	2 486	10 088
10-50	285	6 409	24 144
50-100	54	3 874	13 176
100-250	31	4 857	16 117
250 ve üzeri	12	4 939	15 414
TOPLAM	977	22 610	79 177

TABLO–9 Kurulu Güçleri 10 Mw’ın Altında Olan Santraller
(Mikro-Mini –Küçük Hes’ler)

Proje durumu	Santral sayısı Adet	Toplam K.Güç MW	Toplam Üretim GWh/yıl
İşletmede	76	201	770
İnşa Halinde	57	329	1 426
Projelendirilmiş	595	2 531	10 327
TOPLAM	728	3 062	12 523

Not: Yukarıda verilen 6,7,8,9 nolu tablolar DSİ’den alınan veriler doğrultusunda **Ayla TUTUŞ** tarafından hazırlanmıştır. Ancak 4 adet bölgeden veri gelmediği için toplam 165 adet küçük ölçekli olduğu düşünülen proje ile ilgili bilgiler bu rakamlara dâhil edilememiştir.

6. TÜRKİYE’DE BU ALANDA YÜRÜTÜLMEKTE OLAN AR-GE ÇALIŞMALARI

Yıllardır üniversiteler, ilgili kamu kurumları, sivil toplum örgütleri ve TUBİTAK gibi birçok kuruluşun üzerinde fikir birliği ettiği bu konuda birçok raporlar yazıldığı imalat sektörünün geliştirilmesi için AR-GE çalışmalarının yapılmasının gerekliliği karar vericiler tarafından önemsenmemiş ve ülkemiz sürekli teknoloji ithal eden dışa bağımlı bir ülke olarak varlığını sürdürmeye mahkûm edilmiştir.

10.05.2005 tarihinde yürürlüğe giren 5346 sayılı “Yenilenebilir enerji kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” un amacın açıklandığı Madde -1’de “Bu Kanunun amacı; yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve **bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesidir**” denilmektedir.

10 Mart 2005 tarihinde yapılmış olan 11.Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu Toplantısında alınan “Kamu kuruluşlarında AR-GE’ ye dayalı ihtiyaçlarının karşılanması ve toplumsal düzeyde AR-GE talebi oluşturmak için ihtiyaçlara bağlı araştırma programlarının oluşturulmasına karar verilmiş ve bu doğrultuda Enerji Bakanlığından Enerji Araştırma Programının hazırlanması talep edilmiştir. Bu kapsamda orta ve küçük ölçekli hidroelektrik santrallerin kontrol-kumanda ve koruma sistemi tasarımı için TUBİTAK-BİLTEN-ODTÜ işbirliği ile bazı çalışmalar sürdürülmektedir.

Ayrıca mini ve mikro Hidroelektrik Santrallerin (HES) tasarım, projelendirme ve imalatlarına başlanılmıştır. Bu çalışmaların esas gayesi yurdumuzda atıl vaziyette bulunan küçük su kaynaklarının kullanılabilir hale getirilmesi ve bunun en ekonomik şekilde uygulanmasını sağlamak ve kolaylaştırmaktır.

DPT destekli küçük su türbinlerinin geliştirilmesi konusunda Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Sabancı Üniversitesi ve Kırıkkale Üniversitesi ile birlikte çalışmalar yapılmakta olup, bu kapsamda 2 adet Banki Türbini imalatı gerçekleştirilmiştir. (16 kW, 41 kW)

TABLO-10 Temsan Tarafından Yürütülen Ar-Ge Projeleri

Tipi	Gücü (kW)	Debi (lt/sn)	Düşü (m)	Açıklama
Banki	3	50	10	İmalatı bitirildi
Banki	4	90	7	“
Banki	8	300	5	Alabalık çiftliğine satıldı
Pelton	10	40	45	İmalatı bitirildi
Banki **	16	300	8	“
Francis	37	300	15	“
Banki **	41	750	8	“
Boru tipi	100	760	15	“
Pelton	100	150	100	İmalatı devam etmektedir
Banki	200	600	50	“
Pelton	0,5	3,7	23	“
Francis	300	1500	23	Projesi bitirildi
Pelton	500	470	145	Proje çalışmaları son aşamadır.

** DPT'nin Küçük HES'ler için türbin geliştirme projesi kapsamında yapılmıştır.

Şalt sahası, iç ihtiyaç sistemi, jeneratör çıkış hücreleri, bus-duct, soğutma suyu ve drenaj sistemi, projeleri TEMSAN tarafından yapılmaktadır.

Kuzgun HES küçük ünitesi (2.06 MW) türbin dizaynı komple TEMSAN tarafından yapılmış olup, ilgili santralde çalışmaktadır.

Kelebek vana dizaynları da TEMSAN tarafından yapılmaktadır.

Görüldüğü üzere Kanunda yer almasına rağmen bu çalışmalar göstermelik birkaç küçük projeden öteye gitmemektedir. Konunun Kanunlarda yer alması yeterli şart değildir. Aynı zamanda siyasi iradenin gerçekleştirilmesi yönünde istekli olması ve çaba harcaması gerekmektedir. Gerçek bir AR-GE çalışması yapılabilmesi için türbin test laboratuvarının açılması zorunludur.

7 SONUÇ

Sonuç olarak Cumhuriyetimizin kurulduğu ilk yıllarda olduğu gibi kalkınmamız için öncelikle kendi kaynaklarımızı kullanmamız gerekliliği tartışılmaz bir gerçektir. Borçlarımızın üstesinden borçla gelmemiz mümkün değildir. Sorunların ancak yatırım, kaliteli, verimli üretim ve ihracat ile aşılması mümkündür.

Ülkemizde yüksek katma değer yaratacak ürünlerin üretimi fabrika makinaları, enerji makinaları ve elektromekanik donanımları sürekli dövize, dış borca bağlı olarak yurt dışından ithal edilerek sanayileşme sürdürüldüğünden ve sanayileşmeyi teşvik politikasında yabancı donanıma dayalı girişimcilik adeta teşvik edildiğinden, Türk sanayicisi, iş adamı, mühendisi ve işçisi makina üretimi konusunda becerisiz bırakılmıştır. Enerji üretimi konusundaki teknik hizmetler, kısmi projelendirme ve imalat ile montajdan öteye gidememiştir. Bu nedenle yerli hidroelektromekanik sanayiinin devlet desteğinde proje, tasarım ve test laboratuvarları yönüyle geliştirilmesi ve yatırımlarının yapılması gerekmektedir.

KAMU SANTRALLERİNDE YERLİ MALZEME KULLANIMI

Muzaffer BAŞARAN

*Makina Yük. Mühendisi
EÜAŞ Emekli Genel Md. Yrd.
DEK TMK Denetleme Kurulu Üyesi*

ÖZET

Türkiye Kurulu gücü 1970’de 2.234 MW’ken 2008 sonunda 41.747,4 MW olmuştur. Son 30 yılda yılda ortalama % 8’in üzerinde artan elektrik tüketimi 2008’de 198,1 milyar kWh olmuştur. Türkiye’de kurulu gücün %57,5 ve üretimin %49,34’ü kamu kuruluşu olan EÜAŞ’a aittir.

Kamu santralleri yapılırken 3 yöntem kullanılmıştır. Bunlardan çoklu paket usulü ihalede yerli malzeme kullanımı, anahtar teslimi ve paket usulüne göre daha fazladır. İşletme döneminde türbin generatör malzemeleri genelde orijinal imalatçılardan alınırken, diğer kısımlarda yerli yedek kullanımı daha fazladır.

Santrallarda yerli malzeme kullanımında en önemli iki nokta: Türkiye’de santral dizaynında Türk Mühendis ve Müşavir firmaların gelişmesi ve Türkiye’de üretiminin fizibl olduğu saptanan malzeme ve yedeklere öncelik verilmesinin gerektiğidir.

ABSTRACT

The installed capacity in Turkey was 2.234 MW in 1970 and it reached to 41.747,4 at the end of 2008. The electricity consumption increasing at an average rate of 8% in the last 30 years was 198,1 billion kWh in 2008. The share of state utility EUAS is 57,5% in installed power and 49,34% in electricity production.

Three methos were used while state power plants were built. The percentage of local content in multiple lot method is higher than the percentages of lot method and turn key method.

To increase the local content, there are two important points: one is that Turkish Engineering and Consultant Companies in the design of power plants should be improved, the second point is the priority for local manufacturing should be given to the most feasible materials and spares

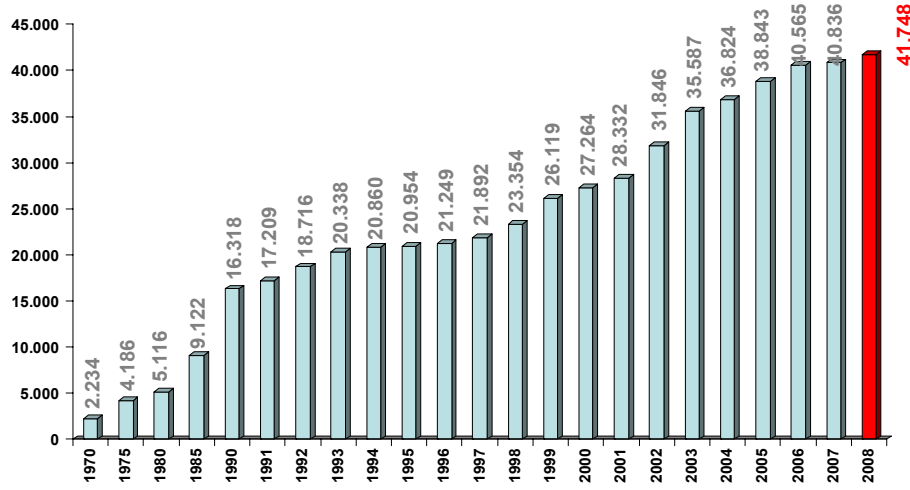
1.GİRİŞ

Türkiye’de elektrik üretim tesisi olan santrallerin kurulu gücü 41.747,8 MW’dır. 2008 yılı elektrik üretimi ise 198,33 milyar kWh’dir. Kurulu gücün %57,5’i yani 23.980,8 MW kamu kuruluşu olan EÜAŞ Elektrik Üretim A. Ş.’ye aittir.

Bu çalışmada EÜAŞ Santrallerinin hem kuruluş aşamasında hem de işletme döneminde yerli malzeme kullanımı incelenecektir.

2. TÜRKİYE KURULU GÜCÜ

1970 yılında 2.234 olan Türkiye Kurulu gücü 2000 yılında 27.264 MW olmuş ve 2008 yılında 41.747,8 MW’a ulaşmıştır. 1970’lerden 2003’lere kadar yılda %8’in üzerinde büyüme sağlanmışken son yıllarda bir duraklama olduğu görülmektedir. Aşağıdaki grafikte 1970’den bu güne kadar kurulu güçte ki gelişme verilmektedir. (Şekil 1).



Şekil 1: Türkiye’de Kurulu Güç Gelişimi (MW)

Kurulu gücün kuruluşlara göre dağılımı Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1: Türkiye kurulu gücünün kuruluşlara göre dağılımı

Kuruluş	MW	%
EÜAŞ	23.980,8	57,5
Yap İşlet Santraller	6.101,8	14,6
Serbest Üretici	4.778,6	11,4
Otoprodüktörler	3.525,2	8,4
Yap İşlet Devret	2.449,0	5,9
İşletme Hakkı Devri	650,1	1,6
Mobil Santral	262,7	0,6
Toplam	41.747,8	100,0

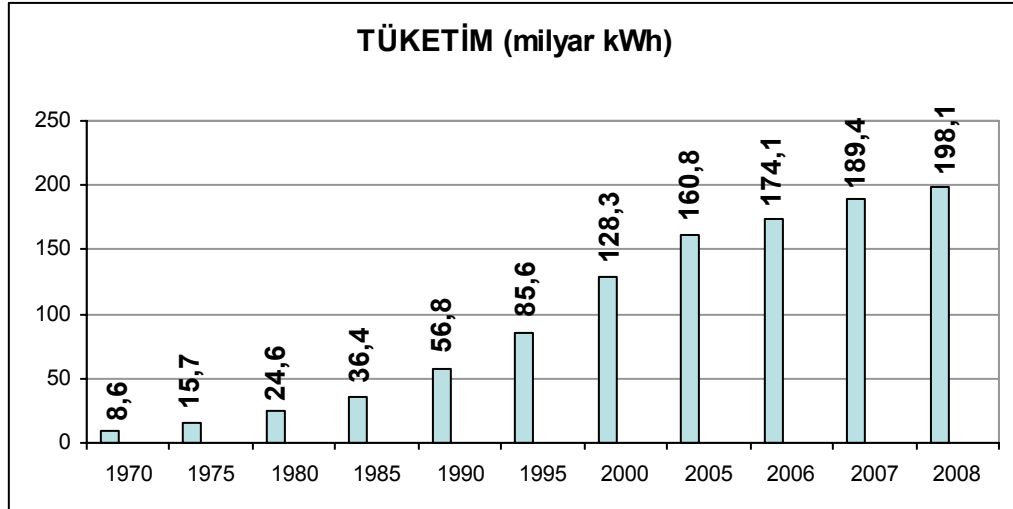
Kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı da Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. Türkiye kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı

Kaynak	MW	%
Hidrolik	13.828,7	33,12
Doğal Gaz	13.178,8	31,57
Yerli Kömür	8.445,9	20,23
Sıvı Yakıt	1.951,7	4,67
İthal Kömür	1.651,0	3,96
Rüzgar	354,7	0,85
Jeotermal	29,8	0,07
Diğer	2.307,2	5,53
Toplam	41.747,8	100,0

3. TÜRKİYE ELEKTRİK ÜRETİMİ

Türkiye elektrik tüketimi 1970’den bu yana yılda ortalama %8’in üzerinde artış göstermiştir. Şekil 2’de Türkiye elektrik tüketimindeki gelişme görülmektedir.



Şekil 2: Türkiye Elektrik Tüketiminin Gelişimi

Doğal olarak tüketime paralel olarak üretimde de aynı şekilde artışlar görülmüştür. Tablo 3’de 2008 yılındaki toplam 198.330 GW’lık üretimin kuruluşlara göre dağılımı verilmektedir.

Tablo.3 : Türkiye 2008 Elektrik Üretimini Kuruluşlara Göre Dağılımı

Kuruluş	GWh	%
EÜAŞ	97.859	49,34
Yap İşlet	43.437	21,90
Serbest Üretici	23.615	11,91
Otoprodüktör	15.327	7,73
Yap İşlet Devret	13.162	6,64
İşletme Hakkı Devri	4.315	2,18
ADÜAŞ	323	0,16
Mobil Santraller	293	0,15
Toplam	198.330	100,00

2008 elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı da Tablo. 4’de verilmektedir.

Tablo 4. Türkiye 2008 üretiminin kaynaklara göre dağılımı

Kaynak	GWh	%
Doğal Gaz	95.530,74	48,17
Yerli Kömür	44.917,07	22,65
Hidrolik	33.264,46	16,77
İthal Kömür	12.551,47	6,33
Sıvı Yakıt	9.772,30	4,93
Rüzgar	797,30	0,40
Jeotermal	161,67	0,08
Diğer	1.334,47	0,67
Toplam	198.329,48	100,00

4. EÜAŞ SANTRALLARI

EÜAŞ’ın toplam 23.980,8 MW’lık kurulu gücü, 12.524,9 MW’lık 19 adet termik santralden ve 11.455,9 MW’lık 103 adet hidrolik santralden oluşmaktadır. EÜAŞ kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı Tablo 5’de verilmektedir.

Tablo 5. EÜAŞ kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı

Kaynak	MW	%
Hidrolik	11.455,9	47,77
Kömür	7.761,0	32,36
Doğal Gaz	4.083,9	17,03
Sıvı Yakıt	680,0	2,84
Toplam	23.980,8	100,0

Toplam 12.524,9 MW gücündeki EÜAŞ’ın 18 termik santralinin listesi Tablo 6’da verilmektedir.

Tablo 6. EÜAŞ Termik Santralleri

No	Santral	İl	Yakıt	MW
1	Çatalağzı	Zonguldak	Taş Kömürü	300,0
2	Afşin Elbistan A	K. Maraş	Linyit	1.355,0
3	Afşin Elbistan B	K. Maraş	Linyit	1.440,0
4	Seyitömer	Kütahya	Linyit	600,0
5	Tunçbilek	Kütahya	Linyit	365,0
6	Kangal	Sivas	Linyit	457,0
7	Orhaneli	Bursa	Linyit	210,0
8	Çan	Çanakkale	Linyit	320,0
9	Ambarlı DGKÇ	İstanbul	Doğal Gaz	1.350,9
10	Bursa DGKÇ	Bursa	Doğal Gaz	1.432,0
11	Aliaga DGKÇ	İzmir	Doğal Gaz	181,0
12	Ambarlı F. O.	İstanbul	Fuel Oil	630,0
13	Hopa F. O.	Artvin	Fuel Oil	50,0
	Alt Toplam			8.690,9
	Bağlı Ortaklıklar			
14	Kemerköy	Muğla	Linyit	630,0
15	Yeniköy	Muğla	Linyit	420,0
16	Yatağan	Muğla	Linyit	630,0
17	Soma A ve B	Manisa	Linyit	1.034,0
18	Hamitabat	Kırklareli	Doğal Gaz	1.120,0
	Genel Toplam			12.524,9

EÜAŞ'ın işlettiği toplam 11.455,9 MW gücündeki 103 hidrolik santralden 100 MW'ın üzerinde olanlar Tablo 7'de verilmektedir.

Tablo 7. 100 MW'ın üzerindeki EÜAŞ hidrolik santralleri

No	Santral	İl	MW
1	Atatürk	Şanlıurfa	2.405,0
2	Karakaya	Diyarbakır	1.800,0
3	Keban	Elazığ	1.330,0
4	Altinkaya	Samsun	702,6
5	Berke	Osmaniye	510,0
6	Hasan Uğurlu	Samsun	500,0
7	Borçka	Artvin	300,0
8	Sır	K. Maraş	283,5
9	Gökçekaya	Eskişehir	278,4
10	Batman	Diyarbakır	198,0
11	Karkamış	Gaziantep	189,0
12	Özlüce	Elazığ	170,0

13	Çatalan	Adana	168,9
14	Sarıyar	Ankara	160,0
15	Gezende	İçel	159,4
16	Aslantaş	Osmaniye	138,0
17	Hirfanlı	Kırşehir	128,0
18	Menzelet	K. Maraş	124,0
19	Muratlı	Artvin	115,0
20	Dicle	Diyarbakır	110,0
	Toplam		9.769,8

Tablo 4 ve 5'in mukayeselerinden görüleceği gibi yerli kömüre dayalı santrallerin %91,89'u ve hidrolik santrallerin %82,84'ü EÜAŞ'ın elindedir.

5. KAMU SANTRALLERİNDE TESİS DÖNEMİNDE MALZEME TEMİNİ

Kamu Santralleri geçmişte 3 modele göre ihale edilmişlerdir.

1. Anahtar Teslimi (Turn Key)
2. Paket Usulü (Lot)
3. Çoklu Paket (Multiple Lot)

Anahtar teslimi yöntemde Yabancı Konsorsiyum Lideri yerli ortağının (İnşaat ve montaj) yerli olarak imal edeceği veya ettireceği malzeme ve ekipman dışında hemen her şeyi yurt dışından, özellikle kendi ülkesinden getirecektir. Bu tür ihalelerde Türkiye'de çok kolaylıkla yapılan veya yapılabilen cıvata somun, ızgara, kablo gibi malzemeler bile yurtdışından getirilir. Bunun örnekleri olarak kömür santrallerinde Yatağan, Yeniköy, Kemerköy, Soma, Afşin Elbistan B; doğal gaz santrallerinde Hamitabat, Ambarlı ve Bursa Santralleri verilebilir.

Paket Usulü ihalede Kazan, Turbo-generator, Şalt Sahası, Soğutma Kuleleri, Ölçü Kontrol, İnşaat işleri gibi 7-8 ayrı ayrı ihale edilir. Özellikle dış sahadaki ortak tesislerden yerli yapılabilecekler ayrılabilmesi için yerli malzeme kullanımı artacaktır. Ama yurt dışı firmaların alacağı ana ihale paketlerinde yerli malzeme kullanımı düşük olacaktır. Bu tür ihaleye, Seyitömer, Tunçbilek, Çayırhan, Kangal, Çatalağzı kömür santralleri örnek olarak verilebilir.

Çoklu paket sistemi sadece Afşin Elbistan A santralında uygulanmıştır. O dönemde TEK santralin çeşitli tesisleri yanında, montaj malzemesi, sarf malzemesi, montaj ekipmanları, iş makineleri ve el aletlerini de ayrı ayrı ihalelerle satın almış; inşaat işlerini ayrı ayrı ihale etmiş ve bunları montajı yürüten Genel Montaj müteahhidine vermiştir. Montaj Müteahhidi her paketin süpervizörleri nezaretinde montajı yapmış ve daha sonraki işletmeye alma safhasında personel desteği vermiştir. Bu sisteme göre yapılan Afşin Elbistan A Santralında yerli malzeme oranı diğer santrallara göre daha yüksektir.

Afşin Elbistan A Santralında tüm inşaat işleri, kablolar, topraklama iletkenleri ve hırdavatları, alçak basınç boruları ve vanaları, soğutma suyu boruları, ızgaralar, tanklar ve basınçlı kaplar, kömür bunker saç kaplama, küçük kaldırma aletleri, alçak basınç boru askıları, ısı eşanjörleri, fuel oil tankları ve fuel oil ısıtıcıları, düşük sıcaklık izolasyon, alüminyum ve çelik saçlar yerli olarak yapılmıştır.

6. İŞLETME DÖNEMİNDE MALZEME TEMİNİ

İşletme döneminde temin edilen malzemeleri iki sınıfa ayırabiliriz.

- A. Amil-i mütehasıs malzemeler
- B. Amil- i mütehasıs olmayanlar

Termik Santrallerimizde özellikle türbin generatör sistemleriyle ilgili olmak üzere bir takım malzemeler amil-i mütehasıs (orijinal imalatçı) firmasından tedarik edilmektedir. Ancak zaman zaman Santral İşletme Müdürlüklerinin çabaları ile bazı amil-i mütehasıs tedariklerin yerli sanayide imalatı yoluna da gidilmektedir.

Amil-i mütehasıs kapsamında yurt dışından alınan malzemeler:

Buhar türbininde: Türbin kanatları, nozul blok, türbin rotoru, aksiyel şaft, iç gövde, sızdırmazlık ringleri, buhar ve yağ labirentleri.

Gaz türbininde: İç gövde, türbin rotoru (kanat, diskler), türbin statoru (kanat, kanat taşıyıcı gövde), sızdırmazlıklar, yanma odası, yakıcılar.

Generatör: Sargılar, kepler.

Valf yedekleri: YB türbini reglaj valfi, OB türbini kesme valfi, YB ve AB by-pass valfleri, YB ve AB püskürtme suyu valfleri, kazan besı suyu kontrol valfleri.

Pompa yedekleri: Kazan besı suyu pompaları, kazan besı suyu pompa kaplini, türbin yağ pompaları yedekleri.

Bu malzemelerin direk orijinal imalatçıdan tedarik etme gerekçeleri kısaca aşağıda açıklanmıştır.

- İmalata yönelik teknik dokümantasyon genellikle yetersiz. Malzeme bilgisi yok veya yetersiz. Detaylı imalat bilgisi yok. Teknik resimleri ya yok veya eksik. Ebatlarla ilgili tolerans sınırları bilinmiyor.
- Bu malzemeler sık kullanılan değilde 5-10 yıl da ihtiyaç olabilecek malzemeler.
- Sistemin emniyeti açısından eldeki yetersiz bilgiyle yerli piyasaya imal ettirilmesi oldukça riskli. Karşılanamayacak hasarlanmalara sebebiyet verilebilir.
- Genel olarak yüksek sıcaklık ve basınç altında kullanılan yüksek mukavemetli malzemelerdir.
- Özel imalat gerektiren malzemelerdir.

Amil-i mütehasıs olmayan malzemelerde de bazı santraller, kendileri ve diğerleri için bazı malzemeleri

imal etmektedirler. Örnekler:

- Yeniköy ve Yatağan Santralleri, Tunçbilek, Seyitömer, Kangal, Çatalağzı Santralleri için değirmen aynalarını imal etmektedirler.
- Afşin Elbistan A Santrali kendisi için cebri çekme fan rotoru ve kanadı yapmaktadır.
- Sarıyar HES Atölyesi: Keban HES, Seyitömer TS için generatör sargısı yapmıştır. Çok sayıda santralin ısı eşanjörlerini ve 6 kV motorlarını tamir etmiştir.

Santrallerin piyasadan temin ettikleri yerli malzemeler ise şöyle özetlenebilir.

- Kazan kısmı: Değirmen aşınan parçaları (Travers, zırh, çekiç), hava ve gaz kanalları, alçak basınç su boruları, kül boruları ve bazalt kaplama, her türlü izolasyon ve refrakter malzeme, asansör, kaldırma aletleri, drenaj pompaları, kül suyu ve yangın suyu tankları.
- Türbin kısmı: Besi suyu ısıtıcıları, Türbin izolasyonu, soğutma, konsensat ve drenaj suyu tankları.
- Elektrik: Şalt sahası çelik konstrüksiyon, YG ve OG transformatörler, OG elektrik dolapları, her türlü güç ve kontrol kablosu, generatör fırçaları.
- Kömür, kül sistemleri: Konveyör çelik konstrüksiyon, konveyör bant, rulo, tambur, sıyırıcı.
- Su Tasfiye Bölümü: Kimyasal tankları, kauçuk kaplı borular, dozaj pompaları.

7. SONUÇ

Cevap verilmesi gereken bir soru vardır. Türkiye her şeyi imal etmeli midir? Bir görüşe göre her şeyi imal edebilir durumda olmak teknolojik ve ekonomik bağımsızlıktır. Ancak mühendisliğin tanımı içinde dizayn etmek, imal etmek vardır, ancak esas olan bunların ekonomik yapılmasıdır. Çoğu imalatında ekonomik olabilmesi için belli bir miktarın üzerinde üretilmesi esastır. Dolayısıyla her bir imalat kalemi için, Türkiye’de imalatı durumunda yeteri kadar alıcı var mıdır irdelemek gerekir.

İmalat içinde yeterli bilgi varsa, teknik resmi varsa ve malzemesi biliniyorsa imalatını yapmak sorun olmayacaktır. Ancak Türkiye’nin esas sorunu mühendislik hizmetleridir. Türkiye’de bir santralin dizaynını yapabilecek düzeyde mühendislik firmaları geliştirilmeden santrallerde yerli malzeme oranını büyük ölçü de artırmak olası görülmemektedir.

Kuruluş safhasında yerli malzeme oranını artırmak için anahtar teslimi ihale yöntemi uygun değildir. Çoklu paket yöntemiyle ancak bu sağlanabilir. Çoklu paket yönteminde de projeyi yönetmek, koordine etmek, her paket için şartnameleri hazırlayabilmek için ya işverenin nicelik ve nitelik olarak yeterli bir kadrosu olmalıdır, ya da güçlü ve tecrübeli bir mühendis, müşavir firmayla çalışmalıdır.

Yerli imalat açısından olumsuz bir gelişme de geçmişte önemli hizmetler yapmış bazı tesisler ya kapanmış, yada atıl vaziyettedir. Örnek: Sungurlar, Alamsaş ve Gürış Makina. Yerli malzeme oranı artacaksa bu tür tesisler desteklenmelidir.

ELEKTRO-MEKANİK İMALAT SANAYİİ VE HİRFANLI HES 4'NCÜ ÜNİTE ÖRNEĞİ

Gültekin TÜRKOĞLU

TEK (E) Genel Müdürü

Kalkınmakta olan ülkelerde elektrik enerjisine olan gereksinim, gelişmiş ülkelere göre çok daha fazladır. Uluslar arası Enerji Ajansı verilerine göre 2030 yılına kadar geçecek sürede sadece üretim tesisleri yatırımları için gereken yatırım tutarı 20 trilyon dolar olup, bu tutar yılda 800 milyar dolarlık yatırıma tekabül etmektedir.

Yurdumuzda ise 2020 yılına kadar sadece üretim yatırımları için gereksinim duyulan finansman miktarı 80- 100 milyar dolar olacağı tahmin edilmektedir. Bu yatırımları daha az bedel ile ve daha kısa sürede gerçekleştirmek için elektro-mekanik teçhizatın yerli olanaklar ile üretilmesinin önemi göz ardı edilemez.

Ülkemizde elektrik teçhizatının yerli olanaklar ile üretilmesi çalışmaları 1940'lı yılların sonlarında özellikle AG ve OG teçhizatı ile başlamış, günümüze kadar çeşitli aşamalardan geçerek 420 kV gerilim seviyesine kadar tüm şalt teçhizatını kapsayacak şekilde gelişmiştir.

Elektrik üretim tesisleri teçhizatının yerli olanaklar ile üretimi gerekliliği fikri, ilk olarak 1968 yılında EMO yönetim Kurulunun yayınladığı 2000 yılında elektrik enerjisi talebinin nasıl karşılanacağı ile ilgili bir raporda ortaya atılmıştır. EMO'nun başlattığı bu çalışma sonucu, 3. Beş yıllık Kalkınma planında, elektrik ekipmanları imalat sanayiinin TEK' in öncülüğünde kurulması kabul edilmiş ve 1970 li yılların ortasında Türkiye Elektro-mekanik Sanayii A.Ş. (TEMSAN) kurulmuştur. Daha sonra TEK'in Sungurlar ile ortak olarak kurduğu termik santraller için kazan fabrikası (SUNTEK) başarılı olamamıştır. Türkiye'de hidrolik santrallerin kendi olanaklarımız ile yapılabileceğini göstermek için TEK, 32 MW kurulu gücündeki Hirfanlı hidroelektrik santrali dördüncü ünitesinin yapımını 1979 yılı yatırım programına koymuş ve Hirfanlı ve Sarıyar santrallerinin mühendis ve işçilerinin müşterek çalışmaları sonucu ve tüm teçhizatı yurt içinde imal ettirerek tamamlamıştır. 1982 yılında işletmeye açılan bu ünite bu güne kadar kesintisiz çalışmaktadır.

Ülkemizde bu gün için türbin ve generatör yardımcı teçhizatları ile güç transformatörleri, otomatik kontrol ve kumanda sistemlerinin tümü yerli olarak imal edilebilmektedir. Buhar kazanı imalatı için gerekli donanım yurt içinde mevcuttur. Elektrik üretimi tesislerinin ihtiyacı olan vasıflı çelik borular, ventiller, fanlar, küçük güçte motorlar, pompalar, vasıflı çelik saçlar, vasıflı çelik miller, kesiciler, ayırıcılar, trafolar, ölçü aletleri, kablolar, dişliler, dişli kutuları, sızdırmazlık elemanları ülkemizde üretilmektedir. Türkiye'de henüz bir buhar türbini yapılamamıştır.

Ülkemizde elektrik teçhizatı imalatının gelişmesinin önündeki en büyük engel, bunların yurt içinde üretilmesi yerine dış kredi ve döviz ile ithal edilmesinin benimsenmesidir.

Yurdumuzda ekonomik olarak kullanılabilecek hidrolik potansiyel resmi verilere göre 130 milyar kwh'dir. Ancak bu potansiyelin 180 milyar kwh'e kadar ekonomik olabileceği öngörülmektedir.

Türkiye'nin teorik anlamda hidro-elektik potansiyeli Dünya teorik potansiyelinin %1'i, ekonomik potansiyeli Avrupa ekonomik potansiyelinin %16'sıdır. Ülkemizde şimdiye kadar 12 878 MW kurulu güçte hidrolik santral işletmededir. Bu santrallerden toplam 46 277 Gwh elektrik üretilmekte olup bu miktar toplam potansiyelin %36'sına karşılık gelmektedir. Toplam potansiyelin %8'ne karşılık olan 3 962 MW güçte ve 9 779 Gwh üretim kapasitesine sahip 38 aded santral ise inşa halindedir. Geriye kalan 73 877 Gwh/yıl potansiyeli kullanabilmek için daha 540 aded hidroelektrik santralin yapılması gerekecektir.

Bu potansiyeli bir an önce faaliyete geçirebilmek için gerekli dış finansman ihtiyacını en aza indirmek gerekmektedir. Bunun için öncelikle hidro-elektrik santral teçhizatının yurt içinde yapılmasının önemi açıktır. Böylece, enerji ihtiyacımızın karşılanmasında dışa bağımlılığımız da azalmış olacaktır.

Sonuç olarak ifade etmek gerekirse bu görüş benimsendiği ölçüde hidrolik potansiyelin geliştirilmesi hızlandırılmış olacaktır.

HİRFANLI SANTRALİ DÖRDÜNCÜ ÜNİTE ÖRNEĞİ

Proje hakkında özet bilgiler:

Kapsam:

Türbin ve yardımcı teçhizatı ile generatör yardımcı teçhizatının, ana güç trafosu ile otomatik koruma, kontrol ve kumanda sistemlerinin yerli olarak imalatı

İmal edilen ünitenin gücü	32 000 kW (40 000 kVA)
Yapımı gerçekleştiren kuruluş	TÜRKİYE ELEKTRİK KURUMU (TEK)
Proje yatırım No	79 DO2 1490
İşe başlama tarihi	12.3.1979
İşin bitirilme tarihi	8.8 1982
Kesin kabul tarihi	8.8.1983
Yapılan işlerin toplam maliyeti	726 903 045,53 TL (1 USD = 123,47 TL)
Birim güç maliyeti	184 USD/kw

Bu projede görev alan kuruluşlar aşağıda açıklanmıştır.

1.TEK Hidrolik Santraller İşletme Daire Başkanlığı

Türbin ve generatör ünitelerine ait tüm ana ve yardımcı teçhizat ile ilgili imalat projelerinin hazırlanması,dizayn hesaplarının yapılması,idari ve teknik şartnamelerin hazırlanması,kamu ve özel sektöre ait değişik iş yerlerine siparişlerin yapılması, imalat aşamasında kalite kontrollerinin yapılması veya yaptırılması, imalatı üstlenen kuruluşlar arasında kordinasyonun sağlanması, montaj işlerinin ve start-up çalışmalarının yapılarak ünitenin devreye alınması

2.TEK Hidrolik Santraller Merkez Atelyeleri (Sarıyar)

Generatör stator bobinleri ile generatör rotor kutuplarının yapımı, generatör soğutucularının imalatı ve bunun için kullanılan makinaların imalatı

3.TEK Adapazarı İmalat Müdürlüğü Atelyeleri

Generatörün statik ikaz sistemi ile gerilim regülatörünün dizayn ve imalatı

4. TEK Hirfanlı HES Mekanik Atelyesi

154 kV ayırıcılar ile türbin hız regülatörünün dizayn ve imalatı, sabit miknatıslı generatör (PMG) imalatı

5.TEK Yüksek Gerilim Test Müdürlüğü

Hidrolik Santraller Sarıyar Merkez Atelyelerinde imal edilen generatör bobinleri ile rotor kutuplarının kalite kontrolleri

6.TDÇİ Karabük Demir Çelik Fabrikaları

Türbin, generatör şaftları ile kelebek vana şaftlarının ve türbin rotorunun çelik dökümleri

7.TÜBİTAK Marmara (Gebze) Teknik Araştırma Merkezi

Karabük Demir Çelik Fabrikalarında yaptırılan çelik dökümlerin Ültrasonik, Manyetik, Penetrent ve diğer her türlü metotla kalite kontrollerinin yapılması

8. MKEK Kırıkkale Çelik Fabrikaları

Karabük Demir Çelik Fabrikalarında çelik dökümleri yapılan türbin ve generatör şaftları ile kelebek vana şaftının dövme işlemleri

9.Türkiye Şeker Fabrikaları AŞ Ankara Makine Fabrikaları

Türbin ve generatör şaftlarının ısıtma işlemleri ve talaşlı işleme işlemleri ile türbin ve generatöre ait kaynaklı çelik konstrüksiyon imalatlar

10. Ereğli Demir Çelik Fabrikaları

Generatör ve Rotor nüvesinde kullanılan özel çelik saçlar

11.İTÜ Yüksek Gerilim Laboratuvarı

Hirfanlı HES mekanik atelyesinde imal edilen 154 kV ayırıcıların her türlü mekanik ve yüksek gerilim testleri

12. OTDÜ Metalurji Bölümü Laboratuvarı

Sabit miknatıslı genaratör (PMG) imalatı için gerekli özel sabit miknatısların imalatı

13. DSİ Barajlar ve HES'ler Daire Başkanlığı

İnşaat tatbikat projeleri ile betonarme hesaplarının yapılması, beton dökümü kalite kontrol hizmetlerinin ifası

14. DSİ Araştırma Dairesi Başkanlığı Esenboğa Laboratuvarı

Beton dökümü esnasında alınan bütün numunelerin kalite kontrolleri

15. Kalekalıp Makine İmalat Sanayi AŞ

Generatör Stator nüvesi, rotor nüvesi ve kutup nüvesi saçlarının preslenmesi ve kesilmesi için gerekli özel kalıplar ile presle kesme işleri

16. Rabak Elektrolitik Bakır Sanayi AŞ

Generatör ve stator bobinleri ile rotor kutupları bobinleri imalatında kullanılan özel bakır iletkenler imalat

17.ESAŞ Transformatör Sanayi AŞ

40 000 kVA gücünde 10,6/154 kV luk güç trafosunun yapımı

18. EMEK Holding AŞ

Gerekli akım ve gerilim trafolarının imalatı

19. Çanakkale Seramik Fabrikaları AŞ

Gerekli izalatör ve buşinglerin imalatı

20. TÜRK KABLO AŞ

Her cins koruma, kumanda ve kontrol kablo imalatı

21. BUKA Kauçuk ve Lastik Sanayi AŞ

Her türlü sızdırmazlık elemanları imalatı

22. Diğer Kuruluşlar

Yukarıda açıklanan imalatların dışındaki bir çok küçük imalat ve malzeme yurt içinde faaliyet gösteren diğer kuruluşlardan sağlanmıştır.

SONUÇ

Yaklaşık 22 yıldır güvenli bir şekilde çalışmakta olan Hirfanlı santralı 4 ncü ünitesi örneği göstermiştir ki, hidro-elektrik sanrallerin her türlü elektrik ve mekanik teçhizatının yurt içinde yapılması mümkündür. Hele bu 1979 şartlarında yapıldığına göre 2009 yılında yapılamaması için hiçbir engel bulunmamaktadır. Yeter ki, kendi gücümüze ve becerimize inanalım. Aksi taktirde 190 000 Gwh lık ekonomik hidrolik potansiyelimizi enerjiye çevirebilmek için daha uzun yıllar beklemek durumunda kalacağız.

Konuşmamı bitirirken, büyük bir özveri ve koordinasyon gerektiren bu çalışmada görev alan tüm mesai arkadaşlarımı minnetle anar, takdir ve teşekkürlerimi sunarım.

ENERJİ OPTİMİZASYONU VE ENERJİ MALİYETLERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİR AZALTILMASI İÇİN BÜTÜNSEL YAKLAŞIM

Yakup ÇİFTÇİ
Siemens A.Ş.

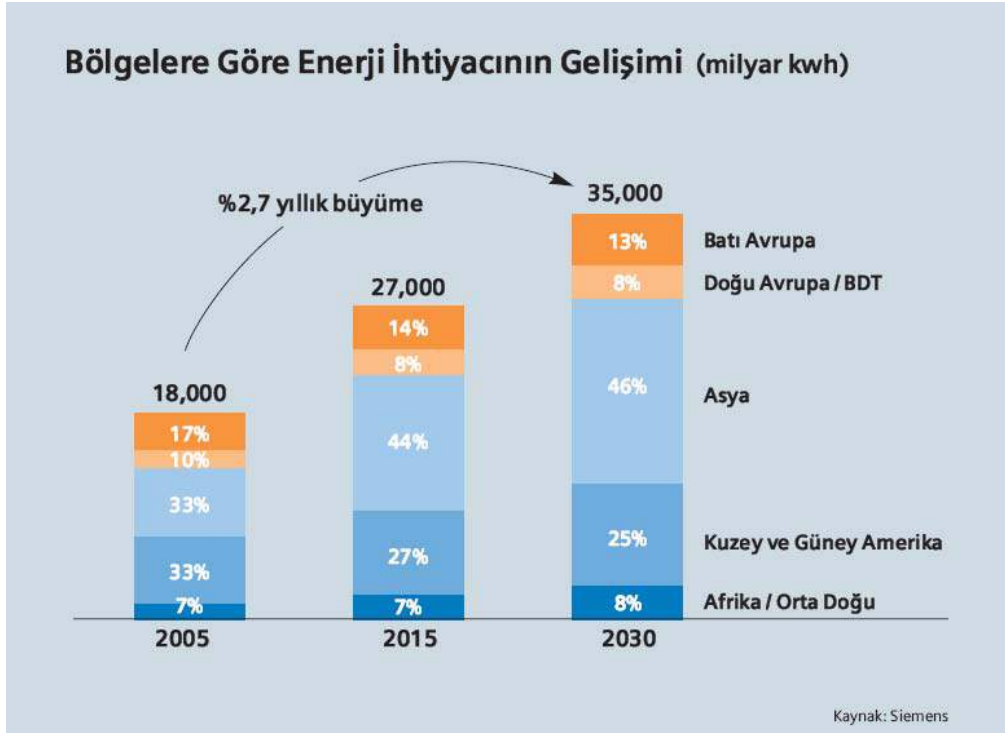
İklim değişiklikleri, günümüzde insanoğlunun karşısındaki en önemli ve en çok özen isteyen tehdittir. Küresel ısınma sorununu mümkün olduğunca hafifletmek için ekonomik gelişme ile enerji kullanımını birbirinden ayırtırmalı ve bu ayırtırmanın tüm dünya çapında gerçekleştiğinden emin olmalıyız. Ancak, iki önemli eğilim bu ayırtırmayı giderek zor hale getiriyor: Demografik değişim ve hızla artan şehirleşme; enerji maliyetlerinin hızla artmasına, su dahil tüm doğal kaynaklarda kıtlığa, mevcut altyapıları fazlasıyla zorlanmış şehirlere ve sayısız soruna neden oluyor.

Açıkçası, 21. yüzyılın ortalarına geldiğimizde çoğunluğu büyük şehirlerde olmak üzere 9 milyarlık bir nüfusu barındıran gezegenimizde, nasıl enerji üreteceğimizi ve kullanacağımızı yeniden düşünmekten başka şansımız yok. Bunu yaparken de şu soruları cevaplamamız gerekecek: Gelecekte artan küresel enerji talebini nasıl karşılayacağız?

Eş zamanlı olarak iklimle ve çevreyle dost, güvenilir ve hesaplı bir şekilde nasıl enerji sağlayacağız?

Geçen 160 yıl boyunca, buna benzer zor sorulara cevap arandı. Farklı çaplarda olsalar da, günümüzün sorunları da aynı şekilde, yani teknolojik yeniliklerle cevaplanabilir.

Enerji verimliliğinin sağlanması ve iklim değişikliğine sebep olan karbon emisyonlarının azaltılması önümüzde duran tehditlerle başa çıkmamızda büyük rol oynayacak. Burada belirtildiği gibi, gereken yenilikçi teknolojilerin çoğu bugün hali hazırda bulunmaktadır.



Küresel ekonomi her geçen gün büyümeye devam ederken, dünya nüfusu da çoğalmayı sürdürecektir. Bu büyümeye paralel olarak artan enerji talebini karşılamak için tüm enerji kaynakları daha verimli bir biçimde kullanılmalıdır.

Bu noktada tüm enerji formlarında enerji iyileştirmelerinin odak noktaları belirlenmelidir. Bu odak noktaları enerjinin değerlendirilmesi ve sürecin sağlıklı yürümesi açısından önemli bir rol oynamaktadır. Odak noktaları belirlendikten sonra dört aşamalı bir iyileştirme programı ile enerji fiili tüketiminin ve enerji tüketim kültürünün gözden geçirilmesi sağlanabilir.

1. Farkındalık ve Enerji Sağlık Kontrolü Aşaması:

Bu aşamada kapsamlı uluslar arası ve sektöre özel bir veri tabanlarının da yardımıyla, üst ve orta kademe yönetimle yapılan iki üç saatlik bir toplantı sonucunda kurumunuzun enerji konusundaki farkındalık ve enerjinin sağlıklı kullanım seviyesini belirler ve potansiyel tasarruf miktarını tahmin edebilirsiniz. Bu aşamada tasarruf potansiyelinin miktarı sonraki aşamalara ışık tutar. Bu sayede:

- Gerçekçi hedefler koyabilme
- İyileştirmeler için anahtar aksiyon alma alanları
- Endüstriye özel karşılaştırmalı değerlendirme

imkanı bulunur.

2. Analiz Aşaması:

Bu aşamada kapsamlı saha çalışmalarının yardımıyla enerji tasarruf önlemleri tanımlanır. Enerji akışı ve sera gazı emisyonları incelenir. Enerji tüketimleri tüketen bazında izlenerek tasarruf noktaları belirlenir ve tasarruf miktarları hesaplanarak bir rapor haline getirilir. Bu sayede :

- Enerji tasarruf önlemlerinin ve iyileştirmelerinin potansiyellerinin gözden geçirilmesi
- Mevcut enerji akışının incelenmesi / tüketimlerin incelenmesi
- Yapılan çalışmalar sonucunda oluşturulan bir rapor
- Enerji tasarruf noktalarının tesbiti, tasarrufların ilk hesaplamaları ve yaklaşık yatırım miktarlarını değerlendirebilme

olanaklarından faydalanılır.

3. Fizibilite Aşaması:

Bu aşamada, analiz aşamasında gerçekleştirilen ölçüm ve raporlara göre tasarruf noktalarının önceliklendirmesi yapılır. Önceliklendirilen bu tasarruf noktalarının teknik ve ekonomik olarak fizibilite çalışmaları yapılır. Teknik fizibilite yapılırken en önemli hususlardan biri tedarikçi, üretim ve bakım ekibiyle sürekli iletişim içinde olabilmektir. Bu aşama sonunda :

- Detaylı teknik ve ekonomik fizibilite çalışmaları
- Detaylandırılmış yatırım geri ödeme (ROI) hesaplaması
- Yıllık enerji tasarrufunun gözden geçirilmesi

şansına sahip olunur.

4. Uygulama & Sürdürülebilirlik Aşaması

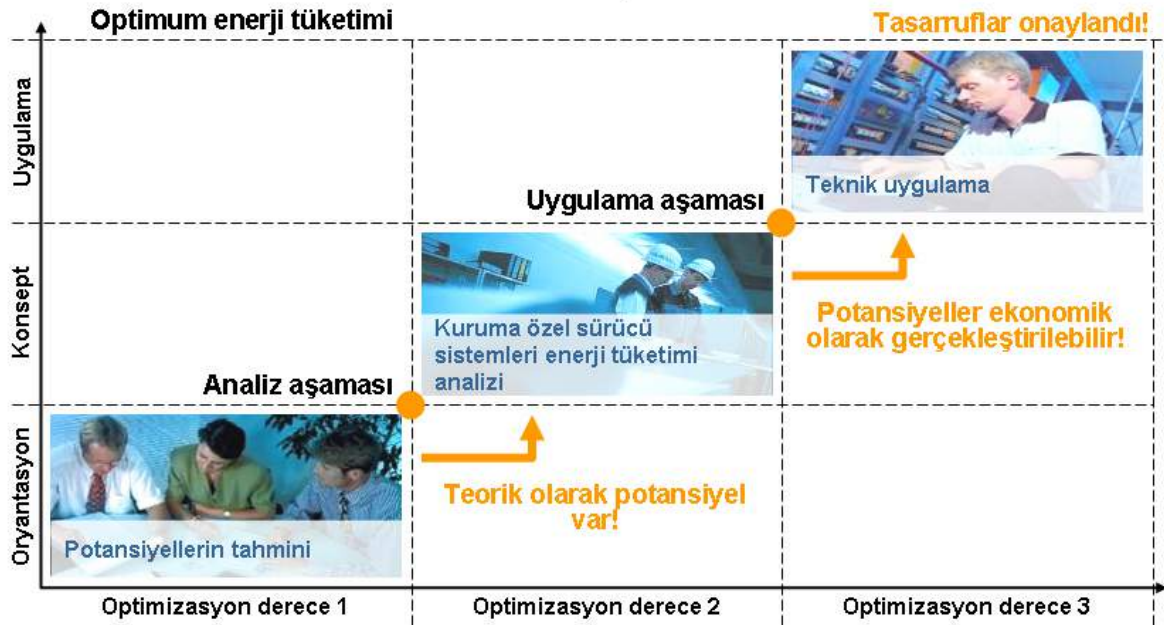
Bu aşamada projelerin teknik olarak gerçekleştirilmesi, enerji tasarruflarının doğrulanması ve enerjinin sürekli olarak iyileştirilmesi için gerekli tüm çalışmalar yapılır. Bu aşamada:

- Potansiyellerin tasarruflara dönüştürülmesi
- Düşürülmüş fatura & üretim maliyeti
- Sera gazları emisyonlarının düşürülmesi (çevre dostu üretim)
- Sübvansiyonlar

gerçekleştirilir

Sürücülerle Enerji Optimizasyonu

3 aşamadan oluşan ve “sürücülerle enerji optimizasyonu” olarak adlandırılan bir enerji optimizasyonu sürecidir. Oryantasyon aşamasında uzmanlar tarafından tasarruf potansiyellerinin tahmini gerçekleştirilir. Analiz aşamasında kuruma özel sürücü sistemleri ve enerji tüketimi analizi yapılır. Bu aşamada teorik olarak tasarruf potansiyelleri tesbit edilir. Tesbit edilen tasarruf potansiyelleri varsa uygulama aşamasında teknik olarak gerçekleştirilir ve doğrulanır.



Analiz aşaması:

Tasarruf potansiyellerinin tahmini ile başlayan aşamadır. Daha sonra analiz kısmına geçilir. Tüm motorların teknik verileri, mevcut ortalama elektrik tarifi ve çalışma süreleri (yıllık) incelenir.

Hedef süresi (< 2 yıl) olan amortisman süresini göz önüne alarak teorik tasarruf miktarının ve teorik yatırım miktarının karşılaştırılması yapılır. Bu aşama sonunda :

- Ekonomik olarak optimize edilebilir motorların tesbiti
- Yatırımların ve geri ödeme sürelerinin ilk hesaplanması

gerçekleştirilir

Fizibilite aşaması

Bu aşamada sürücü sistemlerinin detaylı analizi, enerji tüketimlerinin ölçümü ve teknik ve ekonomik fizibilitenin kontrolü gerçekleştirilir ve bu çalışma bir rapor haline getirilir. Bu aşamanın ile;

- Detaylı teknik ve ekonomik fizibilite çalışması
- Detaylı ROI hesaplaması
- Yıllık enerji tasarruflarının gözden geçirmesi

Yapılır.

Uygulama aşaması

Seçilen elektrik motorlu tahrik sistemlerindeki optimizasyonların teknik olarak hayata geçirildikleri aşamadır. Bu sözleşmenin kapsamı şu şekildedir:

- Kuruma özel proses ve ekipmanları dikkate alan bir proje yönetimi ile birlikte planlama ve mühendisliğin gerçekleştirilmesi
- Frekans konvertörlerinin kurulumu ve montajı
- Verimsiz ve eski teknolojilerin değiştirilmesi
- İlgili ekipmanların devreye alınması ve parametrelendirilmesi
- Son ölçümler ve enerji tüketiminin belirlenmesi

Bu sayede;

- Potansiyellerin tasarruflara dönüştürülmesi
- Düşük fatura & üretim maliyetleri
- Enerji tüketimlerinin, maliyetlerinin ve çevre kirliliğinin azaltılması
- Sera gazı emisyonlarının azaltılması (çevre dostu üretim)
- Sübvansiyonlar (uygulama imkanının mevcut olması halinde)

Hayata geçirilir.

6.1. Oturum

Oturum Başkanı : Cumhur PEKDEMİR

Binalarda Enerji Verimliliği

- **Özgöl GÖK, Yeliz KONUKLU, Metin Ö. YILMAZ, Selma YILMAZ, Bekir TURGUT, Beyza BEYHAN, Nurten ŞAHAN, Halime Ö. PAKSOY, Hunay EVLİYA, Muhsin MAZMAN :** Faz Değiştiren Maddelerde Termal Enerji Depolamanın Enerji Verimliliği Uygulamalarında Kullanılması
- **Timur DİZ :** AB Ve Türkiye’de Enerji Verimliliği
- **Müslüm ARICI, Semih KÖSE, Ömer Oğuz TOZKOPARAN, Hasan KARABAY :** İki ve Üç Camlı Pencerelede Isı Geçişinin İncelenmesi

FAZ DEĞİŞTİREN MADDELERDE TERMAL ENERJİ DEPOLAMANIN ENERJİ VERİMLİLİĞİ UYGULAMALARINDA KULLANILMASI

Özgül GÖK¹, Yeliz KONUKLU¹, Metin Ö. YILMAZ¹, Selma YILMAZ¹,
Bekir TURGUT², Muhsin MAZMAN³, Beyza BEYHAN¹, Nurten ŞAHAN¹,
Halime Ö.PAKSOY¹, Hunay EVLİYA¹

¹Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Adana
e-posta: ozgulgok@gmail.com, velizoz@yahoo.com, metinyi@poas.com.tr, selmayilmaz01@gmail.com,
beyzabeyhan@gmail.com, nurten_shn@hotmail.com, hopaksoy@cu.edu.tr, hevliya@cu.edu.tr

²Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği, Adana
e-posta: bturgut@cu.edu.tr

³TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Gebze-Kocaeli

e-posta: muhsin.mazman@mam.gov.tr

ÖZET

Günümüzde enerji kaynağı olarak çoğunlukla fosil kökenli yakıtların kullanılması küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi olumsuz sonuçları ortaya çıkarmaktadır. Fosil yakıt kaynaklarının dünya yüzeyindeki farklı coğrafyalardaki bulunabilirliği değişiklik gösterirken, hızla tükenmektedir. Enerji kaynaklarının sürekliliği ve güvenilirliği tüm dünya ülkeleri için çok önemlidir. Alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklardan yararlanan, enerji verimliliğini artıran teknolojilerin önemi giderek artmaktadır. Termal enerji depolama (TED) sistemleri, yenilenebilir ve atık ısı kaynaklarının mevcut olduğu zamanlarda üretilen enerjinin depolanarak, kaynakların kesintiye uğradığı zamanlarda kullanılmasına olanak vermektedir.

Faz değiştiren maddelerde (FDM) termal enerji depolama çeşitli ısıtma ve soğutma uygulamalarında ve atık ısı değerlendirmede kullanılmaktadır. Bu çalışmada FDM'nin binalarda ve beyaz eşyalarda kullanılmasının enerji verimliliğine katkıları araştırılmıştır. Binalarda ısıtma ve soğutma yüklerini azaltmak amacıyla FDM ve yalıtım malzemesinin beraber kullanıldığı bir FDM-sandviç panel geliştirilmiştir. Dış ortam koşullarında test kulübesinde yapılan ölçümlere göre yazın soğutma yükü % 7 oranında, kışın da ısıtma yükü % 17 oranında azaltılmıştır. Beyaz eşyalar için yürütülen çalışmada bulaşık makinesi ve buzdolabı için atık ısıdan yararlanarak enerji verimliliğini artırmak üzere uygun FDM'ler geliştirilmiştir. Bulaşık makinesinde erime sıcaklıkları 42°C ile 58°C arasında değişen 3 farklı parafin ve bunların farklı oranlardaki ikili karışımları FDM olarak kullanılmıştır. FDM'lerin termal kararlılıkları ve termofiziksel özellikleri belirlenmiştir. Bulaşık makinesinde birinci yıkamanın sonunda atılan sıcak suyun atık ısısının ikinci yıkama suyunun ön ısıtmasında kullanmanın enerji verimliliğine katkısını belirlemek üzere laboratuvar ortamında hazırlanan depolama ünitesinde deneyler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar FDM'de termal enerji depolama kullanarak bulaşık makinesinin enerji verimliliğinin %18,6 artırılabilirliğini göstermektedir. Buzdolabı enerji verimliliği uygulamalarında kullanılabilecek, beş farklı FDM (erime sıcaklıkları: -10°C - +8°C) geliştirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji Verimliliği, Faz Değiştiren Maddeler, Termal Enerji Depolama, Yenilenebilir Enerji

ABSTRACT

Fossil fuels that are used generally cause adverse effects like global warming and climate change. Fossil fuels diminishing at a fast rate also show variations in abundance on different geographies around the world. Continuity and security of energy resources are of utmost importance for all countries around the world. Technologies utilizing alternative and renewable energies and increasing energy efficiency are becoming more important than ever. Thermal energy storage (TES) systems can store renewable and waste heat resources to be used when these resources are not available.

Thermal energy storage in phase change materials (PCM) is used in various heating, cooling and waste heat recovery applications. In this study, the effects of using PCMs on increasing efficiency in domestic appliances and buildings are investigated. A sandwich panel consisting of PCM and insulation material is developed to decrease heating and cooling loads of buildings. Results from the measurements made in a test cabin in ambient conditions revealed that cooling and heatings loads can be increased by 7% and 10%, respectively. For domestic appliances, PCMs to increase energy efficiency by recovering waste heat in refrigerators and dishwashers have been developed. In dishwashers three different paraffins with melting temperatures in the range of 42°C to 58 °C and their binary mixtures with different compositions have been prepared. Thermal stability and thermophysical properties of PCMs have been determined. For dishwasher, experiments to recover waste heat of the discharge water from the first washing cycle and use it in the pre-heating of the second cycle water have been done in the laboratory storage unit. Results show that energy efficiency of the dishwasher can be increased by 18,6% by using thermal energy storage in PCMs. Studies to develop five different PCMs (melting range :-10°C - +8°C) that can be used for increasing energy efficiency in refrigerators are carried out.

Keywords: Energy Efficiency, Phase Change Materials, Thermal Energy Storage, Renewable Energy

1. GİRİŞ

Son yıllarda, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de sera gazlarının yol açtığı küresel ısınma ve iklim değişikliklerine karşı önlem olarak fosil kökenli yakıtlar yerine daha temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Bunun yanı sıra, enerji kullanımı açısından dışa bağımlı olan ülkemizde enerjinin daha verimli kullanılması ve elektrik enerjisinden tasarruf sağlanması çok önemlidir.

Termal enerji depolama (TED) sistemleri ile yenilenebilir enerji kaynaklarının ve atık ısının var olduğu dönemlerde depolanıp, kesintiye uğradığı zamanlarda kullanılmasını sağlamak mümkündür. Kısa süreli olarak depolama ve geri kazanma uygulamaları için faz değiştiren maddelerde (FDM) gizli ısı depolama, yüksek depolama kapasitesi ve maddenin sabit sıcaklıkta faz değiştirmesi gibi özellikleri açısından daha dikkat çekicidir [Sarma ve ark, 2005].

Faz değiştiren maddeler, binalarda yapı elemanlarında (zemin, asma tavan ve duvarlar) ve yapı malzemelerinde (sıva, alçıpan v.b.) yalıtımı artırmakta kullanılabilir. Yalıtımın yanı sıra doğal ve yerel kaynakların kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu konuda, yapı elemanlarına içinde FDM bulunan uygun bir ısı değiştirici eklenmesi, binaların yapımı sırasında yapı malzemesine kapsüllenmiş FDM'lerin karıştırılması gibi konularda araştırma geliştirme çalışmaları devam etmektedir [Schossig ve ark., 2003; Kondo ve ark., 2003].

Beyaz eşyalarda faz değiştiren maddelerde termal enerji depolama yöntemi ile elektrik enerjisinden tasarruf etmek mümkündür. Longardner ve ark.'nın yapmış olduğu bir patent çalışmasında yıkama makinelerinde kullanılabilecek FDM uygulamalı bir ısı değiştiricisi tasarlanmıştır [Longardner ve ark., 1993]. Başka bir patent çalışması Werner tarafından yapılmıştır. Bu patent çalışmasında bulaşık makinesinin çalışmasında son adım olan kurutma aşamasında FDM uygulaması yapılmıştır [Werner,

2000]. Azzouz ve ark., buzdolaplarında FDM ile termal enerji depolama yönteminin enerji verimliliğinin artacağını önermişlerdir [Azzouz ve ark., 2005; 2008,]. Wang ve ark., buzdolabında FDM uygulaması ile COP'nin %4-%7 oranlarında artırılabilirliğini belirlemişlerdir [Wang ve ark, 2007].

Bu çalışmada, faz değiştiren maddelerde termal enerji depolamanın binalarda ve beyaz eşyalarda kullanılmasının enerji verimliliğine katkısı araştırılmıştır. Binalarda ısıtma ve soğutma yüklerini azaltmak amacıyla FDM ve yalıtım malzemesinin beraber kullanıldığı bir FDM-sandviç panel geliştirilmiştir. Beyaz eşyalar için sürdürülen çalışmada bulaşık makinesi ve buzdolabı için atık ısıdan yararlanarak enerji verimliliğini artırmak üzere FDM geliştirme çalışmaları yapılmıştır.

2. BİNALARDA MİKROKAPSÜLENMİŞ FAZ DEĞİŞTİREN MADDELERİN UYGULANMASI

Adana'da Çukurova Üniversitesi Kampüsünde bulunan 4 m²'lik bir pilot test kabininin ısıtma ve soğutma yükünü azaltmak için yalıtım malzemesi ile birlikte mikrokapsüllenmiş FDM'de termal enerji depolama uygulaması yapılmıştır [Konuklu, 2008]. ASHRAE metoduyla hesaplanan kabinin soğutma ve ısıtma ihtiyacı sırasıyla 2391 W ve 665 W'tır. İki farklı FDM (Micronal 5001 – Erime Noktası: 26°C ve Gizli Isısı: 110 kJ/kg ve Micronal 5008 - Erime Noktası: 23 °C ve Gizli Isısı: 110 kJ/kg) kullanılmıştır. Alüminyum folyo ile dikdörtgen şeklinde (0,35X0,30 m²) ve 0,05m kalınlığında FDM'lerin makro-paketleri hazırlanmıştır. Kullanılan FDM'lerin toplam miktarı 3,5 kg'dır. Yalıtım malzemesi olarak alüminyum plakalar arasında cam yünü sandviç panelleri (İzopan - İZOCAM A.Ş.) kullanılmıştır. Yazın (Temmuz 2007) ve kışın (Aralık 2007) kabin içinde sıcaklık dağılımları aşağıdaki durumlar için ölçülmüştür:

- FDM'siz ve yalıtımsız
- FDM'li
- Yalıtımlı
- Sandviç panel (yalıtım ve FDM birlikte)

Yazın, gün boyunca kabin içindeki ortalama sıcaklık azalması sadece FDM'li olduğunda 2,5 °C ve sadece yalıtımlı olduğunda 0,6°C'dir. Bu sıcaklık düşüşüyle ASHRAE metoduyla hesaplanan soğutma yükü 2261 W dir. Bu da, FDM'li uygulamasında soğutma yükünün yaklaşık % 7 azaldığını göstermiştir.

Kışın, ortalama sıcaklık azalmaları sadece FDM'li, sadece yalıtımlı ve sandviç panel olduğunda sırasıyla, 1,6 °C, 1,3 °C ve 2,2 °C'dir. ASHRAE metodu ile bu sıcaklıklar için ısıtma yükleri sırasıyla, 601 W, 545 W ve 510 W olarak hesaplanmıştır. Buna göre, FDM kullanıldığında ısıtma yükü yaklaşık % 17 azalmıştır. FDM ve yalıtım birlikte kullanıldığında sandviç panelde enerji tasarrufu % 17 artmıştır. Yılda 1440 saat soğutma için (Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında 16saat/gün) 4 m² lik test kabininde, sadece FDM kullanıldığında soğutmada yıllık enerji tasarrufu 186 kWh/yıl olarak belirlenmiştir. 1890 saat ısıtma için ise, (Aralık, Ocak ve Şubat aylarında 21 saat/gün) sandviç panelle sağlanabilecek yıllık enerji tasarrufu 292 kWh/yıl olarak hesaplanmıştır [Paksoy ve ark., 2008].

3. BEYAZ EŞYALARDA ATIK ISININ GERİ KAZANILMASI

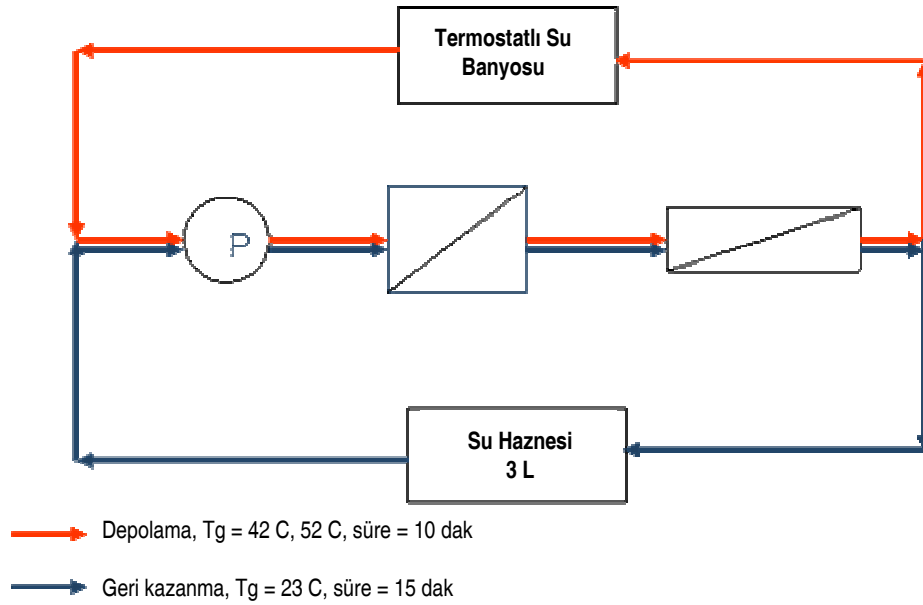
3.1 Bulaşık Makineleri

Bulaşık makinelerinde yıkama işlemi iki aşamalıdır. Birinci yıkama sonunda sistemden dışarı atılan suyun atık ısısı, ikinci defa sisteme alınan suyun ön ısıtmasında kullanmak üzere FDM'de depolanıp, geri kazanılabilir. Bu amacı gerçekleştirmek için erime sıcaklıkları 42°C ile 58 °C arasında değişen 3 farklı parafin ve bunların farklı oranlardaki ikili karışımları FDM olarak kullanılmıştır. Bu karışımların

termofiziksel özellikleri Çukurova Üniversitesi'nde bulunan PerkinElmer Diamond diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) ile belirlenmiştir. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde, dört adet karışım, erime aralıkları ve entalpilerinin uygunluğu nedeniyle bulaşık makinesi uygulaması için FDM olarak belirlenmiştir. Bu karışımlar şunlardır:

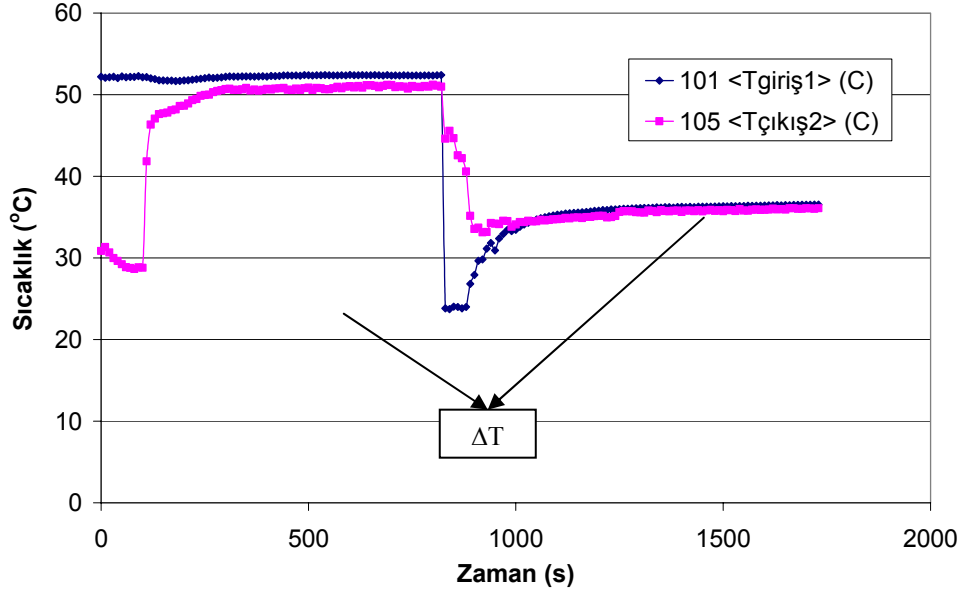
- %80 Parafin (erime aralığı:42–44) - %20 Parafin (erime aralığı:46–48)
- %90 Parafin (erime aralığı:42–44) - %10 Parafin (erime aralığı:46–48)
- %90 Parafin (erime aralığı:42–44) – %10 Parafin (erime aralığı:56–58)
- %80 Parafin (erime aralığı:42–44) – %20 Parafin (erime aralığı:56–58)

Belirlenen FDM'lerin termal kararlılıklarını belirlemek için 1000 adet termal çevrim yapılmıştır ve 100., 200., 400., 600., 800. ve 1000. çevrimler sonunda FDM'lerin DSC analizleri yapılmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde, %80 Parafin (erime aralığı:42–44)ve %20 Parafin (erime aralığı:46–48) karışımının bulaşık makinesi için en uygun karışım olduğuna karar verilmiştir. Bu karışım ile farklı atık ısı sıcaklıklarında (52 °C ve 42 °C) depolama ve geri kazanma deneyleri Şekil 1'de verilen deney düzeneğinde yapılmıştır.



Şekil 1. Depolama ve geri kazanma deney düzeneği

Şekil 2'de %80 Parafin (erime aralığı:42–44) ve %20 Parafin (erime aralığı:46–48) karışımının depolama ve geri kazanma deney sonucu verilmiştir. Buna göre, geri kazanma deneyinde elde edilen sıcaklık farkı (ΔT), 12,3 °C'dir. Bu sıcaklık farkı ile teorik olarak hesaplanan enerji verimliliğindeki artış % 18,6 olarak belirlenmiştir.



Şekil 2. %80 Parafin 42–44 ve %20 Parafin 46–48 karışımının depolama ve geri kazanma deney sonucu

Bu sistemin bulaşık makinelerinde yaygın olarak kullanıldığı düşünüldüğünde ve ülkemizdeki konut sayısı Devlet İstatistik Enstitüsü verilerine göre yaklaşık 10 milyon olarak alındığında yıllık enerji tasarrufu 174 GWh/yıl ve yıllık tasarruf bedeli ise 33 milyon TL/yıl olarak hesaplanmıştır.

3.2 Buzdolapları

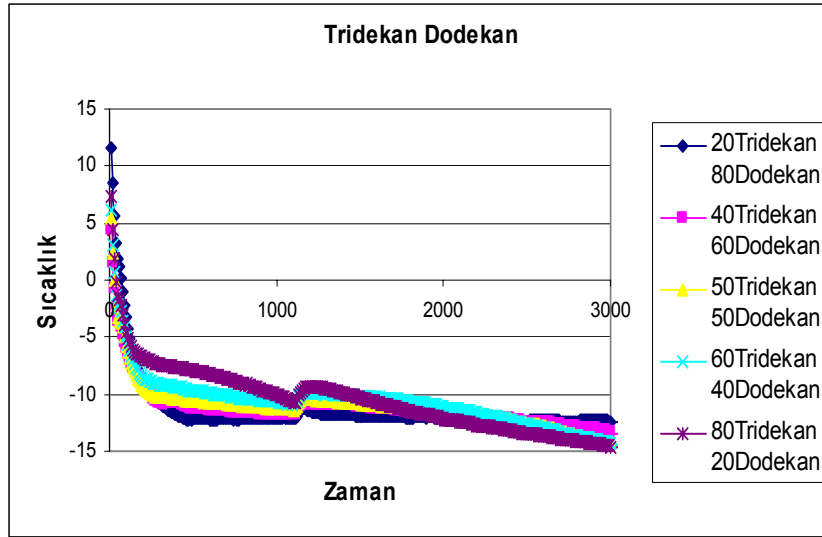
Buzdolapları ve derin dondurucularda kabin içindeki sıcaklık değerlerinin istenilen düzeylerde tutulması için buhar sıkıştırma soğutucu sistemden yararlanılmaktadır. Soğutucunun performans katsayısı, buharlaştırıcının sıcaklığının kontrol edilmesi ile artırılabilir. Ayrıca buzdolabı içindeki ısı salınımlarının düzenlenmesi, elektrik kesintisi sırasında sıcaklığın istenilen düzeyde daha uzun korunması gibi yararlar enerji verimliliğini artıracaktır.

Buzdolaplarında genel olarak bölmelerden birisi derin dondurucu olarak kullanılırken, diğeri taze gıda saklama bölmesi olarak kullanılmaktadır. Kullanım amaçlarına uygun olarak derin dondurucu bölmesi (–18) – (–25) °C sıcaklık aralığında çalışırken, taze gıda saklama bölmesi (+2) – (+8) °C aralığında çalışmaktadır. Bu çalışmada buzdolapları çalışma sıcaklık aralıklarına uygun, beş farklı FDM geliştirilmiştir. Bu amaçla n-tridekan (erime sıcaklığı: –6°C) ve n-dodekan (erime sıcaklığı: –10°C)'in aşağıda verilen kütlece farklı oranlardaki karışımları hazırlanmıştır:

- %20 n-tridekan - %80 n-dodekan
- %40 n-tridekan - %60 n-dodekan
- %50 n-tridekan - %50 n-dodekan
- %60 n-tridekan - %40 n-dodekan
- %80 n-tridekan - %20 n-dodekan

Bu karışımların termofiziksel özelliklerinin buzdolaplarında FDM olarak kullanımına uygunluğunu belirlemek amacıyla soğuma eğrileri ve diferansiyel taramalı kalorimetre ile termal analizleri yapılmıştır.

Şekil 3'te tridekan-dodekan karışımlarının soğuma eğrileri gösterilmektedir. Her karışım için faz değişim sıcaklık aralığı Şekil 3'de görülen "plato" ya karşılık gelmektedir. Soğuma eğrileri hazırlanan karışımlarda aşırı soğuma olmadığını göstermektedir. Bu durum karışımların FDM olarak kullanılabilmesi için aranan özelliklerden biridir.



Şekil 3. Tridekan-Dodekan karışımının ısınma-soğuma eğrileri

Tablo 1'de n-tridekan-n-dodekan karışımlarının soğuma eğrileri ile belirlenen erime/donma sıcaklıkları ve DSC ile yapılan termal analiz sonucu belirlenen erime entalpileri gösterilmiştir. Hazırlanan karışımların buzdolabında deneme çalışmaları devam etmektedir. Bu karışımlar düşük sıcaklıktaki farklı uygulamalarda da değerlendirilebilir.

Tablo 1. Tridekan-Dodekan karışımının data-logger ile alınan faz değişim sıcaklıkları ve DSC ile alınan entalpi değerleri

Karışım	Erime/donma Sıcaklığı (°C)	Erime entalpisi (J/g)
%20 Tridekan - %80 Dodekan	-8,6	--
%40 Tridekan - %60 Dodekan	-7,5	159
%50 Tridekan - %50 Dodekan	-6,6	145
%60 Tridekan - %40 Dodekan	-5,8	147
%80 Tridekan - %20 Dodekan	-3,3	126

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Faz değiştiren maddeler geniş bir aralıktaki faz değiştirme sıcaklık aralık seçenekleriyle birçok uygulamada enerji verimliliğini artırmak için kullanılabilirler. Bu çalışmada faz değiştiren maddelerde termal enerji depolama yönteminin enerji verimliliğinin artırmak üzere binalarda ve beyaz eşyalarda uygulamaları araştırılmıştır. FDM kullanılması sonucu 4 m² lik pilot test kabiniinde soğutma yükünün %7 ve ısıtma yükünün ise %17 oranlarında azaldığı belirlenmiştir. FDM ve yalıtımın birlikte kullanıldığı sandviç panelde ise enerji tasarrufu % 17 artmıştır. Bulaşık makinelerinin birinci yıkama suyunun atık

ısının hazırlanan FDM’de depolanmasıyla ikinci yıkama suyunun ilk sıcaklığının 12,3°C artırılabilceği deneysel olarak belirlenmiştir. Bu sıcaklık artışına karşılık enerji verimliliğindeki artış teorik olarak %18,6 olarak hesaplanmıştır. FDM’li bulaşık makinesi için prototip çalışmaları devam etmektedir. Buzdolapları ve farklı düşük sıcaklıktaki soğutma uygulamaları için beş FDM hazırlanmış ve termofiziksel özellikleri belirlenmiştir. FDM lerin soğutma uygulama alternatifleri ve sistem entegrasyonu araştırma geliştirme çalışmaları devam etmektedir.

FDM’de termal enerji depolamasının farklı sistemlerin enerji verimliliğinin artırılmasında kullanılması ile sağlanacak enerji tasarrufuyla hem son-tüketiciye hem de ülke ekonomisine katkı sağlanabilir. Enerji tasarrufunun fosil yakıtlardan olması durumunda ise sera etkisi yaratan CO₂ ve diğer çevreye zararlı emisyonların azaltılması da mümkün olacaktır. Ancak FDM uygulamalarının fayda maliyet analizlerinin yapılarak beklenen ekonomik ve çevresel katkılarının gösterilmesi gereklidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya 105M183 No’lu proje kapsamında TÜBİTAK tarafından, 2005K12032-D No’lu proje kapsamında Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) tarafından ve FEF2008D8, FEF2005D17 ve FEF2007YL43 No’lu projeler kapsamında Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından verilen desteklere teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

1. Azzouz, K., Leducq, D., Guilpart, J., Gobin, D. 2005, Improving the Energy Efficiency of a Vapor Compression System Using a Phase Change Material. Second Conference on Phase Change Material & Slurry: Scientific Conference & Business Forum, Switzerland.
2. Azzouz, K., Leducq, D., Gobin, D. 2008, Performance Enhancement of a Household Refrigerator by Addition of Latent Heat Storage. International Journal of Refrigeration 31, 892–901.
3. Kondo T, Ibamoto T, 2003, Research on Using the PCM for Ceiling Board, 5th Experts Meeting of Annex 17 to the Implementing Agreement on Energy Conservation through Energy Storage within International Energy Agency, Warsaw.
4. Konuklu Y., 2008, Çukurova Üniversitesi, Fen-Bilimleri Üniversitesi, Doktora Tezi, Adana
5. Longardner R.L., Longardner W.J., 1993, Phase Chnge Heat Exchanger, US5220954
6. Paksoy H.Ö., , Hunay Evliya, Şaziye Abacı, Muhsin Mazman, Yeliz Konuklu, Bekir Turgut, Özgül Gök, Metin Yılmaz , Selma Yılmaz, Beyza Beyhan. CO₂ Mitigation With Thermal Energy Storage. International Journal of Global Warming., (2008) accepted for publication.
7. Schossig P., Henning H.M., Haussman T., Raicu A., 2003, Encapsulated Phase Change Materials Integrated into Construction Materials, 5th Experts Meeting of Annex 17 to the Implementing Agreement on Energy Conservation through Energy Storage within International Energy Agency, Warsaw.
8. Sharma S.D., Sagara K., 2005, Latent Heat Storage Materials and Systems: A Review, International Journal of Green Energy, 2: 1-56
9. Wang, F., Maidment, G., Missenden, J., Tozer, R., 2007, The Novel Use of Phase Change Materials in Refrigeration Plant. Part 3: PCM for Control and Energy Saving, Applied Thermal Engineering, 1–8.
10. Werner J., 2000 CH 690354, patent application.

AB VE TÜRKİYE’DE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Timur DİZ

Mak.Y.Müh

İZODER Teknik İşler ve Eğitim Koordinatörü

timur@izoder.org.tr

Giriş:

Her geçen gün artan enerji tüketiminin ekonomi üzerinde etkileri, küresel ısınma, iklim değişikliği ve enerji güvenliği ile ilgili yaşanan sorunlar, gelişmiş ülkeler başta olmak üzere tüm ülkelerin enerji ihtiyaçlarını kontrol altına alma ve enerji verimliliğine yönelik yeni düzenlemeler oluşturmaya neden olmaktadır. Oluşturulan yeni düzenlemelerde mevcut binaların, malzeme teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak güncellenmesi de hedeflenmektedir. Bu bağlamda; AB Parlamentosu, birlik sınırları içersinde geçerli olacak şekilde 16 Aralık 2002 tarihinde Binaların Enerji Performansı Hakkında ortak bir direktif yayımlamıştır. Bu direktifin temelini oluşturan amaç; Avrupa Birliği bünyesindeki binaların enerji performansında yapılacak olan iyileştirmelerin teşvik edilmesi, mümkün olduğu kadar en uygun maliyet – verimlilik ölçülerinin ele alınmasının sağlanmasıdır. Net enerji tüketiminin yaklaşık üçte birinin konutlarda gerçekleştiği ülkemizde, binalarda enerjinin verimli kullanılması; gerek küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadele gerekse de enerji güvenliğinin sağlanması hedeflerine ulaşılması için oluşturulması gereken ulusal politikaların belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır.

Bu çalışmada; AB ve Türkiye’de enerji verimliliğine yönelik hazırlanan düzenlemelerin durulmuş ve İZODER ve EIE işbirliğinde gerçekleştirilen bir demonstrasyon projesinin sonuçları esas alınarak binalarda enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik öneriler pekiştirilmiştir.

1.AB’de Enerji Verimliliği

Avrupa Birliği eşi görülmemiş bir enerji sorunuyla karşı karşıya. Yüzleştığımız iklim değişikliği gerçeği ve dünyadaki fosil yakıt kaynaklarına yönelik rezervlerinin azalması endişesi kadar Avrupa Birliği’nin enerji ithalatına olan bağımlılığın artması bu sorunun sonuçlarıdır. Avrupa Birliği’nin enerjide giderek dışa bağımlı hale gelmesi ve birliğin genişlemesiyle bu bağımlılığın artacağına öngörülmektedir. Tahminler, enerji tüketiminin herhangi bir önlem alınmaksızın bu şekilde devam etmesi durumunda, şu an enerji ihtiyacının yüzde 54’ünü ithal eden Avrupa Birliği’nin 2030 yılında enerji ihtiyacının yüzde 70’inin dışarıdan alınacağı yönündedir.

Avrupa Birliği enerjide dışa bağımlılığının azaltmak, (güvenli enerji arzı artırılması) ve karbon dioksit (CO₂) emisyonlarının azaltılmasını sağlamak için “**enerji tasarrufu**”nu etkin araç olarak belirledi. Enerji tasarrufu ile ayrıca ekonomik rekabetin ve enerji verimli teknoloji/ürün sunan sektörlerin gelişmesine katkıda bulunulması hedeflendi.

Avrupa Birliği enerji verimliliğinin artırılmasına olan ihtiyacı ortaya koyarak bu amaca yönelik olarak çalışmalarını yoğunlaştırdı. Bu çalışmaların sonucu olarak Komisyon 19 Ekim 2006 tarihinde enerji verimliliğine yönelik geniş kapsamlı bir eylem planı yayımladı. Eylem planı içerisinde 2005 yılında gerçekleşen ve herhangi bir önlem alınmaması durumunda 2020 yılında gerçekleşmesi beklenen enerji tüketimleri ortaya konularak enerji verimliliğinin Birlik için önemi vurgulanmıştır. Eylem planında birliğin 2020 yılındaki yıllık enerji tüketiminin %20’sinden daha fazlasının tasarruf edilebilmesi için alınması gereken önlemler ve oluşturulacak politikaların ana hatları yer almaktadır. Aksiyon planı Avrupa

Birliğı enerji piyasasının; tüketicilere mümkün olan en enerji verimli alt yapı, bina, elektrikli ev aletleri ve ulaşım imkânlarını sağlayacak şekilde dönüştürülmesi için toplumu, piyasa aktörlerini ve karar vericileri harekete geçirilmesini amaçlamaktadır.

Tablo 1: AB Ülkelerinde Enerji Tasarruf Potansiyelleri

Sektör	Enerji Tüketimi		Enerji Tasarruf Potansiyeli	
	2005 (MTEP)	2020* (MTEP)	2020 (MTEP)	2020 (%)
Binalar	280	338	91	27
Ticari Binalar	157	211	63	30
Ulaşım	332	405	105	26
Sanayi	297	382	95	25
* Enerji tasarrufunun arttırılmasına dair herhangi bir önlem alınmaması halinde tahmin edilen enerji tüketimi				

Kısmen toplam tüketimin içerisinde geniş bir paya sahip olması nedeniyle en büyük maliyet etkin tasarruf potansiyeli konut ve ticari bina sektörlerinde bulunmaktadır. Konutlarda enerji tasarruf potansiyeli %27 iken Ticari binalarda ise %30 mertebelerindedir. Binalarda yapılacak tadilatlarla duvar ve çatıların yalıtımı çok büyük bir tasarruf imkânı sağlamaktayken ticari binalarda ise geliştirilmiş enerji yönetim sistemleri öne çıkmaktadır. Geliştirilmiş aletler ve diğer enerji kullanan ekipmanlar hala önemli miktarda enerji tasarruf imkânları sunmaktadır. Toplam potansiyelin %25 mertebesinde ön görüldüğü İmalat endüstrisi için yan ekipmanlar olan motorlar, fanlar ve aydınlatma en önemli tasarruf potansiyeline sahip alanlardır. Ulaşımında ise enerji tasarruf potansiyeli %26 olarak ön görülmektedir.

Farklı sektörlerle yönelik tasarruf potansiyeli senaryolarına dayanarak; mevcut önlem ve politikaların güçlendirilmesi ve yeni politikaların oluşturulmasından dağıtım hatları da dâhil olmak üzere sağlanacak ilave enerji tasarrufunun 2020 yılına kadar %20'ye varan mertebelerde olabileceği ön görülmektedir. Böylelikle birliğin enerji yoğunluğu %1,5 oranında iyileştirilmiş ve yılda 390 MTEP enerji tasarrufu sağlanmış olacaktır.

Bunlara ilave olarak yapısal değişiklik beklentileri, bir önceki politikaların etkileri ile teknolojinin doğal dönüşümü ile oluşan değişiklikler ve enerji fiyatlarının değişimine bağlı olarak enerji yoğunluğunun %1,8 oranında iyileştirilmesi ve yılda 470 MTEP enerji tasarrufunun sağlanması beklenebilir. Aksiyon planında tanımlanan önlemlerin alınmasıyla; enerji tüketiminin doğrudan maliyetinin yılda 100Milyar €'dan fazla azalacaktır. Yaklaşık yılda 780 milyon ton CO₂ emisyonun önüne geçilmesi sağlanarak AB'nin Kyoto Protokolü kapsamında 2012 yılına kadar taahhüt ettiği emisyon azatlığının iki katından daha fazlası gerçekleştirilmiş olacaktır.

Avrupa Komisyonu'nun enerji verimliliğine yönelik eylem planı Birliğı 2020'ye kadar %20'nin üzerinde enerji tasarrufu hedefine ulaştıracak bir dizi önlem ortaya koymaktadır. Eylem planı mevcut enerji verimliliğine yönelik düzenlemelerin üzerine inşa edilerek tüm enerji kullanan sektörler için 10 öncelikli eylem göz önüne almaktadır. Bunlar;

1. Ürünlere yönelik performans standartları ve etiketlendirme
2. Binaların performansı ve düşük enerjili binalar
3. Daha verimli güç üretimi ve dağıtımı
4. Arabaların yakıtlarında verimlilik
5. Enerji verimliliğine yönelik yatırımların finansmanı
6. Yeni üye olan ülkelerde enerji verimliliği
7. Enerji verimliliğine uygun bir vergi sistemi
8. Bilinçlendirme
9. Şehirlerde enerji verimliliği
10. Dünya genelinde enerji verimliliği

Avrupa Birliği'nin enerji ihtiyacının %40'ı binalarda tüketilmektedir. Eylem planı kapsamında binalarda kullanılan enerjinin %28'inin tasarruf edilebileceği öngörülmektedir. Bu tasarruf oranına ulaşılması durumunda AB'nin toplam enerji tüketimi yaklaşık %11 azalacaktır. Yeni yapılaşmanın yavaşladığı AB'de yapılacak tadilatlarda duvar ve çatıların yalıtımı, ticari binalarda ise geliştirilmiş enerji yönetim sistemleri öne çıkmaktadır.

Hali hazırda yürürlükte olan AB kanunları kamu binaları, ticari binalar ve özel binalarda enerji performansının artırılmasına yönelik önlemler içermektedir. Örneğin; yönetmelikler 2009 yılının Ocak ayına kadar AB'de bulunan tüm büyük kamu binaların enerji performans sertifikalarını kamuoyunun görmesi için görülür bir yere asılmasını gerektirmektedir.

Ayrıca eylem planında; konut ve binalarda enerji kullanımında devrimsel bir niteliğe sahip yeni bir teknoloji sunulmaktadır. Düşük enerjili pasif ve hatta sıfır enerjili binaların inşası enerji kullanımını ve yakıt faturalarını çok önemli bir ölçüde azaltmaktadır. Artık geleneksel ısıtma sistemleri ve aktif soğutma sistemlerini kullanmayan bunların yerine çok iyi yalıtımlı, yüksek verimli ısı geri kazanımına sahip mekanik havalandırma sistemleri olan Pasif Evler gündeme gelmektedir. Bu teknolojinin ticari olarak temin edilebilirliğinin artmasına bağlı olarak Pasif evlerin daha geniş kesimlerce tercih edilmesi beklenmektedir. Orta vadede (2015 yılından itibaren) yeni binaların Pasif ev teknolojisinde inşa edilmesine yönelik düzenlemeler yapılması planlanmaktadır.

2002/91/EC Binaların Enerji Performansına Dair Yönetmelik:

Konut ve konut dışı diğer yapı sektörlerinde enerji verimliliği sağlanması amacıyla, 2002/91/EC sayılı "Binaların Enerji Performansına Dair Yönetmelik 4 Ocak 2003 tarihinde yayımlanmıştır.

2002/91/EC sayılı bu yönetmeliğin temelini; Avrupa Birliği bünyesindeki binaların enerji performansında yapılacak iyileştirmelerin teşvik edilmesi, mümkün olduğu kadar en uygun maliyet – verimlilik ölçülerinin ele alınmasının sağlanması oluşturuyor. Yönetmelikte hedeflenen sonuçların temininde; mevcut bina stoğu ele alınıyor ve enerji tasarrufunda tüm bina stoğunun önemli potansiyele sahip olduğu vurgulanmaktadır.

2002/91/EC sayılı "Binaların Enerji Performansına Dair Yönetmelik", enerji tasarrufu, ısıtma/soğutma cihazları ve enerji kaynakları üçgenini kapsayacak şekilde aşağıda verilen 5 amacı elde etmeye yönelik olarak hazırlanmıştır;

- 1- ***Binaların bütünsel enerji performansı hesap yönteminin ana hatlarının oluşturulması:***
Geliştirilecek olan hesap yöntemi; yalıtım, ısıtma/soğutma yükleri, havalandırmada kullanılan

enerji, aydınlatma için gerekli olan enerji, yapının yönü-konumu gibi pasif önlemler, ısı geri kazanımı, aktif solar kazançlar ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları gibi unsurların göz önüne alınmasını hedeflenmektedir.

- 2- **Yeni binaların enerji performansları ile ilgili minimum gerekliliklerin uygulanması:** 2002/91/EC sayılı AB direktifinde bina kabuğu dışında cihaz verimliliği ve performansı da dâhil olmak üzere farklı unsurlar göz önüne alınarak gerekliliklerin belirlenmesi ve yeni binaların bu geniş kapsamlı gerekliliklere göre inşa edilmesini hedeflenmektedir.
- 3- **Büyük yenilemeye uğrayacak mevcut binaların enerji performansları ile ilgili minimum gerekliliklerin uygulanması:** 2002/91/EC sayılı direktifte; toplam faydalı döşeme alanı 1000 m²'den büyük olan, tadilat yapılacak binalarda; bu direktifte verilen ortak hesap yöntemi ile belirlenen gerekliliklerin sağlanması gerektiği ifade edilmektedir.

NOT: 2006 yılında yayımlanan Eylem planında Avrupa Komisyonu bu direktifin kapsamını genişleterek daha küçük yapılarında kapsama alınmasını önermiştir. Bu öneri; yürürlükte olan enerji performans gerekliliklerinin tabi olduğu 1000m²'lik esaslı tadilat sınır değerinin azaltılması ve çoğunlukta olan mevcut binaların da dâhil edilmesini kapsamaktadır. Komisyon AB minimum enerji gerekliliklerinin yeni ve tadil edilen mevcut binaların yanı sıra pencereler gibi bileşenlerine uygulanmasını önermektedir.

- 4- **Binaların enerji sertifikasının kullanımı:** 2002/91/EC sayılı direktifte tanımlanan ortak hesap metoduna göre, gerekliliklere uygunluğu gösteren enerji performans sertifikasının, bina sahibine veya sahibinden satın alan/ kiralayan kimseye verilebilmesi ve sertifikanın geçerlilik süresinin 10 yılı aşmaması gerekmektedir.
- 5- **Binalarda kazanların ve hava şartlandırma sistemlerinin düzenli denetimi ve ek olarak 15 yıldan daha eski kazanların bulunduğu ısıtma tesisatlarının değerlendirilmesi:** 2002/91/EC sayılı direktifte; binaların sertifikalandırılması, enerji performansına yönelik tavsiyelerin hazırlanması ile kazan ve hava şartlandırma sistemlerinin denetimlerinin, kamu veya özel sektörde hizmet vermeyen ya da ticaret yapmayan, seçilmiş ve/veya akredite olmuş uzmanlarca bağımsız olarak yapılması ifade edilmektedir. Direktifte verilen esaslar çerçevesinde bağımsız uzmanlar tarafından ısıtma ve soğutma sistemlerinin düzenli olarak denetlenmesi için gerekli düzenlemelerin hayata geçirilmesi hedeflenmektedir.

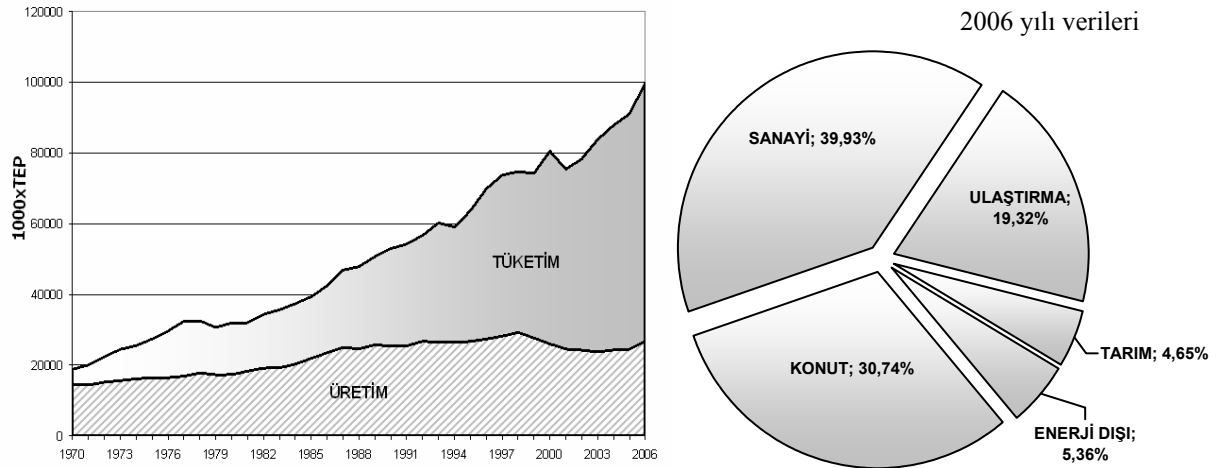
Bu yönetmelikle genel olarak, üye devletlerde konu ile ilgili yerel yönetmeliklerin koordinasyonu artırılarak çerçeve bir çalışmanın altyapısının tüm birlik içerisinde yaygınlaştırılması sağlanacak. Yönetmelik sayesinde, binaların enerji performanslarının hesaplanmasında ortak bir metodoloji geliştirilmesi, buna göre belirlenmiş minimum enerji performans standartlarının sağlanmasıyla enerji verimliliği ile ilgili hedeflere ulaşılması bekleniyor. Ayrıca, bütün binaların enerji performansının ölçülmesi ve sertifikalandırılması da öngörülmüyor. Sertifikaların en fazla 10 yılda bir yenilenmesini zorunlu kılan bu uygulama, binaların enerji performansının açık ve güvenilir bir şekilde izlenmesi ve enerji verimliliğinin son kullanıcılar tarafından takip edilebilmesi açısından çok önemlidir.

Binaların enerji performansına dair yönetmeliğin enerji verimliliği ile ilgili konularda bilinçlenmede önemli etki sağlaması ve enerji etkinliğinin ölçülmesiyle ilgili yatırımlarda büyük ölçüde artış getirmesi beklenmektedir. Enerji Komisyonu'nun raporuna göre, yönetmeliğin uygulanmasıyla, 2010 yılına kadar binalarda yüzde 22'lik bir enerji verimliliği sağlanabilecek. Buna bağlı olarak karbondioksit emisyonunda sağlanacak azalma 45 milyon tona ulaşacaktır. Kyoto Protokolü'ne göre, AB'nin karbondioksit emisyonunda 330 milyon ton azalma sağlaması gerekmektedir. Yönetmelik, Konut ve konut dışı olmak üzere tüm binalar kapsam içine alınarak 2006 yılında üye ülkelerde zorunlu olarak uygulanmaya başlanmıştır.

2. Türkiye’de Binalarda Enerji Verimliliği ile ilgili Mevzuatlar

Ülkemizde sanayileşme ve teknolojik gelişmeler ışığında enerji tüketimi her geçen gün artmaktadır. Buna karşılık enerji kaynaklarımız artan talebi karşılayamamakta ve enerji ihracatının artmasına neden olmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre ülkemizde 2000 ile 2006 yılları arasında enerji tüketimi %24 artarken aynı dönemde enerji üretimindeki artış sadece %2,75’de kalmıştır. Türkiye’de 2006 yılında gerçekleşen enerji tüketimi 99.825.000 TEP iken üretim 26.763.000TEP değerinde kalmış ihtiyaç duyulan enerjinin %73,2’si yurt dışından temin edilmiştir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yapılan çalışmalarda Türkiye’nin enerji ihtiyacının 2010 yılında 126.274 TEP, 2015 yılında 170.154 TEP ve 2020 yılında ise 222.424 TEP değerine ulaşacağını ortaya koymaktadır.

Ayrıca Türkiye’nin İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesini imzalaması ve KYOTO protokolünün imzalanma aşamasına gelmesi çevre ile ilgili hedefleri de gündeme getirmektedir. Enerji tüketiminin artışına bağlı olarak atmosfere salınan sera gazlarının da hızla artmasına neden olmaktadır. 2007 yılında yayımlanan İklim Değişikliği Ulusal Bildiriminde CO₂ emisyonlarının 1990 ile 2004 yılları arasında %73,3 oranında arttığını ortaya koymaktadır. Bu yönüyle bakıldığında enerji verimliliği ile ilgili mevzuatlara olan ihtiyacın kaynağı Avrupa Birliği ile aynıdır.



Şekil 1: Türkiye’de Enerji Tüketimi ve Üretimini Yıllara Göre Değişimi ve Enerji Tüketiminin Sektörel Dağılımı - 2006

2006 yılında gerçekleşen enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımında sanayi %40’lık pay ile başı çekerken konut sektörü %31’lik pay ile ikinci sırada yer almaktadır. Tüm bu göstergeler Türkiye’nin enerji ihtiyaçlarını kontrol altına almasını ve tüm sektörlerde enerji verimliliğini artırıcı önlemler alması gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Türkiye ve AB’de aynı enerji sorunlarının yaşanmasına rağmen ülkemizde enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik kamuoyu ile paylaşılan herhangi bir geniş kapsamlı eylem planı bulunmamaktadır. Buna karşılık ilgili Bakanlıklar 1977 yılından itibaren binalarda enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik muhtelif mevzuat çalışmalarına imza atmış ve atmaya da devam etmektedir.

2.1.Türkiye’de Binalarda Enerji Verimliliği ile İlgili Mevzuatlar

Tarihçe:

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de binalarda enerji verimliliği ile ilgili çalışmalar yaşanan petrol krizleri ile hız kazanmıştır. O tarihlerde 38 milyon nüfusu ile henüz 50 yaşında genç bir cumhuriyet olan Türkiye sanayileşme yolunda adımlar atıyordu. Türkiye’nin sanayileşme atağında petrolün rolü oldukça önemliydi. Türkiye 1973 yılında 12,6 Milyon ton petrol tüketirken 3,7 Milyon ton petrol üretebiliyordu.

Talebin %70,8'i yurtdışından sağlanıyordu. Kriz sonrası petrol fiyatlarının yükselmesi petrolü ithal eden ülkemizde sanayileşme sürecini ve günlük yaşamı sekteye uğratmıştı. Dünya ekonomisinde 1973-74'de yaşanan krizlerin sonucunda petrol fiyatlarının artması, petrol ithalatçısı Türkiye'yi olumsuz yönde etkilemiş, artan petrol fiyatları sonucu ödemeler dengesi açığının büyümesine neden olarak döviz rezervlerinin hızla erimesine yol açmıştır. Türkiye ekonomisi 1973'de 484 milyon dolar cari fazla ve 769 milyon dolar dış ticaret açığı gösterirken, 1974 yılında 718 milyon dolar cari açık, 2 milyar 245 milyon dolar da dış ticaret açığıyla karşılaşmıştı.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı oluşan krizin etkilerinin hafifletilmesi amacıyla; 03 Kasım 1977 tarihinde "Isıtma ve Buhar Tesislerinin Yakıt Tüketiminde Ekonomi Sağlanması ve Hava Kirliliğinin Azaltılması Yönetmeliği"ni yayımladı. Bu yönetmeliğin amacı ülke ekonomisi üzerinde önemli etkiye sahip olan yakıt tüketiminde tasarruf edilmesi ve halkın sağlığını tehdit eden hava kirliliğini azaltılması olarak açıklanmaktaydı. Yönetmelik hem binaları hem de sanayi tesisleri için geçerliydi ve mevcut binalarında bu yönetmelik şartlarını sağlaması isteniyordu.

Türkiye 4 sıcaklık bölgesine bölündüğü bu mevzuatta, tasarımcıların yeni yapılacak binaları yönetmelikte tanımlanan 4 temel şarta uygun olarak projelendirmeleri isteniyordu.

- § *Birinci kriter olarak; yönetmelikte tanımlanan hesaplama metoduna uygun olarak tayin edilen bina zarfının ortalama ısı geçirgenlik katsayısının tüm iller için en düşük dış ortam sıcaklığına bağlı olarak verilen sınır değerlerden düşük olması isteniyordu.*
- § *İkinci kriter ise dış cephenin ortalama ısı geçirgenlik katsayısı ile ilgiliydi. Dış cephenin ortalama ısı geçirgenlik katsayısının yönetmelikte verilen sınır değerlerin altında olması gerekiyordu.*
- § *Üçüncü kriter; ölçülen en düşük sıcaklık ortalamasının -6°C'nin altında olduğu illerde çift pencere veya çift camlı pencere kullanılması zorunlu hale getirmekteydi.*
- § *Dördüncü kriter ise pencerelerin sızdırmazlığının sağlanması için gerekli olan tedbirlerin alınması ile ilgiliydi.*

Projelendirmede dikkat edilecek bu 4 kriterin dışında yönetmelik; ayrıca apartman giriş kapılarının çift veya otomatik kapanacak şekilde olmasını zorunlu kılıyordu. Sıcak iklim bölgelerinde bu şarta uyulması zorunlu değildi. O dönemlerde Türkiye'de sadece Cam yünü üretilabiliyordu. Bu sebeple; ısıtma tesisatındaki boruların yalıtılması ve radyatörlerin arkasına 3cm kalınlığında camyünü levha konulması yönetmelikle zorunlu hale gelmişti. Yönetmelik mevcut binaların ise; ölçülen en düşük sıcaklık ortalamasının -6°C'nin altında olduğu illerde çatıların 5cm cam yünü ile yalıtılması zorunlu kılınmıştı. Ayrıca bu illerdeki binalardaki pencerelerin, çift pencere veya çift camlı pencere üniteleri ile değiştirilmesi isteniyordu.

Sıvı yakıtlı kazanların kullanıldığı yapılarda kazan çıkış suyu sıcaklığını dış hava sıcaklığına göre ayarlayan otomatik kontrol sistemi ile donatılmaları yönetmelikçe zorunlu hale getirilen bir diğer husustur. Ayrıca ısıtma tesisatı borularının; boru çapına bağlı olarak yönetmelikte verilen kalınlıklarda camyünü ile yalıtılması zorunluydu. Yönetmelik ısıtma sistemini kullanan kişilerin Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca eğitilmiş olması ve 10 yıllık kazanların değiştirilmesini şart koşturmaktadır.

1979-1980'li yıllarda yaşanan 2. petrol ve döviz krizi neticesinde 24 Ocak 1980'de alınan karar uyarınca Türk Lirası % 48,6 oranında devalüe edilmesiyle Türk ekonomisi büyük bir yara daha aldı. Krizin ardından alınan ilk önlem hiç beklenmeyen bir kurum tarafından hayata geçirildi. Tarım ve Orman Bakanlığı yaşanan enerji dar boğazlığını büyük bir sorun olarak ortaya koymuş ve yakacak olarak odun kullanılmasının Türkiye'nin orman alanları üzerindeki olumsuz etkisine dikkat çekmiştir. Bakanlık tarafından 07 Aralık 1980 tarihinde yayımlanan binalarda ısı yalıtımı talimatı ile bakanlığa bağlı inşa edilmiş ve edilecek tüm binalarda uyulması gereken ısı yalıtımı şartları tanımlamıştır. Tarım ve Orman

Bakanlığı bu yönetmeliği uygulayarak hem diğer kuruluşlara hem de halka örnek olmayı hedefliyordu. Ayrıca Bakanlığın yalıtım bilincinin arttırılması için faaliyet göstermesi kararlaştırılmıştı.

Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yayımlanan bu talimatnamede Türkiye 4 sıcaklık bölgesine ayrılmıştı. Bakanlıkça yapılacak olan binalar bulundukları sıcaklık bölgelerine göre duvar, çatı ve döşemeler için tanımlanmış olan ısı geçirgenlik katsayılarını aşmayacak şekilde projelendirilecekti.

Tablo 2: Binalarda Isı Yalıtımı Talimatı Kriterleri - 1980

	<i>U Duvar</i> <i>W/m²K</i>	<i>U Çatı</i> <i>W/m²K</i>	<i>U Döşeme</i> <i>W/m²K</i>
1. sıcaklık bölgesi (+3°C / 0 °C)	1,76	1,16	1,28
2. sıcaklık bölgesi (-3°C / -6°C / -9°C)	1,30	0,70	1,05
3. sıcaklık bölgesi (-12°C / -15°C / -18°C)	1,05	0,47	0,70
4. sıcaklık bölgesi (-21°C / -24 °C/-27°C)	0,87	0,35	0,58

Pencereler için ise alan sınırlaması yapılması düşünülmüş ve pencerelerin taban alanının %15'ni geçmeyecek şekilde tasarlanması zorunlu hale getirilmişti. 2. 3. ve 4. bölgelerde inşa edilecek olan binalarda pencerelerin çift kasalı veya çift camlı olması pencereler ile ilgili getirilen bir diğer zorunluluktur. Ayrıca soğuk olan 3. ve 4. sıcaklık bölgelerinde inşa edilecek yapılarında metal doğrama kullanılması yasaklanmıştı.

Bu talimatnamede ele alınan en ilginç konulardan birisi de bina çatılarının eğimli yapılmasının zorunlu kılınmasıydı. Öyle ki mevcut binalardaki tüm teras çatıların eğimli hale getirilmesi zorunluydu. Ayrıca ısıtma tesisatı dış duvardan ısı yalıtımı yapılmadan geçirilemiyordu.

Eski bakanlık yapılarının enerji performanslarının iyileştirilmesi için; başta çatı ve pencereler olmak üzere tüm yapı elemanlarına ısı yalıtımı yapılması hedeflenmişti. Taban alanının %15'inden fazla pencere alanına sahip binalarda pencerelerin sunta veya ahşap plakalar ile kapatılması ve cam ile plaka arasındaki boşluğa yalıtım malzemesi doldurulması isteniyordu. Ayrıca 1. sıcaklık bölgesi dışında yapılan tüm pencerelerin çift kasalı hale getirilmesi zorunluydu. Mevcut yapıların dış duvarlarında ise kolon, kiriş gibi taşıyıcı kısımların öncelikle yalıtılması isteniyordu. Bu amaçla duvarların içten yalıtılması veya 2. bir duvarın örülerek arasına ısı yalıtım malzemelerinin yerleştirilmesi öneriliyordu.

Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan bu talimatnamede sıcaklık bölgelerine göre uygulanacak yalıtım kalınlıkları da tanımlanmıştı. Günümüzde halen kullanılan camyünü, genişletilmiş perlit ve sentetik köpüklerin kullanılması durumunda çatılarda uygulanacak yalıtım kalınlıkları 2,5-10cm, döşemelerde ise 2-6 cm arasında değişiyordu. 1. sıcaklık bölgesi dışındaki binaların dış duvarlarında ise yalıtım kalınlıkları 2-3 cm idi.

Tablo 3: Yalıtım Kalınlıkları - Binalarda Isı Yalıtımı Talimatı: 1980

	<i>Duvar</i> <i>(cm)</i>	<i>Çatı</i> <i>(cm)</i>	<i>Döşeme</i> <i>(cm)</i>
1. sıcaklık bölgesi	0	2,5	2
2. sıcaklık bölgesi	2	5	3
3. sıcaklık bölgesi	2	7,5	5
4. sıcaklık bölgesi	3	10	6

1980’li yıllarda enerji verimliliği ve tasarrufu ile ilgili birçok yönetmelik yayımlanmış olsa da atılan en önemli adım idari düzeydedi. Bu adım; Enerji ve Tabii Kaynaklar bakanlığına bağlı elektrik işleri etüd idaresinde “enerji tasarrufu” ile ilgili bir departmanın 1981 yılında kurulmasıydı. Bu departmanın kurulması; Türkiye’de bir resmi kurumun “enerji verimliliği” ve “enerji tasarrufu” konularını sahiplenmesi açısından oldukça önemli bir adımdı. Kurum ilk faaliyet olarak enerji tasarrufu bilincinin kamu ve kamuoyunda artırılması amacıyla 1981 yılında enerji tasarrufu haftası etkinliklerini organize ederek gerçekleştirdi. Her yıl Ocak ayının ikinci haftasında düzenlenen Enerji Tasarrufu Haftası etkinliklerinin bu yıl 27.sı gerçekleştirildi. Etkinlik kapsamında Milli Eğitim Bakanlığı ile işbirliği yapılarak "ENERJİ TASARRUFU" konulu, ilköğretim öğrencileri arası resim ve öykü, lise ve dengi okul öğrencileri arasında ise proje yarışmaları yapılmaktadır.

Bayındırlık ve İskân Bakanlığı belediyelerin imar yönetmeliklerine ısı yalıtımı ile ilgili hususların eklenmesi ile ilgili 31 Ekim 1981 tarihinde bir yönetmelik yayımladı. 4 sıcaklık bölgesine göre yapı elemanlarının izin verilen en büyük ısı geçirgenlik dirençlerinin tanımlandığı bu yönetmelikte ayrıca pencere ve dış duvar ortalama ısı geçirgenlik katsayılarına yönelik sınırlamalar bulunuyordu. Yönetmeliğe göre hesaplamalar TS 825 “Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları” standardına göre yapılacak ve yönetmeliğin şartlarına uyulduğu ısı yalıtım projesi ile belgelendirilecekti.

Yönetmelikte; toplam pencere alanlarının döşeme alanının %15’ini geçmemesi, 2. 3. ve 4. sıcaklık bölgelerindeki binalarda çift pencere veya çift camlı pencere kullanılması isteniyordu. Pencere ile ilgili gerekliliklere uyulması ve Bakanlık tarafından yayımlanan uygulama detaylarının gerçekleştirilmesi durumunda ise şartlara uyulduğunu gösteren bir ısı yalıtım raporunun hazırlanması yeterli idi. Bu yönetmelik 1 Ocak 1982 tarihinden sonra yapılacak olan kamu binalarını ve 1 Ocak 1983 yılından sonra yapılacak diğer binaları kapsıyordu.

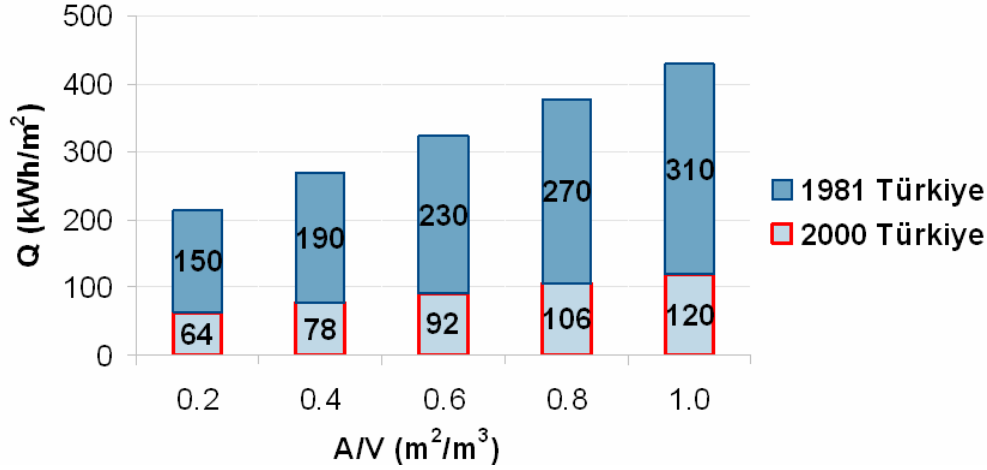
19 Kasım 1984 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı; Mevcut Binalarda Isı Yalıtımı ile Yakıt Tasarrufu Sağlanması ve Hava Kirliliğinin Azaltılması Yönetmeliğini yayımladı. Bu yönetmelik 1980 yılında Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yayımlanan ve sadece bakanlık binalarını kapsayan talimatname esinlenerek hazırlanmıştı. Böylelikle tarım ve orman bakanlığına bağlı binalarda geçerli olan yalıtım şartları 31 Ekim 1981 tarihli imar yönetmeliklerinde ısı yalıtımı ile ilgili değişiklik yapılmasıyla ilgili yönetmeliğin kapsamına girmeyen tüm eski binaları kapsıyordu. Böylelikle tüm bina stoğunu kapsayan enerji verimliliği ile ilgili düzenlemeler hazırlanmıştı.

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 16 Ocak 1985 tarihinde belediyelerin imar yönetmeliklerine ısı yalıtımı ile ilgili hususların eklenmesi ile ilgili yönetmeliği revize ederek tekrar yayımladı. Daha önce 4 sıcaklık bölgesine ayrılmış olan Türkiye bu yönetmelikle 3 iklim bölgesine ayrılıyordu. Bu yönetmelik 1 Ocak 1985 tarihinden sonra yapılacak olan tüm binaları kapsıyordu. Yönetmeliğin en önemli özelliği 2000 yılına kadar uygulanacak olmasıydı.

2.2 Yürürlükte olan mevzuatlar:

TS 825 “Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları” Standardı:

TS 825 “Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları” standardı 1998 yılında Avrupa standartları esas alınarak revize edilmiştir. Bu standart 08 Ağustos 2000 tarihinde yayımlanan Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği ile 14 Haziran 2000 tarihinden sonra yapılan binalar ve toplam oturma alanının %15’inden büyük esaslı tadilatları kapsayacak şekilde zorunlu kılınmıştır. Yapılan bu revizyonla 1981 yılında tanımlanan enerji limitleri 150-310 kWh/m2/yıl değerlerinden 69-117 kWh/m2/yıl değerine çekilerek önemli bir adım atılmıştır.



Şekil 2: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının değişimi: TS 825 Standardının Revizyonu

Temel olarak TS 825 “Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları” standardı;

- ❖ Ülkemizdeki enerji tüketiminde önemli bir paya sahip olan binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarlarını sınırlayarak enerji tasarrufu sağlamayı,
- ❖ Enerji ihtiyacının hesaplanması sırasında kullanılacak standart hesap metodunu ve izin verilen limit enerji ihtiyacı değerlerini belirlemeyi,
- ❖ Enerji verimli konfor şartları yüksek binalar üretilmesini sağlamayı hedeflemektedir.

TS 825, binaları bir bütün olarak ele alarak; çatı, duvar, döşeme ve pencere sistemlerinin enerji verimli tasarlanmasını sağlar. Yeni yapılan binaların TS 825’de verilen hesap metoduna göre, birim alan veya birim hacim başına net ısıtma enerjisi ihtiyacı belirlenir. Hesaplanan değer, standartta verilen limit enerji ihtiyacı değerlerinin altında kalması gerekir. Standartta belirtilen hesap metoduyla binanın enerji ihtiyacının, bu standartta verilen sınır değerlerin altında kalmasını sağlayacak şekilde malzeme seçimi, eleman boyutlandırılması, yalıtım detaylarına ait çözümlerinin projelendirilmesi ve raporlanması gerekir. Ayrıca dış ortam ile temas halinde bulunan tüm yapı bileşenlerinde meydana gelen buhar difüzyonunun analiz edilmesi ve her bir yapı elemanının standartta verilen koşulları sağlayacak şekilde tasarlanması gerekir. TS 825’e göre yoğunlaşan suyu miktarını, yoğunlaşmanın meydana geldiği ara kesitteki malzemelere zarar vermeyeceği kabul edilen belirli bir limit değerini aşmaması ve kuruma periyodunda tamamen buharlaşması gereklidir. Enerji limitleri içerisinde kalacak şekilde tasarlanan bir binada bulunan tüm yapı bileşenleri yoğunlaşma kriterlerini de sağlıyorsa yapılan tasarımın uygun olduğu raporlanır. Yoğuşma veya enerji limitlerinden birini sağlayamayan tasarımlar standarda uygun olmayacağından, yapı ruhsatı alamaz.

Bu standart revize edilerek 22 Mayıs 2008 tarihinde tekrar yayımlanmıştır. Yapılan revizyon çalışmalarının ardından; gerek ısı konfor gerekse de iç yüzeyde küflenme oluşumunun önlenmesine yönelik olarak; dış ortam ile temas halinde olan tüm yapı elemanlarının iç yüzey sıcaklıklarının, iç ortam sıcaklığından en fazla 3°C düşük olacak şekilde tasarlanması zorunlu hale getirilmiştir. Giydirmeler gibi çok büyük oranda cam içeren yapılar için özel enerji sınırlamaları getirilmiştir. Diğer yapılarda ise kaplamalı çift cam kullanımı; tüm derece gün bölgelerinde zorunlu hale getirilmiştir. Merkezi ısıtma sistemi bulunmayan ve kat kaloriferi veya kombi ile ısıtmanın yapıldığı binalarda ara kat döşemelerinin ve bitişik duvarların ısı direnci 0,80 m².K/W olacak şekilde tasarlanarak, yalıtılması zorunlu hale gelmiştir.

Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği:

TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı” nın 29 Nisan 1998 tarihinde tavsiye niteliğinde yürürlüğe girmesinin ardından bu standardın paralelinde hazırlanan 08 Mayıs 2000 tarihli “Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği” yayımlanarak TS 825 standardı 14 Haziran 2000 tarihinde uygulanması zorunlu hale gelmiştir. Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği; binalardaki ısı kayıplarının azaltılması, enerji tasarrufu sağlanması ve uygulama esaslarının belirlenmesi amacıyla hazırlanmıştır. Bu yönetmelik hükümleri uyarınca; TS 825 “Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları” standardında belirtilen, hesap metoduna yetkili makine mühendisi tarafından hazırlanan “ısı yalıtım projesi”nin imara ilişkin mevzuat gereğince yapı ruhsatı verilmesi aşamasında tesisat projesi ile birlikte ilgili idarelerce istenmesi zorunludur. Bu yönetmelikte; inşaatın her aşamasında ısı yalıtımı ile ilgili denetimlerin belediyeler veya valiliklerce yapılması, yetkili kontrolün projede verilen detayların uygulandığını izleyerek belediye veya valiliklere rapor vermesi gereklidir.

Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği’nde ayrıca; yapının kullanılması sırasında göreceli olarak ihtiyaç duyacağı enerji miktarını, dolayısıyla yakıt faturasının yaklaşık bedelini gösteren “Isı İhtiyacı Kimlik Belgesi” hayata geçirilmiştir. Bu belge kiralama veya satın alma aşamasında kullanıcıların; yatırım bedelinin yanı sıra işletme bedellerini de göz önüne alabilmelerini sağlar. Isı ihtiyacı kimlik belgesi, aynı kira veya alım bedeline sahip iki yapıdan kullanım boyunca daha az enerji tüketecek olanının seçilmesine olanak vermesiyle, yalıtımlı bina taleplerinin ve arzının oluşmasında önemli role sahiptir.

Yönetmeliğe göre bu belge; yetkili ısı yalıtım projecisi ve uygulamayı yapan makine mühendisleri tarafından doldurulup imzalanacak ve daha sonra belediye veya valilikler tarafından onaylanarak yapı kullanım izin belgelerine eklenecektir. Isı ihtiyacı kimlik belgesinin; bina yöneticisinin dosyasında bulunması ve bir kopyasının bina girişinde görülebilir bir yere asılması zorunludur.

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardının 22 Mayıs 2008 tarihinde yayımlanmasını takiben Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Ağustos ayında bu standarda yönelik mecburi standart tebliği yayımladı. Buna karşılık yayımlanan standardın yeni projelerde uygulanabilmesi için 08 Mayıs 2000 tarihinde 24043 sayılı resmi gazetede yayımlanarak ısı yalıtımı uygulamalarını zorunlu hale getiren amir mevzuat olan Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği’nin yenilenmesi gerekiyordu. Yayımlanan standart ile Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği’nin birbirleri ile uyumlu hale getirilmesi amacıyla, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliğini 09 Ekim 2008 tarih ve 27019 sayılı resmi gazetede yayımlandı. Yönetmelik 1 Kasım 2008 tarihinden itibaren yürürlüğe girdi.

Yönetmeliğin getirdiği en önemli hususlardan birisi de mevcut binalarda yapılan tadilatlar da yenilenen kısmın TS 825 standardına göre enerji verimli olarak tasarlanarak uygulanmasının gerekmesidir. Artık pencere değişiminden, binalarda yapılacak ısı yalıtımı uygulamalarına kadar tüm tadilatların standarda uygun olması gerekmektedir.

Enerji Verimliliği Kanunu:

Türkiye’de enerji verimliliği ile ilgili bir diğer yasal gelişme de EİE tarafından hazırlanan Enerji verimliliği kanunun 2 Mart 2007 tarihinde yayımlanmasıdır. Bu Kanunun amacı; enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasıdır. Kanun kapsamında; enerji verimliliği çalışmalarının ülke genelinde tüm ilgili kuruluşlar nezdinde etkin olarak yürütülmesi, sonuçlarının izlenmesi ve koordinasyonu amacıyla Enerji Verimliliği Koordinasyon Kurulu oluşturulmuştur.

Toplam inşaat alanı en az yirmibin metrekare veya yıllık enerji tüketimi beşyüz TEP ve üzerinde olan binalarda enerji yöneticilerinden hizmet alınması gerekmektedir. Bu kanunun yürürlüğe girmesi ile enerji

verimliliği danışmanlık şirketlerinin temeli atıldığı gibi AB'deki örneklerine uygun enerji kimlik belgesinin yeniden düzenlenmesi gündeme gelmiştir.

Kanunun ele aldığı konulardan birisi de eğitim ve bilinçlendirme çalışmalarıdır. Ayrıca bu kanunla; kat mülkiyeti kanununda değişiklik yapılarak ısı yalıtımı uygulamaları yapılması ve kat kaloriferinden merkezi ısıtma sistemine geçiş gibi enerji verimliliği oy birliği yerine oy çokluğu esasına göre sağlanmıştır. Enerji verimliliği Kanunu ile birlikte 2008 Yılı Türkiye'de Enerji Verimliliği yılı olarak ilan edilmiş ve enerjinin etkin kullanılması ve israfının önlenmesi amacıyla kamu özel sektör ve sivil toplum kuruluşlarının katılımıyla Başbakanlık tarafından Ulusal Enerji Verimliliği Hareketi başlatılmıştır.

2.3 Isı Yalıtımı ve Enerji Verimliliği: Demonstrasyon Projesi

Teorik hesaplamalar; yalıtım ile sağlanabilecek enerji verimliliği potansiyelinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Pratik uygulamalarda, hesaplanan verimlilik değerlerine ulaşılabilirliğin mümkün olup olmadığı tespit etmek için ölçümsel verilere dayanan bir demonstrasyon projesi gerçekleştirilmiştir.

Mevcut binalardaki enerji tasarruf potansiyelinin araştırılması ve kamuoyunun bilinçlendirilmesi amacıyla ile Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) ile Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği (İZODER) işbirliği yaparak **“artık yuvam daha sıcak”** ismiyle bir demonstrasyon projesi gerçekleştirildi. Bu proje kapsamında; aktif olarak kullanılan bir binanın enerji performansına dair ön analizlerinin yapılması, söz konusu binanın enerji verimli hale getirilmesi için yapılması gerekli olan tedbirlerin belirlenerek hayata geçirilmesi ve uygulamanın tamamlanmasının ardından tekrar ölçümlerin yapılarak elde edilen tasarrufun tespit edilebilmesini hedeflenmiştir.

Gerekli izinlerin alınmasının ardından Ankara'da bulunan, 1973 yılında inşa edilmiş ve yaklaşık 15.000m³ kapalı hacme, 3.609m² ısıtılan alana sahip Sosyal Hizmetler ve Çocuk Esirgeme Kurumuna bağlı 50. Yıl Yetiştirme Yurdu, projenin uygulanacağı bina olarak belirlenmiştir. Ön etüt çalışmasında yapılan inceleme ve ilk ölçüm sonuçlarına göre; yalıtımsız olan bu binada ısıtma amaçlı yılda 68.600m³ doğalgaz, sıcak su temini için yılda 26.400m³ doğalgaz, aydınlatma ve elektrikli ev aletlerinin kullanımından dolayı 131.000kWh/yıl elektrik enerjisi tüketildiği tespit edilmiştir. Ön etüt çalışmalarının neticesinde söz konusu binanın mevcut şartlardaki enerji tüketiminin ve enerji tasarruf potansiyelinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Mevcut binada ısınma amaçlı enerji tüketiminin diğer kullanım alanlarına göre çok daha yüksektir. Toplam enerji tüketimi içerisinde ısınma amaçlı kullanım %63'lük pay ile en yüksek orana sahiptir. Elektrik kullanımı toplam tüketimde %12, sıcak su temini için harcanan enerji miktarı ise %25'lik paya sahiptir.

50. Yıl Yetiştirme Yurdu binasında enerji verimliliğinin arttırılmasına yönelik olarak ele alınan önlemlerin belirlenmesinde söz konusu uygulamalarda kullanılan ürünlerin piyasada rahatlıkla bulunabilirliği göz önüne alınmıştır. Binada yapılacak ısı yalıtımı uygulamalarında; TS 825 standardında verilen gereklilikleri sağlayan minimum kalınlıkta malzeme kullanılmıştır. Kullanılan yalıtım malzemelerinin kalınlığı TS 825 standardında verilen hesaplama esaslarına göre belirlenmiş ve tasarrufun arttırılması için yalıtım malzemesi kalınlığının arttırılmasına gidilmemiştir.

50. Yıl Yetiştirme Yurdu binasında, enerji verimliliğinin arttırılmasına yönelik olarak yapılan çalışmalar neticesinde elde edilen enerji tasarrufun belirlenmesi için Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından uygulama sonrasında ölçümlere dayanan ikinci bir etüt çalışması gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu etüt çalışmasıyla başlangıç aşamasında tayin edilen hedeflerden sapma meydana gelip gelmediği, teorik çalışma ile pratik uygulama arasında oluşabilecek farklılıkların nedenlerinin analiz edilmesi hedeflenmiştir.

2000–2006 yılları arasında ısıtma sezonlarında tüketilen yıllık toplam doğalgaz tüketimi ve kış aylarındaki dış iklim şartları dikkate alınarak hesaplanan derece-gün başına yakıt tüketimleri belirlenmiştir. Derece gün sayısının artması, ısıtma yapılan gün sayısının arttığını yani söz konusu yılda

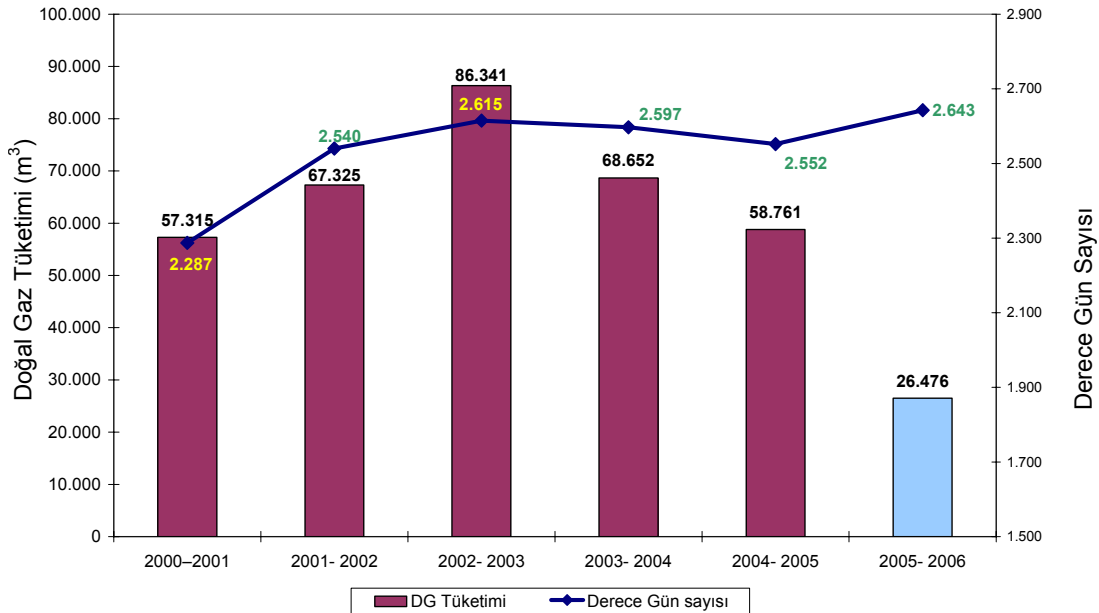
kış mevsiminde daha düşük sıcaklıklara ulaşıldığını göstermektedir. Aşağıda verilen tabloda yıllara göre derece gün sayıları ve doğalgaz sarfiyatları gösterilmiştir.

Tablo 4: Doğal Gaz Tüketimleri

Isıtma Sezonu	Isınma İçin Harcanan Doğalgaz(m ³)	Derece-Gün	Derece-Gün Başına Harcama
2000–2001	57.315	2.287	25
2001- 2002	67.325	2.540	27
2002- 2003	86.341	2.615	33
2003- 2004	68.652	2.597	26
2004- 2005	58.761	2.552	23
2005- 2006	26.476	2.643	10

Yukarıda verilen tabloda görüldüğü gibi uygulama yapılmadan önceki yıllarda derece-gün başına doğalgaz tüketimi ortalama 27m³ iken uygulama yapıldıktan sonraki 2005–2006 sezonunda doğal gaz tüketimi 10m³'e gerilemiştir. Buradan hareketle yapılan uygulamaların %63 oranında enerji verimliliği sağladığı ortaya çıkmaktadır.

Şekil 2’de enerji verimliliği uygulamalarının gerçekleştirildiği 2005–2006 sezonuna ait derece-gün değerinin geçmiş yıllara oranla yüksek olduğu, kış mevsiminin daha soğuk geçtiği ancak, yalıtım yapılmış olması nedeniyle ısıtmaya harcanan yakıt tüketiminin geçmiş yıllara oranla çok daha az olduğu görülmektedir. Söz konusu binada; iletimle olan ısı kayıplarının azaltılması ile %48,1 oranında, havalandırma yoluyla meydana gelen ısı kayıplarının azaltılması ile %14,9 oranında enerji verimliliği sağlanmıştır. Yalıtım kalınlıklarının standartların izin verdiği en büyük ısıl geçirgenlik katsayılarına uygun olarak belirlendiği ve tabana ısı yalıtımı yapılmadığı unutulmamalıdır. Uygulamaların gerçekleştiği 2004-2005 kış sezonunda dahi bir önceki yıla göre yaklaşık % 11,5 oranında enerji verimliliği sağlandığı görülmektedir.



Şekil 3: Yıllara Göre Derece Gün Sayıları ve Doğal Gaz Tüketimleri

Yapılan yalıtım uygulamaları neticesinde ortalama olarak 44.931m³ doğalgaz tasarruf elde edilmiştir. Isı yalıtımı uygulamaları ile söz konusu binada kullanılan doğalgazın %63 oranında azalması ile her yıl ortalama 108 ton CO₂ emisyonunun atmosfere salınmaması anlamına gelmektedir. Yatırım maliyetleri göz önüne alındığında ısı yalıtım uygulamalarının geri ödeme süresinin 3,7 yıl olduğu tespit edilmiştir. Gerçekleşen doğalgaz tüketimlerinde termostatik vana kullanılmasına rağmen mevcut kazanların kapasitesinin yüksekliği dolayısıyla; iç ortam sıcaklığının 24°C'nin altına düşürülememesinin etkisi olduğu unutulmamalıdır.

3. Sonuç ve Öneriler:

Türkiye'nin Binalarda Enerji Verimliliği sağlanmasına yönelik 1977 yılında başlayan çalışmaları halen devam etmektedir. Binalarda enerji verimliliği ile ilgili standart ve yönetmelikler olumlu birer adım olmalarına karşın, geliştirilmesi gereken unsurlar içermektedir. Artan yakıt fiyatları ve çevresel endişeler her geçen gün enerji verimliliğine duyulan ihtiyacı arttırmaktadır. Gelişmiş ülkelerin bu durum karşısında sürekli olarak mevzuatlarını yenileyerek enerji limitlerini yeniden düzenlemekte ve daha enerji verimli hedefler oluşturmaktadır. AB; 2015'de düşük enerjili binaların maliyet etkin olarak inşa edilebilmesini kendisine hedef olarak koymuştur. Günümüzde AB ile Türkiye'deki binalarda kullanılan yapı kısımlarında izin verilen en büyük ısı geçirgenlik katsayıları mukayese edildiğinde, enerji limitlerinin iyileştirilmesi gereği ortaya çıkmaktadır (Tablo 1).

Tablo 5: AB Ülkelerinde İzin Verilen Maksimum Isıl Geçirgenlik Değerleri (W/m².K)

Ülke	U _{DUVAR}	U _{CAATI}	U _{DÖSEME}	U _{PENCERE}
Avusturya	0,35-0,50	0,20-0,25	0,35-0,40	1,70
Almanya	0,30	0,20	0,40	1,65
Danimarka	0,20-0,40	0,15-0,25	0,12-0,30	1,80
Finlandiya	0,25	0,16	0,25	1,80
Fransa	0,36-0,40	0,25	0,36	2,45
Yunanistan	0,70	0,50	0,70-1,90	3,50
İrlanda	0,27-0,37	0,16-0,25	0,25-0,37	3,30
İtalya	0,46-0,64	0,43-0,60	0,46-0,60	3,60
Norveç	0,18-0,22	0,13-0,18	0,15-0,18	1,60
İsveç	0,18	0,13	0,15	1,60
İngiltere	0,25-0,35	0,13-0,20	0,2-0,25	2,20
Türkiye	0,40-0,70	0,25-0,45	0,40-0,70	2,40

Ayrıca Türkiye'de yürürlükte olan mevzuatların tümü sadece ısıtma amaçlı kullanılan enerjiden tasarruf edilmesine yöneliktir. Özellikle, Türkiye'nin güney ve batı bölgelerinde sıcaklıklar yılın büyük bir bölümünde soğutma ihtiyacı öne çıkmaktadır. Bu durum, bu bölgelerde soğutma için yoğun miktarda enerji kullanımına neden olmaktadır. Bu nedenle, soğutma için harcanan enerjiye yönelik de bir düzenlemenin hayata geçirilmesi gereklidir. Günümüzün koşullarında artık sadece ısı kayıplarına yönelik sınırlamaların getirilmesi yeterli olmamakta 2002/91/EC Binaların Enerji Performans Direktifinde de ifade edildiği gibi; ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma, sıcak su temini gibi enerji tüketimine neden olan tüm kullanım alanlarına yönelik kümülatif sınırlamalara gidilmelidir. Enerji verimliliği

konsepti tasarım aşamasında alınabilinecek yalıtım ve binanın konumu gibi pasif önlemler ile başlamalı; ısıtma, soğutma, havalandırma, sıcak su temin, aydınlatma vb. sistemlerinin ve tesisatlarının verimleri de titizlikle ele alınarak şekillendirilmeli ve otomatik kontrol önlemleri ile desteklenerek güçlendirilmeli ve kullanıcıların enerji tüketimine yönelik davranış biçimlerinin geliştirilerek sonlandırılmalıdır.

Türkiye'nin 1977 yılından günümüze kadar yaşamış olduğu tecrübeler Yönetmelik ve standartların yayımlanmasına rağmen, tanımlanan gereklerin uygulama aşamasında yetere seviyede hayata geçirilemediğini göstermektedir. 12 Ağustos 2001 tarihinde yayımlanan "Yapı Denetim Kuruluşlarının Çalışma Usul ve Esasları" yönetmeliği ile 19 pilot ilde yalıtım projesi ve ısı yalıtımı uygulamalarının kontrolü yapı denetim kuruluşlarına verilmiştir. Diğer illerde ise denetim Belediyelerce sağlanmaktadır. Buna rağmen; mevzuatların inşaatlarda tam olarak uygulanması, denetimlerin yetersizliği ve enerji verimliliği konusundaki uzman sayısının az olması nedeniyle aksamaktadır. Tüm bu tecrübeler; eğitim ve bilinçlendirme kampanyaları ile yetiştirilecek nitelikli işgücü ve bilinçli tüketici grubunun enerji verimliliği hedeflerine ulaşılmasında anahtar rolü olduğunu göstermektedir.

Yaklaşık yüzde 92'si enerji verimliliğine dair mevzuatların kapsamı dışında olan 8,5 milyon mertebelerinde büyük bir yapı stoğu ile Türkiye oldukça önemli bir enerji tasarruf potansiyeline sahiptir. Yayımlanan mevzuatların 14 Haziran 2000 tarihinden sonra yapılan binalar için geçerli olduğu ve bu tarihten önce yapılmış binaları kapsamadığı unutulmamalı ve arzulanan enerji verimliliği hedeflerine ulaşılması için mevcut binalara yönelik bir düzenlemenin yapılandırılması gerekmektedir. Gelir seviyesi göz önüne alınarak tüketici lehine olacak şekilde enerji verimliliği sağlayan ürün ve teknolojilere dair vergi indirimleri/muafiyetleri hayata geçirilmelidir. Uzun vadeli ve düşük faizli krediler ile beslenen finansman modelleri geliştirilerek enerji verimliliği uygulamaları desteklenmelidir.

Aslında enerji ve çevre ile ilgili yaşadığımız tüm sorunlar, enerji verimliliği yönüyle başaramadıklarımızın bir sonucudur. Bu sonu değiştirmek için tüm kesimlerin uyum içerisinde işbirliği yapması ile mümkündür.

İKİ CAMLI VE ÜÇ CAMLI PENCERELERDE ISI GEÇİŞİNİN İNCELENMESİ

**Arş. Gör. Müslüm ARICI, Semih KÖSE, Ömer Oğuz TOZKOPARAN,
Yrd. Doç. Dr. Hasan KARABAY**

*Kocaeli Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü
muslumarici@gmail.com*

ÖZET

Bu çalışmada iki ve üç camlı pencerelerdeki ısı geçişi Sonlu Hacimler Yöntemi esasına dayanan ticari bir program ile incelenmiştir. Çift camlı pencere sistemi için 6mm ile 24mm arasında değişen 5 farklı hava tabakası kalınlığı, üç camlı pencere sistemi için ise 6mm ile 16mm arasında değişen 4 farklı hava tabakası kalınlığı alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Çalışmada iç yüzey sıcaklığı sabit 15°C sıcaklığında tutulmuş, kış koşullarına uygun olacak şekilde dış cam yüzeylerindeki sıcaklıkların 10°C, 5°C, 0°C, -5°C ve -10°C olması durumu için ısı kayıpları incelenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda üç cam kullanılması durumundaki ısı geçişinin, çift camlı duruma göre hava kalınlığına bağlı olarak yaklaşık %50 oranında azaldığı görülmüştür. Ayrıca düşük neşretme (low emissivity) katsayısına sahip camların kullanılması ile ısı kayıplarında %80'ler mertebesinde tasarruf sağlanabileceği gösterilmiştir. Tüm durumlarda, toplam ısı geçişinde ışıınının daha önemli olduğu ve kesinlikle hesaplamalarda ihmal edilmemesi gerektiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Çift cam, üç cam, optimum kalınlık

ABSTRACT

In this study, heat losses through a double-glazed window and a triple-glazed window are investigated by using a CFD commercial code. Simulations are run for 5 different air layer thicknesses which varying from 6mm to 24mm for double-glazed window and 4 different air layer thicknesses which varying from 6mm to 24 for triple-glazed window. In the study, the surface of the inner glass is specified at 15°C and the surface temperature of outer glass is varied for 5 different temperatures ($T=10^{\circ}\text{C}$, 5°C , 0°C , -5°C , 10°C). It is observed that if triple-glazed window is used instead of double-glazed window, heat loss can be reduced about %50 depending on air layer thickness. Besides, it is shown that energy losses can be saved up to %80 if the emissivity of glass surfaces is reduced by coating them with low-emissivity material. In all cases, heat transfer by radiation is more dominant than heat transfer by convection. Based on these results, it is concluded that radiation cannot be ignored.

Keywords: Double-glazed windows, triple-glazed windows, optimum air-layer thickness

1.GİRİŞ

Enerji üretim ve tüketim süreçlerinde ortaya çıkan sera gazı emisyonları küresel ısınma ve iklim değişikliğinin en önemli nedenleri arasındadır. Ayrıca kullandığımız enerjinin %75'ini yurtdışından döviz ödeyerek satın almaktayız [6]. Elektrik işleri etüt idaresi internet sitesine göre ülkemizde konutlarda kullanılan toplam enerjinin %82'si ısıtmada kullanılmaktadır. Bu nedenle ülkemizde en çok tasarruf yapılması gereken enerji alanı binalardaki enerji kullanımı olmalıdır. Binalardaki ısı kayıplarının %40'ı dış duvarlardan, %30'u pencerelerden, %17'si kapılardan, %7'si çatılardan ve %6'sı döşemelerden olmaktadır [6]. Eskiden ısıtma sistemi tasarımları, 90°C kazan çıkış ve 70°C kazan dönüş sıcaklıkları üzerinden yapılırken, günümüzde bina kabuğunun iyi yalıtılması halinde sıcaklıklar, 70/55°C veya daha altında olacak şekilde yapılabilir. Bu şekilde kazan boyutları küçülmekte, maliyetleri azalmakta ve verimleri artmaktadır. Yani binalarda yapılacak yalıtım ile %25 ila %50 arasında yakıt tasarrufu sağlanabilir [5]. Çatı, döşeme ve dış duvarlar yalıtım malzemeleriyle uygun bir şekilde yalıtılarak enerji kaybı azaltılabilir. Ancak iç mekânı yağmur, rüzgâr gibi dış etkilere koruyan, doğal aydınlatmadan faydalanmayı sağlayan, dış mekânla görsel bağlantı kurmaya olanak veren özellikleri ile alternatif bir yapı malzemesi olan pencerelerde yalıtım malzemesi bu yüzeylerdeki gibi kullanılamaz. Bu nedenle çok pencere ortamlarda sorun büyüyecek ve enerji kaybı artacaktır. Pencerelerden olan ısı kaybını azaltmak için çift veya üç camlı pencereler kullanılabilir. İki cam arasında belli kalınlıktaki boşluğun içerisine hava, krypton, xenon, argon gibi ısı iletim katsayısı çok düşük olan asal gazların doldurulması ile ısı kaybı ciddi ölçüde azaltılmaktadır.

Pencerelerden gerçekleşen ısı geçişi, iletim, taşınım ve ışıyım mekanizmalarının beraberce gerçekleşmesi ile oluşmaktadır. Işıyım ile olan ısı kayıpları ciddi büyüklüktedir. Bu ısı kayıplarını inceleyen literatürdeki bazı çalışmalarda [2,4] ışıyımın etkisi göz ardı edilmiştir. Bu çalışmada ise ışıyımın da etkisi dikkate alınarak, çift camlı ve üç camlı pencere sistemlerindeki ısı geçişleri incelenmiş, her iki durumda elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve sağlanabilecek enerji tasarrufu gösterilmiştir.

2.PROBLEMİN TANITIMI

Bu çalışmada kullanılan çift camlı ve üç camlı pencere sisteminin geometrisi Şekil 1'de gösterilmiştir.

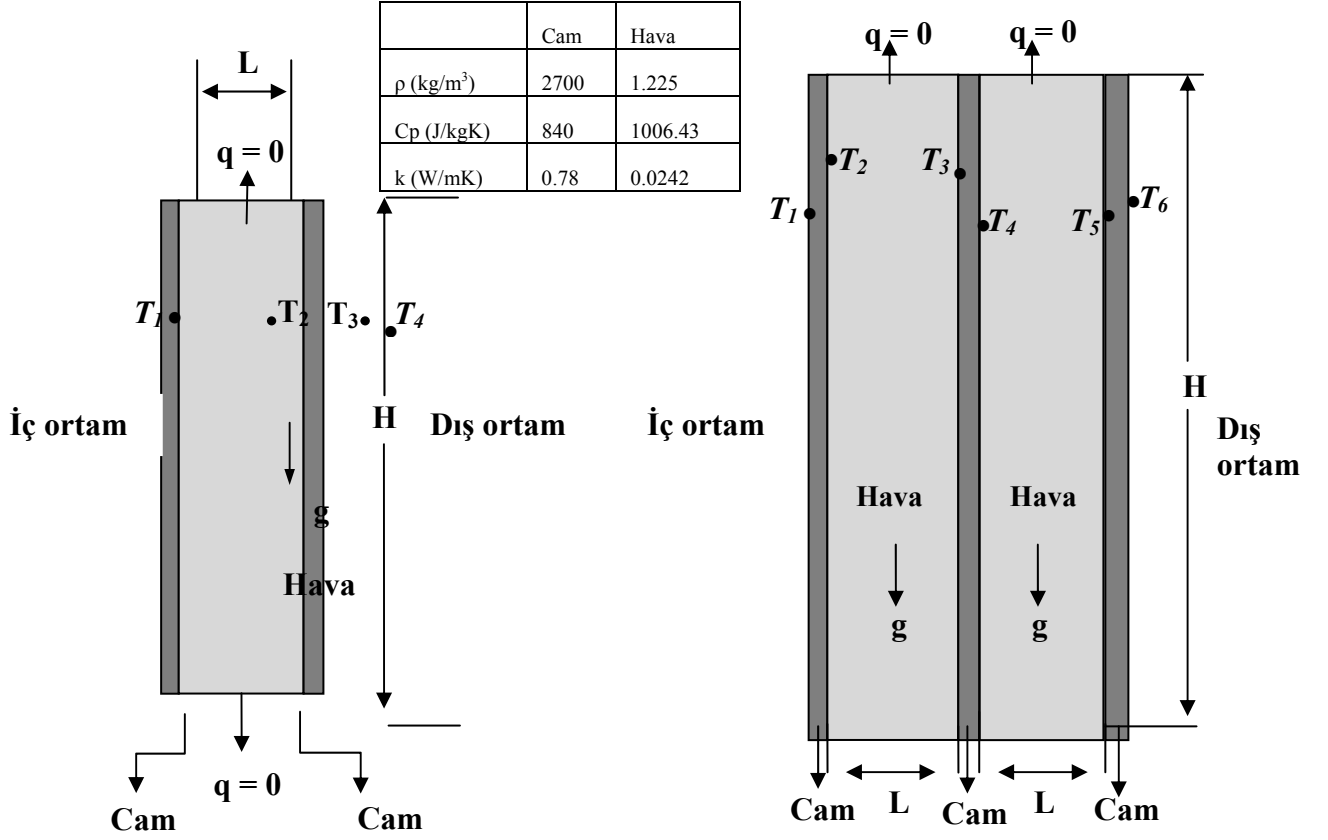
Bütün cam kalınlıkları 4mm olarak alınmıştır. Oda (iç) tarafındaki cam yüzey sıcaklığı (T_1) 15°C'de sabit olarak alınmış, dış cam yüzey sıcaklığı (çift cam için T_4 , üç cam için T_6) ise 5 farklı sıcaklık değeri için (-10°C, -5°C, 0°C, 5°C, 10°C) hesaplamalar yapılmıştır. Ara boşluk mesafesi, çift cam için 6mm-24mm arasında (6mm, 9mm, 12mm, 16mm, 24mm) değişen 5 farklı değer, üç cam için ise 6mm-16mm arasında (6-6mm, 9-9mm, 12-12mm, 16-16mm) değişen 4 farklı değer alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Işıyımın etkisini görebilmek için bu çalışma öncelikle ışıyım ihmal edilerek, daha sonra ise ışıyım da dâhil edilerek iki bölümde yapılmıştır. Pencere yüksekliği tüm geometrilere 1m olarak alınmıştır.

Ayrıca pencere yüzeylerinin farklı yayınım katsayılarına sahip malzemeler ile kaplanması durumundaki ısı geçişi incelenmiştir. Bu amaçla, iki camlı sistemde 12mm, üç camlı sistemde ise 6-6mm ara boşluklu konfigürasyonlar ele alınarak, cam yüzeylerinin yayınım katsayısı 0.25 ila 1 arasında değiştirilmiştir.

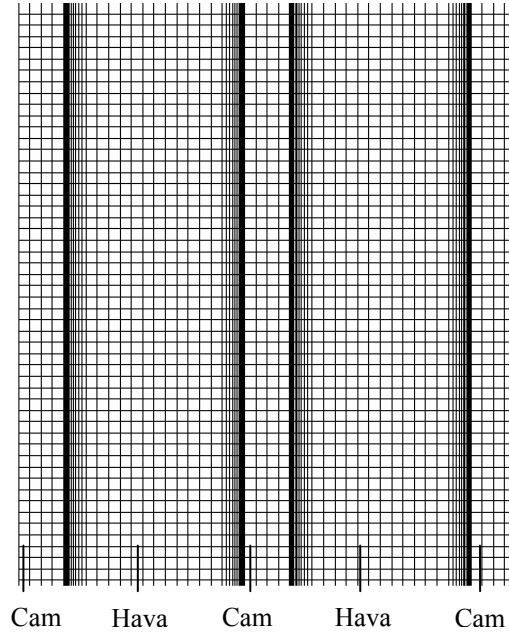
3. SAYISAL ÇÖZÜM METODU

Bu çalışmada sonlu hacimler yöntemi esasına dayanan ticari bir kod olan Star-CCM paket programı kullanılmıştır. Problem iki boyutlu ve zamandan bağımsız olarak ele alınmıştır. Yoğunluk dışındaki tüm fiziksel özellikler sabit kabul edilmiş, yoğunluk ise ideal gaz kabulü yapılarak hesaplanmıştır.

Şekil 2'de çözümlerde kullanılan örnek bir ağ yapısı gösterilmiştir. Cam yüzeylerine yakın yerlerde x doğrultusunda ince ağ kullanılmış, geri kalan kısımlarda ise daha yüksek ağ genişliğine sahip uniform bir ağ kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan hücre sayısı ara boşluk mesafesine bağlı olarak 31000-84000 arasında değişmektedir.



Şekil 1. Çalışmada incelenen çift camlı ve üç camlı pencere sistemleri.



Şekil 2. Bu çalışmada kullanılan ağ yapısı.

Havanın temas ettiği tüm yüzeylerde hız kaymama sınır koşulu kabul edilmiştir. Alt ve üst yüzeylerde Denk.(1 ve 2)'de verildiği gibi adyabatik sınır şartı uygulanmıştır.

$$\frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=0} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=H} = 0 \quad (2)$$

Momentum ve enerji denklemleri ikinci mertebeden upwind yaklaşımı ile ayrıklaştırılmış, basınç-hız denklemi ise SIMPLE algoritması ile çözülmüştür. Kapalı boşluklardaki akışın laminierden türbülansa geçtiği kritik Rayleigh sayısı 10^6 'dır [3,4]. Bu çalışmada hesaplanan tüm Rayleigh sayıları 10^6 'dan küçük olduğu için bütün durumlarda akış laminier olarak incelenmiştir.

Işınım ile olan ısı transferi, camlar arasındaki akışkanın ışıma katılmadığı kabul edilerek Surface-to-Surface (S2S) radyasyon modeli ile çözülmüştür. Görme faktörleri ara hava boşluk kalınlıklarına bağlı olarak 0,97- 0,99 değerleri arasında değişmektedir.

4.SAYISAL SONUÇLAR

Çift camlı ve üç camlı pencere sistemlerindeki toplam ısı akısının ara boşluk mesafesi ve sıcaklık farkları ile değişimi sırasıyla Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterilmiştir. Ayrıca, bu şekillerde ışıma ile geçen enerjinin toplam ısı akısına olan etkisi görülebilir. Kesikli çizgilerle gösterilen eğriler ışımanın dâhil edilmediği, dolu çizgili eğriler ise ışımanın dâhil edildiği hesaplamalara aittir. Şekillerden de görüldüğü ışımanın dâhil edildiği ve edilmediği hesaplamalardaki toplam ısı transferi arasındaki fark sıcaklık farkına bağlı olarak %80'ler mertebesine ulaşmaktadır. Ayrıca bu grafiklerden camlar (iç ve dış camlar) arasındaki hava tabakası kalınlığının toplam ısı transferine olan etkisi de görülmektedir. Küçük ara boşluklardaki enerji geçişi, aynı şartlardaki geniş aralıklı pencerelere göre çok daha büyüktür. Hava tabakası kalınlığı arttıkça geçen ısı miktarı hızlı bir şekilde azalmakta, fakat belli bir hava tabakası kalınlığından sonra bu azalış miktarı azalmaktadır.

Isı geçişinin hızlı bir şekilde azaldığı bölgede ısı geçişi iletim ve ışıma mekanizmaları ile gerçekleşmektedir. Tabaka kalınlığının artması ile iletim direnci büyüdüğü ve enerji geçişinin lineer olarak azaldığı Şekil 3'ten görülmektedir. Belirli bir tabaka kalınlığından sonra taşınım mekanizmasının etkili olmaya başladığı ve tabaka kalınlığı arttıkça ısı kayıplarının çok fazla değişmediği görülebilir. Dolayısıyla çok camlı pencere sistemlerinde optimum hava kalınlığı yerine minimum hava kalınlığı aranması daha doğrudur.

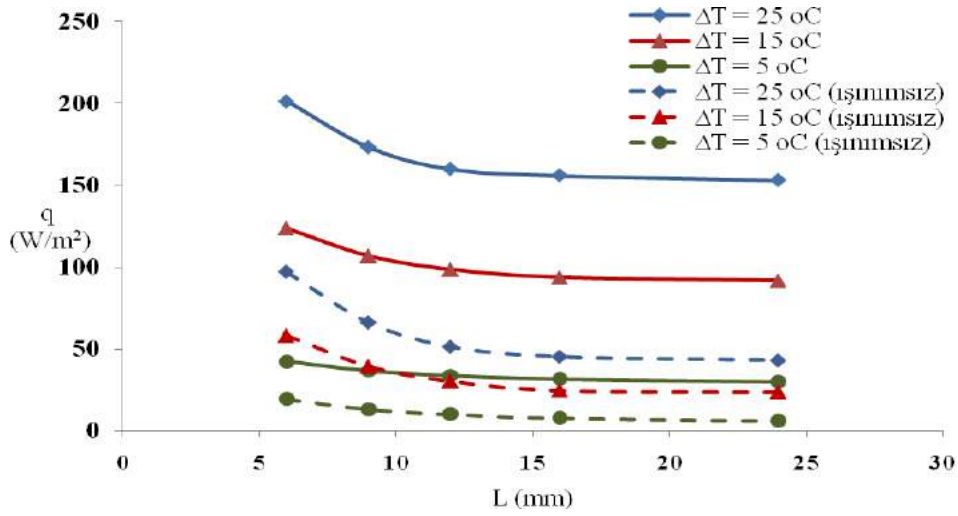
Şekil 4'te ise üç camlı pencere uygulaması ısı kayıplarının tek taraftaki ara boşluk kalınlığı ve sıcaklık farkları ile değişimleri gösterilmiştir. Şekil 3 ve Şekil 4 mukayese edildiğinde ısı kayıplarının üç camlı pencere uygulaması ile ciddi şekilde azaldığı görülmektedir. Ayrıca bu şekillerdeki sonuçlardan yararlanarak, pencerelerdeki toplam ısı kayıplarında ışımanın dominant olduğu görülmektedir.

Tablo 1'de çift cam ve üç cam pencere uygulamaları için ısı kayıplarının farklı hava tabakası kalınlığı ve sıcaklık farkları ile hesaplanmış değerleri verilmiştir. Tablo 1'den görüldüğü gibi üç cam uygulaması ile toplam ısı kayıpları tüm hava tabakası kalınlıkları ve sıcaklık farklarında %50 mertebelerinde azalmaktadır. Ayrıca Tablo 1'de çift cam 12mm sonuçları ve üç cam 6-6mm sonuçlarının karşılaştırılması yapılarak, yani aynı kalınlıktaki hava tabakasının üç cam kullanarak ikiye bölünmesi ile enerji kayıplarında %30 mertebelerinde tasarruf yapılabileceği görülmektedir.

Tablo 2'de Denk. (3) ile tanımlanan toplam ısı geçiş katsayısının çift ve üç cam uygulamaları için hava tabakası kalınlığı ve sıcaklık farkları ile değişimleri verilmiştir. Tablo 2'de sonuçlardan yararlanarak toplam ısı geçiş katsayılarının üç cam uygulaması ile %50 mertebelerinde azalmakta olduğu söylenebilir.

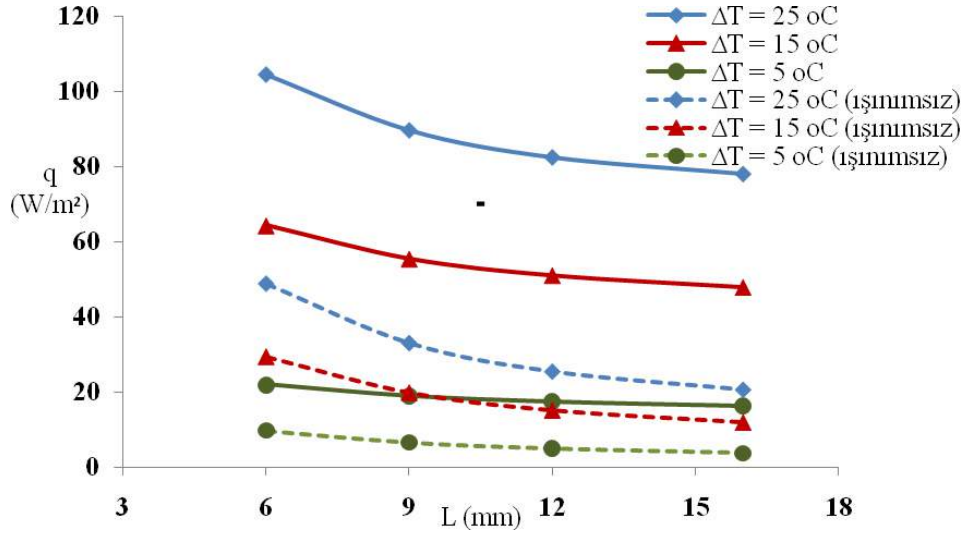
$$K = \frac{q}{\Delta T} \quad (3)$$

Burada; $q(\text{W/m}^2)$ toplam ısı akısını, $\Delta T(\text{K})$ sıcaklık farkını göstermektedir.



Şekil 3. Çift camlı pencere sistemi için sıcaklık farkının 5°C, 15°C, 25°C olması halinde, ısı akısının (ışınım ile ısı geçişinin dikkate alınmadığı ve dikkate alındığı durumlarda) hava tabakası kalınlığı ile değişimi.

Şekil 5'te 12mm toplam hava kalınlığı için çift cam ve üç cam uygulamalarındaki ısı kayıplarının farklı yayınım katsayılarına (ϵ) sahip cam yüzeyleri ile değişimi gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi toplam ısı kayıpları pencere yüzeylerinin yayınım katsayılarının azaltılması ile ciddi oranlarda azalmaktadır. Aynı ϵ değerine sahip pencerelerden üç cam uygulamasındaki ısı kayıpları iki camlıya göre daha düşük olmaktadır. ϵ değeri yaklaşık 1 olan çift camlı bir penceredeki ısı kaybı 100 W/m² civarında olurken, yayınım katsayısı 0.25 mertebelerinde olan üç camlı uygulamada ısı kayıpları 20 W/m² mertebelerine düşmekte, yaklaşık %80 mertebelerinde tasarruf sağlanabileceği görülmektedir.



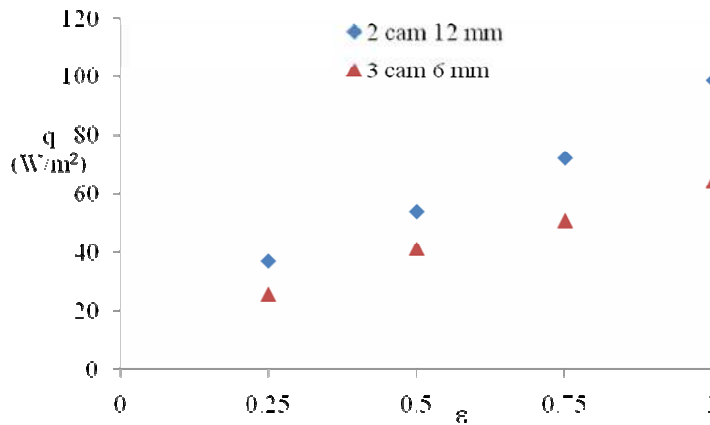
Şekil 4. Üç camlı pencere sistemi için sıcaklık farkının 5°C, 15°C, 25°C olması halinde, ısı akısının (ışınım ile ısı geçişinin dikkate alınmadığı ve dikkate alındığı durumlarda) hava tabakası kalınlığı ile değişimi.

Tablo 1. Çift camlı ve üç camlı pencere sistemlerindeki toplam ısı akılarının (W/m^2) karşılaştırılması. ($T_{iç}=15\text{ }^{\circ}C$, $\Delta T=T_{iç}-T_{dış}$)

	2 cam					3 cam			
Kalınlık (mm)	6	9	12	16	24	6-6	9-9	12-12	16-16
$\Delta T = 5^{\circ}C$	42.45	36.76	33.87	31.74	29.92	22.06	19.09	17.59	16.46
$\Delta T = 10^{\circ}C$	83.77	72.39	66.72	62.71	60.84	43.52	37.57	34.59	32.42
$\Delta T = 15^{\circ}C$	123.99	106.98	98.62	93.79	91.79	64.39	55.49	51.06	47.93
$\Delta T = 20^{\circ}C$	163.17	140.55	129.63	125.09	122.32	84.69	72.85	67.02	63.03
$\Delta T = 25^{\circ}C$	201.33	173.17	159.81	155.87	152.96	104.45	89.67	82.49	78.08

Tablo 2. Çift camlı ve üç camlı pencere sistemlerindeki toplam ısı transfer katsayılarının (W/m^2K) karşılaştırılması. ($T_{iç}=15\text{ }^{\circ}C$, $\Delta T=T_{iç}-T_{dış}$)

	2 cam					3 cam			
Kalınlık (mm)	6	9	12	16	24	6-6	9-9	12-12	16-16
$\Delta T = 5^{\circ}C$	8.49	7.35	6.77	6.35	5.98	4.41	3.82	3.52	3.29
$\Delta T = 10^{\circ}C$	8.38	7.24	6.67	6.27	6.08	4.35	3.76	3.46	3.24
$\Delta T = 15^{\circ}C$	8.27	7.13	6.57	6.25	6.12	4.29	3.70	3.40	3.20
$\Delta T = 20^{\circ}C$	8.16	7.03	6.48	6.25	6.12	4.23	3.64	3.35	3.15
$\Delta T = 25^{\circ}C$	8.05	6.93	6.39	6.23	6.12	4.18	3.59	3.30	3.12



Şekil 5. Cam yüzeylerindeki ısı yayılım katsayılarının ısı geçişine etkisi ($\Delta T=15^{\circ}C$)

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada çift camlı ve üç camlı pencere sistemlerindeki ısı kaybı incelenmiştir. Pencere iç yüzey sıcaklığı 15°C sıcaklığında sabit tutularak, dış cam yüzeylerindeki sıcaklıklar 10°C, 5°C, 0°C, -5°C, -10°C olacak şekilde değiştirilmiştir. Hava tabakası kalınlığının çift cam için 6mm-24mm arasında (6mm, 9mm, 12mm, 16mm, 24mm) değişen 5 farklı, üç cam için ise 6mm-16mm arasında (6-6mm, 9-9mm, 12-12mm, 16-16mm) değişen 4 farklı değer olması durumu için parametrik bir çalışma yapılarak ısı kayıpları hesaplanmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

- Aynı dış yüzey sıcaklığında, ara boşluk mesafesi arttıkça toplam ısı kaybının ciddi biçimde azaldığı gösterilmiştir. Fakat belirli bir boşluk mesafesinden sonra ısı kaybındaki azalış durmaktadır. Bu kalınlıktan sonra arttırılacak hava tabakası kalınlığı ısı geçişini azaltır fakat bu azaltma değeri çok küçüktür. Dolayısıyla çift camlı ve üç camlı pencere tasarımında optimum kalınlıktan ziyade minimum kalınlık belirlemenin pratik olarak daha doğru olacağı sonucuna ulaşılmıştır.
- Hemen hemen bütün geometri ve sıcaklık farklarında ışınlama ısı geçişinin iletim ve taşınım ile olan ısı geçişine göre daha baskın olduğu görülmüştür. Bu çalışma sonucunda ışınlama dikkate alınmaksızın yürütülen her araştırma veya pencere imalatının hatalı olacağı gösterilmiştir.
- Hava tabakası kalınlığının 10-15mm'den küçük olduğu tüm durumlarda taşınım ile ısı geçişi ihmal edilebilecek seviyede olup ısı geçişi iletim ve ışınlama gerçekleşmektedir. Bu nedenle hava tabakası kalınlığının bu değerden küçük olduğu durumlarda hava hareketini engellemek için üç cam kullanmaya gerek yoktur. Ancak, çift cam yerine toplamda aynı hava tabakası kalınlığına sahip üç cam kullanılması durumunda aradaki cam ışınlama kalkanı görevi görerek ısı geçişini ciddi oranda azaltmaktadır.
- Cam yüzeylerinin düşük yayılım katsayılarına sahip malzemeler ile kaplanması durumunda ciddi oranda enerji tasarrufu yapılabilir.

6.KAYNAKÇA

- [1] Arıcı M., Tozkoparan Ö.O., Karabay H., Çift camlı pencerelerde ısı geçişinin incelenmesi, IV. Ege Enerji Sempozyumu. İzmir, 197-203, 2008
- [2] Aydın O., Determination of optimum air layer thickness in double-pane windows. Energy and Buildings, 32, 303-308, 2000.
- [3] Çengel Y., Heat Transfer: A practical approach. McGraw-Hill, 2003.
- [4] Manz H., Numerical simulation of heat transfer by natural convection in cavities of facade elements, Energy and Buildings, 35, 305-311, 2003.
- [5] http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/konut_ulas/en_tasarruf_bina_isi.html (Ziyaret tarihi: 02.02.2009)
- [6] <http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=enerjiverimliliği&bn=217&hn=&id=587> (Ziyaret tarihi: 02.02.2009)

YERDEN ISITMA SİSTEMİYLE İLGİLİ PARAMETRİK BİR ÇALIŞMA*

Arş.Gör.Müslüm ARICI, Dilay DİL, Yrd.Doç.Dr.Hasan KARABAY, Doç.Dr.Kadri S. YİĞİT

Kocaeli Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü

muslumarici@gmail.com

Özet

Yerden ısıtma sistemi mekândaki ısı kayıplarını, zemin betonu içindeki borularla ısı kaynağından aldığı enerjiyi zemin altına yayarak dağıtan, zemini dolayısıyla ortamı ısıtan bir ısıtma sistemidir. Bu çalışmada yerden ısıtma sisteminde borular arasındaki mesafenin ve su sıcaklığının yüzey sıcaklığına olan etkisi ticari bir paket program ile incelenmiştir. Problem zamandan bağımsız ve zamana bağlı olmak üzere iki şekilde ele alınmıştır. Borular arası mesafenin yüzey sıcaklığına olan etkisini incelemek amacıyla borular arasındaki mesafe 100mm, 150mm, 200mm, 300mm ve 400mm alınarak parametrik bir çalışma yapılmıştır. Ayrıca sıcak su sıcaklıkları 45°C, 50°C ve 55°C alınarak, su sıcaklığının döşeme yüzeyi sıcaklığı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda, sürekli çalışmayan konut tipi yapılarda büyük boru mesafeleri ısınma süresini arttırdığından küçük boru mesafelerinin kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, sürekli çalışan sistemlerde küçük boru mesafelerinin kullanılması ile konfor şartını sağlayan sıcaklık aşıldığından ya boru mesafesinin arttırılması ya da daha düşük su sıcaklığı kullanılması gerektiği görülmüştür. Yatırım ve işletme maliyetlerini azaltmak, dolayısıyla enerji tasarrufu sağlamak amacıyla yerden ısıtma yapılan bir mahalde sistemin çalışma durumu göz önünde bulundurularak borular arasında mesafe ve su sıcaklığı seçilmelidir.

Anahtar Kelimeler: *Yerden ısıtma, ısıtma boru mesafeleri, konfor şartları*

Abstract

Floor heating is a common heating system that in warm water is circulated through pipes or tubes that are laid into the floor. In this study, the effect of pipe spacing and temperature of heating fluid in the pipes on floor temperature are investigated using a commercial CFD code. The problem is investigated both in steady and unsteady conditions. In order to examine the effect of pipe spacing on floor temperature, 100mm, 150mm, 200mm, 300mm and 400mm pipe spacing values are evaluated. Besides, effect of heating fluid temperature on floor temperature is investigated by varying fluid temperatures 45°C, 50°C and 55°C. It is concluded that since in unsteady floor heating systems such as residential buildings larger pipe spacing increases the heating time, relatively smaller pipe spacing should be used. Besides in permanently running systems, if the pipe spacing is relatively small, the floor temperature exceeds the comfort temperature limit. Therefore, larger pipe spacing should be used or the temperature of heating fluid should be decreased. Consequently, in order to reduce investment and running costs, the pipe spacing and the water temperature should be considered according to system requirements.

Keywords : *Floor heating, pipe spacing, comfort conditions*

* Bu bildiri Kongre’de sunulmamıştır.

1. GİRİŞ

Yerden ısıtma sistemi mekândaki ısı kayıplarını, zemin betonu içindeki borularla ısı kaynağından aldığı enerjiyi zemin altına yayarak dağıtan, zemini dolayısıyla ortamı ısıtan bir ısıtma sistemidir. Sistemin ana prensibi, ısı kaybı hesaplanmış bir hacimde ısı kaybını karşılayacak enerji miktarının, merkezi bir üreticiden temin edilen sıcak suyun, döşeme malzemesi altından özel borular içinden sirküle ettirilerek karşılanmasıdır. Ilık su tüm döşeme alanına yayılarak homojen ısıtma sağlar. Düşük sıcaklıktaki ısıtma suyu bir merkezi ısıtıcı üniteden elde edilir. Dağıtım sadece bir kolon ve katlar arasında bir dağıtıcı ile gerçekleşir [2].

36.5°C vücut sıcaklığına sahip insan ile kendisinden daha düşük sıcaklığa sahip oda arasında ısı transferi olacağı açıktır. Hava hareketlerinin fazlalığı dolayısıyla vücuttan taşınım ile kaybedilen ısı, soğuk duvar ve tavan yüzeyleri nedeniyle ışıınım yoluyla kaybedilen ısı ve döşeme ile sürekli temasta olan ayak yüzeyinden iletim yoluyla kaybedilen ısı insana üşüme hissi vermektedir. Bu ısı transfer mekanizması düşünülecek olursa yerden ısıtma sistemi insan vücudu ve ortam arasında en az ısı kaybına neden olmaktadır. Bu nedenle, yerden ısıtma sistemi insanın ısısal-fizyolojik ihtiyaçlarına en uygun ısıtma sistemi olarak kabul edilmektedir [2].

Sağlıklı bir insanın taban altı sıcaklığı ortalama 25°C'dir. Uluslararası standartlarla belirlenen yerden ısıtma sistemleri için sağlıklı döşeme sıcaklığı maksimum 29°C'dir. Bu sıcaklıklar ortak alanlarda 29°C, banyoda 33°C, ısı kaybının fazla olduğu kenar bölgelerde 35°C'yi aşmamalıdır [4].

Yerden ısıtma sistemiyle ısıtılan bir mahalde gerek yatayda gerek düşeyde daha homojen bir sıcaklık dağılımı sağlanmaktadır. Yerden ısıtma sistemiyle ısınan yerdeki hava mahalin üst kısımlarına doğru yükselmektedir. Yükseldikçe mahalin üst kısımlarına doğru hava hareketleri zayıflayarak hava soğumaktadır. Böylece sıcak hava mahalin üst kısımlarında değil yerde, yaşam hacminde birirmektedir. Yerden tavana olan bu üniform sıcaklık dağılımı teorik olarak ideal olan ısı dağılımı profiline en uygun profildir [4].

Yerden ısıtma sistemi diğer ısıtma sistemleriyle karşılaştırıldığında akarlar için daha elverişsiz bir ortam sağlamaktadır. Halılarda ve yaşanan bölgedeki yüksek sıcaklık bağıl nemi azaltmaktadır. Bu nedenle akarlar nemin daha yüksek olacağı nispeten daha soğuk yerlere, örneğin halının üst kısımlarına doğru hareket ederler. Böylece çok daha kolay bir şekilde temizlenebilirler. Ek olarak yerden ısıtma sisteminde diğer sistemlere göre daha az toz hareketi vardır. Ayrıca tozu ve kirliliği tutma özelliği gösteren halıların kullanımına da gerek yoktur. Bu durum yerden ısıtma sistemini genel sağlık şartlarının yanında astım vb. solunum yolu rahatsızlığı olan hastalar için de daha uygun yapmaktadır [4].

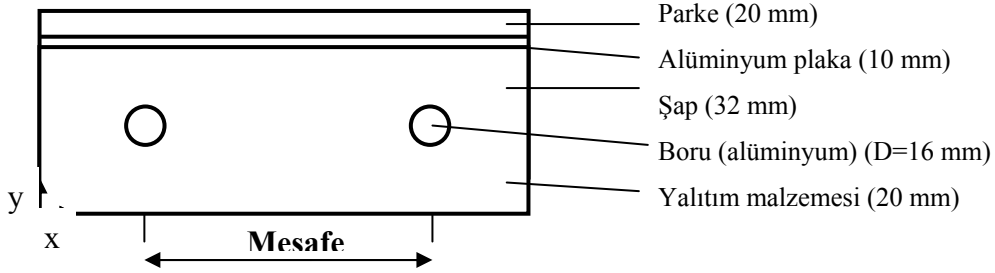
Bunların yanı sıra, radyatörlü ısıtma sistemlerinde suyun çalışma sıcaklığı 90°C-70°C iken, yerden ısıtmada tek borulu sistemde giriş sıcaklığı 50°C-60°C'dir. Böylece sistem ısıtıcı akışkan sıcaklığının daha düşük sıcaklıkta seçilmesine olanak sağlayarak hem işletme maliyetini düşürmekte hem de enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Literatürde yerden ısıtma sistemiyle ilgili dizayn parametreleri ve sistem performansı zamana bağlı olarak incelenmiştir [5]. Bu çalışmada boru tipi ve boru çapının sistem performans üzerindeki etkisinin çok küçük olduğu gösterilmiştir. Yine aynı çalışmada döşeme kaplama malzemesi ve kalınlığının performansı etkileyen en önemli parametreler olduğu gösterilmiştir. Ancak boru içinden geçen akışkan sıcaklığının ısınma üzerine etkisi incelenmemiştir.

Bu çalışmada döşeme içine yerleştirilen borular arasındaki mesafenin ve boru içerisinden geçen su sıcaklığının döşeme yüzey sıcaklığı üzerindeki etkisi incelenmiştir.

2. PROBLEMİN TANITIMI

Hesaplamalarda kullanılan problemin geometrisi, yapı bileşenleri ve boyutları Şekil 1’de görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi, hesaplamalarda kullanılan geometri en altta 20 mm kalınlığında yalıtım malzemesi, onun üzerinde içinde boruların yerleştirildiği şap, sıcaklık dağılımını iyileştirici iletken bir malzeme ve parkeden oluşmaktadır. Problem zamandan bağımsız ve zamana bağlı olmak üzere iki şekilde ele alınmıştır. Hem zamandan bağımsız hem de zamana bağlı durumda borular arası mesafenin yüzey sıcaklığına olan etkisini incelemek amacıyla borular arasındaki mesafe 100mm, 150mm, 200mm, 300mm ve 400mm alınarak parametrik bir çalışma yapılmıştır. Ayrıca zamana bağlı durumda, su sıcaklıkları 45°C, 50°C ve 55°C alınarak, su sıcaklığının döşeme yüzeyi sıcaklığı üzerindeki etkisi incelenmiştir.



Şekil 1. Problemin geometrisi

Tablo 1’de modellemede kullanılan malzemelerin fiziksel özellikleri verilmiştir. Döşeme malzemesi olarak parke kullanılmış, parke üzerinde halı vb. herhangi bir katman olmadığı varsayılmıştır.

Tablo 1. Kullanılan malzemelerin özellikleri

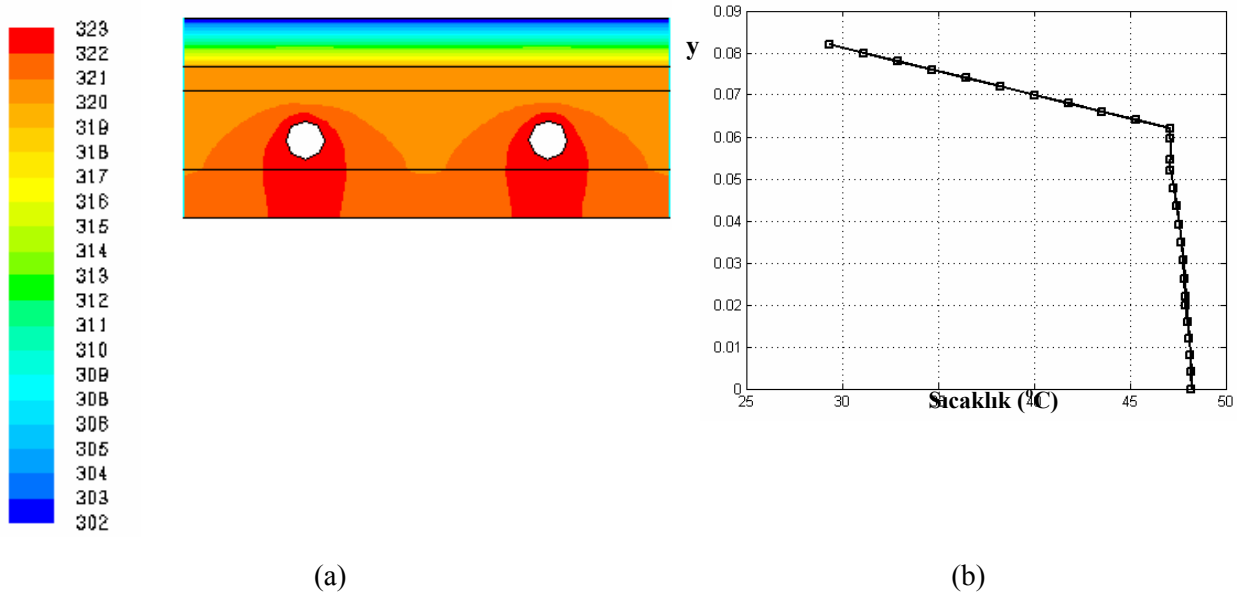
	Yoğunluk (kg/m ³)	Isı iletim katsayısı (W/mK)	Özgül ısı (J/kgK)
Parke	450	0.0638	1200
Plaka (Alüminyum)	2719	202.4	871
Şap	2100	1.4	1000
Yalıtım(strafor)	20	0.04	1400

Problemin çözümünde sonlu hacimler yöntemi esasına dayanan ticari bir paket program kullanılmıştır. Problem iki boyutlu olarak modellenmiş olup zamandan bağımsız ve zamana bağlı olmak üzere iki kısımda incelenmiştir. Enerji denklemleri ikinci mertebeden ayrıştırılmıştır. Alt yüzeylerde adyabatik sınır şartı, yan yüzeylerde ise periyodik sınır şartı kullanılmıştır.

Parke üzerinde serbest akış sıcaklığı (oda sıcaklığı) 22°C, ısı taşınım katsayısı 7.7 W/m²K olarak alınmıştır. Zamana bağlı çözümlerde sistemin ilk sıcaklığı 15°C alınmıştır. Isı iletim katsayısı, özgül hacim vb. fiziksel özellikler sabit olarak alınmıştır.

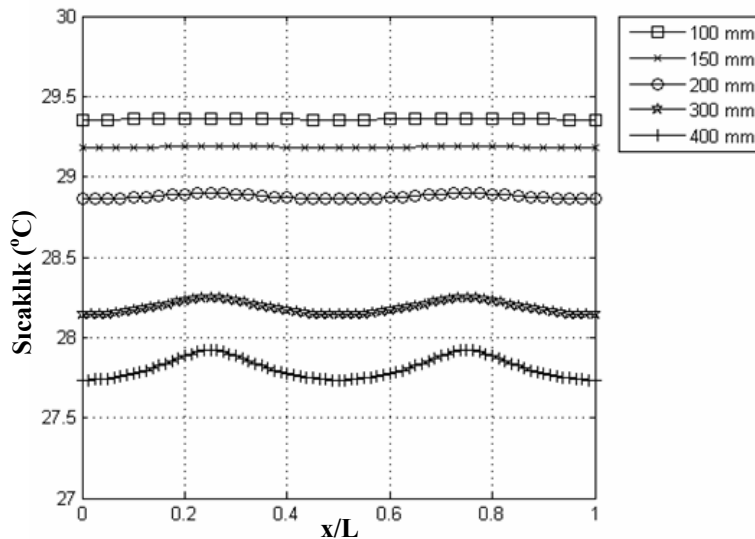
3. SAYISAL SONUÇLAR

Daha önce bahsedildiği gibi, problem zamandan bağımsız ve zamana bağlı olmak üzere iki şekilde ele alınmıştır. Şekil 2’de boru mesafesinin 100mm olması durumunda döşemedeki sıcaklık dağılımı ve döşeme dikey orta kesitindeki sıcaklık değişimi görülmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi üst zeminde bulunan, ısı iletim katsayısı küçük bir malzeme olan parke ısıl direnci artırarak, ısı geçişini engellemekte sıcaklık değişiminin parkenin bulunduğu bölgede azalmasına yol açmaktadır. Sonuç olarak, üst zemindeki parke, halı vb. tabakalar döşemeden odaya ısı geçişini kontrol etmektedir.



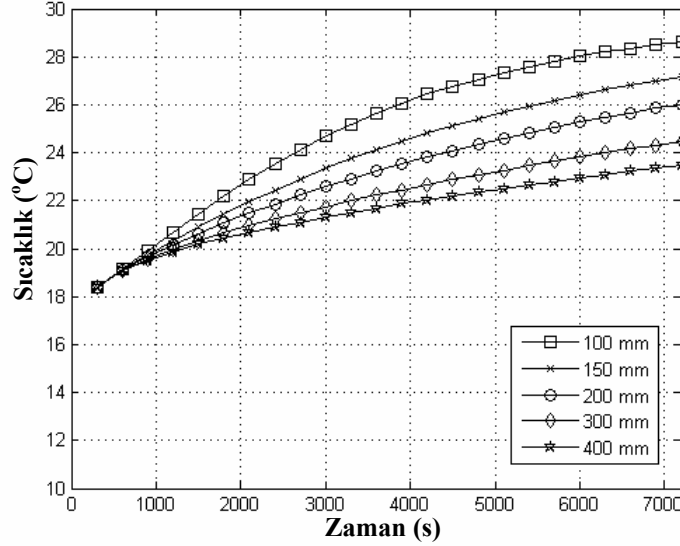
Şekil 2. (a) Döşemedeki sıcaklık dağılımı (b) Döşemenin orta kesitindeki sıcaklık değişimi

Şekil 3'te döşeme boruları arasındaki mesafenin 100mm, 150mm, 200mm, 300mm ve 400mm olması durumunda sıcaklığın döşeme yüzeyindeki değişimi zamandan bağımsız hal için görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi borular arası mesafe arttıkça döşeme yüzey sıcaklığı azalmaktadır. Buna ek olarak, mesafenin artmasıyla yüzeyde bölgesel sıcaklık farkları görülmektedir. Bu bölgesel farklar borular arasındaki mesafenin artması ile belirginleşmektedir. Ancak en büyük boru mesafesi olan 400mm'de dahi konfor şartlarının sağlandığı görülmektedir. Borular arasındaki mesafenin 100mm'den 400mm'ye çıkarılmasıyla yüzeylerdeki sıcaklık farkı 1°C mertebelerinde olmaktadır. Şekil 2'deki verilerden sürekli çalışacak bir ısıtma sisteminde, döşeme içindeki boruların çok sık döşenmesine gerek olmadığı, yani borular arasındaki mesafenin artırılmasında bir sakınca olmadığı söylenebilir. Borular arasındaki mesafenin 100mm ve 150mm olması halinde, döşeme yüzey sıcaklıklarının standartlarda belirtilen ortak alan için konfor şartını sağlayan limiti geçtiği görülmektedir.



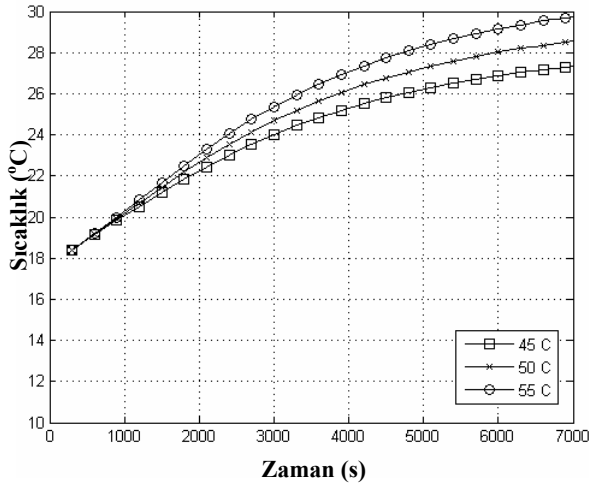
Şekil 3. Döşeme yüzey sıcaklığının borular arası uzaklığa göre değişimi (zamandan bağımsız)

Şekil 4'te borular arası mesafenin döşeme yüzeyi ısınma süresine etkisi görülmektedir. Grafikten de görüldüğü gibi borular arası mesafe arttıkça ısınma süresi de artmaktadır. Boru mesafesinin 300mm ve 400mm olması durumunda, 2 saat sonra dahi döşeme yüzey sıcaklığının standartlarda belirtilen sağlıklı taban altı sıcaklığına ulaşmadığı görülmüştür. Dolayısıyla sürekli çalışmayacak yaşam mahallerinin yerden ısıtma sistemlerinde, borular arasındaki mesafenin çok artırılmaması gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır.

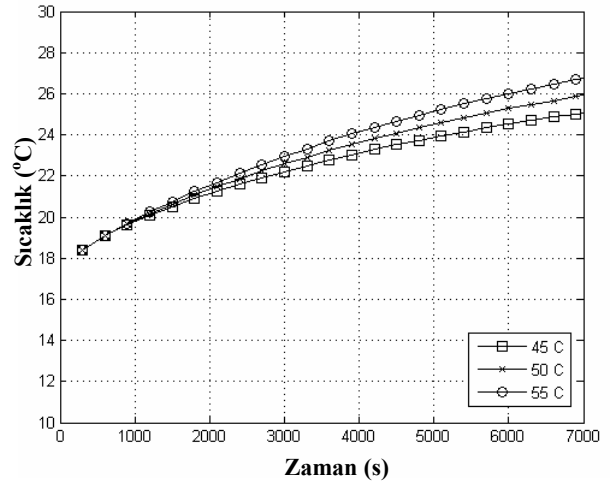


Şekil 4. Farklı boru yerleşim mesafeleri için, döşeme yüzeyi ortalama sıcaklığının zamanla değişimi

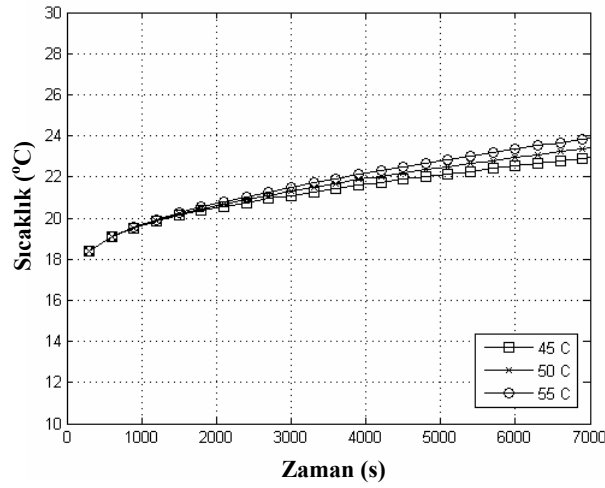
Şekil 5'te farklı su sıcaklıkları ve farklı boru mesafeleri için, döşeme yüzeyi ortalama sıcaklığı zamanın fonksiyonu olarak gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi akışkan sıcaklığı arttıkça sistemin rejime girme süresi azalmakta, borular arası mesafe arttıkça bu süre artmaktadır. Akışkan sıcaklığının etkisi borular arasındaki mesafe arttıkça azalmaktadır. Küçük boru mesafelerinde yüksek su sıcaklıkları konfor şartlarını olumsuz etkilemektedir. Düşük su sıcaklıklarının kullanılması halinde de konfor şartları sağlanmakta ve dolayısıyla enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Boru mesafesi arttıkça düşük su sıcaklıklarının kullanılması durumunda konfor şartlarından uzaklaşmaktadır. Bu veriler ışığında, yerden ısıtma sistemlerinde sistemin devreye alındığı geçici rejim bölgesinde akışkan sıcaklığı yüksek tutularak, ileriki safhalarda akışkan sıcaklığını düşürecek bir otomasyon ile sistemin rejime ulaşma sürelerinde ve enerji tasarrufunda ciddi katkılar sağlanabileceği görülmektedir.



(a) L=100 mm



(b) L=200 mm



(c) L=400 mm

Şekil 5. Ortalama yüzey sıcaklığının, akışkan sıcaklığı ve borular arasındaki mesafeye göre zamanla değişimi

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada yerden ısıtma sisteminde borular arasındaki mesafenin ve su sıcaklığının döşeme yüzey sıcaklığına olan etkisi incelenmiştir. Çalışma zamandan bağımsız ve zamana bağlı olmak üzere iki kısımda ele alınmıştır. 100mm, 150mm, 200mm, 300mm ve 400mm olmak üzere 5 farklı boru mesafesi, 45°C, 50°C ve 55°C olmak üzere 3 farklı su sıcaklığı göz önüne alınmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmiştir:

Kış sezonu boyunca sürekli çalışacak, kapatılmayacak mahallerin yerden ısıtma sistemlerinde borular arasındaki mesafeleri kısa tutmaya gerek yoktur. Borular arası mesafe düşük tutulduğu takdirde akışkan sıcaklığı düşürülerek, ısıtıcı verimi artırılabilir. Dolayısı ile, sürekli çalışan sistemlerde ya borular arasındaki mesafe arttırılmalı ya da sistem daha düşük su sıcaklıklarında çalıştırılmalıdır.

Sürekli çalışmayan bir sistemde borular arası mesafenin artması ısınma (rejime ulaşma) süresini ciddi şekilde geciktirmektedir. Bu nedenle sistemin sürekli çalışmadığı konut tipi yapılarda, büyük boru açıklıklarının kullanılması önerilmemektedir.

Öte yandan küçük boru mesafelerinde yüksek su sıcaklıkları konfor şartlarını olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, küçük boru mesafeleri ile çalışacak sistemlerde akışkan sıcaklığının kontrol edilebileceği basit bir otomasyon ile enerji tasarrufu sağlanabilir.

Yerden ısıtma sistemlerinde ısı geçişini üst zemininde bulunan düşük ısı iletim katsayısına sahip (parke, halı vb) yapı bileşeninin ısı direnci kontrol etmektedir. Bu tip mahallerde kullanılan yerden ısıtma sistemlerinde ısıtma projesinde öngörülmeyen tadilatlarla kesinlikle gidilmemesi gerektiği görülmüştür. Aksi takdirde, projede öngörülen ısı direncin artırılması halinde ortamın ısı ihtiyacı sağlanamayacak, ısı direncin azaltılması halinde ise zemin sıcaklığı standartlarda belirtilen sıcaklık değerlerinin üzerine çıkarak konfor şartlarını olumsuz etkileyecektir.

KAYNAKÇA

- [1] Bozkır, Oğuz and Canbazoglu, Suat. Unsteady thermal performance analysis of a room with serial and parallel duct radiant floor heating system using hot airflow. *Energy and Buildings*, 36, 579-586, 2004
- [2] Genceli, Osman F. ve Parmaksızoglu, İ. Cem. Kalorifer Tesisatı. İstanbul : TMMOB Makina Mühendisleri Odası, 2007. MMO/352/4.
- [3] Karadağ, Refet ve Teke, İsmail. New approach relevant to floor Nusselt number in floor heating system, *Energy Conversion and Management*, 49, 1134–1140, 2008
- [4] Olesen, Bjerna W. Radiant floor heating in theory and practice: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., 2002.
- [5] Sattari, S. ve Farhanieh, B. A parametric study on radiant floor heating system performance. *Renewable Energy*, 31, 1617-1626, 2006
- [6] TS EN 1264 Döşemeden ısıtma – Sistemler ve bileşenleri. Ankara : Türk Standartları Enstitüsü.
- [7] Wietzmann, P., Kragh, J., Roots, P., Svendsen, S. Modelling floor heating systems using a validated two-dimensional ground-coupled numerical model, *Building and Environment*, 40, 153–163, 2005

6.2. Oturum

Oturum Başkanı : Hasan YİTİM

Enerji Ekipmanları Yerli Üretimi

- **Zerrin ALTUNTAŞOĞLU** : Yerli Rüzgar Enerji Teknoloji Üretimi Destek Politikaları, İstihdam Olanakları ve Türkiye'deki Durum
- **Mete BAĞDAT** : Yenilenebilir Enerji Ekipmanları Üretimi Enerji Kümesi Çalışmaları
- **Recep Bilal ŞENGÜN, Aksel CESUR** : Yenilenebilir Enerjide İZAYDAŞ Uygulamaları
- **Mustafa AYHAN** : Yerli Kaynaklar İle Frensel Tipi Güneş Kolektörleri Uygulamaları

YERLİ RÜZGÂR ENERJİ TEKNOLOJİ ÜRETİMİ DESTEK POLİTİKALARI, İSTİHDAM OLANAKLARI VE TÜRKİYE'DEKİ DURUM

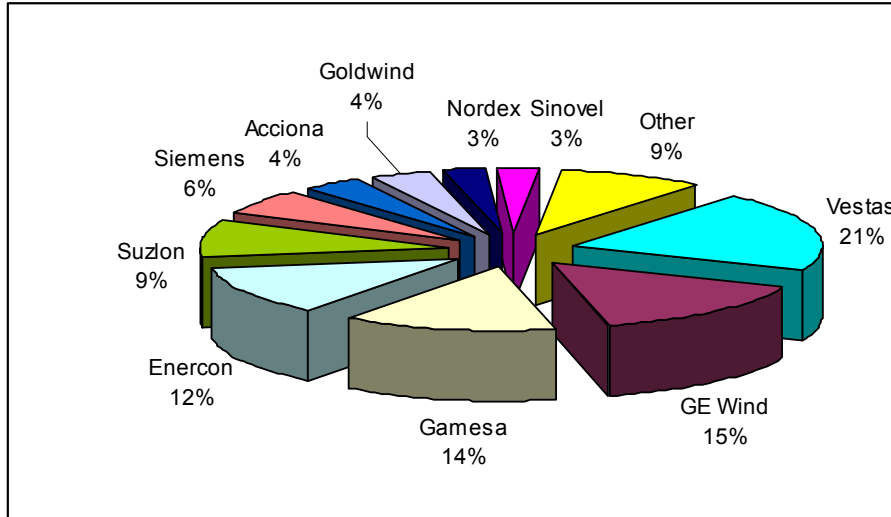
Zerrin Taç ALTUNTAŞOĞLU

Elektrik Mühendisi, Kamu Yönetimi Yüksek Lisans
zaltuntasoglu@gmail.com

GİRİŞ

Sürdürülebilir enerjiye katkıları nedeniyle başta AB ülkeleri olmak üzere dünyada pek çok ülke yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimini desteklemektedir. Bu ülkeler sadece yenilenebilir enerji kaynaklarını daha fazla kullanmaya çalışmakla kalmamakta, aynı zamanda da oluşturulan talebi karşılamak için yerli teknoloji üretim endüstrilerini geliştirmeye çalışmaktadır. Bu çalışmalar sonucunda 1990 yılında 2160 MW olan dünya rüzgâr kurulu gücü kapasitesi 2008 yılı sonunda 121188 MW'a ulaşmıştır.

Dünya kurulu rüzgâr gücünü sağlayan türbin üreticileri ve pazar payları Şekil-1'de verilmektedir. Dünya rüzgâr piyasasına türbin sağlayan türbin üreticileri açısından bakıldığında ise Danimarka'nın Vestas firmasının en büyük paya sahip olduğu görülmektedir. Bugün lider konumda olan rüzgâr türbin üreticilerinin çoğu 1970'li yılların sonlarında başlayan rüzgâr enerji teknolojisi araştırma ve geliştirme çalışmaları sonucunda ortaya çıkmıştır. Ayrıca rüzgâr enerjisi uygulamalarını teşvik eden kararlı ve destekleyici hükümet politikalarının da hem rüzgâr enerjisi için bir pazar yaratılmasında hem de dünya pazarına rüzgâr türbini sağlayan yerli üreticilerin meydana çıkmasında kritik öneme sahip olduğunu görülmüştür.



Şekil-1 : Türbin Üreticileri ve Pazar Payları

(Kaynak: Edward Milford, Record Growth for Wind: What Comes Next, Renewable Energy World, July- August 2008))

Bu üreticiler ilk yıllarda kendi iç pazarlarına türbin üretmiş, deneyim kazandıkça yurtdışı piyasalara büyümüşür. Türbin üreticilerin Pazar payları yıldan yıla değişiklik göstermekte ve yeni üreticiler pazardan pay almaya başlamaktadır. Örneğin 2007 yılında Çinli iki yeni türbin üreticisi Goldwind ve Sinovel ilk 10 içerisinde girmiş, Danimarka'nın Vestas firmasının pazar payı üretimini artırmasına rağmen yaklaşık % 5.4 oranında azalmıştır. Bununla birlikte Vestas tüm pazarlarda önemli bir büyüklükle temsil edilen (yılıda 50 MW üzerinde satış) ve küresel varlık gösteren tek firmadır. ABD'de GE Wind, İspanya'da Gamesa, Hindistan'da Suzlon ve Çin'de Goldwind gibi kendi ülkelerinde bir numara olan yerel şirketlere desteklerin sürdüğüne dair belirtiler vardır. İlginç olan Çinli üreticiler henüz türbin ihraç etmemektedir. Dünya Rüzgâr Enerji Konseyinin tahminlerine göre, uzun dönemde Çin'de üretim kapasitesinin 2010 yılında 10-12 GW'a ulaşacak, yerli tesisler de 2010 yılında 6.5-7 GW olacak ve ihracat muhtemelen oldukça önemli olacaktır. Çin pazarında yabancı üreticiler tarafından sağlanan pazar payı 2004 yılında % 79'dan 2008 yılında % 42'ye düşmüştür. Yerli üreticiler talebin % 56'sını karşılamakta ve küçük bir oran da ortak girişim şirketleri tarafından sağlanmaktadır.

Yapılan çalışmalar belirli bir bölgede yerli üretim girişiminin başlatılması veya üretimin o bölgeye kaydırılması kararında yerli pazarın belli bir büyüklükte olmasının yanı sıra rüzgâr türbinleri için yeterli büyüklükte, kararlı yıllık talebin mevcudiyetinin önemli faktörler olduğunu göstermektedir.

Bu bildiri kapsamında; dünyada birçok ülkede yerel rüzgâr teknoloji üretimi desteklenmesinde kullanılmış ve kullanılmakta olan politika araçları ve uygulama örnekleri ile rüzgâr enerjisinin yarattığı istihdam verilirken, rüzgâr enerjisi konusundaki Türkiye'deki durum, ilgili mevzuat, sağlanan teşvikler ve yerli rüzgâr teknolojisinin geliştirilmesi konusunda gerçekleştirilenler, gelişmeler ve bu konudaki öneriler verilmektedir.

1. RÜZGÂR GÜCÜNÜN YERELLEŞTİRMESİNİN DESTEKLENMESİ İLE İLGİLİ POLİTİKALAR VE ULUSLARARASI DENEYİMLER

Rüzgâr teknolojisinde yerli üretim ya politika destekleri ya da teknolojik uzmanlık ve işgücünden kaynaklanan bölgesel avantajlar gibi faktörlerle sağlanabilir. Politik desteklerle rüzgâr üretiminin yerelleşmesini özendirmek hükümetlerin kendi insiyatiflerindedir.

Yerli rüzgâr endüstrisi gelişmelerini destekleyen politikalar doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki ana kategoriye ayrılabilir. Bu mekanizmalar ve farklı uygulama türleri Tablo-1'de verilmektedir.

Tablo-1: Doğrudan ve Dolaylı Destek Mekanizmaları

Doğrudan Destek Mekanizmaları	Dolaylı Destek Mekanizmaları
Yerli imalat kapsamı zorunluluğu	Sabit fiyat tarifeleri
Finansal ve vergi teşvikleri	Zorunlu yenilenebilir enerji hedefleri
Gümrük vergi kolaylıkları	Hükümet ihaleleri
İhracat kredi yardımları	Finansal ve vergi teşvikleri
Kalite sertifikasyonu	
Araştırma & Geliştirme	

Doğrudan destekler özellikle yerel rüzgâr üretim endüstrisi gelişmeleri üzerine odaklanmış politikaları gösterirken, dolaylı politikalar, genellikle rüzgâr gücü uygulamalarını destekleyen politikalar olup bu sayede yerel rüzgâr imalat endüstrisi için uygun bir ortam yaratırlar.

1.1 Doğrudan Destek Mekanizmaları

Rüzgâr türbini veya türbin bileşenlerinin yerli üretimini doğrudan destekleyen politikalar, aşılacak engellerin çok ve uluslararası liderlerle rekabetin zor olduğu ülkelerde önemlidir. Yerli rüzgâr gücü teknolojisi üretimini doğrudan destekleyen farklı uygulamalar vardır. Bu mekanizmaların tamamı aynı hedefe odaklı değildir. Bazıları hem uluslar arası hem de yerli şirketlerin yerli üretimi için geniş kapsamlı destek sağlarken, diğerleri yerli rüzgâr türbini veya türbin bileşen üreticilerine farklı destekler sağlamaktadır. Uygulamalar ve uygulandığı ülkeler Tablo-2’de verilmektedir.

Tablo-2 : Doğrudan Destek Mekanizmaları ve Uygulayan Ülkeler

Doğrudan Politikalar	Uygulayan Ülkeler
Yerli üretim kapsamı zorunluluğu	İspanya, Çin, Brezilya, Kanada eyaletleri
Finansal vergi teşvikleri	Kanada, Avustralya, Çin, ABD Eyaletleri, İspanya, Almanya, Danimarka
Gümrük vergi kolaylıkları	Danimarka, Almanya, Avustralya, Hindistan, Çin
İhracat kredi yardımları	Danimarka, Almanya
Kalite sertifikasyonu	Danimarka, Almanya, ABD, Japonya, Hindistan, Çin
Ar & Ge	Tüm ülkeler değişik derecelerde-özellikle Danimarka, Almanya, ABD ve Hollanda

Birçok ülke bu politika araçlarını karma bir şekilde kullanmaktadır.

1.1.1 Yerli Üretim Kapsamı Zorunluluğu

Yerli rüzgâr üretim endüstrisi gelişimini doğrudan teşvik etmede en etkili yol rüzgâr türbin projelerinde yerli üretim teknoloji kullanımı koşulunu getirmektir. Bu politikanın genel şekli, ülke içinde tesis edilecek rüzgâr projelerinin tamamı veya bir kısmının yerli üretim olarak sağlanması zorunluluğudur. Bu tür politikalar yerli pazara satış yapan şirketlerin üretimlerinin bu ülkeye kaydırılması veya dış pazarlardan sağlanan türbin bileşenlerinin yerli pazardan temin edilmesi için yollar aranmasına yol açar.

Bu uygulama halen İspanya, Kanada, Brezilya ve Çin’de kullanılmaktadır. İspanya’da 1995 yılında kurulmuş olan Gamesa ve diğer yerli türbin üreticilerin başarısı bu politikalarla yakından ilgilidir. Bugün bile yerli üretim zorunluluğu Castile ve Leon, Galicia ve Valencia’nın gibi birçok İspanyol özerk bölgesel hükümeti tarafından rüzgâr gücünde yerel zenginlik yaratmak amacıyla uygulanmaktadır.

1.1.2 Finansal ve Vergi Teşvikleri

Finansal teşvikler; proje finansmanı için düşük faizli kredi oranları ile yerli üretim türbinleri seçen veya yerli türbinler kullanarak üretilen rüzgâr enerjisine finansal sübvansiyon sağlayan girişimcileri ödüllendirmek şeklinde uygulanmaktadır.

Genellikle Ar&Ge yatırımlarına vergi kredileri veya vergi indirimleri şeklinde kullanılan **vergi teşvikleri** yerli şirketlerin rüzgâr endüstrisine katılımını özendirmek için de kullanılır. Yerli rüzgâr türbin teknolojisi alıcı ve satıcılarına uygulanacak KDV veya gelir vergisi indirimleri yerli üreticilerin rekabet etmesini

kolaylaştırır. Yerli rüzgâr endüstrisindeki işçilik maliyetlerine vergi indirimleri uygulamak kullanılabilecek diğer bir yöntemdir.

Kanada büyük rüzgâr türbin üreticilerinin üretimlerinin Kanada'ya çekilmesinin özendirilmesinde yerli işgücüne ödenen ücretlere vergi kredisi uygulamaktadır. Yerli üretime daha fazla teşvik sağlamak amacıyla, Quebec hükümeti programı bölgede yerleşmiş olan rüzgâr endüstrisi işgücü maliyetlerine % 40 vergi kredisi ve 2010 yılına kadar tüm üretim sektörü için vergi muafiyetleri önermektedir.

İspanya'da rüzgârdan üretilen elektriğe verilen vergi üretim kredisi sadece yerli üretim zorunluluğunu sağlayan türbinlere verilmektedir.

1.1.3 Uygun Gümrük Vergileri

Yerli üretim için teşvik oluşturmanın diğer yolu tüm türbin yerine, türbin bileşenlerinin ithalatını desteklemek için gümrük vergilerinde manipülasyon yapılmasıdır. Bu mekanizma yapısına bakılmaksızın türbin bileşenlerini ithal eden firmalara tüm türbin ithal edenlerden daha düşük gümrük vergisi sağlayarak elverişli bir pazar oluşturur. Bu tür gümrük vergileri Danimarka, Almanya, Avustralya, Hindistan ve Çin'de kullanılmıştır. Bununla birlikte günümüzde bu tür bir politika, ticari bir engel oluşulması olarak görülebileceği ve bu nedenle de Dünya Ticaret Örgütü üyesi bir ülkenin diğer üye ülkelere uygulamasında sakıncalar oluşturabilir.

1.1.4 İhracat Kredi Yardımları

Hükümetler yerli rüzgâr gücü endüstrisinin dış pazarlarda büyümesini yerli üreticilere farklı destekler sağlayacak ihracat kredi yardımları ile destekleyebilir. Bu tür ihracat yardımı, türbin üreticisinin bulunduğu ülkeler tarafından verilen düşük faizli krediler veya bir koşula bağlanmış yardımlar şeklinde olabilir ve ülkelerin bu teknolojiyi bu ülkeden satın almasına dayanır.

Yerli rüzgâr teknolojisinin kullanımı koşuluna bağlanmış ihracat kredi yardımı ve gelişme yardım kredileri birçok ülke tarafından kullanılmaktadır. En yaygın olanlar Alman ve Danimarka teknolojilerinin özellikle gelişmekte olan ülkelerde yayılmasını teşvik eden Almanya ve Danimarka uygulamalarıdır. Örneğin Danimarka'da Danimarka Gelişim Ajansı (DANIDA) Danimarka türbini ithal eden ülkelere proje geliştirme kredileri ve doğrudan hibeler önermektedir.

1.1.5 Kalite Sertifikasyonu

Bir rüzgâr türbini üreticisinin yeni geliştirdiği türbinlerinin güvenilirliğini ve kalitesini teşvik etmenin temel yolu uluslararası standartları yakalayan test ve sertifikasyon programlarına katılımını sağlamaktır. Uluslar arası standartlara karşılık gelen test ve sertifikasyon programları yeni ortaya çıkan ürüne karşı tüketici güveninin oluşturarak yerli üretimi yapılan türbinlerin kalite ve güvenilirliğini teşvik edebilir. Danimarka rüzgâr türbin teknolojisinde standardizasyon ve kalite sertifikasyonu uygulayan ilk ülkedir ve halen bu alanda dünya lideridir. Kalite sertifikasyon ve standardizasyon programları Danimarka'dan sonra Almanya, Japonya, Hindistan, ABD ve Çin'de kullanılmaktadır.

1.1.6 Araştırma ve Geliştirme (A&G)

Rüzgâr türbinleri için kamu araştırma desteğinin sürdürülmesi yerli rüzgâr endüstrisinin başarısında gerekli bir araçtır. Araştırma ve Geliştirme fonları birçok ülke tarafından farklı oranlarda rüzgâr türbin teknoloji gelişimlerine tahsis edilmektedir. Rüzgâr teknolojisi için Ar& Ge programlarının başarısı fonun toplam miktarından çok fonun nasıl yönetildiği ile ilgilidir. Bu tür fonlar başta Danimarka ve Almanya olmak üzere tüm ülkeler tarafından farklı oranlarda kullanılmaktadır.

1.2 Dolaylı Destek Mekanizmaları

Dolaylı destekler, genellikle rüzgâr gücü uygulamalarını destekleyen politikalar olup bu sayede yerli rüzgâr üretim endüstrisi için uygun bir ortam yaratırlar. Yerli rüzgâr üretim endüstrisinin büyümesinde temel etmen, kararlı ve yeterli büyüklükteki rüzgâr gücü yerli pazarının varlığıdır. Sabit fiyat tarifeleri, zorunlu yenilenebilir enerji hedefleri, hükümet ihaleleri, finansal ve vergi teşvikleri rüzgâr gücü için talep oluşturmayı amaçlayan politikalardır.

1.2.1 Sabit Fiyat Tarifeleri

Rüzgâr enerjisine uygulanan sabit fiyat tarifeleri doğrudan kararlı ve kârlı bir piyasa sağladığı için yerli rüzgâr üretiminin başarılı bir şekilde oluşturulmasında en etkili yoldur.

Bu sistemde rüzgâr santral üreticilerine şebekeye verdikleri her bir birim elektrik (kWh) enerjisi için sabit bir fiyat ödenir. Üreticiye ödenen tarife ile elektriğin piyasa fiyatı arasındaki fark olarak tanımlanan sistem maliyeti genellikle elektrik tüketicileri tarafından üstlenilir. Tarifinin seviyesi ve karakteristiği ülkeler arasında çok fazla değişiklik göstermektedir. Uzun dönem ve yeterli kâr marjı sağlanması gibi koşullar iyi tasarımırsa sabit fiyat tarifeleri rüzgâr santral yatırımcıları ve uzun dönem rüzgâr teknolojilerine yatırım yapmayı düşünen firmalara gelecekteki piyasa kararlılığı hakkında bir sinyal oluşturmada çok değerli olduğunu göstermiştir.

Almanya, Danimarka ve İspanya bu yöntemi kullanarak başarı sağlamış ve oldukça büyük ve kararlı rüzgâr piyasası oluşturmuş ülkelerdir. Bu ülkelerin yanı sıra Hollanda, Japonya, Brezilya, Hindistan'ın bir kısmı ve Çin bu sistemi uygulamış ve farklı başarılar elde etmişlerdir.

1.2.2 Zorunlu Yenilenebilir Hedefleri

Yenilenebilir portföy standartları veya zorunlu piyasa payları olarak da isimlendirilen zorunlu yenilenebilir hedefleri bir çok ülkede uygulamaya konulan oldukça yeni bir piyasa mekanizmasıdır. Bu politikanın en yaygın uygulama şeklinde her bir perakende elektrik sağlayıcısının portföyünün sabit bir yüzdesinin yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrikten sağlanması zorunludur.

Bu politika 21 ABD eyaletinde Yenilenebilir Portföy Standardı (Renewables Portfolio Standard), Avustralya'da Ulusal Zorunlu Yenilenebilir Enerji Hedefi (Mandatory Renewable Energy Target), İngiltere'de Yenilenebilir Zorunluluğu (Renewables Obligation) ve Japonya'da Özel Teşvik Kanunu (Special Measures Law) adı altında uygulanmaktadır. Benzer politikalar Kanada'nın birçok eyaletinde geliştirilme aşamasındadır.

1.2.3 Hükümet İhaleleri

Hükümetler için rüzgâr gelişimini kolaylaştırmanın bir başka yolu rüzgâr projeleri için rekabetçi ihaleleri hızlandırmaktır. Bu politikada rüzgâr santral proje geliştiricileri, belirlenen süre içerisinde sınırlı rüzgâr enerji kapasitesi için teklif vermeye davet edilir. En düşük maliyetle elektrik sağlama teklifi veren şirketler ihaleyi kazanır ve bu şirketlerle sözleşme yapılır. Genellikle 15 yıllık enerji satış anlaşmaları yapılmaktadır.

1990'lı yıllarda yenilenebilir enerji üretimi için periyodik ihaleler sağlayan İngiltere'deki Fosil Olmayan Yakıt Zorunluluğu (Non Fossil Fuel Obligation) bu tür uygulamalara en yaygın örnektir. Rüzgâr projeleri için rekabetçi teklifler İngiltere'nin yanı sıra İrlanda, Kanada, Hindistan, Japonya, Bazı ABD eyaletleri ve Çin'de kullanılmış veya kullanılmaktadır. Kanada ve Çin'de son yıllarda gerçekleşen kontratlarla önemli rüzgâr kapasitesine ulaşılmıştır.

Bununla birlikte Kısmen belirsiz veya ardışık ihaleler arasında çok fazla zaman olması ve proje geliştiricilerinin ihaleyi kazanabilmek için çok aşırı rekabete girmesi nedeniyle bu mekanizma uzun dönemli piyasa kararlılığı ve kârlılığı sağlamamaktadır.

1.2.4 Finansal ve Vergi Teşvikleri

Finansal teşvikler, yenilenebilir enerji gelişmelerinin özendirmek amacıyla elektrik üretimine veya yatırımlarına doğrudan nakit teşvik veya uygun krediler şeklinde uygulanabilir. Bu uygulama diğer politikaların yanında tamamlayıcı bir rol oynar. Birçok ülke çok farklı tiplerdeki finansal teşvikleri rüzgâr gelişmelerini özendirmek için kullanmıştır.

Vergi teşvikleri; sermaye veya üretim tabanlı gelir vergisi indirimi veya kredisi, hızlandırılmış amortisman, emlak vergisi teşvikleri ve KDV indirimi gibi farklı şekillerde uygulanmaktadır. Kurulu güce katkı açısından en başarılı vergi teşvikleri ABD'nin Üretim Vergi Kredisi (Production Tax Credit)'dir. Çin KDV indirimi ve rüzgârdan üretilen elektrikte gelir vergisi muafiyeti uygulamaktadır.

1.3 Ülke Uygulamalardan Elde Edilen Temel Sonuçlar

1. Çekici bir yerli piyasa yerli rüzgâr endüstrisinin sağlıklı bir şekilde gelişebilmesi için zorunluluktur.
2. Yerli rüzgâr üretim endüstrisi büyük, kararlı bir yıllık taleple desteklenmelidir. Yeni oluşan yerli üretim endüstrisinin gelişimi için genelde yılda 150-200 MW olan talebin üç veya daha fazla yıl boyunca sürmesi çok önemlidir.
3. Rüzgâr gücü için büyük ve kararlı bir piyasa yaratan dolaylı politikalar hem rüzgâr gücünün teşvik edilmesi hem de yerli üretim endüstrisinin teşvik edilmesi için önemlidir.
4. Yerli üreticileri doğrudan destekleyen politikalar aşılacak engellerin çok ve uluslar arası liderlerle rekabetin zor olduğu ülkelerde hayati öneme sahip olabilir.

2. RÜZGÂR ENERJİSİNİN OLUŞTURDUĞU İSTİHDAM VE İŞ OLANAKLARI

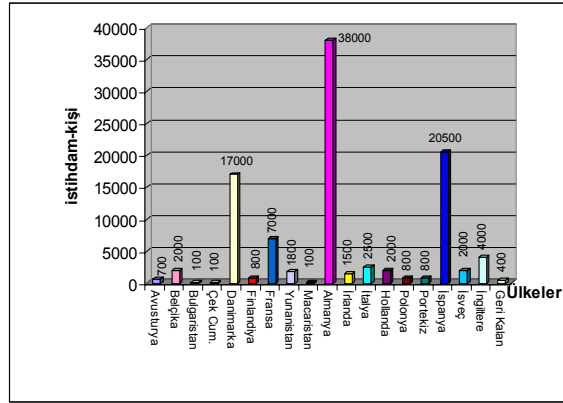
Rüzgâr enerjisi sektörü dünyada iş yaratan bir sektördür. Rüzgâr enerjisinin dünyada oluşturduğu iş sayısı Şekil-2'den'de görüleceği gibi son üç yılda neredeyse ikiye katlanarak, 2008 yılında 440000'e ulaşmıştır. Bunun büyük bir kısmı uzmanlık gerektiren işlerdir.



Şekil-2 : Dünyada Rüzgâr Enerjisi Tarafından yaratılan İşler

(Kaynak: World wind Energy Report 2008, WWEA)

Avrupa Eüzgar Enerjisi Birliği'nin araştırmalarına göre Avrupa Birliği ülkelerinde rüzgâr endüstrisinin yarattığı doğrudan istihdam 102100 kişiye ulaşmıştır. Yaratılan istihdamın ülkelere göre dağılımı Şelik-3'de görülmektedir. Doğrudan rüzgâr enerjisi istihdamın yaklaşık % 74'ü Danimarka, Almanya ve İspanya tarafından sağlanmaktadır. Doğrudan istihdam, rüzgâr türbin üretici şirketleri, bileşen üreticileri, rüzgârdan üretilen elektrik enerjisini satan şirketler ve mühendislik ve uzmanlık gerektiren rüzgâr enerji servisleri tarafından sağlanan istihdamı içermektedir. Almanya 38000 kişilik istihdam ile rüzgâr enerjisi ile ilgili doğrudan istihdamın en çok yaratıldığı ülke olup bundan biraz daha fazla dolaylı istihdam yaratmıştır. 2007 yılında yaratılan değerlerin % 80'i ihraç edilmiştir. İkinci sırada yer alan İspanya'da yaratılan doğrudan istihdam 20500 kişidir. Dolaylı istihdam da göz önüne alındığında bu rakam 37730'a ulaşmaktadır. İspanya Rüzgâr Enerjisi Birliği'nin rakamlarına göre bunun % 30'u imalat sektörü, % 34'ü tesis, işletme ve bakım ve onarım şirketleri, % 27'si tanıtım ve mühendislik şirketleri ve % 9'u da diğer dallar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil-3 : AB Ülkelerinde Rüzgâr Endüstrisinin Sağladığı Doğrudan İstihdam Miktarları

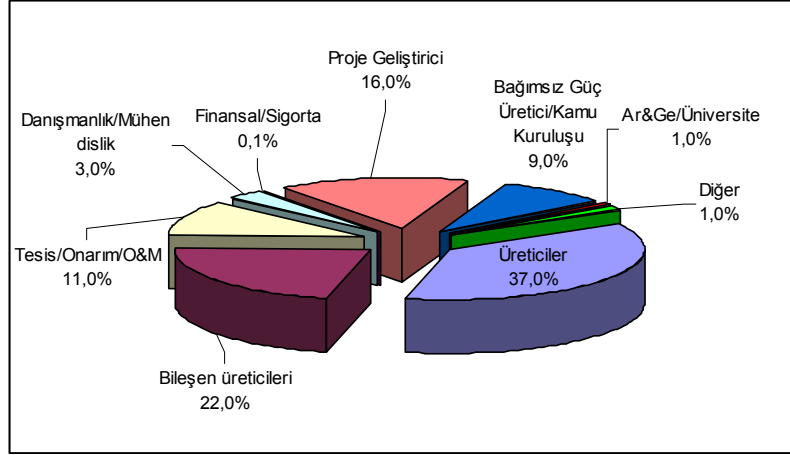
(Kaynak : Direct employment from wind energy companies in selected European Countries, EWEA 2008)

Danimarka'da yaklaşık 17000 kişilik istihdam rüzgâr türbini, kanat üretimi ve ana alt bileşen şirketleri tarafından sağlanmıştır. Dolaylı istihdamlar da göz önüne alındığında bu rakam 23500'e ulaşmaktadır. Tablo-3 rüzgâr enerjisi endüstrisi tarafından ihtiyaç duyulan meslek profillerini ana faaliyet alanlarına göre göstermektedir.

Tablo-3 : Rüzgâr Enerjisi Endüstrisi Tarafından İhtiyaç Duyulan Meslek Profilleri

Şirket Tipi	Faaliyet Alanı	Ana Meslek Profilleri
Rüzgâr enerji imalatçıları	Ana bileşenler ve montaj fabrikaları dahil rüzgâr türbin imalatçıları,	A&G, malzeme tasarımı, üretim sürecinin kalite kontrol ve yönetimi ile uğraşan yüksek vasıflı kimya, elektrik, mekanik&malzeme mühendisleri Üretim zinciri için nitelikli ve niteliksiz işçiler Sağlık ve güvenlik uzmanları Rüzgâr türbini işletme,bakım ve tamiri için teknik personel Diğer destek elemanları (idari, satış yöneticileri, pazarlama,muhasebe , diğer)
Girişimciler	Rüzgâr santrallerinin geliştirilmesi ile ilgili tüm görevleri yönetme (planlama, izinler, kurma...)	İşlemlerle ilgili koordinasyonu sağlayacak proje yöneticileri (mühendisler, ekonomistler) Rüzgâr santrallerinin çevresel etkilerinin analizi için çevre mühendisleri ve diğer uzmanlar Rüzgâr enerjisi tahmin modelleri için programcılar ve meteorologlar Proje gelişiminin yasal ve finansal durumu ile ilgilenmek için hukukçular ve ekonomistler Diğer destek elemanları (idari, satış yöneticileri, pazarlama,muhasebe , diğer) Rüzgâr türbini işletme& bakım ve tamiri için teknik personel Tesis kurma işlerinin koordinasyonu için elektrik ve inşaat mühendisleri
Tesis kurma, bakım ve işletme&bakım	Rüzgâr santrallerinin kurulması, düzenli bakım ve tamir faaliyetleri	Ağır malzemelerin taşınmasında uzman kişiler Elektrik teknisyenleri Vinçle kaldırma, makine montajı, gövde ile ilgili işlerinin dahil olduğu işlerde uzmanlaşmış teknik personel Tesisin kurulması ile ilgili nitelikli ve niteliksiz işçiler Diğer destek elemanları (idari, satış yöneticileri, pazarlama,muhasebe , diğer) Santrallerin yönetimi için elektrik, çevre ve inşaat mühendisleri Santrallerin işletme&bakımı için teknik personel (dışarıdan hizmet alımı yoksa)
Bağımsız güç üreticileri, kamu şirketleri	Rüzgâr santralının işletimi ve üretilen elektriğin satışı	Sağlık ve güvenlik uzmanları Finansörler, elektriğin satışı ile uğraşan pazarlama ve satış elemanları Diğer destek elemanları (idari, satış yöneticileri, pazarlama,muhasebe , diğer) Rüzgâr rejimlerinin analizi ve enerji üretim tahmini için programcılar ve meteorologlar Aerodinamik, akışkanlar dinamiği ve diğer A&G alanlarında uzmanlaşmış mühendisler
Danışmanlar, tüzel kişiler, mühendisler, finansal kurumlar, sigortacılar, A&G merkezleri, diğer	Rüzgâr enerjisi ile bağlantılı muhtelif uzmanlık işleri	Çevre mühendisleri Enerji politikası uzmanları Sosyal etütler,eğitim ve iletişim alanlarında uzmanlar Finansörler ve ekonomistler Enerji ve çevre konusunda uzmanlaşmış hukukçular Pazarlama personeli, etkinlik organizatörleri

Şekil-4 Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği araştırmaları sonucunda elde edilmiş olan şirket türlerine göre doğrudan istihdam oranlarını göstermektedir.

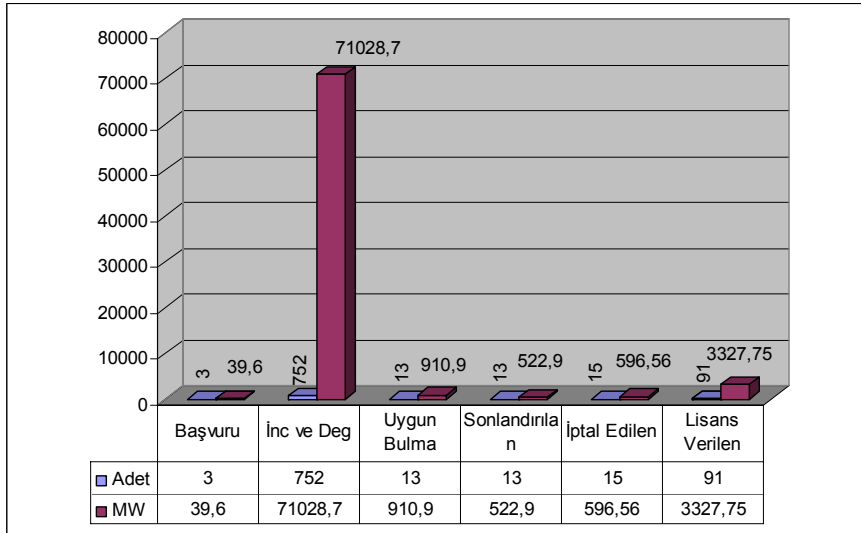


Şekil-4 : Şirket Türlerine Göre Doğrudan İstihdam Oranları
(Kaynak: Direct Employment by the Type of Company According to EWEA survey)

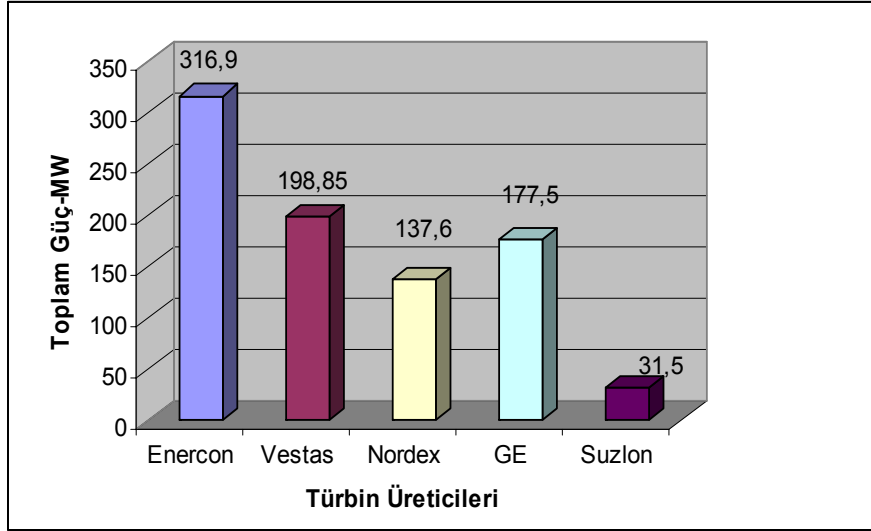
3. TÜRKİYE’DE RÜZGÂR ENERJİSİNİN DURUMU VE YERLİ ÜRETİM OLANAKLARI

3.1 Mevcut Durum

Türkiye’de 2008 yılı sonu itibarıyla 433,35 MW rüzgâr santrali şebekeye bağlı olarak enerji üretmekte, toplam kurulu gücü toplam 402 MW olan rüzgâr santrali de inşa halindedir. Bu santrallerin 2009 yılı sonuna kadar tamamlanarak devreye alınacağı öngörülmektedir. Bunların yanı sıra Elektrik Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından lisanslanmış olan toplam 667 MW’lık rüzgâr santrali projesinin de türbin tedarik sözleşmeleri imzalanmıştır. Günümüze kadar EPDK’ya yapılmış rüzgâr enerjisi proje başvurularının durumu Şekil-5’de verilmektedir. Şekil’den de görüleceği gibi inceleme ve değerlendirme altında olan 71028 MW’lık başvuru 1 Kasım 2007 tarihinde alınan projelerdir.



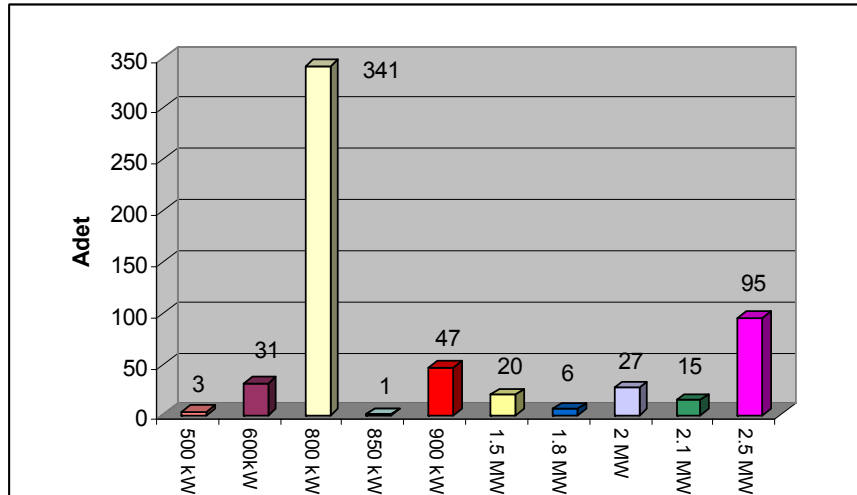
Şekil-5: EPDK Yapılan RES Başvuruların Durumu



Şekil-6: İşletme ve İnşa Halindeki RES'lerin Türbin Üreticilerine Göre Dağılımı

İşletme ve inşa halindeki rüzgâr santrallerine türbin üreticileri açısından bakıldığında en büyük pazar payının Vestas türbinlerine ait olduğu görülmektedir (Şekil-6). Bu santrallerde kullanılan Vestas türbinlerinin tamamı yurt dışından temin olup, türbin güçleri projelere göre 600 kW, 800 kW, 2 MW ve 3 MW olarak değişmektedir. En çok kullanılan ikinci türbin markası Enercon'dur. Enercon türbinleri kullanan santrallerin türbin güçleri 600-2 MW arasında değişmektedir. 600-900 kW'lık Enercon türbinlerinin kanatları Enercon& Demirer ortak girişimi olarak İzmir'de kurulan Enercon-Aero rüzgâr türbin kanat fabrikası tarafından üretilmektedir. Söz konusu fabrikada Enercon 2 MW'lık türbin kanatları üretimine de başlanmıştır. Yine Enercon ve GE türbinlerinin kuleleri de Gemlik'te ter alan Çimtaş-Enka Çelik İmalat Montaj sanayi A.Ş tarafından üretilmektedir.

İşletme ve inşa halindeki rüzgâr santrallerinde kullanılan türbinlerin güçlerine göre dağılımı ise Şekil-7'de görülmektedir. Şekilden de görüleceği gibi en çok kullanılan türbin gücü 800 kW'tır. İkinci olarak en çok kullanılan türbin gücü 2.5 MW'tır.



Şekil-7 : İşletme ve İnşa Halindeki RES'lerin Türbin Güçlerine Göre Dağılımı

3.2 Yerli Üretim Durumu

Enercon türbinlerinin kanatları (600-900 kW türbinler ve sonzamanlarda 2 MW türbinlerin kanatları) Demirer-Enercon ortak girişimi olan Enercon Aero Rüzgâr Endüstrisi A.Ş. fabrikasında yapılmaktadır. Ege Serbest Bölgesinde 2002 yılında üretime geçen fabrikada 450 kişi istihdam edilmektedir. Üretilen kanatlar yurt dışında da ihraç edilmektedir.

Enercon ve GE rüzgâr türbinlerinin kuleleri Bursa'nın Gemlik ilçesinde kurulmuş Cimtas Boru İmalatları ve Ticaret Ltd. Şti fabrikasında üretilmektedir. Çimtaş Enka şirketler grubu üyesidir. Fabrikada yaklaşık 100 kişi istihdam edilmektedir.

Enercon Servis Ltd. Şti Enercon türbinlerine montaj ve bakım hizmetleri vermek üzere 1999 yılında kurulmuş olup Bores-Bozcaada, Sunjüt-Hadımköy, Mare -Çeşme, Anemon- İntepe Doğal A.Ş.-Burgaz ve Sayalar, Lodos A.Ş.-Kemerburgaz ve Dares-Datça santrallerinin kuruluşunda aktif rol almıştır. Alize A.Ş. de Çeşme ve yukarıda adı geçen santrallara planlı bakım, arıza giderme ve teknik gözetim hizmetleri vermektedir.

Bunlardan başka rüzgâr ölçümü ve değerlendirilmesi, proje geliştirilmesi, danışmanlık, lisans, ve gerekli izinlerin alınması, kamulaştırma, kredi temini, montaj, nakliye, inşaat, ara malzemelerin temini vb işleri için bazı yerli veya ortak girişim şirketleri kurulmuştur. Ancak türbin, generatör, göbek (hub), dişli kutusu vb. gibi bileşenleri hala yurt dışından sağlanmakta olup bunlar toplam maliyetlerin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Ayrıca rüzgâr ölçüm sistemlerinin kalibrasyonu, verilerinin akreditasyonu ve proje uygunluğu kontrolü (due diligency) konusunda akredite olmuş Türk şirketi veya üniversitesi bulunmamaktadır.

Yapı ve Kredi Bankası, Garanti Bankası, Türkiye Sinai Kalkınma Bankası (Dünya Bankası (IBRD) ve Fransız Gelişim Ajansı (AFD) ile birlikte), vb. yerli ve yabancı kredi kuruluşları rüzgâr santral projelerine kredi sağlamaya başlamıştır. Örneğin 42.5 MW'lık İzmir Bergama RES (41750000 €), 39.2 MW'lık Mazi-1 (36 Milyon €), İntepe RES, Burgaz RES, Sayalar RES, Kocadağ RES projeleri proje kredileri Garanti Bankası tarafından, 90 MW Bergama RES (110 Milyon €) projeleri proje kredisi Yapı Kredi Bankası tarafından, 30 MW Bandırma RES (15.5 Milyon €) projeleri proje kredisi TSKB tarafından sağlanmıştır.

3.3 Rüzgâr Enerji Sistemlerinin İmalatı Konusunda Potansiyel Üreticiler

1 Kasım 2007 tarihine yapılan başvuruların yoğunluğu bazı üreticileri küçük ve büyük ölçekli rüzgâr türbinleri başta olmak üzere, kule ve kanatların yerli üretimi konusunda cesaretlendirmiştir. Bunlar arasında Model Enerji Türkiye'de megawatt sınıfında (1.65 MW) rüzgâr türbinlerini üretmek üzere kurulmuş ilk yerli şirkettir. Model Enerji Amerian Superconductor (AMSC) firmasının bir yan kuruluşu olan Windtec'in rüzgâr enerjisi konusundaki know-how ve deneyimlerinden yararlanmaktadır. Fabrika inşaat faaliyetleri Ankara Temelli'de ASO 2. Organize Sanayi Bölgesinde yaklaşık 38000 m2 alanda başlamıştır. Söz konusu yatırımın büyüklüğü 30 milyon € olup 2009 sonbaharından itibaren yıllık 100 türbin üretimi planlanmakta olup, üretilen türbinlerin Alman Germanischer Lloyd uluslararası sertifikasyona sahip olacağı, üretimde yerli tedarikçi kullanılacağı, ilk üç yıl içinde yüzde 70, 5 yıl içinde de yüzde 100 yerli üretim yapılacağı şirket yetkililerince belirtilmektedir.

Yine Alkeg Enerji İzmir'de yer alan fabrikasında kanat ve çelik kule imalatı yapmaktadır. Şirket hedefi yılda 1000 kanat üretmek ve 1000 kişilik iş gücüne ulaşmaktır. İzmir Atatürk Organize Sanayi Bölgesi'nde 20 bin metrekarelik tesislerinde faaliyet gösteren Alkeg Enerji, rüzgâr çiftliği yatırımlarında, tesisin türbin dışında kalan kanat, kule, inşaat altyapısı, elektrik altyapısı, türbin montajları ve bakımları için yatırımcılara komple çözüm paketi sunmaktadır. Japon Fuji Heavy Industries firmasına kanat üretimi yapmaktadır.

4. TÜRKİYE’DE RÜZGÂR GÜCÜNÜN DESTEKLENMESİ İLE İLGİLİ POLİTİKALAR

Enerjide ithalat bağımlılığının azaltılması ve arz güvenliğinin sağlanması amacıyla YEK kullanımının artırılması Türkiye enerji politikasının önemli bir unsuru olarak belirtilmektedir.

Türkiye’de rüzgâr enerjisi başta olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi;

- 4628 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu”
- 5346 Sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının” Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun”

ve ikincil mevzuat kapsamında teşvik edilmektedir. Bu Kanunlar ve ikincil mevzuatında günümüze kadar yapılan değişiklikler dahil sağlanan aşağıda belirtilen teşvikler (Tablo-4) yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin teşvik edilmesine yönelik dolaylı teşvikler niteliğinde olduğu görülmekte olup Türkiye’de yerli rüzgâr teknoloji üretiminin doğrudan desteklenmesine yönelik değildir.

Tablo-4 : YEK Teşvikleri

Mevzuat Adı	Madde	İçerik
Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği	12	Lisans alma bedellerinde %99 indirim, ilk sekiz yıl yıllık lisans bedeli ödeme muafiyeti
	17	YEK-E üreticilerine lisanslarında öngörülen ortalama yıllık üretim miktarını geçmemek kaydıyla özel sektör toptan satış şirketlerinden enerji alabilme olanağı
	19	Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerine yük alma ve atma ve dengeleme birimi olma yükümlülüğünden muafiyet
	30	Bu santrallardan üretilen elektriğin TETES’in satış fiyatından düşük veya eşit ve daha ucuz bir tedarik kaynağı bulunmaması halinde öncelikli olarak satın alınma zorunluluğu
	38	Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretim yapan üretim tesislerine sisteme bağlantıda öncelik tanınması
5346 Sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının” Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun	6	YEK belgesine sahip üretim lisansı sahibi tüzel kişinin yenilenebilir enerji kaynaklarından ürettiği elektrik enerjisi için alım zorunluluğu ile birleştirilmiş sabit fiyat sistemi YEK-E satın alma fiyatı min: 5 €/kWh karşılığı TL’den az ve max: 5.5 €/kWh karşılığı TL Tarife süresi 31 Aralık 2011 tarihinden önce işletmeye giren tesislerin ilk on yılı Perakende satış lisansına sahip tüzel kişilere YEK-E alım zorunluluğu YEK üreticilerine isterlerse serbest piyasada satış yapma olanağı
	8	Orman veya Hazine mülkiyetindeki arazilere yapılacak YEK tesisin tesis, ulaşım yolları ve şebekeye bağlantı noktasına kadarki enerji nakil hattı için kullanılacak olan araziye Çevre ve Orman Bakanlığı veya Maliye Bakanlığı tarafından bedeli karşılığında izin, verilmesi, kiralama yapılması, irtifak hakkı tesisi veya kullanma izni verilmesi 31/12/2012 tarihine kadar devreye alınacak tesislerin bu tür arazi taleplerinde yatırım ve işletme dönemlerinin ilk on yılında alınacak bedellerde yüzde seksenbeş indirim Orman Köylüleri Kalkındırma Geliri, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Geliri muafiyeti YEK tesisinin Mera kapsamı arazide olması halinde Hazine adına tescil ve Maliye Bakanlığı tarafından bedeli karşılığında kiralama yapılması veya irtifak hakkı tesisi
	10	Hükümleri yerine getirmeyen perakende satış lisansı sahibi tüzel kişilere 250 Milyar TL idari para cezası

Teşviklerin hem YEK enerji üretimi konusunda yeterli bulunmadığı tüm taraflarca kabul edilmektedir. Enerji Bakanlığının YEK Kanununda değişiklik öngören teklif üzerinde çalıştığı belirtilmektedir. Öngörülen teşvikler kapsamında teşvikli satın alma fiyatlarının kaynak türüne göre farklılaştırılması, YEK tesisinde kullanılan mekanik ve/veya elektromekanik aksamın belli bir yüzdesinin yerli üretim zorunluluğunu içermesi vb. türü destekler sağlanması konularının yer aldığı belirtilmektedir.

Bunun yanı sıra Sanayi Bakanlığının da yeni bir teşvik planı üzerinde çalıştığı, taslağa göre Türkiye'nin gelişmişlik farkına göre dörde ayrıldığı, her ilin potansiyeli ve altyapısı ile ilgili sektörel düzenlemelerin yer alacağı, teşvik sisteminin büyük, bölgesel ve sektörel olmak üzere 3 ayağı olacağı, yüksek katma değerli yatırımlar için gereken arazilerin önceden belirleneceği belirtilmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Özellikle Marmara, Ege ve Doğu Akdeniz Akdeniz kıyı bölgeleri rüzgâr enerjisi açısından zengin potansiyele sahiptir. EPDK tarafından lisans verilen toplam kurulu gücü 3327 MW olan 91 adet proje bu bölgelerde yoğunlaşmaktadır.

5346 sayılı Kanun başta rüzgâr olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin teşviği konusunda önemli bir adımdır. Bugün Türkiye'de 5346 sayılı Kanunla verilen yeterli olmasa da verilen teşvikler dolaylı teşvik niteliğindedir ve piyasada çoğu ortak girişim olmak üzere bazı üreticilerin oluşmasına yol açmış sınırlı da olsa istihdam yaratılmıştır. Bu üreticilerin desteklenmesi ve geliştirilmesi konusunda hedefleri iyi belirlenmiş, kararlı politikalar oluşturulmalı ve destekler sürdürülmelidir.

Bu amaçla rüzgâr teknolojisi ayrıntılı bir şekilde analiz edilerek dünya rüzgâr teknolojisindeki mevcut durum, gelişmeler ile mevcut yerel kabiliyetler ayrıntılı olarak değerlendirilmeli, yerli üretim konusunda ulusal hedefler açıkça belirlenmeli, yerli rüzgâr türbin endüstrisini geliştirmek için ayrıntılı planlar yapılmalıdır. Bu planlamada yerli üretimin yaratacağı ekonomi istihdam ve maliyet azaltma etkileri kapsamlı olarak belirlenmeli ve Dünya Ticaret Örgütü kurallarının belirlenecek destek mekanizmaları üzerinde oluşturabileceği sınırlamalar- Çin, Kanada, Avustralya gibi - ülkelerin deneyimleri de göz önüne alınarak yapılmalıdır.

Yerli veya yabancılara ait üretim tesislerinin ya da bileşenlerin üretimini veya tüm türbinin üretiminin yerli olarak yapılmasını özendirmeyi içeren farklı kısa ve uzun dönem yerli üretim hedefleri, yerleşmeden sağlanacak faydaları etkileyecektir. Yerli üretime yönelik doğrudan destek mekanizmaları mevcut olmamasına rağmen ülkemizde rüzgâr santrallerinin bazı bileşenlerinin üretimi ve diğer bazı hizmetler ilk yıllardan itibaren aşamalı olarak yerli piyasadan sağlandığı göz önüne alındığında yerli üretime yönelik özel destekler açıklanırsa Türkiye'nin bu açıdan oldukça yüksek bir kapasiteye sahip olduğunu görmek zor değildir.

KAYNAKÇA

1. Joanna Lewis and Ryan Wiser, Fostering a Renewable Energy Technology Industry, November 2005
2. Edward Milford, Record Growth for Wind: What Comes Next, Renewable Energy World, July- August 2008
3. Direct Employment By The Type Of Company, EWEA Survey 2008
4. Direct Employment From Wind Energy Companies In Selected European Countries, EWEA 2008
5. World Wind Energy Report 2008, World Wind Energy Association
6. Rüzgâr Enerjisi Sektör Raporu, TÜREB Bülteni, 4.2.2009
7. 5346 sayılı Kanun (18.5.2005 tarihli RG), 5627 sayılı kanun (9.7.2007 tarihli RG), 5784 sayılı Kanun (9.7.2008 tarihli RG)
8. Hükümet Yerli Enerjiye Kesenin Ağzını Açmaya Hazırlanıyor, Radikal Gazetesi, Borsa Finans 10.2.2009
9. Türkiye Teşvik İçin Dört Bölgeye Bölünecek, Hürriyet Gazetesi, Ekonomi, 5.2.2009, www.mimdap.org (24.2.2009)
10. Türkiye İçin Rüzgâr Türbini İlk Defa Ankara'da Üretilecek, Hürriyet Gazetesi, 14.12.2008

KÜMELENME VE İŞBİRLİĞİ AÇISINDAN YENİLENEBİLİR ENERJİ UYGULAMALARINA BAKIŞ

Mete BAĞDAT
OSTİM

Yerkürenin sera etkisi diye adlandırılan atmosferdeki karbon dioksit, azot monoksit, metan, su buharı, kloroflorokarbon gibi gazların gelen güneş ışınımına karşı geçirgen olmasından dolayı güneşten gelen ışınları tutarken, atmosferden yansıyarak uzaya kaçan güneş enerjisinin sera gazlarının oluşturduğu katman ile yeryüzünde hapsedilmesi dünyanın ısı dengesini bozmaktadır. Küresel ısınma diye adlandırılan sera etkisine endüstrileşme, fosil kaynaklı enerji kullanımı ve bunların doğal sonucu ormansızlaşma neden olmaktadır. Küresel çevre için ana tehditlerden biri olan karbon dioksit (CO₂); kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtların kullanımından ortaya çıkmaktadır. Fosil yakıtlardan yayılan metan (CH₄), azot dioksit (NO₂) ve kükürt dioksit (SO₂) gibi baca gazları su molekülleri ile birleştiklerinde asit etkisi yapmaktadırlar.

Artan nüfus ve yaşam standartlarıyla birlikte elektrik tüketimine dayalı alışkanlıklarımız her geçen gün artmakta, teknolojinin gerektirdiği enerji bağımlılığı da enerji talebinin, nüfus artışıyla artmasına yol açmaktadır. Günümüzün dünyasında yaşam standartlarında vaz geçilemez bir unsur haline gelen enerji üretimi için kullanılan fosil kaynaklarının tükeniyor olması da enerjinin gelecek nesillere yetecek şekilde üretiminin sağlanmasını tehdit etmektedir. Bu durum bir yandan enerjiyi verimli kullanmayı diğer yandan da yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının hayata geçirilmesini zorunlu hale getirmektedir.

Günümüz dünyasında enerji, ekonomik, sosyal ve hatta siyasal içerikli politikaların oluşturulmasında, ülkelerin sosyal ve ekonomik kalkınmasında büyük önem arz etmektedir. Yaşanan petrol ve doğalgaz krizleri, artan talep ve fiyatlar ve çevresel kaygılar nedeniyle, yerli ve yenilenebilir enerji kaynakları ve enerjinin verimli kullanımının önemi giderek artmaktadır. Artan enerji talebine karşın, enerji kaynaklarının tükeniyor olması enerji sektörünü tüm dünyanın ilgi odağına yerleştirmiş, uluslar arası anlamda enerji bağımsızlığı kavramları çerçevesinde önemli bir bileşen haline getirmiştir. Enerji ihtiyacının karşılanmasında yaklaşık 30 milyar dolarlık bütçesiyle %70 dışa bağımlı olan ülkemizde; ekonomi ve enerji bağımsızlığı başlıklarının ciddi boyutlarda olduğu görülmektedir. Enerji güvenliği ile enerjinin sürekli olarak güvenilir, temiz ve çeşitli kaynaklardan uygun miktarlarda ve uygun fiyatlarla sağlanması ve yüksek verimlilikle tüketilmesini zorunlu hale getirmektedir. Enerji güvenliği konusu, özellikle enerji ithalatçısı olan ülkemizin ekonomik politikalarını ve siyasi dengelerini de doğrudan etkilemektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları (hidrolik, rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle vs.) açısından ülkemiz kaynakları, yenilenebilir enerji kaynaklarını daha yüksek oranlarda kullanan ülkelere kıyasla daha iç açıcı durumda olsa bile enerji ihtiyacımızın tamamının bu kaynaklardan ekonomik olarak karşılanması mümkün değildir. Almanya gibi konuya ekonomik olmaktan çok teknoloji, çevre ve istihdam faktörlerinden yaklaşan ülkelere de yenilenebilir enerji kullanım oranları sınırlı olup, yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşması enerji talebinin karşılanması ötesinde stratejik bir açılamdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ticari ve ekonomik üretiminden ziyade halen yenilenebilir enerji çalışmalarının Ar-Ge düzeyinde olduğu da dikkate alınarak gerek dünyada gerekse ülkemizde gelinecek nokta küçümsenmemelidir.

Ülkemizde, enerjinin yoğun kullanıldığı sektörlerde %20-30 dolayında enerji tasarruf potansiyeli olduğu bilinmektedir. Buna bağlı olarak, enerji verimliliği konusundaki hedefimiz sadece maliyetlerin

düşürülmesine odaklı bir tasarruf anlayışından çıkarak, üretkenliği ve çevreyi gözetken verimlilik kavramı ile birlikte yüksek katma değerli ürünlere yönelik enerji yönetim anlayışını hayata geçirmek olmalıdır. Enerjinin üretilmesinde ve tüketilmesinde verimlilik; ülkemiz ve dünya enerji kaynaklarının daha ekonomik kullanımı, çevreye olan etkisinin asgari seviyeye indirilmesi, dolayısıyla doğal kaynakların verimli kullanılması açısından hem stratejik hem de insanlığın geleceği açısından hayati öneme sahiptir. Enerji verimliliği politikaları ve tedbirlerinin, sürdürülebilir bir enerji sisteminin en önemli unsurlarından biri olduğu tüm dünya ülkeleri tarafından gittikçe artan bir şekilde kabul edilmektedir.

Enerjinin üretimi ve tüketimi aşamalarında çevreye olan etkisi salt ülke meselesi olmaktan çıkmış, uluslararası anlaşmalarla tüm ülkeleri konuya taraf yapmıştır. Küresel ısınma ve iklim değişikliği sonucu dünyayı tehdit eden bu soruna yönelik Birleşmiş Milletler Kyoto protokolü ile CO2 emisyonuna sınırlamalar getirilmiştir. CO2 emisyon rakamları 2020 yılında yaklaşık %20'lik bir artışla 5000 milyon tona yükselecektir. En fazla CO2 emisyonu yapan ülkeler sanayileşmiş ülkeler olduğu gerçeği de dikkate alındığında fosil yakıtlı enerji kaynaklarını verimli kullanmak ve alternatif enerji kaynaklarına yönelme zorunluluğunu da beraberinde getirmiştir. Kyoto Protokolü ile 2008-2012 yılları arasındaki dönem için sera gazı emisyon salımlarını 1990 seviyelerine göre en az %5 azaltma yükümlülüğü getirilmiştir. Bu doğrultuda AB ülkeleri %8'lik bir azaltma sağlayacağını kabul etmiştir. Enerji tüketimindeki %1'lik tasarrufun CO2 emisyonlarında %2,5'lik azalma sağladığı düşünüldüğünde; enerji verimliliğinin artan talebin karşılanması kadar çevre etkisi de ortaya çıkacaktır.

Avrupa Birliğinde de yapılan çalışmalarda; artan enerji tüketimleriyle bağımlılık riskinin var olması, elektrik üreten tesislerin verimli performans sergileyemedikleri vurgulanmakta ve Avrupa ölçeğinde yeni enerji politikaları belirlenmektedir. Endüstriyel devrim niteliğinde olabilecek yeni eylem planında; birlik içerisinde ortak hareket, enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik tedbirler, yenilenebilir enerjilerin payının artırılması, yenilenebilir kaynaklarının teknolojisinin geliştirilmesi gibi unsurlarla enerji konusunda dışa bağımlılığın azaltılması, yerel kapasitelerin güçlendirilmesi ve enerji verimliliği konusunda bilincin artırılması vurgulanmıştır.

DPT'nin 2007-2013 IX. Kalkınma Planında enerjinin sürekli, güvenli ve asgari maliyetle temini, arz güvenliği, çevresel etkilerin en düşük düzeyde tutulması, enerji endüstrisinin rekabetçi bir yapı içinde sanayinin uluslararası rekabet edebilirliğine katkı sağlaması ile üretici ve tüketici ülkeler arasında transit konumun geliştirilmesi enerji politikasının ana unsurları olarak belirlenmiştir. IX. Kalkınma Planı her hangi bir eylem sunulmamasına rağmen; enerji konusunda AB uyum planı çerçevesinde Çevre Kanunu, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunu, Enerji Verimliliği Kanunu, Enerji Kaynaklarının Ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına ilişkin Yönetmelik Taslağı hazırlanmıştır. Bu yasal düzenlemeler enerji üretimi konusunda dışa bağımlılığı azaltma ve enerji verimliliği konularında yasal çerçevenin oluşturulmasını sağlayacaktır.

Yenilenebilir enerji, dünyada doğal proseslerdeki var olan [enerji](#) akışından elde edilen; enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilmesi ile tanımlanır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının mevcut teknolojik ve maliyet sorunlarındaki iyileşmeler ile önümüzdeki yüzyılların en önemli enerji kaynağı olacağı kabul edilmektedir. Bu kaynaklar [güneş](#) ışığı, [rüzgar](#), akan [su](#) ([hidrogüc](#)), [biyolojik](#) prosesler, [jeotermal](#), Hidrojen ve deniz-dalga olarak sıralanabilir. Üretilen elektriğin bir kısmının güneş, rüzgardan sağlandığı bilinmekle birlikte, dalga, med-cezir (gel-git), çöpten sağlanan metan gazı ve kanalizasyon ısısından da ısınma ve elektrik üretimi için enerji elde edilen uygulamalar gün geçtükçe yaygınlaşmaktadır.

Ülkemiz hemen hemen tüm konvansiyonel enerji kaynaklarına sahip bulunmaktadır. Ancak, bu kaynaklar dünya rezervleri ile karşılaştırıldığında kalite ve miktar olarak yetersiz oldukları görülmektedir. Türkiye, özellikle akışkan fosil yakıt rezervleri bakımından fakir bir ülkedir. Buna karşın ülke çapında önemli sayılabilecek kömür rezervleri vardır. Türkiye'deki linyit rezervi dünya linyit rezervinin % 2'sini oluşturmaktadır. Yenilenebilir kaynaklar grubunda yer alan hidrolik, jeotermal ve güneş enerjisi

potansiyeli açısından Türkiye, varlıklı ülkeler grubuna girmekte olup, brüt hidroelektrik potansiyeli ile dünya hidrolik potansiyeli içerisinde % 1,2 paya sahiptir. Ekonomik hidroelektrik potansiyeli de Avrupa potansiyelinin % 14'ü kadardır.

Ülkemizde sanayi sektörlerinde enerji yoğunluğunun kıyaslamalı olarak sektör değerlerinin üzerinde oluşu, harcanan her birim enerjiden daha az hizmet ve ürün elde ettiğimizi göstermektedir. Enerjinin çok önemli bir sanayi girdisi olduğu düşünüldüğünde, verimlilik politikalarının sanayide olduğu kadar bina ve ulaşım alanlarında da yaygınlaştırılması gerekmektedir. Ülkemiz enerji bağımlılığının %75'ler seviyesinde olduğu ve enerji tasarrufu potansiyelinin yüzde 25'in üzerinde olduğu bilinmektedir. İsraf edilen enerji kaynaklarının kazanımı için, teknolojik yatırımlar yapılması gerekmektedir. Bu teknolojik yatırım kaynaklarının da yerleştirilmesi, ulusal sanayimizin enerji sektörüne yoğunlaşması ile en az 40 bin kaliteli yeni iş fırsatları doğuracağı bilinmektedir.

Almanya, Kanada, Japonya gibi gelişmiş ülkelerdeki enerji verimliliği çalışmaları incelendiğinde, bilinçlendirme ve gönüllülük uygulamalarının en etkili sonuçlar veren uygulamalar olduğu görülmektedir. Özellikle sanayi uygulamalarında enerji yönetimi yaklaşımıyla enerji yoğunluğunun artırılmasına yönelik faaliyetler ve temiz enerji yatırımlarının teşvik edilmesi de başarılı sonuçlar vermektedir. Gerek enerji verimliliğinin artırılması, gerekse yenilenebilir enerji kaynaklarının daha etkin kullanımında ulusal kaynaklar dikkate alınarak stratejilerin belirlenmesi, gelişmekte olan enerji sektöründen en karlı çıkacağımız çözüm olmaktadır.

Ülkemizde özellikle enerji santrallerinin kurulumu, yenilenebilir enerji sektörüne yönelik Ar-Ge ve üretim imkânlarının sınırlı olması ve bu sektörün ciddi boyutlarda finansal yatırım gücü gerektirmesi, ülkemizde enerji sektöründe büyük hamleler yapmaktaki en büyük engel olarak görülmektedir. Almanya örneğinde görüldüğü gibi dünyada da enerji sanayileşmesinin ilk aşamaları devletin etkin müdahalesi, teşvik mekanizmaları ve çeşitli sanayi kollarının bir araya gelmesiyle şekillenmiştir. Bu modelde küçük işletmeler de yoğun rekabet ve finansman baskısı altında kalmamış, işbirlikleri ve ortak projelerle enerji stratejisi içinde kendilerine kalıcı yerler bulabilmişlerdir. Ortak yürütülen projelerle seri üretim yerine esnek üretim stratejisiyle, Ar-Ge ve teknolojinin yaygınlaşmasını öne çıkaran yatırım maliyetleri ve riskin dağılımı sağlanacaktır.

YOĞUNLAŞTIRILMIŞ GÜNEŞ ENERJİSİ (CSP) UYGULAMALARINDA TÜRKİYE ŞARTLARINA UYGUN TEKNOLOJİLERİN BELİRLENMESİ

Mustafa AYHAN

EBİTT Akışkan Teknolojileri San. Tic. Ltd. Şti.

1. GÜNEŞ ENERJİSİ VE GÜNEŞ ENERJİSİNİN YOĞUNLAŞTIRILMASI

Güneş enerjisi, güneş ışınımından enerji elde edilmesine dayalı teknolojidir. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, güneş enerjisi çevre açısından temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir.

Güneş ışınlarından yararlanmak için pek çok teknoloji geliştirilmiştir. Bu teknolojilerin bir kısmı güneş enerjisini ışık ya da ısı enerjisi şeklinde direk olarak kullanırken, diğer teknolojiler güneş enerjisinden elektrik elde etmek için kullanılmaktadır.

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır.

Ülkemizde kullanma sıcak suyu elde edilmesinde yaygın bir şekilde kullanılan düzlemsel kollektörler ile yazın 70-80°C, kışın ise 30-40°C sıcaklığında su elde edilebilmektedir.

Son yıllarda yaygınlaşmaya başlayan vakum borulu güneş kollektörleri ile elde edilebilecek sıcaklıklar özellikle kış şartlarında biraz daha yükselebilmektedir.

Düzlemsel kollektörlerde güneş ışınları herhangi bir yoğunlaştırma olmadan, direkt olarak kullanıldığından, daha yüksek sıcaklıklara ulaşma imkanı yoktur. Buna karşılık, verimleri yoğunlaştırıcı sistemlerden daha yüksektir.

Güneş ışınlarının yoğunlaştırılmasının herkes tarafından bilinen örneği, bir mercek veya çukur ayna kullanılarak kağıt vb. malzemelerin tutuşturulmasıdır. Yoğunlaştırma uygulamalarının tarihinin ise, Sümerler'e dayandığı söyleniyor. Mezopotamya'da birbirine düşman gruplar, köylerde yangın çıkarmak amacıyla farklı birçok noktadan güneş ışınlarını belirli hedeflere yansıtırlarmış. Daha yakın tarihli bir başka söylenti ise, Roma gemilerinin Sicilya'daki Syracuse kentini kuşatması esnasında gemileri yakmak için Arşimet'in yaklaşık M.Ö. 210 yılında aynalar, güneş ışınları ve yoğunlaştırma teknolojilerini kullandığı yönünde.

Güneş ışınlarının yoğunlaştırılması için teknik olarak mercek veya aynalar kullanılabilenekte ise de, uygulama alanlarında mercek kullanımı pek mümkün olmadığından, yaygın sistemlerin hemen hemen tamamında yoğunlaştırma işlemi aynalar ile gerçekleştirilmektedir.

Yoğunlaştırma işlemi yaygın olarak iki şekilde yapılmaktadır:

Noktasal yoğunlaştırma: Güneşten belirli bir yüzeye gelen ışınların tamamı, bir nokta üzerinde (odak noktası) toplanarak yoğunlaştırılmaya çalışılmaktadır. Burada nokta olarak bahsedilen odak, pratikte bir nokta olmaktan çok, küçük bir alandır.

Noktasal yoğunlaştırma teknolojilerinin en yaygın uygulamaları güneş kuleleri ve parabolik çanak kolektörlerdir.

Çizgisel yoğunlaştırma: Güneşten belirli bir yüzeye gelen ışınların, bir çizgi üzerinde (odak çizgisi) toplanarak yoğunlaştırılmaya çalışılmasıdır. Burada çizgi olarak bahsedilen odak, pratikte şerit şeklinde dar ve uzun bir alandır.

Uygulamada sıklıkla odak noktası veya odak çizgisi üzerinden geçirilen bir akışkan, yoğunlaştırılmış güneş enerjisinin ısınıp almak için kullanılmaktadır.

Çizgisel yoğunlaştırma teknolojileri yaygın olarak Fresnel tipi veya parabolik oluk kolektörler kullanılarak uygulanmaktadır.

Noktasal veya çizgisel yoğunlaştırma işlemi sonrasında kullanılan akışkanın ulaşacağı sıcaklık akış hızı, yoğunlaştırma oranı ve anlık güneş ışınım değerine bağlı olarak değişmektedir. Bu sistem ile elde edilebilecek teorik sıcaklık, güneşin yüzeyindeki sıcaklık kadardır.

2. YOĞUNLAŞTIRILMIŞ GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANIM ALANLARI

Elektrik üretimi: Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerinin tamamı aslında elektrik enerjisi üretmek amacıyla geliştirilmiştir.

Elektrik ve ısı birlikte üretimi (Kojenerasyon): Elektrik üretimi sonrası artık ısınn çeşitli proseslerde veya ısınma, sıcak su elde etme gibi amaçlarla kullanımı mümkündür.

Deniz suyunun damıtılması: Güneş enerjisi açısından şanslı coğrafyaların temiz su kaynakları açısından genellikle aynı derecede şanslı olmamaları nedeniyle bu uygulamalar gittikçe artan bir oranda yaygınlaşmaktadır.

Güneş enerjisi ile soğutma: Özellikle yaşam yerlerinin soğutulma ihtiyacı güneş ile doğru orantılı arttığından, popüler uygulamalardan birisi de güneş enerjisinin soğutmada kullanımıdır.

Endüstriyel proses ısı elde etme: Özellikle buhar kullanılan tüm proseslerde uygulama alanı bulmaktadır.

Karma sistemler: Örneğin elektrik üretiminden artan ısı ile deniz suyunun damıtılması, buradan artan ısı ile de sıcak su elde edilmesi yaygın bir uygulamadır.

3. İŞLETİM SÜREKLİLİĞİNİ SAĞLAMADA KULLANILAN YÖNTEMLER

Güneş enerjisi 365 gün 24 saat mevcut değildir. Yıl içerisinde mevsimlere, gün içerisinde gece-gündüz saatlerine, birkaç gün içerisinde meteorolojik şartlara, en ideal zamanlarda bile örneğin kısa süreli bulut geçişlerine bağlı olarak değişim göstermektedir.

Güneş enerjisinin kullanıldığı uygulama genellikle bu tip değişimlerden olumsuz etkilenmektedir. Uygulamada sürekliliği sağlamanın temel olarak iki yolu vardır.

Yedek enerji kaynağı kullanımı: Sürekli enerji kullanan bir uygulamada güneş enerjisinin dengesiz dağılımını tamamlamak amacıyla örneğin fosil yakıtlarla çalışan klasik bir kazan, sisteme ilave edilebilir.

Fazla enerjinin depolanması: Sistem kapasitesi ihtiyaçtan daha büyük seçilerek, güneşin uygun olduğu periyotlarda ihtiyaç fazlası olarak elde edilecek enerjinin çeşitli yollarla depolanması ve güneş enerjisinin

azaldığı periyotlarda sistemin depolanan enerji ile çalıştırılması sağlanabilir. Ekonomik boyutu gözönüne alınmadığında teknolojik olarak enerjiyi yazın depolayıp, kışın kullanmak dahi mümkündür.

4. PARABOLİK ÇANAK GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİ

Parabolik çanak kolektörler, yüzeylerine gelen güneş radyasyonunu noktasal olarak odaklarında yoğunlaştırırlar. Gelen güneş enerjisi aynalar vasıtası ile odaktaki Stirling motoru üzerine yoğunlaştırılır. Stirling motoru ısı enerjisini elektrik jeneratörü için gerekli mekanik enerjiye dönüştürür.

Parabolik çanak kolektörler küçük modüllerden oluştuğu için, enerji ihtiyacı duyulan yerlerin yakınında ve ihtiyaç duyulan kapasitede tesis edilebilirler. Çoğunlukla diğer yöntemlerle elektrik üreten santrallere destek amacıyla ve maden ocakları, radar istasyonları ya da uzak köylerin elektrik ihtiyacının karşılanmasında kullanılır.

Günümüzde henüz ekonomik olmayan parabolik çanak kolektörlü sistemlerin araştırma ve geliştirme çalışmaları sürdürülmektedir.



5. GÜNEŞ KULELERİ

Güneş enerjisini yoğunlaştırarak elektrik üreten diğer bir uygulama da merkezi alıcı güç santralleridir. Bu santrallerde güneş enerjisi, heliostat denen aynalar yardımı ile bir kule üzerine yerleştirilmiş olan alıcıya yansıtılır. Bu yolla 700°C'nin üzerinde sıcaklık elde edilir.

Heliostatlar, merkezi bir bilgisayar yardımı ile güneşi takip ederek güneş enerjisini kule üzerindeki alıcıya yansıtırlar.



6. PARABOLİK OLUK TİPİ GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİ

Bu santrallerde çizgisel yoğunlaştırma yapılarak, güneş enerjisinden 300°C'nin üzerinde sıcaklık elde edilir ve ısı transfer akışkanı olarak genellikle yüksek sıcaklıklara dayanıklı termal yağ kullanılır.

Güneş tarlası; bağımsız üniteler şeklinde birbirine paralel bağlanmış parabolik kolektör gruplarından oluşan alandır. Bu üniteler, gelen güneş enerjisini yüksek yansıtma oranına (% 94) sahip aynalar vasıtasıyla, odakta bulunan alıcı boru üzerine yansıtırlar.

Parabolik kolektör grupları, yatay eksen boyunca dönmelerini engellemeyen metal yapılarla desteklenmiştir. Sistemde aynaların güneşi izlemesini sağlayan bir sensör ve otomasyon-takip sistemi bulunur.



7. FRESNEL TİPİ GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİ

Tek boyutlu parabolik bir yapıya eşdeğer şekilde, düzlemsel aynalar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Aynaların odak noktası boyunca yine bir ısı toplama borusu yerleştirilmiştir. Parabolün güneşi takip edebilmesi için gerekli destek yapısı ve yataklama elemanları da mevcuttur.



8. YOĞUNLAŞTIRMA TEKNOLOJİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

A. Teknik / Teknolojik karşılaştırma

Parabolik çanak güneş kolektörleri:

İki ekseninde takip ve noktasal yoğunlaştırma yapıldığından verimleri yüksektir.

Takip sistemi pahalı ve karmaşıktır.

Büyük boyutlarda gerçekleştirilemez. Bugüne kadar gerçekleştirilmiş en büyük güç, 25 kW'tır.

Genellikle bir stirling motoru ile birlikte kullanılmaktadır ancak stirling motorlarının teknolojisi yaygın değildir.

Kollektörü taşıyan destek yapısı büyük ve hantaldır.

Güneş kuleleri:

İki ekseninde takip ve noktasal yoğunlaştırma yapıldığından verimleri yüksektir.

Takip sistemi pahalı ve karmaşıktır.

Küçük boyutlarda gerçekleştirilemez.

Heliostatları taşıyan destek yapısı büyük ve hantaldır.

Parabolik oluk tipi güneş kolektörleri:

Tek ekseninde takip ve çizgisel yoğunlaştırma yapıldığından verimleri düşüktür.

Takip sistemi ucuz ve basittir.

Küçük veya büyük tüm uygulamalarda kullanılabilir.

Kullanılan ısı toplama borusu ve aynaların imalatı özel teknolojiler gerektirmektedir.

Fresnel tipi güneş kolektörleri:

Tek ekseninde takip ve çizgisel yoğunlaştırma yapıldığından verimleri düşüktür.

Takip sistemi ucuz ve çok basittir.

Küçük veya büyük tüm uygulamalarda kullanılabilir.

Yapısında özel teknoloji gerektiren herhangi bir eleman bulunmamaktadır.

B. Ekonomik karşılaştırma

Parabolik çanak güneş kolektörleri: Kullanılan teknolojilerin yaygın olmaması, başka endüstriler için geliştirilmiş malzeme ve cihazların kullanılmaması ve büyük kapasitede uygulama olanağının bulunmaması nedenleriyle birim maliyeti en yüksek sistemdir.

Güneş kuleleri: Isı toplaması amacıyla kullanılan kule ve aynalardan oluşan heliostatların hantal yapısı nedeniyle pahalı bir sistemdir.

Parabolik oluk tipi güneş kolektörleri: Isı toplama borusu ve aynaların özel teknoloji gerektirmesi maliyetlerini yükseltmektedir.

Fresnel tipi güneş kolektörleri: Hiçbir özel teknoloji gerektiren parçasının olmaması ve basit / sade yapısı nedeniyle tüm sistemler içerisinde birim maliyeti en düşük sistemdir.

C. Uygulama ihtiyaçlarına göre karşılaştırma

Parabolik çanak güneş kolektörleri: Sistemin yapısı itibariyle sadece elektrik üretimi amacıyla kullanıma uygundur.

Güneş kuleleri: Tüm uygulamalar elektrik üretimi amaçlı olmakla birlikte, çok yüksek sıcaklıkta proses ısısı elde etme amacıyla kullanımı da mümkündür.

Parabolik oluk tipi güneş kolektörleri: Elektrik veya orta-yüksek sıcaklıkta proses ısısı elde etmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır.

Fresnel tipi güneş kolektörleri: Parabolik oluk tipi kolektörün zayıf noktalarının geliştirilmesi amacıyla alternatif olarak geliştirilmiştir. Elektrik veya orta-yüksek sıcaklıkta proses ısısı elde etmek amacıyla kullanılabilir.

D. Alan kullanımı açısından karşılaştırma

Parabolik çanak güneş kolektörleri: Sistemin kurulduğu alanın yaklaşık olarak ayna alanının 1.2 katı kadar olması gerekmektedir. Bu ünitlerin yanyana sıralar halinde kullanılması durumunda gereken alan ise aktif ayna alanının yaklaşık 8-10 katıdır.

Güneş kuleleri: Aktif ayna alanının yaklaşık 10 katı bir alana ihtiyaç duyulmaktadır.

Parabolik oluk tipi güneş kolektörleri: Aynaların birbirini gölgelememesi için ayna dizileri arasında belirli miktarda boşluk bırakmak gerektiğinden, aktif ayna alanının en az 3 katı yerleşim alanına ihtiyaç vardır.

Fresnel tipi güneş kolektörleri: Aktif ayna alanının 1.1-1.2 katı bir yerleşim alanı yeterli olmaktadır.

E. İşletme kolaylığı açısından karşılaştırma

Parabolik çanak güneş kolektörleri: Sistemin tüm yapı elemanları özel teknoloji ile üretilmektedir. Kullanıcı seviyesinde yapılabilecek tek bakım ayna temizliğidir. Arıza durumunda orijinal yedek parça temini ve dış kaynaklı işçilik gerekmektedir.

Güneş kuleleri: Büyük oranda lokal malzeme ve işçilik kullanımı mümkündür. Bu nedenle işletme ve onarımı nispeten daha sorunsuzdur.

Parabolik oluk tipi güneş kolektörleri: Sistemin en önemli iki elemanı – ısı toplama borusu ve aynalar – özel teknolojiler ile üretilmektedir. Arıza durumunda orijinal yedek parça temini ve bazen dış kaynaklı işçilik gerekmektedir.



Parabolik oluk tipi kollektör ısı toplama borusu imali ve detay resmi (SCHOTT A.G.)

Fresnel tipi güneş kollektörleri: Sistemin tamamı yerel malzeme ve işçilik ile üretilebilmektedir. Yapısı basit olduğundan standart bakım ekibi ile her türlü bakım ve onarımı yapılabilmektedir.



Fresnel tipi kollektör ısı toplama borusu montajı ve tamamlanmış hali (AUSRA Inc.)

9. KARŞILAŞTIRMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE SONUÇ

Parabolik çanak güneş kolektörleri: Sistemin maliyetleri gözönüne alındığında, elektrik şebekesinden uzak bölgelerde şantiye vb. hareketli ortamlarda elektrik enerjisi temininde kullanımı düşünülebilir. Tamamı ülkemizde geliştirilmesi durumunda 1-2 kW'lık sistemler müstakil konutların elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanması amacıyla kullanılabilir.

Güneş kuleleri: Ülkemiz şartlarında kullanımı hem ekonomik olarak, hem de coğrafi alan itibariyle kısıtlıdır. Büyük ölçekli uygulama için Orta Anadolu coğrafyası uygundur.

Parabolik oluk tipi güneş kolektörleri: Proses ısısı veya elektrik temini amacıyla kullanılabilir. Kritik malzemelerinin yurtdışından temini gerekmektedir.

Fresnel tipi güneş kolektörleri: Parabolik oluk sisteminin kullanıldığı her yerde kullanılabilir. Maliyetleri daha düşük olup, tamamı yerli kaynaklarla üretilebilir.

SEMİNERLER

KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİMİ VE TÜRKİYE*

Prof. Dr. Mikdat KADIOĞLU

İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü Maslak, İstanbul
kadioglu@itu.edu.tr

Özet

Günümüzde tüm Dünya’da şehirleşme hareketleri, kırsal kesimden olan göçler ile birlikte hızlanmakta, nüfus yoğunluğunun aşırı bir şekilde artması ve değişen yaşam standartları sonucu da daha çok sanayi üretimine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunların sonucunda da artan şehirleşme, özellikle sanayi ve yerleşim bölgelerinden çıkan sera gazları ile çevre ve atmosferin büyük miktarda kirlenmekte ve küresel ölçekte havanın ısınma eğilimi de giderek artmaktadır. Böylece, canlı küreden (biyosferden) yukarı atmosfere (stratosfere) kadar olan kısım başta olmak üzere, günümüzde dünya atmosferinin kirlenmesi giderek artmaktadır. Bütün bunlar, doğayı tahrip ederek kentlerin iklimini değiştirmek ile birlikte su, kara ve havadaki yaşamı tümüyle tehdit eden çevre problemlerini de beraberinde getirmektedir.

Böylece son yıllarda sadece tropiklerde fırtınaların sayısı ve şiddetinde artış yok; Türkiye gibi tropiklerin dışındaki ülkelerde de şiddetlenen gök gürültülü sağanak yağışlardan dolayı, şehirlerdeki ani sellerin sayısı ve şiddetinde de artışlar var. Artık deprem, sel vb. tehlikeler, hızla artan çarpık yerleşim bölgelerinde daha fazla afete dönüşebiliyor.

Bu nedenle, İklim ve İklim Sistemi, Tarihsel İklim Değişimleri, Sera Gazları, Atmosferin Sera Etkisi, Günümüzde İklimde Gözlenen Değişimler, Tahmin ve Beklentiler gibi konular ele alınacaktır. Böylece iklimin temel kavramları tanıtılmış olacak, mevcut tehlikenin nedenleri ile birlikte şu anki ve gelecekteki boyutları hakkında bir bakış açısı kazandırılacaktır.

Anahtar sözcükler: Hava, İklim, İklim Değişimi, Türkiye, İklim Değişiminin Etkileri.

Abstract

Rising global temperatures will bring changes in weather patterns, rising sea levels and increased frequency and intensity of extreme weather events. Climate change impacts will range from affecting agriculture- further endangering food security-, sea-level rise and the accelerated erosion of coastal zones, increasing intensity of natural disasters, species extinction and the spread of vector-borne diseases. Climate change is therefore the greatest environmental challenge facing the world today. The effects will be felt here in the Turkey and internationally there may be severe problems for people in regions that are particularly vulnerable to change.

The recent Fourth Assessment Report (AR4) of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) leaves us in no doubt that human activity is the primary driver of the observed changes in climate. The main human influence on global climate is emissions of the key greenhouse gases. The concentrations of these gases in the atmosphere have now reached levels unprecedented for tens of thousands of years.

* Bu makale kısmen “**Kadioğlu, M., 2008:** Günümüzden 2100 Yılına İklim Değişimi, s.27-46, TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, 13-14 Mart, 2008 Ankara.” dan alınmıştır.

For Turkey, climate change means hotter, drier summers (more droughts, heat waves, wild fires, etc.), milder and drier winters, higher sea levels and an increased flood risk to coastal areas. Across the globe, there will be more intense heat waves, droughts and more flooding. There may be severe problems for regions where people are particularly vulnerable to changes in the weather. Food shortages and the spread of disease are commonly predicted. The social, environmental and economic costs of climate change could be huge.

There are also enormous opportunities if we are willing to take action. Government, business and individuals all have a part to play, and all of us can benefit from rising to the challenge of climate change. This paper briefly explains what climate change means for the world and Turkey and what we should do about it.

Keywords: Climate, Climatic Change, Turkey, Impacts of Climate Change.

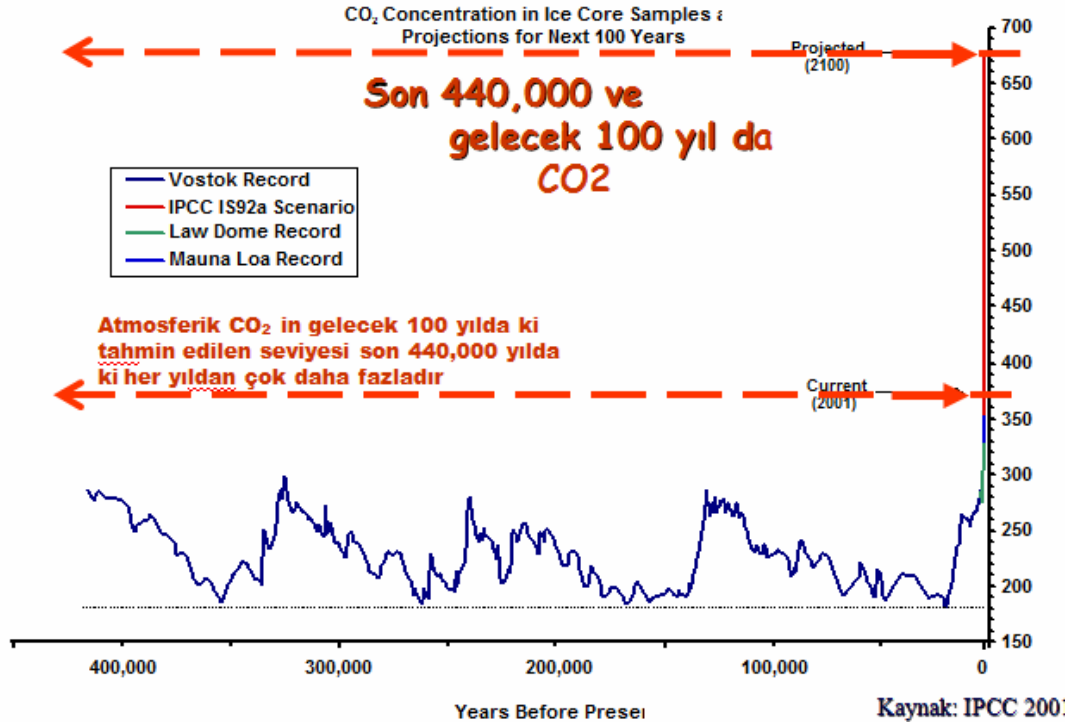
1. GİRİŞ

İnsanlığın son yüz yıl içinde karada ve suda yaptığı ve hala yapmakta olduğu tahribatın bir sonucu olarak toprak ve su ile birlikte havanın da bileşimi önemli ölçüde bozuldu. Artık hızla artan sanayi ve yerleşim bölgelerinden çıkan sera gazları ile çevre ve atmosferin büyük miktarda kirlenmekte ve küresel ölçekte havanın ısınma eğilimi de giderek artmaktadır. Sonuç olarak, artık insan iklimi, iklim de insanı büyük ölçüde etkiliyor. Bunun neticesinde 3. bin yılda insanlık küresel iklim değişimi problemiyle karşı karşıyadır.

Dünyanın iklim sistemi, atmosfer ve okyanusların doğal güçleri ile rüzgâr, yağmur ve sıcaklık dağılımını kontrol eder. Bu dinamik sistem, bir buzul çağından diğerine doğru sürekli değişmektedir. Geçen 3 milyon yıl içinde, iklimdeki doğal değişimleri ve ekolojik sistemlerin kendilerini bu değişimlere nasıl ayak uydurduğunu, jeolojik bulgulardan kabaca görmek mümkündür. Buzul çağlarda bitki örtüsü güneye, iki buzul çağı arasında da kuzeye doğru gelişmiştir. İnsan ve hayvanların sayısında da bu bitki örtüsündeki değişim sürekli olarak yansımıştır.

Buna rağmen, 1980’li yıllardan önce iklim değişimi konusunun önemi, kamuoyunda az iken akademik camiada büyüktü. En büyük problem “Buzul çağına ne yol açtı?” sorusuna yanıt vermektir. Aslında 19. ve 20. yüzyılların başlarındaki bir düşünceye göre iklim değişimleri geçmişe ait bir olaydı ve sadece çok uzun jeolojik zamanlarda meydana geldiğine inanılıyordu. Sonuçta, bilim insanları özellikle geçen 10 veya 20 yılda, iklimin tüm zamanlar boyunca değişerek bugünkü haline geldiği fikrinde birleşti. Ancak, son zamanlarda hükümetler de, dünya iklimi üzerindeki olası değişikliklerle ilgilenir hale geldi.

Yaklaşık olarak son 150 yıldır gittikçe artan ve aşırı miktarda tüketilen petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtları ve arazi örtüsündeki değişimler nedeniyle, büyük miktarda zararlı gaz ve parçacıklar atmosfere salınmaktadır (Şekil 1). Bunların sonu olarak, atmosferdeki CO₂ ozon (O₃)’ü seyrelten kloroflorokarbon (CFC) gazları ve karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ile diazot monoksit (N₂O) gibi sera gazlarının miktarlarında önemli artışlar olmuştur. Bu artışlardan dolayı atmosferde kuvvetlenen sera işlemi de beraberinde günümüzdeki küresel iklim değişimi ve küresel ısınma problemini ortaya çıkartmıştır.

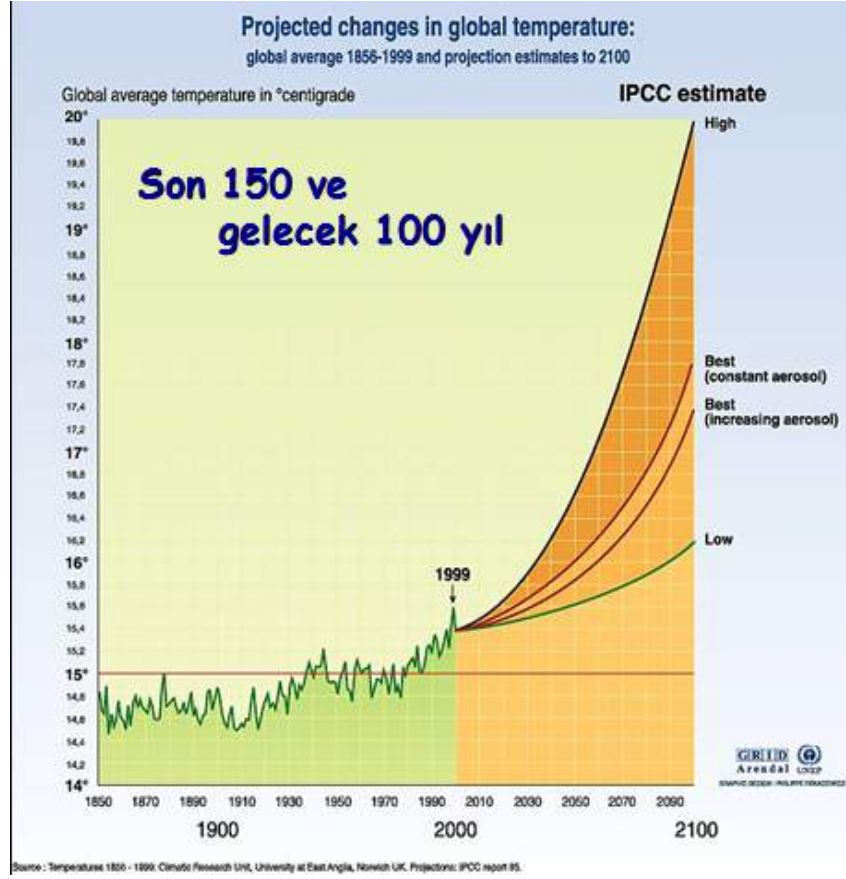


Şekil 1. IPCC'ye göre günümüzden 440,000 öncesi gözlenen ve 100 yıl sonrası ulaşılması beklenen atmosferik karbondioksit seviyesinin karşılaştırılması (IPCC, 2001).

Böylece, yeryüzünde 19. yüzyılın ortalarından günümüze kadar olan süre içinde küresel ortalama hava sıcaklığı 0,3 – 0,6°C artmıştır. 1860 yılından 1996 yılına kadar kaydedilen en sıcak dört yıl ise 1990 yılından sonra olup, en sıcaktan itibaren sırasıyla 1995, 1990, 1991 ve 1994 yıllarıdır. Böylece 1990'lı yıllar en sıcak 10 yıldır ve 1998 de 1961–90 ortalamasından 0,57°C daha sıcak olmuştur. Araştırmalara göre, gelecek 40 yıl içindeki her 10 yılda 0,1°C'den daha fazla miktarda küresel ısınmanın kuvvetlenerek devam edeceği tahmin edilmektedir (Şekil 2).

Diğer bir deyişle, sanayi devrimi dünyanın ortalama hava sıcaklığı 15°C idi. Yani yaşama uygun hava sıcaklığını atmosferin sera etkisine borçluyuz. Atmosferin sera etkisi olmasaydı dünyada ortalama hava sıcaklığı -18°C olacaktı. Yani, atmosferin sera etkisi hava sıcaklığını 33°C arttırmıştır. Sanayi devriminden sonra atmosfere salınan sera gazları nedeniyle de dünyanın ortalama hava sıcaklığı 15,6°C ye yükselmiştir.

Yani Dünyada bugün ortalama 15°C hava sıcaklığına göre bildiğimiz bir şekilde yaşam artık değişmek zorundadır. Şimdi temel problemimiz, insan etkinlikleri nedeniyle atmosferin güneş enerjisini yutması ve yayınması şeklinin değiştirmiş olmasıdır. Bunun potansiyel tehlikeleri sadece havayı ısıtarak bizi terletmesi vb. problemler değildir. Örneğin; yükselen deniz su seviyesi azalan toprak neminin çok daha sosyo-ekonomik etkileri olabilecektir. Aslında insanlar hızlı bir iklim değişimine kendini uydurabilir ve ondan korunabilir, fakat bitkiler ve hayvanlar bu değişimlere ayak uyduramadığı için insanların besin zincirini de oluşturan tüm ekolojik sistem tehlikededir.



Şekil 2. IPCC'ye göre değişik senaryolar sonucu 2100 yılında olması beklenen sıcaklık artımları (IPCC, 1995).

Özetle, fosil yakıtları ve tarımsal atıkların yakılmasıyla beraber büyük miktarda aerosollar ve parçacıklar atmosfere salınıyor. Tarımsal faaliyetler için açılan alanlar, orman alanlarının yok edilmesi, ormansızlaşma ve çölleşmeyle beraber gelen problemler, uçakların neden olduğu kimyasallar ve diğer etkenler ile iklimleri değiştiriyoruz. Kuzeyin zengin ülkeleri yüksek endüstriyel karbon üretimleri ile Güneyin fakir ülkeleri ise daha çok kötü arazi kullanımı ile bu probleme katkıda bulunuyor.

Sonuç olarak, yer örtüsünü değiştirerek ve çok büyük miktarlarda fosil yakıtını yakarak iklimi hızla değiştiriyoruz. Diazot monoksitler, karbondioksit, metan ve haloarbonlar, kloro flor karbonlar belli başlı sera gazlarıdır. Bunlarda en büyük miktarı da karbondioksit oluşturmaktadır. Karbondioksitin kaynağı petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtlarıdır. Metan ise, pirinç ekimi vb. gibi bazı tarımsal faktörler, hidroelektrik barajlar, bataklıklar ve çöplüklerden gelir. Bunlar da sürekli olarak şekilde atmosferin sera etkisini kuvvetlendiriyor ve dünyayı ısıdırıyor.

Bu nedenle, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde "iklim değişimi" sadece atmosferin kimyasal bileşenini değiştiren (doğal değil, sadece) insani nedenlerden dolayı iklimde görülen değişimlere atıfta bulunur. "Küresel ısınma" atmosferde artan sera gazlarının potansiyel etkilerinden sadece birini ifade eden bir terimdir. Diğer bir deyişle, şu anki küresel ısınma da yapay iklim değişiminin en belirgin semptomlarından biri "ısınmadır".

Yaklaşık olarak son 150 yıldır gittikçe artan ve aşırı miktarda tüketilen petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtları ve arazi örtüsündeki değişimler nedeniyle, büyük miktarda zararlı gaz ve parçacıklar atmosfere

salınmaktadır. Bunların sonu olarak, atmosferdeki CO₂ ozon (O₃)'ü seyrelten kloroflorokarbon (CFC) gazları ve karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ile diazot monoksit (N₂O) gibi sera gazlarının miktarlarında önemli artışlar olmuştur. Bu artışlardan dolayı atmosferde kuvvetlenen sera işlemi de beraberinde günümüzdeki küresel iklim değişimi ve küresel ısınma problemini ortaya çıkartmıştır.

Diğer bir deyişle günümüzde tüm Dünya'da şehirleşme hareketleri, kırsal kesimden olan göçler ile birlikte hızlanmakta, nüfus yoğunluğunun aşırı bir şekilde artması ve değişen yaşam standartları sonucu da daha çok sanayi üretimine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunların sonucunda da artan şehirleşme, özellikle sanayi ve yerleşim bölgelerinden çıkan sera gazları ile çevre ve atmosferin büyük miktarda kirlenmekte ve küresel ölçekte havanın ısınma eğilimi de giderek artmaktadır. Böylece, canlı küreden (biyosferden) yukarı atmosfere (stratosfere) kadar olan kısım başta olmak üzere, günümüzde dünya atmosferinin kirlenmesi giderek artmaktadır. Bütün bunlar, doğayı tahrip ederek kentlerin iklimini değiştirmek ile birlikte su, kara ve havadaki yaşamı tümüyle tehdit eden çevre problemlerini de beraberinde getirmektedir (Kadioğlu, 2001).

2. Küresel iklim değişiminin işaretleri

Halk arasında, iklim değişikliklerinin daha belirginleşmesi ile mevsimlerin sürelerinde bir değişiklik olup olmadığı ve hatta “mevsimler kaydı mı?” gibi sorular daha çok gündeme gelmektedir. Diğer bir deyişle, meteorolojinin çok farklı konuları olan iklim ve hava şartları ülkemizde birbirine çok karıştırılmaktadır.

Hava şartları ile iklim arasındaki farkı kısaca şöyle ifade edebiliriz: Hava şartları, belirli bir zaman ve kısa bir dönemde gözlenen hava olaylarıdır; fakat iklim, hava şartlarının uzun bir dönem boyunca ki ortalamaları veya eğilimleridir. Uzun yıllar boyunca bir yerin iklimini belirleyen bu hava durumları içinde birçok aşırı sıcaklıklar, soğuk hava dalgaları, kuraklıklar, seller ve fırtınalar da vardır.

Son yıllarda küresel iklim değişiminden dolayı hava ve iklim parametrelerinde gözlenen değişimler şunlardır:

- Buharlaşma ve yağmur miktarı artıyor;
- Yağmurun büyük kısmı sağanak şeklinde oluyor;
- Tundralar eriyor;
- Mercanlar beyazlıyor;
- Buzullar geriliyor;
- Denizlerdeki buzullar küçülüyor;
- Deniz su seviyesi yükseliyor;
- Orman yangınları artıyor;
- Fırtına & sel hasarları artıyor.

Ayrıca hava şartlarının günlük hayatta kullandığımız astronomik mevsimlere uyması beklenmektedir. Hâlbuki günlük hayatta kullandığımız astronomik mevsimler belirlenirken ne hava şartları ne de iklim özellikleri göz önüne alınmıştır. Bu nedenle de, örneğin, resmen yaz mevsiminin (21 Haziran'da) başlamasından günler sonra havaların hala yeterince ısınmadığı sık sık gözlenebilmektedir. Genellikle bu gibi durumlarda kamuoyunda mevsimlerin değil de "Bu yaz 13 gün gecikti" şeklinde hava şartlarının “yanlışlığı” veya “mevsimlerin kaydı” üzerinde durulmakta ya da iklimin değiştiği şeklinde spekülasyonlar yapılmaktadır. Hâlbuki hava şartları astronomik mevsimlere uymak zorunda değildir, çünkü bu havanın doğasına aykırıdır (hava, “hava” bir şeydir!).

Özetle söylemek gerekirse;

- Hava ve iklim şartları aynı şeyler değildir.
- Hava şartları mevsimlere uymak zorunda değildir.
- Meteoroloji de rekor kırar.
- “Normal hava” diye bir şey yoktur.

Bununla birlikte günümüzde değişen mevsimlerin bazı işaretleri şunlardır:

- Şimdi ABD’ye ilkbahar üç hafta daha erken geliyor.
- İngiltere’de 20 kuş türü, daha önceki yıllara göre yuvalarını dokuz gün önce yapmaya başladı.
- İngiltere’nin güneyinde Marsham ailesi 1736’dan beri ilkbaharın işaretlerini kayıt etmektedir. Bu kayıtlara göre meşe ağacının yaprak açmasında en erken davrandığı yıllar 1990’larda oldu.
- Sıcakların artması ile ağaçlar ve sincap vb küçük hayvanlar Kanada’da kuzeye doğru göç ediyor.
- İngiltere’de gecen 30 yılın her 10 yılında sonbaharın 2 gün geciktiği görülmüştür. İlkbaharın ilerlemesi ise her on yılda 6 gün olmuştur.

Genel ve bilimsel olarak küresel iklim değişimine işaret olarak şunları kabul ederiz:

- Buzulların eriyerek, kutuplara doğru çekilmesi ile birlikte yüksek dağların tepelerindeki buzulların ve kar örtüsünün azalması.
- Deniz su seviyelerinin yükselmesi.
- Sıcak havayı ve suyu seven tropikal bitki ve balıkların kutuplara doğru yayılması. Artan iklim göçmenleri ve mülteci problemleri.
- Havadaki kirleticilere karşı hassas olan narin kuş türlerinin azalması.
- Ağaçlardaki yaş halkalarının daha hızlı bir büyüme göstermesi.
- Son 1400 yılın dünyanın en sıcak yılları olarak kabul edilen 1990’lı yılların ardı sıra gelmesi.

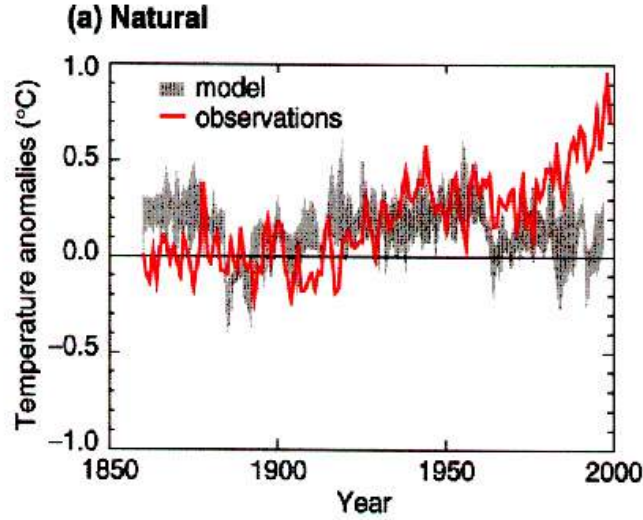
Kamuoyunda küresel iklim değişimi daha çok ısınma ile bilinmekte ve küresel ısınma şeklinde adlandırılmaktadır. Çünkü aşağıda sıralandığı bir şekilde son 1400 yılı en sıcak yazları ile dünyanın ortalama hava sıcaklığı son yıllarda yükseliyor:

- Son 140 yılda (aletsel kayıtlara göre) artış $0,7 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ oldu;
- 1860 yılından beri görülen en sıcak 20 yılın 19’u 1980’den sonra gerçekleşti. 1860 yılından beri görülen en sıcak 20 yılın 11’i ise 1990’dan sonra gerçekleşti;
- 1998 yılı aletsel kayıtlara göre en sıcak yıl ve ağaç halkası, buz örneklerine göre son 1,000 yılın en sıcak yılı; 2002 ise ikinci en sıcak yıldır;
- Son 50 yıl, buzul kayıtlarına göre son 6,000 yılda gözlenen en sıcak yarım yüzyıldır;
- Okyanus sıcaklık kayıtlarına göre 1950’li yılların ortalarından 1990’ların ortalarına kadar önemli bir ısınma yaşandı.

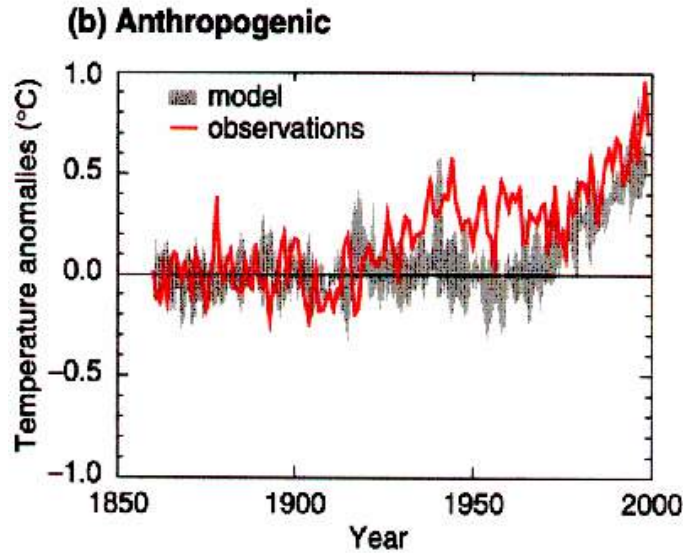
21. Yüzyıldaki ısınma gerçek mi veya bu ısınmayı sadece doğal nedenler açıklayabilir mi? gibi soruların yanıtı IPCC tarafından net bir şekilde verilmiş ve literatürde büyük kabul görmüştür. IPCC’nin bu konudaki grafiksel açıklaması için Şekil 3a, b ve c’ye bakınız. Bu grafiklerde gözlemler (şu anda dünya

üzerinde gözlediğimiz ısınma) kırmızı çizgiler ile bu değişimleri açıklamak için yapılan modelleri ise siyah çizgiler temsil etmektedir.

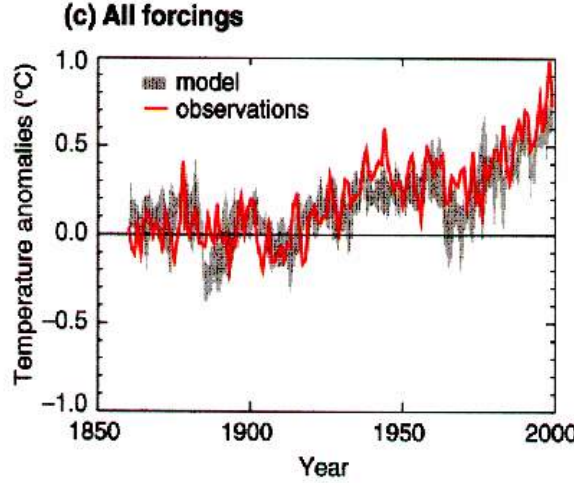
Eğer şuan ki ısınma sadece doğal (natural) nedenlerden olsaydı, yani dünyanın eksenini, güneş patlamaları gibi şeyler den kaynaklansaydı durum Şekil 3a'daki gibi olacaktı. Ama burada gözlenen ve aradaki fark da bir fark vardır; işte o fark insan etkisidir (anthropogenic). Benzer şekilde, sadece insana bakarak, yani doğal nedenleri ihmal ederek şuan ki ısınmayı tam olarak açıklayamayız. Ama tüm etkenleri dikkate aldığımız (all forcing), yani doğal nedenler (Şekil 3a) ile insani nedenleri eklediğimiz (Şekil 3b) zaman şu andaki ısınmayı (Şekil 3c'den görüldüğü gibi) tam olarak açıklayabiliyoruz.



Şekil 3a: Tüm nedenlerden dolayı gözlenen (kırmızı) ve doğal nedenlerin sebep olduğu ısınmaların (siyah) yıllık değişimi (IPCC, 2001).



Şekil 3b. Tüm nedenlerden dolayı gözlenen (kırmızı) ve sadece insan etkinliklerinin sebep olduğu ısınmaların (siyah) yıllık değişimi (IPCC, 2001).



Şekil 3c. Tüm nedenlerden dolayı gözlenen (kırmızı) ile doğal ve insan etkinliklerinin birlikte sebep olduğu ısınmaların (siyah) yıllık değişimi (IPCC, 2001).

3. Küresel iklim değişiminin oluşturduğu riskler

İnsanları korkutan şey iklim değişimi teorisi değildir. Bu teori küresel iklim değişiminin pozitif ve negatif etkileri olacaktır. Pozitif etkiler arasında kuzey enlemlerde tahıl veriminin artması gibi şeyler fakat insanlar doğal olarak olası negatif etki potansiyeli korkutmaktadır.

Bizleri korkutan şey iklim değişimi teorisinin kendisi değildir. Bu teori ve gözlemler, küresel iklim değişiminin pozitif ve negatif etkileri olacağı belirtmektedir. Pozitif etkiler arasında kuzey enlemlerde tahıl veriminin artması gibi şeyler sayılabilir. Fakat insanları, doğal olarak orta ve güney enlemlerin sıcak iklimlerde yaşanan ve yaşanabilecek olası negatif etkiler korkutmaktadır.

Özetle, IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişimi Paneli) tarafından 2030 yılı için yapılan senaryolara göre artacak olan olası iklimsel tehlikeler (uç meteorolojik olaylar) şunlardır:

- Sıcak hava dalgaları,
- Orman yangınları,
- Tarımsal haşereler,
- Kuraklık,
- Şiddetli yağışlar (ani sel ve şehir sellerinde artış),
- Tropikal fırtınaların, yani tayfunlar sayısı ve şiddeti,
- Tarım, agro-kültür, hayvancılık, tatlı su depolamasının üzerindeki etkiler,
- Sıtma ve malarya gibi hastalıkları taşıyan böceklerin normalde bulundukları bölgeden çıkarak yayılması.

Böylece su, kara ve havadaki yaşamı tümüyle tehdit eden çevre problemlerinde büyük artışlar olabilecek ve tarım ile beraber ekonomimiz, insan sağlığı ve yaban hayatı da kötü bir şekilde etkilenebilecektir (Şekil 4).

Atmosferik sera etkisi kuvvetlendikçe kutuplar ve çevresi, tropikal bölgeden daha fazla ısınacağı düşünülmektedir. Türkiye'nin de yer aldığı orta enlemlerdeki alçak basınç merkezleri, atmosferik cepheler, jet akımları ve benzerinin "yakıtını", gücünü kutuplar ile ekvator arasındaki sıcaklık farkından kaynaklanmaktadır. Kutuplar ile ekvator arasındaki sıcaklık farkının azalması jet akımlarını ve dolayısı ile daha az ve zayıf (orta enlem) fırtınasına neden olacaktır. Ayrıca yapılan bazı çalışmalar fırtınaları takip ettiği yolların da Türkiye'den yukarı çok daha kuzey enlemlerine çekileceğini göstermektedir.

Her ne kadar alçak basınç merkezlerinin ve atmosferik cephelerin neden olduğu fırtına vb olaylarda azalmalar olacaksa da, küresel ısınma nedeniyle havada miktarı aratan su buharı nedeniyle alçak basınç ve cephelere bağlı olmayan, daha çok ilkbahar ve yaz aylarında görülen kısa süreli, sağanak yağışların artacağı beklenmektedir. Bu tür düzensiz, ani ve şiddetli yağışlar seller, heyelan ve erozyonu artırması beklenmektedir. Ayrıca, Avrupa'nın kuzeyin de olduğu gibi Türkiye'nin de kuzeyinde daha fazla sele maruz kalması beklenirken güney kısımlarında daha fazla kuraklık beklenmektedir.

Böylece, Küresel İklim Modellerinin tahminleri, zaten fakir olan güney ülkelerinde, sel, kuraklık ve fırtınaların sayısı ve şiddet bakımından da artacağını göstermektedir. Diğer bir deyişle, son yıllarda giderek artan şiddette ve sıklıkta, sel, kuraklık ve fırtınalar gibi meteorolojik afetlerin küresel iklim değişimi ile birlikte daha da artması beklenmektedir.

Son yıllarda sadece tropiklerde fırtınaların sayısı ve şiddetinde artış yok; Türkiye gibi tropiklerin dışındaki ülkelerde de şiddetlenen gök gürültülü sağanak yağışlardan dolayı, şehirlerdeki ani sellerin sayısı ve şiddetinde de artış var. Artık deprem, sel vb. tehlikeler, hızla artan çarpık yerleşim bölgelerinde daha fazla afete dönüşebiliyor. Artık deprem, sel vb. tehlikeler, hızla artan çarpık yerleşim bölgelerinde, küresel iklim değişimi gibi bilimsel uyarıları ve modern afet yönetimini ciddiye almayan ülkelerde daha fazla afete dönüşebiliyor.

Sonuç olarak günümüzde bilimsel anlamda hiçbir şüphe yok; artık insan iklimi değiştiriyor, hem de çok hızlı bir şekilde değiştiriyor; dünyada jeolojik evrelerde hiç gözlenmemiş kadar hızla değiştiriyor. Bu yüksek ısınma yüzünden de yeryüzünde Katrina gibi şiddetli tropikal fırtınalar, kuraklık ve ani seller şeklinde alarm zilleri çalıyor...

Bu nedenle, gelişmiş ülkeler gelecek 30, 50 ve 100 yıl hatta daha uzun sürelerde iklim değişiminin nasıl olacağını, bundan kendilerinin ve dolayısıyla dünyanın nasıl etkileneceğini bilmek amacıyla araştırmalar yapmaktadır. Bu araştırmaların sonuçlarına göre, ülkeler stratejilerini belirlemektedir. Bu nedenle, iklim değişiklikleri tahminlerine göre, bizim de ülkemizde su kaynaklarımızın, tarımının ve ormanlarımızın, genel olarak ekosistemin olası etkilene derecelerini araştırmak, tespit etmek, çözüm önerileri ortaya koymak ve karar vericilere bu bilgi desteğini sağlamamız gerekir.

IPCC Küresel İklim Modelleri ile yaptığı projeksiyonlara göre 2030 yılında Türkiye'nin de büyük bir kısmı oldukça kuru ve sıcak bir iklimin etkisine girebilecektir. Türkiye'de sıcaklıklar kışın 2 °C, yazın ise 2 ila 3 °C artabilir. Yağışlar kışın az bir artış gösterirken yazın % 5 ila 15 azalabilir. Söz konusu senaryolara göre Akdeniz Havzasındaki su seviyesinde 2030 yılına kadar 18 cm - 12 cm'lik; 2050 yılına kadar 38 cm -14 cm ve 2100 yılına kadar 65 cm - 35 cm'lik bir yükselme beklenmektedir. Küresel ısınmanın sonucu ısınarak genişleyen deniz suları ile birlikte kutup ve dağ buzullarındaki erime nedeniyle yükselen deniz suyu seviyeleri, kıyılarımızı olumsuz bir şekilde etkileyebilecektir. Küresel ısınma ile birlikte deniz seviyelerindeki yükselme de, önümüzdeki yüzyılın sonuna kadar 65 – 100 cm'ye ulaşabilir (Şekil 5).

İlk bakışta bu ısınmalar nedeniyle, konutlarda ısıtma amacıyla tüketilen fosil yakıtlarında ve onları vasıtasıyla atmosfere salınan CO₂ ve benzeri sera gazlarında da azalmaya neden olacağı düşünülebilir. Fakat yapılan çalışmalar aylık ısıtma enerjisi taleplerindeki, ısınmaya bağlı düşüşler bahar aylarında daha fazla olacağını göstermektedir. Örneğin, İstanbul'da 1°C'lik hava sıcaklığındaki artışta ısıtma için enerji talebinde %10'luk düşüşlere neden olabileceği hesaplanmıştır. Diğer bir deyişle, sıcak olan aylardaki

ısıtma enerjisi talebi ısınmaya karşı daha hassastır. Örneğin, her 1°C'lik sıcaklık artışı Adana'da binaların soğutma ihtiyacını %32 arttıracığı hesaplanmaktadır.



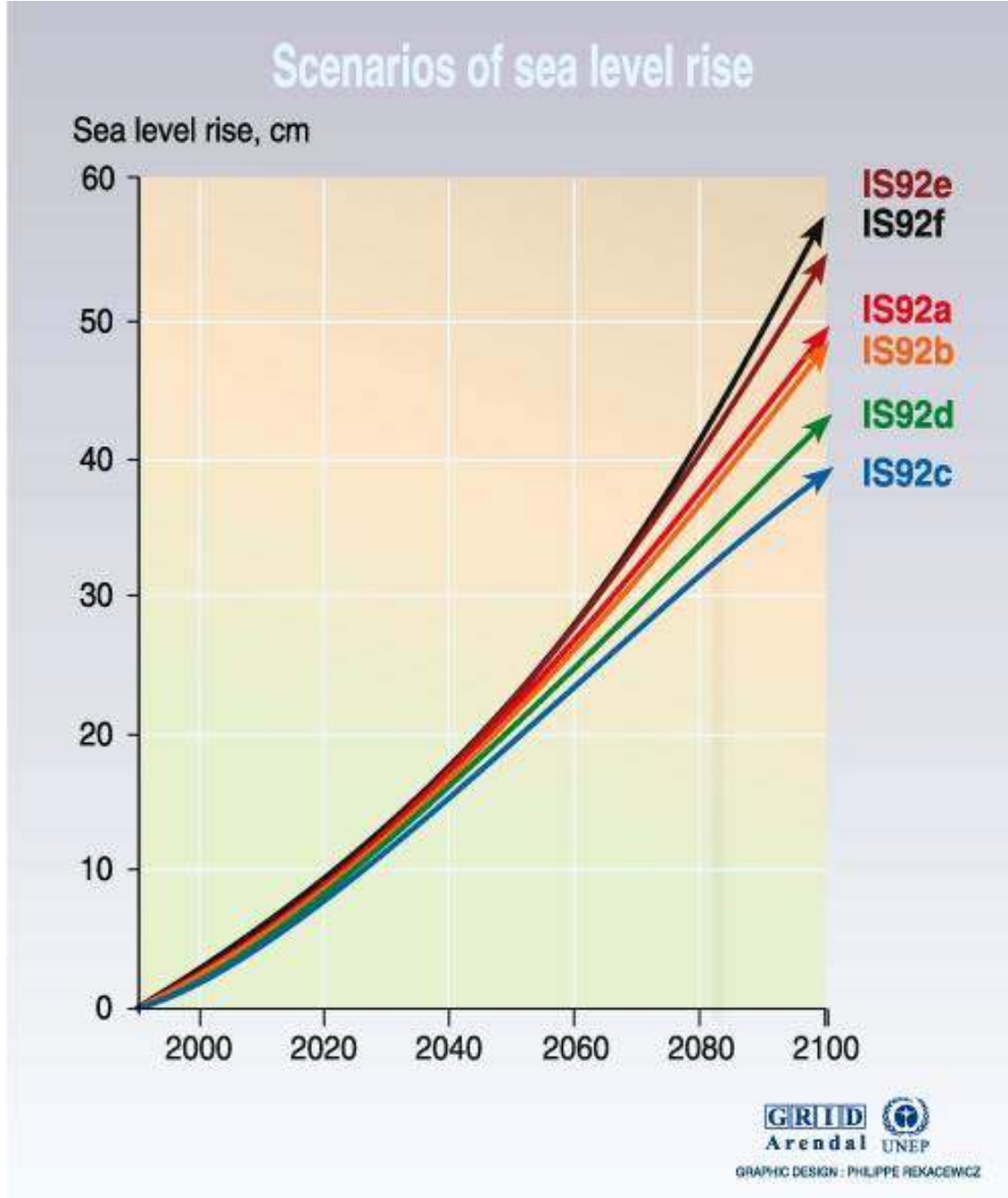
Şekil 4. Küresel iklim değişiminden etkilenmesi beklenen sektörlerin şematik gösterimi.

Dünyada iklim değişimi nedeni ile (sel, kuraklık, vb.) ekstrem hava olaylarında büyük artışlar bekleniyor. Bu nedenle, 21. yüzyılda meteorolojik afetlerden dolayı olacak kayıpların önemli ölçüde artacağı bekleniyor. Örneğin, 1990'larda afetlerden dolayı görülen küresel ekonomik kayıplar 608 milyar dolardan daha fazla oldu. İklim değişimi nedeniyle, örneğin, 2050 yılına kadar ekonomik kayıpların yılda 300 milyar dolara ulaşması bekleniyor.

Yine IPCC göre 1990 iklim şartlarına göre Türkiye'de bir yılda kişi başına düşen su miktarı şuan 3,070 metreküptür. Fakat bu suyun büyük bir kısmı suya ihtiyaç olan yerlerde bulunmamaktadır. İklim şartlarının değişmeyeceğini kabul etsek bile, sadece nüfusu artışı nedeniyle 2050 yılında Türkiye'de bir yılda kişi başına düşen su miktarı 1,240 metreküp olacaktır. Artan nüfusumuz ile beraber bir de küresel iklim değişimi sonucu daha kurak bir iklime sahip olacağımız göz önüne alındığında 2050 yılında Türkiye'de bir yılda kişi başına düşen su miktarı 700 ila 1,910 metreküp arasında olacaktır.

Sonuç olarak suyun kısıtlı, yağışların bazı bölgeler dışında miktar ve dağılımının düzensiz olduğu, büyük şehirlerde ve tarımsal üretimde suyun kısıtlı bulunduğu, içme, kullanma ve sulama suyu kalitesinin gün geçtikçe artan sanayi ve diğer çevre kirlilikleri neticesinde düştüğü ve küresel ısınma düşünülürse, ülkemizin kuraklığın şiddetini çok yakın bir zamanda bugünkünden çok daha fazla hissedeceği açıkça görülmektedir.

Böylece küresel iklim değişimi projeksiyonları, zaten fakir olan güney ülkelerinde, sel, kuraklık ve fırtınaların sayısı ve şiddet bakımından da artacağını göstermektedir. Diğer bir deyişle, son yıllarda giderek artan şiddette ve sıklıkta, sel, kuraklık ve fırtınalar gibi meteorolojik afetlerin küresel iklim değişimi ile birlikte daha da artması beklenmektedir.



Şekil 5. IPCC raporlarına ve değişik senaryolara göre 2100 yılında küresel deniz seviyesinde beklenen artış miktarları (IPCC, 1995).

Sonuçta ne kadar çok sera gazı, o kadar sıcak hava. Ne kadar çok sıcak hava, o kadar çok kuraklık, kıtlık, orman yangını, sıcak hava dalgası, tropikal hastalık ve düzensiz yağış...

4. Türkiye'ye Olası Etkiler

Türkiye, bugüne kadar insan kaynaklı iklim değişikliği ile ilgili çalışmaları küresel ölçekte incelemiş, bunların ülkemiz coğrafyasına etkilerinin değerlendirilmesinde ise yetersiz kalmış. Hâlbuki iklim değişikliği senaryolarının küresel ölçekten bölgesel ölçeğe, iklim modelleri yoluyla indirgenmesi ve sonuçlarının incelenmesi, ülkemizin enerji, tarım ve su kaynakları yönetimi gibi alanlardaki gelecekle ilgili planlamalarını yakından ilgilendirmekte.

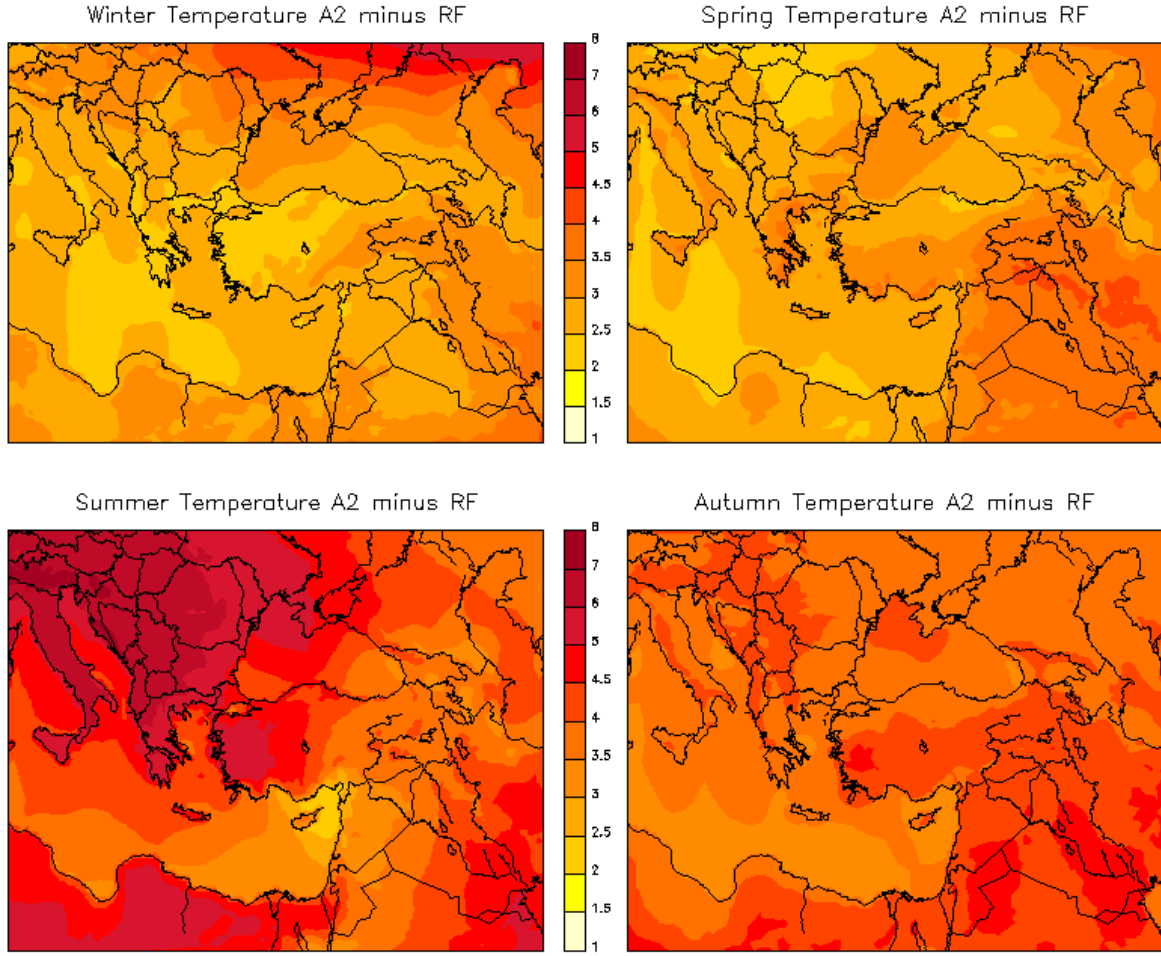
İlk defa İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi Dr. Barış Önoğlu, doktora çalışması olarak iklim modellerini kullanıp Türkiye coğrafyasının gelecekteki olası küresel iklim değişikliğinden, bölgesel olarak nasıl etkileneceğini ayrıntılı biçimde gösterdi.

IPCC iklim değişikliği senaryoları genellikle 2070-2100 yılları arasında, atmosferdeki karbondioksit oranlarının günümüzden en az iki kat ve daha fazla olacağı varsayımından yola çıkar. Kötü senaryolardan biri, SRES A2 olarak adlandırılır. Bu senaryoya göre model sonuçlarından üretilen sıcaklık ve yağıştaki değişimler, bugünün (1961-1990) ve geleceğin (2070-2100) iklimini temsil eden 30 yıllık periyotların farkının alınmasıyla ortaya çıkar.

Önoğlu'nun (2007) elde ettiği sonuçlara göre, Türkiye üzerinde, yıllık ortalama sıcaklıktaki artış 2.5-4°C arasında olmakla beraber, özellikle Ege Bölgesi ve Doğu Anadolu'nun önemli bir kısmındaki artış 4°C'ye ulaşmakta. Ege Bölgesi üzerinde yıllık ortalamadaki bu değişimin asıl nedeni, yaz aylarındaki Avrupa kaynaklı sıcak hava dalgasının bu bölgemizi de etkilemesidir. Yaz aylarında sıcaklıklarda 6°C'ye varan artışlar beklenmekte (Şekil 6). Ortalama sıcaklıktaki bu düzeyde bir yükselmenin orman yangınlarından hayvan ve bitki çeşitliliğine, oradan insan sağlığına kadar çok çeşitli alanlarda etkilerinin olacağı aşikâr. Sıcaklık artışı ayrıca mevsim geçişlerini de etkileyecek, ülkemiz üzerinde yaz mevsimi ilkbahar ve sonbahar aylarını da kapsayacak şekilde genişleyecek.

Yağış açısından önemli değişiklikler yaşanacak. Özellikle kış aylarında, Türkiye'nin Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu'yu da kapsayan güney bölümünde yüzde 20 ila 50 arasında azalıyor (Şekil 7). Verilere göre, bu bölgelerdeki su havzalarımız ciddi tehlike altında. Karadeniz bölgemiz ise aynı oranda olmasa da önemli ölçüde yağış artışıyla karşı karşıya. Rüzgâr patenlerindeki değişimler güney bölgelerimize nem girişini yavaşlatacak ve yağışın azalmasına sebep olacak. Yine yağıştaki değişimin belirgin olduğu sonbahar mevsiminde ise Güneydoğu ve Doğu Anadolu'nun bir kısmını kapsayan bölgede yüzde 50'yi aşan artışlar beklenmekte. Yukarı ve orta Fırat-Dicle havzasını da kapsayan, ülkemizin su-enerji politikaları için çok önemli olan, bu bölgesindeki sonbahar mevsimindeki yağış artışının tek başına değerlendirilmesi yanlış olabilir. Çünkü kış mevsiminden kalan yağış bütçesindeki açık ve gelecekteki sıcaklık artışıyla paralel artacak buharlaşma göz önünde bulundurulduğunda, ortaya pek olumlu bir görüntü çıkmıyor. Adına ister felaket deyin, isterseniz kıyamet...

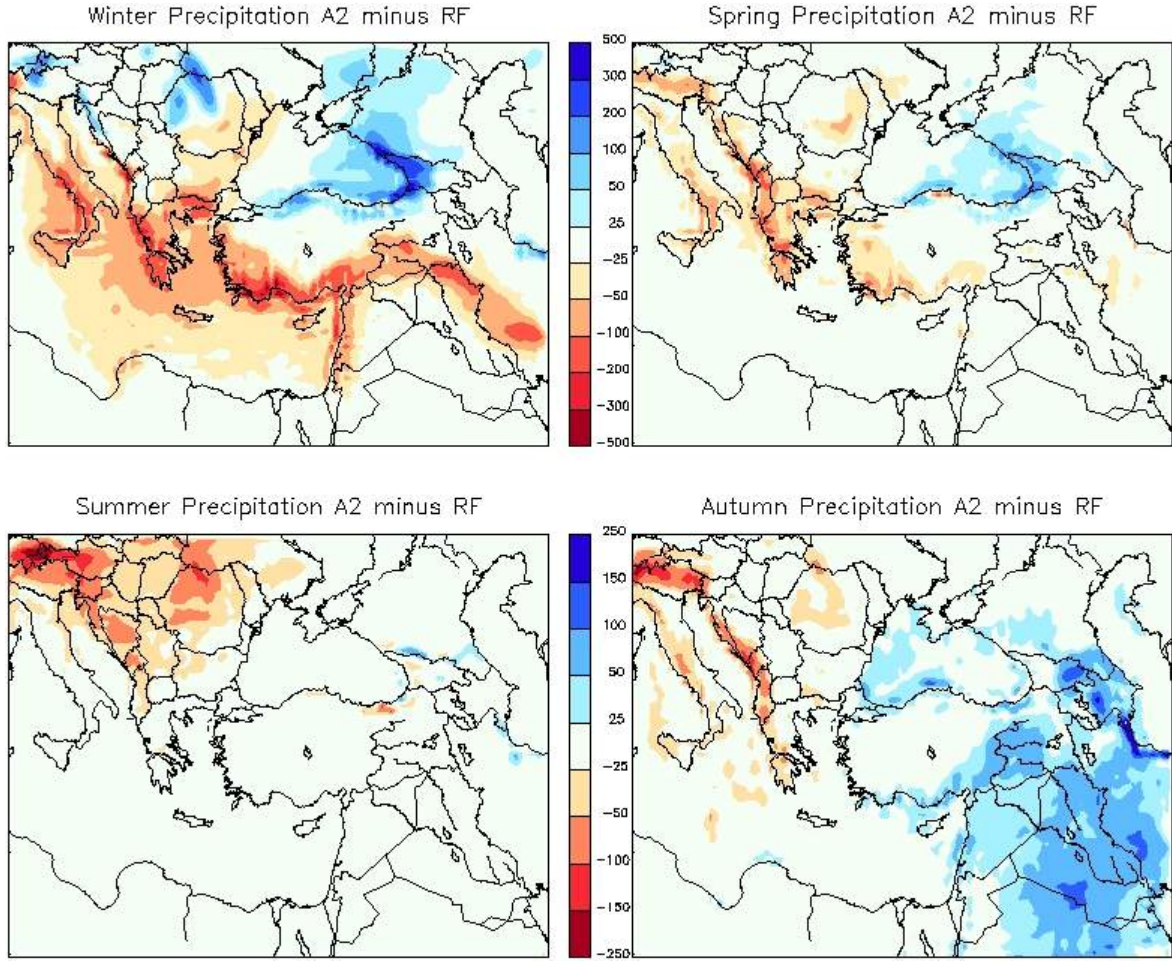
Hangi senaryoya bakılırsa bakılsın küresel iklim değişikliğinden Türkiye ve gelişmekte olan ülkeler, olumsuz bir şekilde etkilenecektir. Bu olumsuzluklar IPCC'nin projeksiyonlarına göre, ülkemizin de içinde bulunduğu enlemlerde sıcaklıklarda artışların, yağış rejiminde değişimler, deniz su seviye yükselmesi ve toprak su içeriğinde önemli azalmalar şeklinde olacağı tahmin edilmekte. Bütün bunların sonucu, 1. Kuraklık (kıtık, orman yangını, sıcak hava dalgaları, tarımsal hasarlar, ...), 2. Ani Seller (şiddetli yağmur ve yıldırımlar), 3. Deniz Su Seviye Yükselmeleri (kıyılarda erozyon, dere ve nehirler ile birlikte yeraltı sularının ve alçak arazinin tuzlanması) gibi üç önemli problemin etkilerini gelecekte daha fazla hissedeceğiz.



Şekil 6. 2100 yılında hava sıcaklıklarında beklenen değişimlerin yersel ve mevsimsel dağılımı 2071-2100 yılları ortalamasının 1961-2000 yılları ortalamasından olabilecek farklar şeklinde gösterilmektedir (Önol, 2007).

Türkiye yarı kurak bir ülkedir. Ayrıca kuraklık sosyo-ekonomik etkileri, kalıcılığı ve çözüm bulmadaki zorluk nedeniyle dünyadaki en tehlikeli doğal afet olarak kabul edilmektedir. Kuraklık şehirlerde kullanma suyu kıtlığının yanı sıra, tarımsal ürün ve hidro elektrik üretiminde de büyük düşüşlere yol açabilir. Bu nedenle, su havzalarının ve tarım alanlarının korunması büyük önem arz etmektedir. Ayrıca kuraklık, ülke içinde şehir sınırlarını aşan sular ile beraber ülke sınırlarını aşan sularda da büyük sıkıntılara yol açabilecektir.

Ülkemizde kuraklığın şiddetini yakın bir gelecekte bugünkünden çok daha fazla hissedebileceği açıktır. Bu nedenle, suyun artan önemi göz önünde bulundurularak, ilerideki yıllarda, suyun yönetimine, kuraklık planlarına, suyun yeniden kullanımıyla ilgili sistemlerin geliştirilmesi ve sulama tekniklerinin iyileştirilmesi çabaları yoğunluk kazanmalıdır. Akdeniz havzası genelindeki su kaynaklarıyla ilgili bölgesel değişiklikleri belirlemek üzere, bölgesel çalışmalara gereksinim vardır. Bu nedenle, su kaynakları yatırımlarının ve tesislerin planlanması ve işletilmesinde iklim değişiminin söz konusu etkilerinin de göz önünde bulundurulması zorunludur.



Şekil 7. 2100 yılında yağışlarda beklenen değişimlerin yersel ve mevsimsel dağılımı 2071-2100 yılları ortalamasının 1961-2000 yılları ortalamasından olabilecek farklar şeklinde gösterilmektedir (Önol, 2007).

Ülkemiz için su, enerji ve tarım açısından da son derece önemlidir. Sulama ve enerji amaçlı ülkemizde çok sayıda su yapısı inşa edilmiş ve edilmektedir. Bu su yapılarının amaçlarına uygun faaliyet gösterebilmesi, ancak yeterli miktarda yağışın düşmesi ile mümkündür. Buharlaşma, küresel ısınma ile artacak ve ülkemizde daha şiddetli ve uzun süreli kuraklıklar görülecektir. Bu nedenle hem su kaynakları, hem de genelde yağışa bağlı olan kuru tarım ve hidro-elektrik enerji üretimini ciddi bir şekilde etkilenebilecektir. Ayrıca hidrolojik döngüdeki değişimler, sulama ve su sağlama problemlerinin yanı sıra ani sel olaylarında da artışı beraberinde getirebilecektir.

Özetle, küresel iklim değişiminin ülkemizdeki su kaynaklarına olası kötü etkileri başlıklar halinde şu şekilde özetlenebilir:

- Yağışta yazın büyük azalma olacak fakat buharlaşma artabilecek.
- Yağışların mevsimsel dağılımı ve şiddeti değişecek. Ani sellerde artışlar beklenmekte.
- 1987'den beri zaten ortalamanın altında gerçekleşen kar örtüsü daha da azalabilecek.
- Akımları sadece miktarı azalmayacak aynı zamanda pik zamanları da değişecektir.

- Kuraklığın sıklığı ve şiddeti artabilecek.
- “Su stresi” artacak. Şehir ve ülke sınırlarını aşan nehirlerin kullanımı dâhil birçok uluslararası, ulusal ve yerel su kaynağının paylaşımında problemler çıkabilecek.
- Yüksek basınç kuşağının kuzeye kayması ile ülkemizde hâkim olabilecek tropikal iklime benzer bir kuru hava, daha sık, uzun süreli kuraklıklara, orman yangınlarına ve tropikal hastalıklarda artışlara neden olabilecek.
- Kuş cenneti ve benzeri milli parklar tahrip olup, kuşların göç yolları ve konaklama yerleri değişecek.

Sonuç olarak suyun kısıtlı, yağışların bazı bölgeler dışında miktar ve dağılımının düzensiz olduğu, büyük şehirlerde ve tarımsal üretimde suyun kısıtlı bulunduğu, içme, kullanma ve sulama suyu kalitesinin gün geçtikçe artan sanayi ve diğer çevre kirlilikleri neticesinde düştüğü ve küresel ısınma düşünülürse, ülkemizin kuraklığın şiddetini çok yakın bir zamanda bugünkünden çok daha fazla hissedeceği açıkça görülmektedir.

Diğer bir deyişle, küresel iklim değişimi sonucunda Çevre, Tarım, Orman ve Su Kaynakları gibi pek çok alanın kötü bir şekilde etkilenmesi beklenmekte. Şu an ülkemizde yapılan planlar, kuru tarım yani yağışın doğal miktar ve dağılımına bağlı olarak yapılan tarım yerine, sulu tarım yapılabilecek arazilerin artırılmasına yönelik. İklimin değişiminden bu projelerin nasıl etkileneceğinin şimdiden belirlenmesi gerekir. Bu nedenle meteorolojik afetlerle gelişmiş ülkelerde olduğu gibi erken uyarı ile mücadele edebilecek şekilde DMI, DSİ, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Türkiye Acil Yardım Genel Müdürlüğü, vb.nin mevzuatlarında değişikliklere ve bu kurumlarda köklü reformlara gidilmesi gerekmektedir.

5. Sonuç ve Öneriler

Küresel iklim değişimi probleminin çözümüne katkıda bulunmak için onu sadece ekstrem hava olaylarında veya bir korkutucu rapor yayınlanınca hatırlayarak spekülasyonlarda bulunmak yeterli değildir.

Çünkü örneğin, enerji tüketimini etkileyen en önemli faktörlerin başında hava şartları ve iklim geldiği gibi, iklimi etkileyen önemli faktörlerden biri de enerjidir. İklim değişiminin enerji talepleri üzerindeki potansiyel etkisi, özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ve petrol üreticisi olmayan ülkeler için çok önemlidir. Sürdürülebilir enerji politikası temel ilkeleri çerçevesinde, yerli ve yenilenebilir kaynaklarımızın kullanımına öncelik vermeli ve enerjiyi verimli/tasarruflu kullanmalıyız. Örneğin, ülkemizde yılda 3 milyar dolar değerinde enerji tasarruf potansiyeli mevcuttur ve bunun iki Keban Hidroelektrik Santralini üretimine eşit olduğu hesaplanmaktadır.

Bu nedenle, ülkemizde kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlarının kullanımını minimumda tutmak için enerji tasarrufu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi, su havzalarının, tarım alanlarının ve ormanların sürdürülebilir kalkınma ilke yöntemlerine göre işletilmesi ile birlikte tüm kıyılarımızdaki arazi kullanımının küresel iklim değişiminin etkileri göz önünde bulundurularak planlanması gerekir.

Böylece, “Küresel düşün yerel hareket et” prensibine uygun olarak, küresel iklim değişiminin önlenmesinde enerji tasarrufu yaparak bireysel olarak da katkıda bulunulması gerekiyor. Ülkemizde etkin enerji tasarrufu, vb. politikalar uygulanmazsa gelecekte büyük enerji ve çevre sorunları ile karşı karşıya kalacağımız kesindir. Tüm bu nedenlerden dolayı, ısı yalıtımı da zorunluluktan da öte ülkemizde de büyük bir ihtiyaçtır... Sonuç olarak, “Küresel Düşün, Yerel Hareket Et” felsefesi, ister küçük ister büyük olsun, Türkiye’de de yerel yönetim, belde, belediye ve birey tarafından bir an önce hayata geçirilmelidir...

Kaynakça

- Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi <http://unfccc.int/2860.php>
- **Durmaz, A. and Kadioğlu, M., 2001:** Assessment of the impact of global warming on the residential cooling energy requirement in Adana. *ITEC2001 4th International Thermal Energy Congress, İzmir-Turkey, July 8-12, 2001, pp. 51-56.*
- **Gültekin, M.L., ve M. Kadioğlu, 2002:** İklim değişiminin yapıların Isıtma İhtiyacı ve Yakıt Tüketimine Etkisi, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 16-18 Ekim 2002, İstanbul, s. 309-318.
- **IPCC, 2001:** "Climate change 2001: the scientific basis", Intergovernmental Panel on Climate Change, http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm
- **IPCC, 2001:** The Global Climate of the 21st Century WG I (Science) Summary for Policy-Makers, Third Assessment Report.
- **Kadioğlu, M. (Editör), 2001:** *Kuraklık Krizi*. Güncel Yayıncılık, İstanbul, 128.s.
- **Kadioğlu, M. and L. Şaylan, 2001:** Trend of Growing Degree-Days in Turkey. *Water, Air and Soil Pollution*. 126, 83-96.
- **Kadioğlu, M. and Z. Aslan, 2000:** Recent Trends of Growing Season Length in Turkey, 2nd International Symposium on New Technologies for Environmental Monitoring and Agro-Applications Proceedings, 18-20 October 2000, Tekirdağ/Turkey, pp. 295-303.
- **Kadioğlu, M., 1993:** Türkiye'de İklim Değişikliği ve Olası Etkileri. *Çevre Koruma*, 47, 34-37.
- **Kadioğlu, M., 1995:** Şehirleşmenin İstanbul'da Yağışa Etkisi, II. Hava Kirliliği, Kontrol ve Modelleme Sempozyumu, 22-24 Mart, 1995, İTÜ, İstanbul, s. 72-84. **2 PUAN**
- **Kadioğlu, M., 1997:** Trends in Surface Air Temperature Data Over Turkey. *International Journal of Climatology*, 17, 511-520.
- **Kadioğlu, M., 1997:** Trends in Turkish Precipitation Data. The International Conference on Water Problems in the Mediterranean Countries, 17-21 November 1997, Nicosia-North Cyprus, Vol. I, pp. 79-86.
- **Kadioğlu, M., 1998:** Beykoz-Riva Deresi Örneğiyle İklim Değişikliğinin Kıyılarımız Üzerindeki Olası Etkisi, TÜDAV Beykoz İlçesi Çevre Sorunları Sempozyumu, İstanbul 6-7 Haziran 1998, s. 96-105.
- **Kadioğlu, M., 1998:** Possible climate changes over Greater Anatolian Project (GAP), *Int. Symposium on Water Supply and Treatment 25-26 May, 1998, İstanbul*, pp. 65-144.
- **Kadioğlu, M., 2000:** **Regional Variability of Seasonal Precipitation in Turkey.** *Int. Journal of Climatology*, 20, 1743-1760.
- **Kadioğlu, M., 2001:** Küresel İklim Değişimi ve Türkiye:Bildiğiniz Havaaların Sonu, Güncel Yayıncılık, 3.ü Baskı, İstanbul.
- **Kadioğlu, M., 2007:** 99 Sayfada Küresel İklim Değişimi Söyleşi Serhan Yedig, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- **Kadioğlu, M., H. Toros ve B. Kurtuluş, 1993:** Küresel Isınma ve Türkiye'de İklim Değişimi. Türkiye Ulusal Jeodezi-Jeofizik Birliği Genel Kurulu, 8-11 Haziran 1993, Ankara, s. 209-223.
- **Kadioğlu, M., Şen, Z. and Gültekin, L., 2001:** Variations and Trends in Turkish Seasonal Heating and Cooling Degree-days, *Climatic Change*. 49, 209-223.
- **Kadioğlu, M., ve H. Toros, 1993:** Şehirleşmenin Türkiye'de İklim Etkisi. *ÇEVRE'93, Türk Devletleri Arasında 2. İlimi İşbirliği Konferansı, 26-29 Haziran 1993, Almatı, Kazakistan*, pp. 241-246.
- **Önol, B., 2007:** Downscaling climate change scenarios using regional climate model over Eastern Mediterranean. İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran 2007, p: 87.

BİNALARIN ENERJİ PERFORMANSINA YAKLAŞIM, AB VE TÜRKİYE'DEKİ ÇALIŞMALAR

Prof.Dr. Ahmet ARISOY,
İTÜ Makine Fakültesi, arisoyah@itu.edu.tr

1. GİRİŞ

Yapılarda enerji ekonomisi çalışmaları 1970'li yılların ortasından itibaren bütün dünyada önem kazanmıştır. İlk standart ve yönetmeliklerde ısı tasarrufu birinci planda ele alınmıştır ve **binalardaki ısı kaybı minimize edilmeye çalışılmıştır**. Bu çerçevede Türkiye'de bir dizi yönetmelik yayımlanmıştır. Halen geçerli olan ve esas olarak konuya bu bakış açısıyla yaklaşan standart TS825 numaralı standarttır.

Enerji-yakıt tasarrufu konusundaki optimizasyonda sadece ısı yalıtımı değil, aynı zamanda HVAC sisteminin verimliliği de ele alınmalıdır. Daha sonraki dünyadaki standart ve yönetmeliklerde HVAC ekipmanları ve tesisatının verimi tanımlanmaya ve sınırlar getirilmeye çalışılmıştır(**approach: basic requirements**).

Örneğin Amerika'da binalarda enerji tüketiminin sınırlandırılması için ASHRAE/IESNA 90.1-2001 standardı hazırlanmıştır. Burada bir yandan yapı dış kabuğundan olan ısı kazanç ve kayıpları üzerinde durulurken, Standardın önemli bir bölümü HVAC cihaz ve sistemlerinin verimliliğine ve bu sistemlerde enerji geri kazanma konularına ayrılmıştır.

Ancak bu da yeterli olmamış ve 2000'li yıllarda sürdürülebilirlik kavramı ön plana çıkmıştır. İnsanlar yenilenemeyen fosil yakıtların kullanımını en aza indirmelidir. Aksi takdirde, bu hızla tüketime devam edilirse gelecek kuşaklara kullanabilecekleri enerji kaynağı kalmayacaktır. Fosil yakıt kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı 'Energy Efficient Building' kavramını getirmiştir. Bunun uç noktasında 'Net Zero Energy Building' kavramı ortaya çıkmıştır.

Sustainable Building konusunda **ASHRAE standart-189.1P** çalışmaları son aşamasına ulaşmış ve bu yıl içinde yayımlanması planlanmaktadır. Avrupa Birliğinde üzerinde yoğun olarak çalışılan '**Energy Performance of Buildings Directive**' isimli direktif aslında yine sürdürülebilir binalara yöneliktir.

Enerji kriziyle başlayan dönemde yakıt dönüşümlerinin de etkisiyle çevre faktörü gündeme gelmiştir. Hava kirliliği büyük ölçüde binalarda kullanılan ısıtma sistemleri kaynaklıdır. Çevre kirliliğinin ısıtma sistemlerinden ve enerji ekonomisinden bağımsız çözülmesi mümkün değildir. Bu nedenle paralel çevre yönetmelikleri çıkartılmıştır. İleriki yıllarda sadece zehirli ve zararlı madde emisyonlarıyla solunan havanın kirlenmesi değil, ozon tabakasının tüketilmesi ve sera etkisi yaratan (Global Warming) gazların yoğunluğunun atmosferde artması gündeme gelmiştir. Özellikle CO₂ insan eliyle öylesine yoğun olarak üretilip, atmosfere salınmaktadır ki bu dünyanın iklimini değiştirecek bir düzeye ulaşmıştır. Dolayısıyla sürdürülebilir bir çevre için diğer emisyonlar yanında, en önemlisi atmosfere salınan CO₂ miktarı azaltılmalıdır.

Çevreye saygılı bina yöndeki çalışmaların sonucunda 'Green Building' kavramı ortaya çıkmıştır. Leeds Standartları 'Green Building' kavramı ile ilgilidir ve bu sertifikasyonun esaslarını belirlemektedir.

‘Energy Efficient Building’ kavramıyla ‘Green Building’ kavramını birleştiren ‘Sustainable Building’ kavramında; artık yeni yönetmelik ve düzenlemelerde her iki sürdürülebilirlik amacı doğrultusunda da hedef; binalarda kullanılan enerji nedeniyle fosil yakıt kullanımını sınırlamak ve **son noktada sıfırlamaktır**. Burada da binaların enerji etkinliği açısından değerlendirilmesinde;

- a) Isıl yalıtımı
- b) Isıtma ve klima sistemleri ve bunların verimliliği
- c) Binanın dizaynı, doğal enerji uygulaması (pasif sistemler, doğal güçlerden yararlanma)
- d) Yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanması birlikte ele alınmaktadır

Bu yöndeki çalışmaların sonucunda çıkan hedef kavram ‘Net Zero Energy Building’ kavramıdır. Bu binalarda dışarıdan hiçbir fosil yakıt ve fosil yakıtı dayalı enerji girişi olmamalıdır. Bina kendi enerji ihtiyacını yenilenebilir kaynaklardan kendi karşılamalıdır. Bu yönetmeliklerde binada kullanılan her türlü enerji dikkate alınmalıdır (ısıtma, soğutma, havalandırma, sıcak su üretimi, pompa ve fanlar gibi yardımcı cihazlarda kullanma, aydınlatma, pişirme, diğer elektrikli ofis ve ev cihazlarında kullanma)

Sonuç olarak bu tip bir yönetmelikte tek parametreye bakılmalıdır (**approach: performans evaluation**). En iyisi bina tarafından salınmasına neden olunan yıllık CO2 miktarı veya tüketimine neden olunan yıllık fosil yakıt miktarı performans kriteri olarak alınabilir. Mimar ve mühendis binanın ve HVAC tesisatının tasarımını yaparken farklı elemanları kullanarak ve değişik yollarla belirlenen sınır değer altına inebilir. Bu optimizasyon ve esneklik tamamen mühendislik becerisiyle gerçekleştirilecektir. Birbirinden çok farklı çözümlerle aynı hedefe ulaşılabilir. **Böylece teknolojik gelişmelere tamamen açık, gelişmeyi teşvik edici, binadaki bütün sistemleri kapsayan ve uzun soluklu yönetmelikler oluşturulabilir.**

Artık tek tek verimleri, kullanılacak cihazları veya elemanları veya sistemleri tanımlamaya gerek yoktur. İstenilen sonuca ulaşmak tasarımcının seçimine, yatırımcının tercihi bırakılmıştır. **Yönetmelik uygulaması açısından gerekli olan en önemli eleman; ele alınan binanın performansı hesaplayacak standart ve gelişmiş bir hesap yöntemi veya hesap programıdır.**

Bu anlayışa yaklaşmak iddiasıyla Türkiye’de “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” çıkartılmıştır. Bu yönetmelik esas olarak AB yaklaşımını getirmeye çalışsa da bir bütün olarak sistemi özümsemeyen çıkarılmış bir yönetmeliktir. Bu nedenle de eksiktir ve eleştirilmektedir. AB yaklaşımındaki elemanlar ve en başta da bina performansını hesaplayacak standart ve gelişmiş bir hesap yöntemi veya programı bulunmamaktadır. Burada Türkiye’de çıkarılan Yönetmelik üzerinde durulmayacaktır. Esas olarak Avrupa Birliği Direktifi ve onun beraberindeki Standartlar anlatılacaktır.

2. EPBD (ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS, DIRECTIVE 2002/91/EC 16)

Yukarıda tanımlanan yaklaşıma uygun olarak Avrupa Birliğinde (**Energy performance of Buildings, Directive 2002/91/EC 16**) isimli bir direktif geliştirilmiştir. Ayrıca bu direktifi destekleyecek standartlar ve metotlar geliştirilmiştir. Üye ülkeler bu çerçeve içinde kendi alanlarını düzenlemektedir. Mantığı çok düzgün olan bu sistem diğer Avrupa ülkeleri tarafından olduğu gibi Türkiye tarafından da kabul edilerek uygulanabilir.

Bu doküman EN standartlarıyla destekleniyor. Burada amaç hem yeni yapılacak ve hem de mevcut binalarda enerji verimliliğini artırmaktır. Bunun için getirilen zorunluluklar,

- 1) yeni yapılan binalarda ve bir kısım mevcut binalarda **minimum enerji performansı değerlerinin belirlenmesidir**.
- 2) binaların enerji sertifikasyonudur.

3) kazanların ve klima sistemlerinin inspeksiyonudur.

Getirilen zorunluluklar için temel gereksinim bir hesap metodolojisi sistematığının oluşturulmasıdır.

Bu direktif ana konuları tanımlamaktadır. Detay çözümler destekleyen standartlarla oluşturulmaktadır. Direktifte 9 ana madde bulunmaktadır. Bunlardan önemli olanları aşağıda verilmiştir:

Article 1: Amaç

- Binanın bütünleştirilmiş enerji performansını hesaplayacak bir metodoloji
- Yeni binalar için minimum enerji ihtiyacı
- Yenilenmiş büyük mevcut binalar için minimum enerji gereksinimleri
- Binaların enerji sertifikasyonu
- Kazanların ve klima sistemlerinin düzenli denetimleri

Article 3: Metodolojinin uyarlaması

Binalarda enerji performansı hesap yöntemi en az aşağıdaki hususları içermelidir:

- (a) bina termal özellikleri
- (b) ısıtma tesisatı ve sıcak su temini
- (c) klima tesisatı
- (d) havalandırma
- (e) aydınlatma tesisatı
- (f) binaların konumu ve yönü
- (g) pasif güneş sistemleri ve güneş koruması
- (h) doğal havalandırma
- (i) iç iklim koşulları

Article 4: Enerji performansı gereksinimlerinin ayarlanması

- Bu şartlar, genel iç iklim şartları hesaba alınmalıdır
- Aynı zamanda yerel koşulları ve belirlenen fonksiyonu ve binanın yaşını göz önüne alınmalıdır.
- Şartlar konulduğu zaman, hükümetler yeni ve mevcut binalar arasında ve farklı kategorilerdeki binalar arasında fark oluşturabilir
- Bu şartlar en azından her beş yılda bir, gözden geçirilir ve teknik ilerlemeyi yansıtacak şekilde güncellenir.

Article 5: Yeni binalar

Tüm yeni binalar minimum enerji performans ihtiyacını karşılamak zorundadır.

Kullanılabilir döşeme alanı 1000 m² üzerinde olanlarda, inşaat başlamadan önce, resmi olarak aşağıdaki alternatif sistemlerin ısıtmada dikkate alındığından yönetimler emin olmalıdır:

- CHP
- Bölgesel veya blok bazında ısıtma veya soğutma
- Isı pompaları
- Yenilenebilir enerji dayalı yerel enerji sistemleri,

Bu tür değerlendirmeler, çevresel, teknik ve ekonomik fizibiliteyi göz önüne almalıdır.

Article 6: Mevcut binalar

Yararlı kullanım alanı 1000 m² üzerinde olan bir bina ne vakit büyük bir tadilata/tamirata girerse, kamu yönetimleri Artikel 4’de verilen minimum şartların sağlanacağı şekilde enerji performansının artırılmasını garanti etmelidir.

Article 7: Enerji performans sertifikası

Bir bina ne zaman inşa edilse, satılsa veya kiraya verilse, binanın enerji performansını detaylandıran bir sertifikası olmalıdır.

Article 8: Kazanların denetimi

Etkin kapasitesi 20-100 kW olan katı yakıtlı veya yenilenebilir olmayan sıvı yakıtlı kazanlar düzenli denetlenecek şekilde düzen kurulmalıdır.

Article 9: Klima sistemlerinin denetimi

Enerji tüketimini azaltmak için, hükümetler tarafından etkin çıkışı 12 kW’dan büyük olan bütün klima sistemlerinin muntazam denetim düzeni kurulmalıdır.

3. EN 15316 BİNALARDAKİ ISITMA SİSTEMLERİNİN “SİSTEM ENERJİ İHTİYAÇLARININ” VE “SİSTEM VERİMLERİNİN” HESAPLANMASI METODU

Bu Avrupa Normu binalardaki enerji ihtiyacının nasıl hesaplanacağını esaslarını veren ana dokümandır. Bütün geliştirilen hesap yöntemleri bu standarda uymak durumundadır. Bu hesap yönteminde sistemin performansı belirlenirken hesap, bina ihtiyacından kaynağa doğru götürülür. Buna göre adımlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Binaların yıllık enerji ihtiyacı hesabı (EN13790)
2. HVAC sistemlerindeki kayıplar/verim
 - 2a. Terminal Cihazların verimi (Fan-coil, radyatör vs)
 - 2b. Dağıtma verimi (kanallar, borular vs.)
 - 2c. Depolama verimi (Boiler deposu vs.)
 - 2d. Üretim verimi (kazan, çiller vs.)
3. ISI GERİ KAZANIMLARI belirlenip kayıplardan çıkacak
4. Yenilenebilir kaynaklardan temin edilen enerjiler bulunacak
5. Buradan binaya gereken yakıt/elektrik miktarı bulunacak

Buna göre, Her alt sistemde

- çıktı (ihtiyaç) biliniyor
- kayıplar hesaplanıp ilave edilecek
- yardımcı enerji ilave edilecek

- geri kazanılan kayıplar çıkarılacak
- böylece girdi (sistemde kullanılan enerji) bulunacak

3.1. HVAC Sistem Enerji Kayıplarının Hesabı İçin Metotlar

HVAC Sistemlerindeki enerji kayıplarının veya cihaz/sistem verimlerinin belirlenmesi en zor konulardan biridir. Bunun için standart olarak farklı düzeyde yöntemler verilmiştir:

Seviye A: Bütün hacim ısıtma ve/veya kullanma sıcak suyu sistemi tamamı için kayıplar veya verimler bir tablo halinde verilir.

Seviye B: Sistemi oluşturan her alt sistem için kayıplar, yardımcı enerji veya verimler tablolashmış değerler olarak verilir.

Seviye C: Her alt sistem için kayıplar, yardımcı enerji veya verimler hesapla bulunur.

Seviye D: Kayıplar veya verimler, değişken değerlerin (örneğin dış sıcaklık, su sıcaklığı dağılımı, jeneratör yükü gibi) zamana bağlı dinamik simülasyonları yardımıyla hesaplanır.

3.2. Hesap Metodolojisi

WI 14 (EN 13790) farklı karmaşıklık düzeyinde yöntemleri tanımlamakta ve bunları kabul etmektedir. Bu yöntemler elle hesap imkanı veren basit statik hesap yöntemlerinden dinamik bilgisayar programlarına kadar değişmektedir. Bu düzeyler üç basamakta tanımlanmıştır:

- Basitleştirilmiş saatlik hesap;
- Basitleştirilmiş aylık hesap;
- Detaylı hesaplar;

4. STANDARTLARLA EPBD ARASINDAKİ İLİŞKİ

Yukarıda ifade edildiği gibi EPBD ancak kendisini destekleyen standartlarla uygulama imkânı bulabilmektedir veya bütünlük arz etmektedir. Şemsiye dokümanın oluşturulmasından sonra geçen sürede tanımlanan yaklaşık 52 mertebesindeki standart üzerinde çalışılmış ve bunlar sırayla çıkartılmıştır. Bu standartlar taslak veya yürürlükte olmak üzere tamamlanma aşamasındadır.

Aşağıdaki tablolarda bu standartlar tek tek verilmiştir. Bunların düzenlenmesinde yukarıda verilen hesaplama metoduna uygun bir kademelendirme yapılmıştır:

Kademe 1: Binanın “Net Enerji İhtiyacı” hesabı. Isıtma ve soğutma için (Isı kayıpları ve kazançları hesabı) EN ISO 13790

Kademe 2: Binaya “Beslenen Enerji İhtiyacı” hesabı. Isıtma, soğutma, havalandırma sistemleri, kullanma sıcak suyu ve aydınlatma için, sistem kayıpları ve yardımcı enerji dâhil binaya beslenmesi gerekli enerji miktarının belirlenmesi. Aynı zamanda enerji tarifeleri belirlenmesi yapılır.

Kademe 3: Primer enerji tüketimi ve CO2 yayımı.

Kademe 4: Enerji performansının ifade yolları (Enerji sertifikası için) ve enerji gereksinimlerinin ifade yolları (yönetmelikler için)

Kademe 5: Enerji performansı sertifikasının formatı ve içeriği.

Kademe 6: Kazan denetimleri

Kademe 7: Klima denetimleri

Tablo 1. Şemsiye doküman altındaki EN (Avrupa Standartları)

No: WI EPBD	Ana başlık	İsim	prEN nr
32		Şemsiye Döküman	TR 15615
		EPBD standartları arasındaki ilişkinin gözden geçirilmesi	

Bölüm 1: Binaların overall enerji kullanımını hesaplamakla ilgili Standartlar (Bölüm 2'deki standartlardan elde edilen sonuçlara dayalı)

1	Binaların Enerji Performansı	Sertifikasyon şemalarının gelişimi için kılavuzu da içeren, Binaların enerji sertifikasyonu için kullanılacak değerlendirme metotları (3'le birleştirildi)	15217
3	Binaların Enerji Performansı	Binaların enerji performansını ifade etmenin yolları (1'le birleştirildi)	-15217
2	Binaların Enerji Performansı	Overall enerji kullanımı, primer enerji ve CO ₂ emisyonları (4'le birleştirildi)	15603 15315
31		Yenilenebilir enerji kaynaklarını da içeren, standart ekonomik değerlendirme prosedürleri için veri gereksinimleri.	

Bölüm 2: Dağıtılan enerjiyi hesaplamakla ilgili Standartlar (Bölüm 3'deki standartlardan elde edilen sonuçlara dayalı)

4	Binaların Enerji Performansı	Enerji kullanımı hesaplarının mevcut binalara uygulanması/veya binalarda dağıtılan enerji kullanımının değerlendirmesi	Bak 15603 15203
7	Binalardaki ısıtma sistemleri	Sistem enerji ihtiyaçlarının ve sistem verimlerinin hesaplanması metodu – Kısım 1: Genel	15316-1
8	Binalardaki ısıtma sistemleri	Sistem enerji ihtiyaçlarının ve sistem verimlerinin hesaplanması metodu – Kısım 2.1: Hacim ısıtması yayım sistemleri	15316-2-1
9	Binalardaki ısıtma sistemleri	Sistem enerji ihtiyaçlarının ve sistem verimlerinin hesaplanması metodu – Kısım 2.2: Hacim ısıtması üretim sistemleri: Kısım 2.2.1. Yanma sistemleri Kısım 2.2.2. Isı pompası sistemleri Kısım 2.2.3. Isıl Güneş enerjisi sistemleri Kısım 2.2.4 Kojenerasyon (CHP) performans ve kalitesi (büyük ve mikro-CHP dahil). Kısım 2.2.5. Bölgesel ısıtma ve büyük hacimli ısıtma sistemleri performans ve kalitesi. Kısım 2.2.6. Diğer yenilenebilir ısı ve elektrik performansı.	15316-2-2 - Kısım 1-7

		Kısım 2.2.7 Biomas yakma sistemleri.	
5	Binaların Enerji Performansı	Isıtma sistemleri ve kazanların denetimi için metotlar ve sistemler.	15378
6	Binaların Enerji Performansı	Klima sistemlerinin denetimi için kılavuzlar.	15240
10	Binalardaki ısıtma sistemleri	Sistem enerji ihtiyaçlarının ve sistem verimlerinin hesaplanması metodu – Kısım 2.3: Hacim ısıtması dağıtım sistemleri	15316-2-3
11	Binalardaki ısıtma sistemleri	Sistem enerji ihtiyaçlarının ve sistem verimlerinin hesaplanması metodu – Kısım 3. Kullanım sıcak suyu sistemleri 3.1 İhtiyaçların karakterizasyonu 3.2 Dağıtım 3.3 Üretim 3.4 Güneş ısı üretimi	15316-3-part1-3
12		Oda soğutma sistemli binalar için oda sıcaklık ve yüklerinin ve enerjinin dinamik hesabı (gölgeleme, pasif soğutma, pozisyon ve oryantasyon dahil)	15243
26		Gömülü sulu panel/yüzey ısıtma ve soğutma sistemlerinin tasarımı	
20	Binaların havalandırması	Binalardaki havalandırma sistemlerine bağlı enerji ihtiyacının hesaplanması metotları (21’le birleştirildi)	15241
21	Binaların havalandırması	Konutlardaki havalandırma sistemlerine bağlı enerji ihtiyacının hesaplanması metotları (20’le birleştirildi)	-
22		İntegre edilmiş bina otomasyonu ürünleri ve sistemlerinin uygulamasıyla enerji verimliliğindeki iyileşmelerin hesabı	15232
13	Binaların Enerji Performansı	Aydınlatma için enerji gereksinimleri (gün ışığından yararlanma dahil)	15193-1

Bölüm 3: Isıtma ve soğutma için net enerjiyi hesaplamakla ilgili Standartlar

14	Binaların ısı performans	Hacim ısıtma ve soğutma için enerji kullanımının hesabı – Basitleştirilmiş metot (EN ISO 13790’un içeriğinin genişletilmesiyle)	13790
15	Binaların ısı performans	Hacim ısıtma için enerji kullanımının hesabı – Basitleştirilmiş metot	
16	Binaların ısı performans	Duyulur oda soğutma yükü hesabı – Genel kriter ve validasyon prosedürleri	15255

Bölüm 4: Yukarıdakileri destekleyen Standartlar

17	Binaların Enerji Performansı	Hacim ısıtma ve soğutma için enerji kullanımının hesabı – Genel kriter ve validasyon prosedürleri	15265
18	Binaların havalandırması	Enfiltrasyon dâhil konutlarda hava akış hızlarının	

		belirlenmesi için hesap yöntemleri	
19	Binaların havalandırması	Enfiltrasyon dâhil binalarda hava akış hızlarının belirlenmesi için hesap yöntemleri. (18 and 19 muhtemelen birleşecek)	15242
23	Binalarda ısı transmisyonu– 1.set	- Dinamik ısı karakteristikler - Transmisyon ve havalandırma ısı transfer katsayıları - Pencerelerin ısı geçirgenliği-Genel	13786 13789 10077-1
24	Binalarda ısı transmisyonu– 2.set	- Isıl tasarım değerleri - Toprağa olan ısı transferi - Isıl köprüler – Isı akışı ve yüzey sıcaklıkları - Isıl köprüler – Doğrusal geçirgenlik - Isıl direnç ve ısı geçirgenlik	10456 13370 10211 14683 6946
25	Konut dışı binaların havalandırması –	Havalandırma ve oda şartlandırma sistemlerinin performans gereksinimleri (EN 13779 revizyonu)	13779
26	Yapının bir parçası olarak hidrolik yüzey ısıtma ve soğutma sistemlerinin tasarımı ve hesabı –	Kısım 1: Isıtma ve soğutma kapasitesinin belirlenmesi Kısım 2: Tasarım boyutlandırma ve tesis Kısım 3: Yenilenebilir enerji optimizasyonu	15377
27	Binaların ısı performans -	Mekanik soğutma olmaksızın yazın oda iç sıcaklıklarının hesabı - Genel kriterler Ve validasyon yöntemleri (ISO 13791:2004)	EN ISO 13791
28	Binaların ısı performans -	Mekanik soğutma olmaksızın yazın oda iç sıcaklıklarının hesabı	13792
28	EN ISO 13792 Binaların ısı performans -	Mekanik soğutma olmaksızın yazın oda iç sıcaklıklarının hesabı – Basitleştirilmiş hesap metodu (ISO/FDIS 13792)	
29		Yenilenebilir enerji kaynakları dahil binalardaki enerji sistemleriyle ilgili standart ekonomik değerlendirme yöntemleri için veri gereksinimleri	15459
30		Havalandırma sistemlerinin denetimi	15239
31		İç koşullar için nasıl kriter tanımlanır (ısı, aydınlatma, IAQ). İç oda koşulları giriş parametreleri	15251

KONUTLARDA ENERJİ PERFORMANSI-STANDART DEĞERLENDİRME METODU (KEP-SDM)

MMO Çalışma Grubu

geocen@iyte.edu.tr

ÖZET

2007 yılında çıkarılan 5627 sayılı Enerji Verimliliği Yasası hükümlerince hazırlanan ve Aralık 2008’de yayınlanan “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği”nde öngörülen Binaların Enerji Kimlik Belgesi’ndeki “Bina Enerji Sınıfı” ve “Bina Emisyon Sınıfı”nın belirlenmesine ait hesap yöntemlerinin geliştirilmesi konusunda Bölüm 14, Madde 2’de “*Bu Yönetmelik kapsamında ihtiyaç duyulan enerji performansı hesaplama yöntemleri ile ilgili konulardaki tebliğler, Bakanlık tarafından, Yönetmeliğin yayımlandığı tarihten itibaren bir yıl içinde çıkarılır*” hükmü getirilmiştir. Konutlarda Enerji Performansı Standart Değerlendirme Metodu (KEP-SDM) önerisi, bu hükme uygun olarak Makina Mühendisleri Odası tarafından oluşturulan 6 kişilik bir Çalışma Grubu tarafından Şubat-Haziran 2008 tarihlerini kapsayan 4 aylık yoğun bir süreçte geliştirilmiştir.

Binaların enerji performansını belirleyen göstergeler; konutun birim alanına düşen yıllık enerji tüketimi (kWh/m²yıl) ile yıllık CO₂ emisyon miktarıdır (kgCO₂/m²yıl). Her iki gösterge, yenilenebilir enerji kaynakları ile yeni enerji teknolojileri kullanılarak tasarruf edilen enerji ve emisyonlar da göz önüne alınarak, hacim ısıtma, su ısıtma, havalandırma ve aydınlatmadan kaynaklanan yıllık enerji tüketimleri ile CO₂ emisyonları göz önünde bulundurularak hesaplanır.

1.GİRİŞ

1973 yılındaki petrol krizinden sonra yoğun enerji kullanan ülkelerde (özellikle ABD ve Avrupa Birliği ülkeleri), pek çok alanda enerjinin etkin olarak kullanılması yönünde araştırma ve geliştirme çalışmaları başlatılmış, bu çalışmalara paralel uygulamalar sürdürülmüştür. Petrol krizinden sonra gelişen süreci, “enerji kullanımında ekonomik duyarlılığın gelişmesi süreci” olarak nitelendirmek mümkündür. Ancak petrol krizinden 2000’li yıllara uzanan zaman diliminde, bilim adamlarının ısrarlı söylemleri sonucunda fosil yakıtlarla ilgili, “kaçınılmaz” ve sonuçları itibariyle toplumlar için “ölümcül” iki olgunun farkına, yine ekonomik nedenlerle (petrolün varilinin 100 doların üzerine çıkması), varılmıştır. Bu iki olgu, fosil yakıtların hissedilebilir bir şekilde tükenmesi ve insan eliyle yaratıldığı kesinleşen küresel ısınmadır. Fosil yakıtların kullanım hızının artması, bu kaynakların tükenme hızını da artırmakta ve toplumları neredeyse bir insan ömrü içinde hissedebileceği “kaçınılmaz” bir enerji kaosu içine sürüklemektedir. Bu sürecin yanında getirdiği hediye ise “ölümcül” küresel ısınmadır. 2000’li yıllara gelindiğinde önceki dönemin ekonomik duyarlılığının yerini, “yaşamı sürdürebilme duyarlılığı” almıştır. Bu duyarlılığın sonucu, Kyoto Protokolü ile başlayan uluslararası işbirlikleri gelişmeye başlamış, özellikle Avrupa Birliği otoritesi, enerji kullanımını “yaşamı sürdürebilme duyarlılığıyla” ele alıp, enerji kullanımı alanında yasal bir atmosferi, yaşamın her alanına hakim kılmaya başlamıştır.

Avrupa Birliği’nde konutsal, ticari ve hizmet binalarının toplam enerji tüketimindeki payı %40’dır [1]. AB 1992’den bu yana, bu önemli payın düşürülmesini hedefleyen 14 direktif çıkarmıştır. Bunların sonuncusu, 2006 yılında hedeflerine ulaşılması istenen DIRECTIVE 2002/92/EC [2]’dir. Bu direktifin 3. Maddesi, her üye ülkenin binaların enerji performansının hesaplanması için bir metot geliştirmesini

öngörmektedir [3]. Geliştirilecek metod, direktifin ekinde yer alan aşağıdaki hususları göz önüne alan genel çerçeveye oturtulmalıdır.

1. Binaların enerji performansının hesaplanması metodu en az aşağıdaki hususları içermelidir:
 - a. Binanın (kabuğunun, iç bölmelerinin, vs) ısı ve hava sızdırmazlık özellikleri,
 - b. İzolasyon karakteristikleriyle birlikte ısıtma ve sıcak su donanımı,
 - c. İklimlendirme donanımı,
 - d. Havalandırma donanımı,
 - e. Aydınlatma donanımı (özellikle konut dışı binalarda),
 - f. Binanın bulunduğu yerin dış hava koşulları ile birlikte pozisyonu ve yönü,
 - g. Pasif güneş sistemleri ve güneşten korunma sistemleri,
 - h. Doğal havalandırma,
 - i. İç hava koşulları ve tasarımı.
2. Hesaplamanın uygun adımlarında aşağıdaki pozitif etkiler göz önüne alınmalıdır:
 - a. Aktif güneş enerjisi sistemleri ve yenilebilir enerji kaynaklarını kullanan diğer elektrik ve ısıtma sistemleri,
 - b. Kojenerasyon ile üretilmiş elektrik enerjisi,
 - c. Merkezi veya bölgesel ısıtma sistemleri,
 - d. Doğal aydınlatma.
3. Enerji performans hesaplamaları için binalar aşağıda örneklendiği gibi sınıflandırılmalıdır:
 - a. Bağımsız (tek) konutlar,
 - b. Apartman blokları,
 - c. Ofisler,
 - d. Eğitim binaları,
 - e. Hastahaneler,
 - f. Otel ve restoranlar,
 - g. Kapalı spor tesisleri,
 - h. Toptan satış binaları,
 - i. Enerji tüketen diğer binalar.

KEP-SDM geliştirilirken, 2002/91/EC Direktifinin üçüncü maddesinin çizdiği yeni ve büyük onarımın söz konusu olduğu bina sınıflarından (Directive 2002/91/EC Annex 3), bağımsız ve apartman bloklarındaki konutların enerji performansı, Avrupa Birliği (AB) ülkelerindeki benzeri metodların (SAP [4], DEAP [5], Th-C-Ex [6]) pratiğinden yararlanarak oluşturmaya çalışılmış ve SAP2005 [4] metodu rehber doküman olarak seçilmiştir. Ayrıca, Umbrella Document prCEN/TR 15615 [7]'in öngördüğü EN standartlarındaki yöntemlerin kullanılmasına özen gösterilmiş, bu alanda Avrupa Birliğinde yürütülen harmonizasyon çalışmaları göz önünde tutulmuştur. Umbrella Document prCEN/TR 15615, binaların enerji performansının belirlenmesi, enerji sertifikasyonu ve bina enerji sistemlerinin denetimi için 5 grupta 52 standardı işaret etmekte ve bunlar arasındaki ilişkileri belirtmektedir.

2002/91/EC Direktifi [2], prCEN/TR 15615 [7] "Umbrella Document" standardı ve bu standardın belirttiği standartlar, en başta ISO 13790 [8] olmak üzere, incelendiğinde, binaların enerji performansının belirlenmesinde bazı alanlarda sınırlı sayıda seçeneğe yöntemler, bazı alanlarda zorunlu (normative) ve

bazı alanlarda da bilgilendirici (informative) standardlar önerilmektedir. Ayrıca ülkelerin kendi kodlarını kullanabilecekleri alanlar da işaret edilmektedir. KEP-SDM önerisi geliştirilirken bu hususlar dikkate alınmıştır.

Bu çalışma sürdürülürken, ülkemizde pek çok alanda binaların enerji performansı ile ilgili EN normlarının benzerlerinin geliştirilmesine, tesisat mühendisliği uygulamalarında kullanılan pek çok bileşenin enerji performansının akredite edilmiş laboratuvarlarda belirlenmesine, iklim koşulları ve güneş enerjisi gibi enerji performans hesaplamalarının giriş verilerinin iller hatta ilçeler bazında belirlenmesine gereksinim olduğu gözlenmiştir. Bu alanlardaki ilgili çalışmaların, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'ne [9] paralel olarak bir bütünlük içinde planlı olarak yapılması, enerjinin etkin kullanılması çalışmalarının vazgeçilmez bir parçası olarak görülmektedir.

2. KEP-SDM KAPSAMI

KEP-SDM, inşa edilecek veya büyük onarım görecekt, taban alanı 450 m^2 'nin altında olan konutlara veya taban alanı 450 m^2 'nin altında olan konutları içeren binalara (müstakil konutlar, apartmanlardaki konutlar ve ticari komplekslerdeki konutlar) uygulanır. Bu metot sadece ısıtma, sıcak su ve aydınlatma ile ilgili enerji tüketimini hesaplamaya yöneliktir. Soğutma ihtiyacına yönelik enerji tüketimi hesaplamaları metodun kapsamı dışındadır.

Metot tek tek konutların ve söz konusu ise konutların yer aldığı binanın enerji performansını hesaplamayı öngörür. Ticari komplekslerde yer alan konutların enerji performansı, sadece konutları içeren bloklara ve bu bloklardaki konutlara uygulanır.

Taban alanı 450 m^2 'nin üzerindeki konutlar ve diğer binalar (huzurevleri gibi yaşama amaçlı kullanılanlar da dahil olmak üzere) konut dışı binalar için geliştirilen prosedürler kullanılarak değerlendirilir ve bu metodun kapsamı dışındadır.

Konutun bir bölümünün ticari amaçlarla kullanılması durumunda (ofis, dükkan vb.), eğer bu ticari bölüm kullanıcı değişikliği ile konutun bir parçası oluyor ve aşağıdaki koşulları sağlıyorsa, bu bölüm de konut alanına dahil edilmelidir.

- ticari bölüm ile konut arasında bağlantı var ise,
- tümü aynı bina zarfı içindeyse,
- konut olarak kullanılan bölüm ticari kısma göre daha büyük bir paya sahip ise.

Projesinde bir veya birkaç katı ticari bina olarak inşa edilecek konut binalarında veya büyük onarıma giren binalarda enerji performans değerlendirmesi, ticari kompleks yapılarıdaki konut blokları veya kulelerinde olduğu gibi yapılır.

KEP-SDM'de bağımsız konutlar tek zon olarak kabul edilir.

3. HESAPLAMA YÖNTEMİ

KEP-SDM’de, AB ülkelerinin genel yaklaşımı yönünde, hesaplamaları pratik anlamda yapılabilir kılmak amacıyla derece gün yöntemi kullanılarak daha hassaslaştırılmış “Aylık Metot” kullanılmıştır.

KEP-SDM ile tahmin edilen enerji performansı, enerji verimliliğini etkileyen bir dizi faktörü dikkate alan enerji dengesine dayalıdır. Bu faktörler aşağıda verilmiştir.

- Binanın konumu ve yönü, dış hava koşulları,
- İç hava koşulları,
- Binanın ısı karakteristikleri,
- Binanın sızdırmazlığı,
- Doğal havalandırma,
- Mekanik havalandırma,
- Isıtma ve sıcak su donanımları ve izolasyonları,
- Güneş enerjisi kazançları,
- Aydınlatma sistemi,
- Pasif güneş enerjisi sistemleri ve güneşten korunma,
- Yeni enerji teknolojileri.

KEP-SDM hesaplama metodu; konutun performans değerlendirmesi sırasında konutta bulunan kişi ve eşyaların özellikleri ile ilişkili aşağıda verilen faktörleri ise, göz önüne almamaktadır.

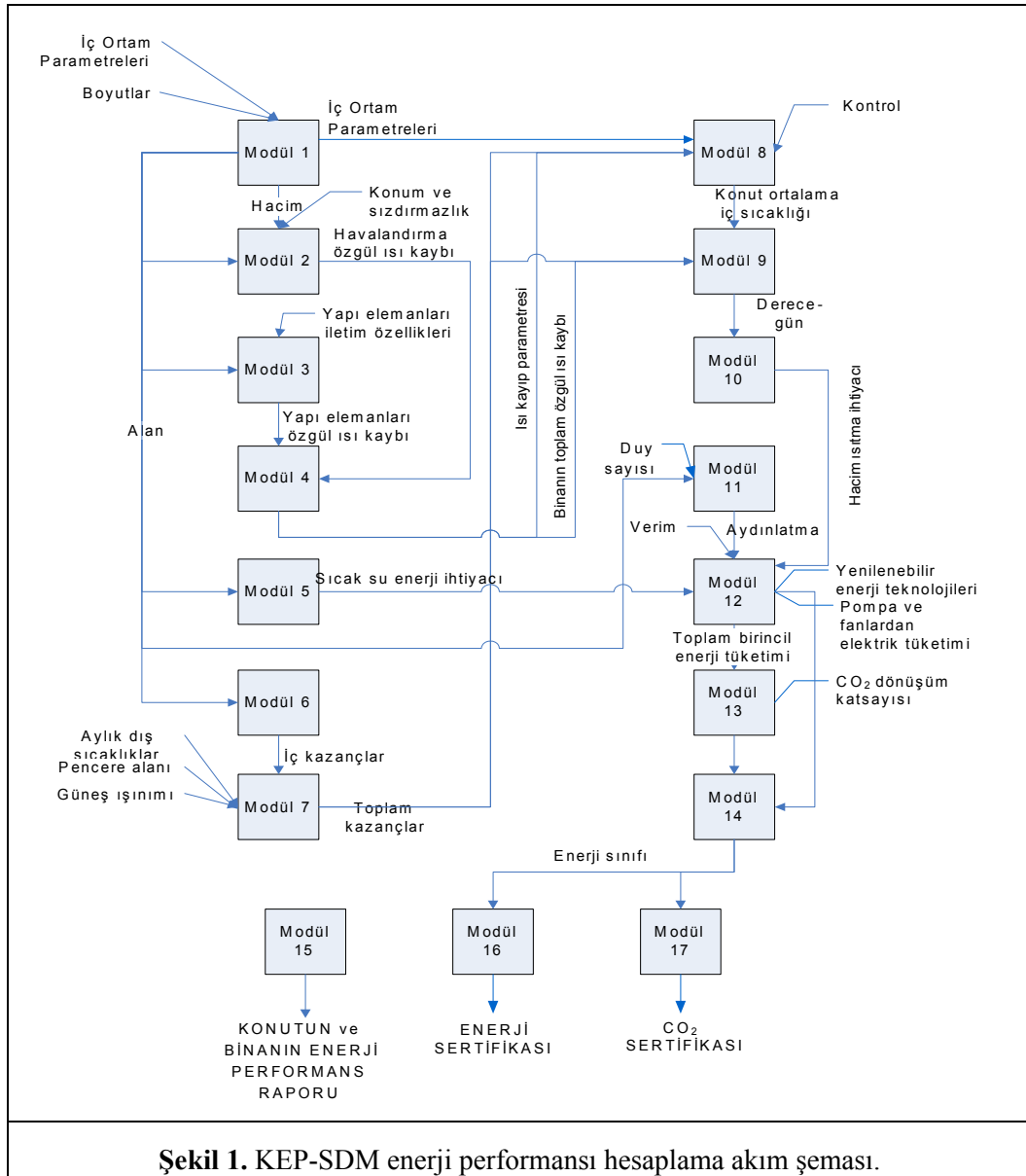
- Hane halkının sayısı ve kültürel yapısı,
- Mülkiyet,
- Elektrikli ev aletlerinin enerji tüketimi,
- Konfor tercihleri ve kullanım farklılıkları.

Enerji performansının hesaplanması için verilen algoritma adımları için, İngiltere’de konutlarda enerji tüketim hesaplamaları için bir çerçeve oluşturan “BRE Domestic Energy Model” kullanılarak geliştirilen SAP2005 [4] örnek alınmıştır. Bu adımlar (modüller) aşağıda verilmiştir.

- MODÜL 1: Konut Boyutları ve İç Ortam Parametreleri
- MODÜL 2: Havalandırma Özgül Isı Kayıpları
- MODÜL 3: İletim Özgül Isı Kayıpları
- MODÜL 4: Özgül Isı Kaybı ve Isı Kayıp Parametresi
- MODÜL 5: Kullanım Sıcak Suyu
- MODÜL 6: İç Isı Kazançları
- MODÜL 7: Güneş Kazançları ve Kazanç Kullanım Faktörü
- MODÜL 8: Ortalama İç Sıcaklık
- MODÜL 9: Derece-Gün
- MODÜL 10: Hacim Isıtma İhtiyacı
- MODÜL 11: Aydınlatma Enerji İhtiyacı
- MODÜL 12: Toplam ve Birincil Enerji Tüketimi
- MODÜL 13: Karbondioksit Emisyonu
- MODÜL 14: Konutların Enerji Performans Sınıfının Belirlenmesi

- MODÜL 15: Konutun ve Binanın Enerji Performans Raporu
- MODÜL 16: Konutlar ve Binalar için Enerji Sertifikası
- MODÜL 17: Konutlar ve Binalar için CO₂ (karbondioksit) Sertifikası

KEP-SDM'ye ait hesap programı, bir seri tablonun eşlik ettiği bir Excel dosyası olarak hazırlanmıştır. Excel dosyası içinde yer alan sayfalar, değerlendirme metodunun ardışık parçaları olan bir veya birden fazla hesaplama modülünü içerir. Hesaplama, dosyada sırasıyla verilerin girilmesini gerektirir. Veriler, bu çalışma içinde verilen tablolardan ya da oluşturulan akredite edilmiş diğer veri tabanlarından alınır. Modüllerin giriş parametreleri ile modüller arası ilişkileri gösteren akım şeması Şekil 1'de verilmiştir.



metotların uygulanmasında bu giriş değerlerinin doğru ve hassas bir şekilde belirlenmesine ihtiyaç vardır. Bu eksiklikler aşağıda sıralanmıştır:

- o Binalarda enerji performans hesabı içinde veri olarak kullanılacak özellikler (malzemelerin ısı iletim katsayıları, cihaz ve sistem verimleri, iklimsel değerler vb.) için, Bayındırlık Bakanlığı'nca bir veri tabanının (Binalarda Enerji Performansı Standard Değerlendirme Metodu Veri Tabanı (BEPVER)) oluşturulması önerilmektedir. Bu veri tabanında yer alacak özellikler TS EN, EN, ISO normlarına uygun olarak, akredite edilmiş laboratuvarlarda ve test merkezlerinde belirlenmelidir.
- o Dış ortam tasarım sıcaklıkları TS 2164 [11]'e göre belirlenmektedir. Ancak bu standarddaki sıcaklıkların iklimsel verilere dayanarak standard yöntemlerle tekrar belirlenmesi, TTMD Türkiye İklim Verileri Proje Raporu [12] incelendiğinde, bir zorunluluk olarak görülmektedir. TTMD Türkiye İklim Verileri Proje Raporu gibi çalışmalar göz önüne alınarak, TS 2164'de var olan tasarım sıcaklıkları yenilenmelidir.
- o EN 15251 [13]'de binalar, ısı konfor PMV indeksine göre sınıflandırılmış ve binalardaki ısı konfor sıcaklıkları TS 2164'den farklı olarak verilmiştir. EN 15251 yaklaşımının, konutlardaki fiziksel durumu daha iyi temsil ettiği görülmektedir. AB uyumu ve enerji tekniklerinin harmonizasyonu açısından yaşam hacimlerindeki ısı konfor sıcaklıklarının EN 15251 göz önüne alınarak yeniden değerlendirilmesinde yarar görülmektedir.
- o KEP-SDM, hazırlanan algoritma önerinin değerlendirilmesi açısından hem kesikli, hem de sürekli ısıtma hali için hazırlanmıştır. Ancak standard metod olarak bu iki programdan birine göre karar verilmelidir. Açık veya gizli işsizliğin çok düşük olduğu ülkelerde kesikli ısıtma programının uygulanması uygun görülmektedir. Ancak Türkiye için, konutların sürekli ısıtıldıkları kabulünün daha gerçekçi bir enerji tüketimi modeli olduğu düşünülmektedir.
- o KEP-SDM'de verilen yaşam alanı SAP [4] ve DEAP [5]'ta yer alan tanımdır. EN 15251 [13]'de yaşam alanı, konuttaki hollerin, kilerlerin ve depoların dışındaki alanların toplamı olarak tanımlanmaktadır. Ulusal normun belirlenmesi açısından yaşam alanı tanımı (SAP'a veya EN 15251'e göre olmak üzere) kesinleştirilmelidir.
- o Her şehrin aylık ortalama şehir şebeke suyu sıcaklıkları belirlenmelidir.
- o TS 825 [14]'de belirlenen iklim bölgeleri içinde yer alan şehirler arasında güneş ışıınımı açısından farklar vardır. Güneş ışıınımı değerleri bölgelere göre değil, şehirlere göre tablolar halinde verilmeli ve bu değerler hesaplamalarda kullanılmalıdır.
- o Gölgeleme düzeltme faktörleri için 45° enleme göre tablolar mevcuttur. Şehirlerimizin 36-42° kuzey enlemlerinde yer aldığı göz önüne alınarak, bu enlem dereceleri için yeni tablolar oluşturulmalıdır.
- o Konutların sıcak su enerji gereksiniminin belirlenmesi konusunda, farklı yaklaşımlar görülmektedir. İrlanda metodunda (DEAP [5]), konutta yaşaması öngörülen kişi sayısı 26 (L/gün.kişi) değeri ile çarpıldıktan sonra bulunan değere 28 eklenerek bulunan günlük sıcak su miktarı üzerinden enerji gereksinimi hesaplanmaktadır. İngiltere Metodu (SAP [4]), 15316-3-1[15]'e benzer olarak alan başına tüketilen su miktarını göz önüne almaktadır. ASHRAE'de ise kullanım durumuna bağlı olarak konut başına 53 ile 204 L/gün arasında değişen değerlerin kabul edilmesini öngörmektedir. KEP-SDM'de AB ülkeleri arasındaki harmonizasyon hedefi de göz önünde tutularak, prCEN/TR 15615 [7] Şemsiye Dokümanında referans verilen prEN 15316-3-1 standardı esas alınmıştır. Türkiye'deki su kullanım alışkanlıklarına uygun olarak m² başına kullanım sıcak suyu tüketim miktarları belirlenmelidir.
- o Son meteorolojik verileri kullanarak çeşitli iller için derece-gün değerlerinin hesaplanması ile ilgili literatürde çeşitli yayınlar vardır. Bu çalışmaların değerlendirilerek, tüm iller için, farklı denge

sıcaklıklarında, onaylanmış bir derece-gün veri tabanının oluşturulması ve sürekli olarak güncellenmesi gerekmektedir.

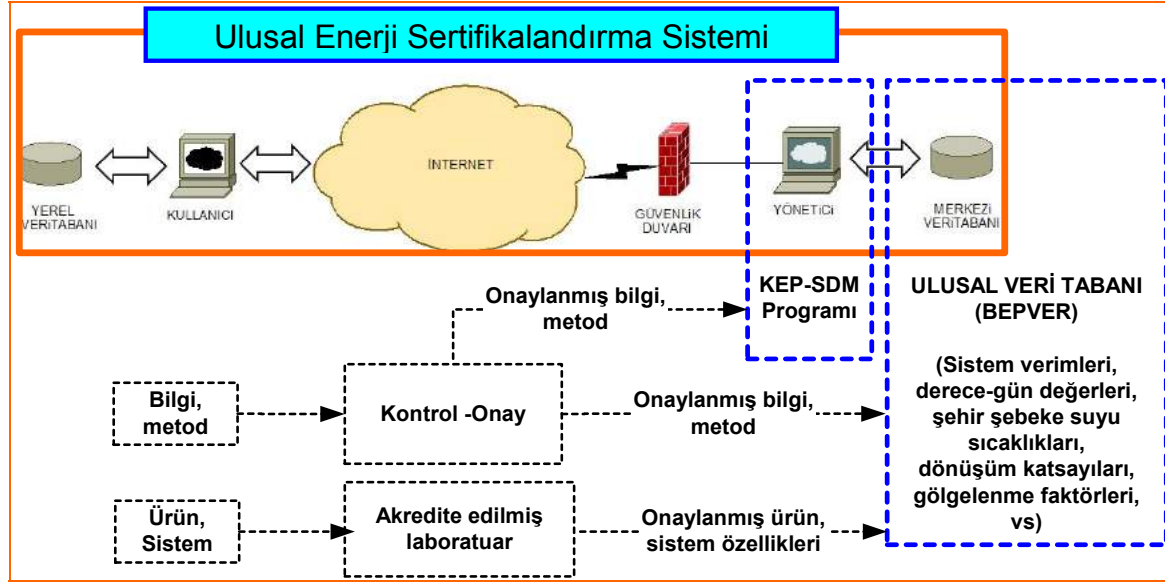
Konutlarda Enerji Performansı Standard Değerlendirme Raporu (KEP-SDM : K-Rapor)														
Hesaplamanın amacı	BEPY gereği	☐	Bina Cinsi	Müstakil Konut	Apartman Dairesi	Apartman Dairesi ise		KONUT						
	Enerji performansı optimizasyonu	☐		Kat No	Daire No									
	Enerji kullanım etkinliğinin geliştirilmesi	☐												
	Enerji tüketiminin belirlenmesi	☐												
Giriş verileri	Konutun bulunduğu il		Bina Adres Bilgileri											
	Tesisat tasarım dış sıcaklığı		İl											
	Yaşam alanı tasarım sıcaklığı		İlçe											
	Diğer alanlar tasarım sıcaklığı		Mahalle											
	Şebeke suyu sıcaklığı		Sokak											
Bina Geometrisi	Konut kullanım alanı (toplam alan)		No											
	Konut kullanım hacmi		Belgeyi Düzenleyen											
	Şekil Faktörü		Adı											
	Yüzey - Hacim Oranı		Soyadı											
Hesap Özellikleri		Evet	Hayır	SMM Yetki Belgesi No										
	Isı köprüler hesaba katıldı mı?	☐	☐	MMO Şube										
	Isıtma ana sistem sezon verimi			İmzası										
Enerji Kayıpları	İletim ile ısı transferi		Raporun											
	Havalandırma ile ısı transferi		Düzenlenme Tarihi											
	Sıcak Su Depolama Kaybı		Düzenleyen Referans No											
	Sıcak Su Dağıtım Kaybı		Binanın ısı transferi karakteristikleri											
Enerji Kazançları	Toplam iç kazanç		ENERJİ PERFORMANS PARAMETRELERİ											
	Geri kazanılan ısı		Primer Enerji Tüketimi											
	Toplam güneş kazancı		Karbondiyoksit Salımı											
Enerji Verileri	BİNA SİSTEMLERİ		Enerji			Kullanılan Enerji Cinsleri				Bölgesel ısıtma				
	Isıtma	Ana Sistem	Enerji İhtiyacı	Enerji Tüketimi	Primer Enerji Tüketimi	Kömür	Doğal gaz	Kalorifer yakıtı	Mazot	Elektrik	Odun	Ko-jenerasyon	Jeotermal	Diğer
	Isıtma	Yedek Sistem												
	Sıcak Su													
	Aydınlatma enerji ihtiyacı													

Şekil 4. Konutlar için rapor dokümanı.

- o Mevsimsel ortalama sıcaklıklar (T_o), tüm iller için derece gün değerlerinin belirlediği ısıtma sezonuna bağlı olarak tablolar halinde hesaplanmalıdır.
- o Tüm iller için günlük ortalama toprak sıcaklıkları kullanılarak, farklı denge sıcaklıkları için derece-toprak (DT) değerleri belirlenmeli, aynı denge sıcaklığındaki derece-gün (DG) değerlerine bölünerek Γ_d tabloları yapılmalıdır.
- o Pencere camlarının güneş ışıınımı ve ışık geçirgenlik katsayıları ISO 13790:2008 [8]'den alınmıştır. Ancak söz konusu değerlerin yerine, Türkiye'de kullanılan camların ışıınım ve ışık geçirgenlikleri akredite olmuş laboratuvarlarda ölçülmeli ve bu değerler kullanılmalıdır.
- o Tüm iller için aylık ortalama dış ortam sıcaklıklarının belirlenmesine gereksinim vardır. Literatürde illere göre verilmiş tablolar mevcuttur. Ancak herkesin kullanabileceği tek bir onaylı listeye ihtiyaç vardır.
- o KEP-SDM'de kazan ve ısıtıcıların mevsimsel verim değerleri için SAP'tan alınmıştır. Türkiyede kullanılan kazan ve ısıtıcılar için akredite edilmiş laboratuvarlarda belirlenmiş verimler ve bunlara dayalı hesaplanmış mevsimsel verimler yoktur. Bu nedenle SAP'tan alınmış bu tablo hesaplar için önerilmektedir. İlgili TS ve TS EN standartlarına göre, Türkiye'de kullanılan kazanlar ve ısıtıcılar için bu değerler belirlenmelidir.
- o Konutlarda düşük enerjili ampuller kullanılmadığı hal için İngiltere için belirlenmiş ortalama aydınlatma enerji ihtiyacı 9.3 kWh/m²'dir. Türkiye'de konutlarda birim alan başına aydınlatma enerji ihtiyacı için bir değer belirlenmemiştir. Bu değer belirlenmesi için bir çalışmanın yapılması ve bulunan değer aydınlatma enerji ihtiyacının hesaplanılmasında kullanılması gerekmektedir.
- o Doğal aydınlatma, aydınlatma enerjisinin azaltılması açısından önemli bir faktördür. Doğal aydınlatmanın enerji tüketimine etkisi de deneysel eşitliklerle hesaba katılmaktadır. Benzer bir çalışma Türkiye için de yapılmalıdır.
- o Birincil enerji dönüşüm faktörleri SAP'tan alınmıştır. Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği [9]'nda bu katsayılar verilmemiştir. Bu katsayılar Türkiye için hesaplanmalıdır.
- o EN 13516-3-3 [16]'de depolama kayıpları depo geometrisinin, depolanan suyun ortalama sıcaklığının, stand-by kayıpları testindeki ortalama sıcaklık farkının, stand-by kayıplarının kullanıldığı bir algoritma ile verilmektedir. Bu yöntemin kullanılabilmesi için kullanılan depoların ilgili EN normuna göre testlerinin yapılması ve karakteristiklerinin belirlenmesi gerekir. Bu değerler Türkiye'de mevcut olmadığı için, depolama kayıpları için söz konusu metodun kullanılması uygun bulunmamış ve TS 1258 [17]'de verilen metod tercih edilmiştir. Isıtma sistem ve bileşenlerinin özelliklerinin ilgili EN normlarına uygun olarak testlerle belirlenmesi yaygınlaştıkça KEP-SDM ve benzeri metodların ilgili modüllerinin (kısımlarının) da yine EN normlarına göre geliştirilmesi mümkün olacaktır.
- o Merkezi ısıtma sistemlerinde, konutların içinde bulunmayan her türlü tesisattan (temel olarak borular, vanalar vb.) olacak dağıtım enerji kayıpları, sistem tasarımı göz önüne alınarak hesaplanmalıdır. Hesaplanmadığı takdirde %5 alınıp alınamayacağı tartışılmalıdır.
- o Binaların ortak alanların yıllık tüketim değeri için mevcut konutlardaki enerji tüketimleri göz önüne alınarak bir istatistiksel çalışma yapılmalıdır.

KEP-SDM'nin Excel programı yerine, giriş veri tabanlarının (derece-gün değerleri, şehir suyu şebeke sıcaklıkları vb.) tamamını içeren, "default" değerleriyle giriş verilerinin yanlış girilmesini önleyen, arşiv yeteneği yüksek, uygulayıcılar açısından daha kolay kullanılabilen bir yazılım geliştirilmesi çalışması

İYTE’de devam etmektedir. Bu yazılımın internet ağı içinde merkezi bir ana işletim sistemi vasıtasıyla kullanılması sağlanacaktır. Böylelikle uygulayıcılar kendi hesaplamalarını yapabilecekleri gibi, sonuçları da merkezi bir veri tabanına kaydedebilirler. Böylece enerjinin etkin kullanımı konusunda yürütülecek ulusal çalışmalar için merkezi bir veri tabanı da oluşturulmuş olacaktır. Ayrıca, söz konusu programın bakımının ve geliştirilmesinin merkezi olarak yapılması ve değişikliklerin daha sağlıklı olarak uygulamaya geçmesi mümkün olacaktır. Önerilen sistem şeması Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5. Ulusal Enerji Sertifikalandırma Sistemi

KAYNAKÇA

- [1] ENPER-TEBUC. "Energy Performance of Buildings: Assessment of innovative Technologies", ENPER B2 Final Report.
- [2] DIRECTIVE 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council on the Energy Performance of Buildings, 2002.
- [3] WARREN, A., "Energy Performance of Building Directive. A Summary of Its Objectives and Content", CIBSE Brifing 6, 2003.
- [4] SAP2005. "The Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings", 2005 Ed., Revision 1, Version 9.81, 2008.
- [5] DEAP. "Dwelling Energy Assessment Procedure", Procedure for Energy Rating of Irish Dwellings, Version 2.2, 2006.
- [6] Méthode de Calcul Th-C-Ex, 2008.
- [7] prCEN/TR 15615:2007, "Explanation of the General Relationship Between Various European Standards and the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) - Umbrella Document".
- [8] ISO 13790:2008, "Energy Performance of buildings - Calculation of Energy Use for Space Heating and Cooling".
- [9] Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği

- [10] *EN 15217:2007, Energy Performance of Building - Methods for Expressing Energy Performance and for Energy Certification of Buildings.*
- [11] *TS 2164:1988, “Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları”.*
- [12] *TTMD Türkiye İklim Verileri Proje Raporu, TTMD Teknik Yayınları, 2000*
- [13] *EN 15251:2007, “Indoor Environmental Input Parameters for Design and Assessment of Energy Performance of Buildings Addressing Indoor Air Quality, Thermal Environment, Lighting and Acoustics”.*
- [14] *TS 825:1998, “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”.*
- [15] *prEN 15316-3-1:2007, “Heating Systems in Buildings - Method for Calculation of Energy Requirements and System Efficiencies. Part 3-1: Domestic Hot Water Systems, characterisation of Needs (Tapping Requirements)”.*
- [16] *prEN 15316-3-3:2007, “Heating Systems in Buildings - Method for Calculation of System Energy Requirements and System Efficiencies. Part 3-2: Domestic Hot Water Systems, Generation”.*
- [17] *TS 1258:1983, “Temiz Su Tesisatı Hesap Kuralları”.*

SANAYİDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Süleyman ELDEM

Makina Yüksek Mühendisi, MMO İzmir Şubesi

1. SEKTÖRLERDEKİ ENERJİ TASARRUF POTANSİYELLERİ

2006 yılı değerlerine göre, Türkiye'deki sanayi sektörü toplam enerji tüketiminde %36, elektrik tüketiminde %55'lik paya sahiptir.

Yapılan çalışmalar sanayi sektörünün enerji tasarruf potansiyelinin yüksek olduğunu göstermiştir. Rekabetin artması ve üretim maliyetlerinin düşürülmesi gerekliliğinin de sektörde baskı oluşturması sonucunda ülkemizdeki enerji verimliliği çalışmaları sanayide başlamış olup başarılı örneklerin sayısı her geçen gün artmaktadır. Fakat bu çalışmalara rağmen sektörde hala büyük bir tasarruf potansiyeli bulunmaktadır. Sanayideki sektörel enerji tüketimi ve tasarruf potansiyelleri Tablo 1'de verilmiştir. Sanayi sektöründe enerji verimliliği çalışmalarının başarıyla sonuçlandırılması, konutlarda ve ulaşım sektöründe yapılacak enerji tasarruflarına göre rakamsal olarak çok daha büyük enerji tasarrufu sağlayacağı düşünülmektedir.

Tablo 1: Sanayideki sektörel enerji tüketimi ve tasarruf potansiyelleri [1].

Sektör	Enerji tüketimi (TEP)	Toplamda i (%)	Tasarruf oranı (%)	Tasarruf miktarı (TEP)
Gıda	2.112.782	7.8	20	422.556
Tekstil	2.112.302	7.8	25	527.826
Mobilya ve Orman ürün.	193.223	0.7	5	9.661
Kağıt	1.131.262	4.2	20	226.252
Kimya,petrol	5.035.981	18.7	25	1.258.995
çimento,cam	7.082.348	26.3	20	1.416.463
Demir,çelik	8.124.092	30.2	30	2.440.432
Demir dışı metaller	539.678	2	35	188.887
Makina imal.	595.332	2.2	10	59.553
TOPLAM	26.926.000	100		6.380.567

Bir ülkenin enerji yoğunluğunu hesaplayarak enerjiyi verimli veya verimsiz kullandığını söyleyebiliriz.

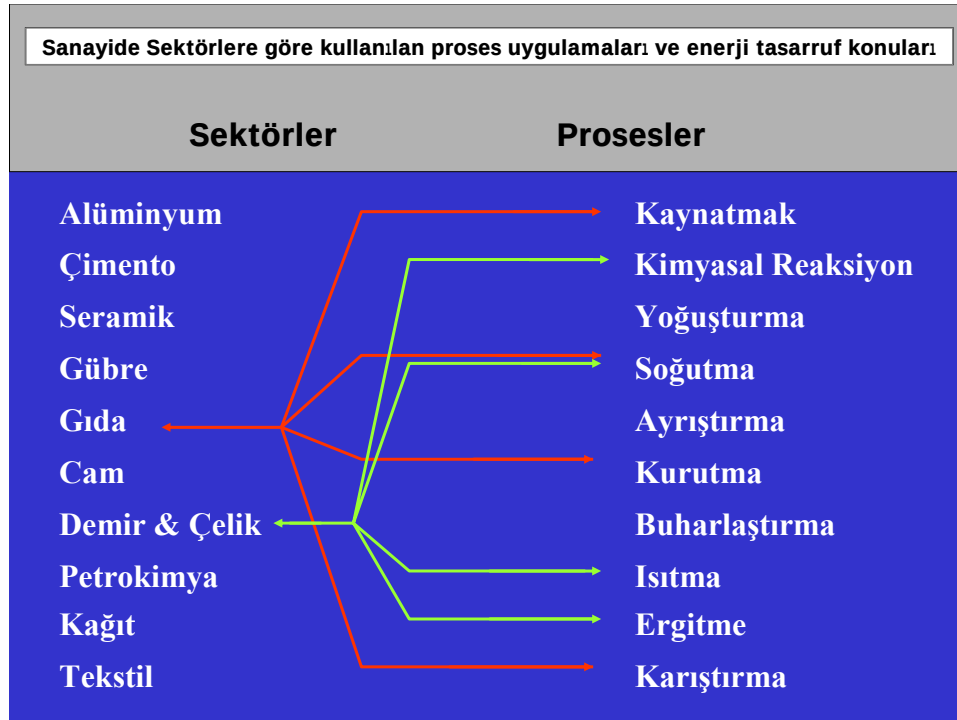
Enerji yoğunluğu = Kişi başına yıllık enerji tüketimi / Kişi başına yıllık gayrisafi milli hasıla

Ülkemizde enerji yoğunluğu, OECD ülkelerinin 2, Japonya'nın ise 4 katıdır. Yani birim mal veya hizmet üretmek için OECD ülkelerinde kullanılan enerjinin 2, Japonyada kullanılan enerjinin 4 katı enerji sarf edilmektedir. Sanayideki toplam enerji tasarruf potansiyelinin %25 olduğu ve kullanılan toplam yıllık 27 MTEP enerjinin 20 MTEP'lik (%75'lik bölümü) kısmının demir çelik, çimento, cam, petrokimya ve petrol sektörlerinde tüketildiği göz önüne alındığında bu sektörlerde yapılacak tasarruf miktarlarının birinci derecede önem taşıdığı söylenebilir.

Sanayide sektörel bazda yapılabilecek tasarruf uygulamaları, ilgili sanayi kuruluşunun

Prosesine ve proste kullandığı enerji kaynaklarına direk bağlıdır.. Bazı prosesler de elektrik enerjisi ön plana çıkar. Bazı prosesler çok yüksek sıcaklıklarda olup atık baca gazları gene çok yüksek sıcaklıklardadır.

Genel olarak sanayideki sektörler göre uygulanan ve enerji tasarruf potansiyeli olan prosesler şöyle özetlenebilir.



Sanayi sektörlerine göre enerji tasarruf potansiyelleri

- 1- Demir çelik sektöründe: Bu sektör daha önce de belirtildiği üzere enerji yoğun bir sektördür. Demir çelik tesislerinde maliyetin %15'inin enerji (entegre tesislerde bu değer % 30 lara kadar çıkabilmektedir.) gideri olduğu bilinmektedir.

Çeliğin ergitilmesinde, dökümünde, haddelenmesinde, çelik ergitme ve tav ocaklarında, ocağı besleyen enerji sistemlerinde, toz tutma ve soğutma suyu sistemlerinde yapılabilecek tasarruflar hem tesis hem de Türkiye genelinde göz önüne alındığında küçümsenmeyecek rakamlardır. 2005 yılı

verilerine göre sektördeki tasarruf potansiyel miktarı %30'dur. Türkiye'nin tüm sanayisindeki toplam enerji tüketimi içindeki payı %30'dur.

- 2- Cam, seramik ve çimento sektörleri: Taşın toprağın 1000° C üzerindeki ısılarla işlenerek ürüne dönüştüğü yüksek sıcaklık prosesleri olan bu tesislerdeki sinter ve kurutma fırınlarından çıkan yüksek sıcaklıktaki gazların enerjisinden geri kazanım, brülörlerin yanma verimlerinin iyi ayarlanması, fırın sızdırmazlıklarının sağlanması, yalıtımların iyileştirilmesi, hammadde ve mamul transfer sistemlerinin iyileştirilmesi gibi önlemler enerji tasarrufu sağlayacaktır.
- 3- Gıda, tekstil ve petrokimya sektörleri: Daha düşük sıcaklıkta işlemlerin yapıldığı bu sektörlerde kojenerasyon uygulaması enerji verimliliğini artıracak en önemli uygulamadır. Özellikle yoğun buhar kullanan tesislerde birleşik güç ve ısı uygulamalarına öncelik verilmelidir. Büyük ölçekli kuruluşlarda ise birleşik güç ve ısı uygulamalarına zorunluluk getirilmelidir. Ülkemizde bunu başarı ile uygulayan birçok sanayi kuruluşu vardır. Yeni kurulacak tesislerde bu uygulama teşvik edilmelidir. Gene bu sektörlerde yoğun olarak bulunan soğuk depolarda, klimalarda, buhar sistemlerinde doğru işletme yapılması ve izolasyonun uygun yapılması, fırın ve kazan brülörlerinin iyi ayarlanması, motor ve kompresörlerde alınacak önlemler enerji verimliliğini artıracak uygulamalardır.

2. ENERJİ ETÜTLERİ VE ENERJİ YÖNETİMİNİN ÖNEMİ

Genel olarak sanayide enerji yönetiminin uygulanması; enerji muhasebesini ve enerji tüketimlerinin sürekli ölçülmesini gerektirmektedir. Ancak ölçülebilen değerler hakkında çalışmalar yapılabilir. Bir sanayi kuruluşundaki spesifik enerji değeri aynı iş kolundaki dünya değerleri ile karşılaştırılmalıdır. Yeni yapılacak yatırımlarda enerjiyi verimli kullanan ve spesifik enerji değerleri düşük prosesler tercih edilmelidir.

Sanayide, başarılı bir enerji yönetim sistemi oluşturmak için göz önüne alınacak uygulamalar şöyle özetlenebilir:

1. Kazan, fırın, kompresör ve üretim ekipmanlarının veriminin artırılması., basınçlı havanın, kondensatın verimli kullanılması,
2. Elektrik motoru ve sürücüler, soğutma sistemleri, hadde tezgâhları gibi enerji tüketen ekipmanların verimli kullanımının sağlanması ve tüketimlerinin switchler ve vanalarla kontrol altında tutulması.
3. Fan ve pompaların frekans kontrolü ile işletilmesi, doğal havalandırma ve aydınlatma önlemleri alınması
4. Yüksek güç tüketilen noktaların sürekli otomatik ve entegre sistemlerle kontrol altında tutulması.
5. Enerjinin en ekonomik yoldan kullanılması, yük yönetimi yapılarak yükün kaydırılmasına çalışılması
6. Yüksek verimli kojenerasyon ile enerji üretiminde verimliliğin sağlanması.
7. Sanayi tesisindeki üretim makinelerinin bakımlı vaziyette tutularak verimli çalışmalarının sağlanması. tesislerdeki tüm ekipmanların en verimli stand-by modları olacak şekilde ayarlanması

Bütün bu önemli uygulamalar, sanayide enerjinin verimli kullanımı için vazgeçilmezdir. Bu uygulamaların gerçekleştirilmesi için aşağıdaki hususlar önem taşır.

1. Sanayi tesislerinde enerji verimliliği fırsatlarını tespit edilmelidir. Bu amaçla aylık, yıllık enerji ve su tüketimlerinin tespiti önem taşır.

2. Enerji verimliliği uygulama planı yapılmalıdır.
3. Enerjinin verimli kullanımı için yapılacak yatırımların detaylı fizibilite çalışmalarının yapılması ve projenin geri ödeme süresi tespit edilmelidir.
4. Ekonomik yapılabilirliği olan projeler için tasarım çalışmaları yapılmalıdır.
5. Proje uygulaması ve gerekli yatırım yapılmalıdır.
6. Yapılan enerji verimlilik yatırımının sonuçları takip edilmeli ve yapılan enerji tasarrufları tespit edilmelidir.
7. Başarılı olan uygulamaların yaygınlaşması, benzer kuruluşlarda uygulamasının yapılabilmesi için bilgi paylaşım ortamı sağlanmalıdır.

Enerji yönetim programlarının ilk adımı tesisin enerji ön etütlerinin yapılmasıdır. Ön etütten sonra detaylı çalışmalar yapılabilir. Bir sanayi kuruluşunda yapılacak ayrıntılı enerji verimliliği etüt çalışmaları önem taşır. Bu çalışmalar ilgili tesisin süreçlerini iyi bilen kişilere veya kuruluşlara yaptırılmalıdır. Aksi durumda etüt çalışmaları yönetimleri yanlış yönlendirilebilir.

Sanayi kuruluşlarındaki bazı enerji verimlilik uygulamaları hiç yatırım yapmadan sadece bazı alışkanlıkların değiştirilmesiyle de sağlanabilir. Bunlar tesisin süreçlerine ve teknolojisine bağlı olarak % 3–10 arasında tasarruf sağlayabilir. Daha uzun vadeli ve bazı yatırımlarla gerçekleşecek enerji tasarruf uygulamaları da vardır. Bu yatırımların geri dönme süresi 6 ay ile 2 yıl arasında değişebilir. Dünya’da yatırımın geri dönüşünün 4–5 yıl olduğu durumlarda da uygulama gerçekleştirilebilmektedir. Fakat ülkemizde henüz bu aşamaya gelinmemiştir.

SANAYİ KURULUŞLARINDA ENERJİ TASARRUF POTANSİYELİ

Enerji Tasarrufu %	Seviye 1 Geri ödeme 0-1 yıl	Seviye 2 Geri ödeme 1- 5 yıl	Seviye 3 Geri ödeme 5 yıldan fazla	Toplam
A kategori İlgili sektörde teknoloji ispatlanmış uyg.	4	2	3	9
B kategori Diğer benzer sektörde tekn. İspatlanmış uyg.	3	2	1	6
C kategori Araştırma ve geliştirme proje uygulamaları.	2	5	7	14
Toplam	9	9	11	29

Türkiye şartlarında genelde hemen uygulanabilecek durum,seviye 1, A kategori ile B kategoridir.

Bu durumda % 7 lik enerji tasarrufu sağlanır. Fakat büyük ve orta ölçekli ve ihracat potansiyeli olan işletmelerde seviye 1, seviye 2 ve A kategori ile B kategori beraber düşünülürse % 11 lik enerji tasarrufu elde edilebilir. Bu da küçümsenmeyecek bir değerdir.

Bu günkü enerji fiyatları ile % 50 elektrik ,% 50 doğalgaz enerjisi tüketimi olan bir sanayi kuruluşunda 1000 TEP /yıl enerji tasarrufu yapıldığında 1 300 000 YTL/yıl tasarruf edilmiş olur.

Eğer ARGE Mühendislik grubu olan bir sanayi kuruluşu enerji verimlilik çalışmalarını yaparsa çalışmalar sonucunda % 29 luk toplam bir tasarruf yapma imkanı vardır.

Ülkemizde bu uygulamalara güzel örnekler vardır..

Enerji verimlilik çalışmaları, dışarıdan katılacak bir enerji verimlilik danışmanı ile birlikte, fabrikada çalışan ve fabrikanın büyüklüğüne bağlı olarak 1 ile 3 kişilik tecrübeli mühendislerin beraber çalışması ile yapılabilir. AB ülkelerinde en verimli ve başarılı sonuçlar böyle elde edilmiştir.

Hatta ilgili işletmede çalışan şef, mühendis, formen ve işçilerin katılımı ile yapılacak olan beyin fırtınası toplantısı başarılı sonuçların elde edilmesini sağlayabilir.

3- SANAYİDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÇALIŞMALARINDA ENERJİ BALANSININ YAPILMASI

Kütle ve Enerji Denklikleri

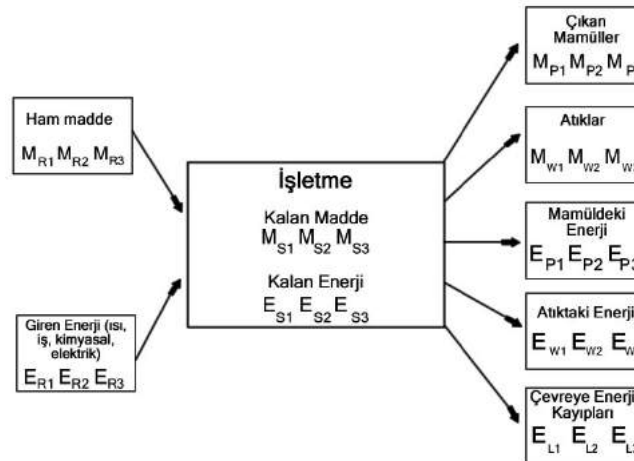
Sanayi kuruluşlarında kütle ve enerji denkliklerinin yapılması çalışmaların başarıya ulaşması için çok önemli bir adım olup mevcut durumun ve enerji tasarruf potansiyellerinin tespit edilmesini sağlar.

Proses giren ve çıkan maddeler eşittir. Bu maddenin korunması kanununa göredir. Aynı şekilde prosese giren ve çıkan enerjiler de eşittir. Bu da enerjinin korunması kanununa göredir.

. Proseslerin verimlilikleri: enerji verimliliklerine, buda madde ve enerji ölçümlerine göre tespit edilebilir.

Ham madde girişinden nihai mamul üretimine kadar tüm proses süresinde enerji denklikleri kullanılarak enerji tüketimleri ve tasarruf potansiyelleri tespit edilir.

Madde ve Enerji Denkliğinin prensibi aşağıda belirtildiği gibidir;



Giren Kütle = Çıkan Kütle + Proseste Kalan Kütle

Ham Madde = Mamul + Atıklar + Kalan Kütle

$$\sum M_R = \sum M_P + \sum M_W + \sum M_S$$

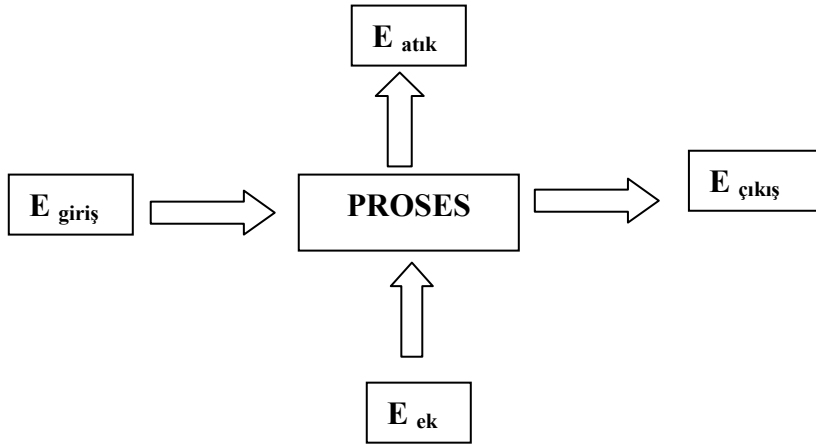
Giren Enerji = Çıkan Enerji + Proseste Kalan Enerji

$$\sum E_R = \sum E_P + \sum E_W + \sum E_L + \sum E_S$$

\ \ \ \ \ /
V Çıkan Enerjidir.

Enerji denkliğinin bir proseste basit gösterilişi şu şekildedir

Bütün enerji balans çalışmaları aşağı yukarı altta gösterilen proses giriş-çıkış modeline dayanmaktadır.



$E_{giriş}$: Giren kütle akışının enerji içeriği (ürünler, gazlar, su, vs.)

$E_{çıkış}$: Çıkan kütle akışının enerji içeriği (ürünler, gazlar, su, vs.)

E_{ek} : Proses'e eklenen enerji (gaz, elektrik, eklenen gaz veya suyun enerji içeriği)

$E_{atık}$: Proses'ten atılan enerji (atık ısı, kullanılmış gazlar, kayıplar)

Birçok durumda, enerji tasarrufu E_{ek} 'in azaltılması anlamına gelir.

Genelde ilave edilen enerji sonuçta ısıya dönüştürülür ve sıcak ürünler ya da izolasyon kayıpları ile atılır.

E_{ek} azaltılması için giren enerjinin veriminin yüksek olması veya $E_{atık}$ çok düşük olmalıdır.

3.1-Uygulama Örneği Olarak Buhar Kazanı Enerji Denkliği

1) Genel Bilgiler

20 ton/h, 15 bar basınç ve 200 °C’de doymuş buhar üreten doğalgaz ile çalışan bir adet buhar kazanı vardır.

Doğalgaz ile çalışan kazan, üretim prosesinde ihtiyaç olan ortalama 18 ton/h buharı üretmektedir. Baca gazı ölçümlerden baca gazındaki O₂ miktarı %6,68 olarak ölçülmüştür. Baca gazı sıcaklığı ise ekonomizlerden sonra 173 °C olarak ölçülmüştür.

Enerjiyi verimli kullanan ve doğalgaz yakan kazanlarda O₂ miktarı %2–3 ve baca sıcaklığı ise 110–115 °C’ler seviyesinde olmalıdır. Hatta son yıllarda baca gazı sıcaklıkları kondensasyon sıcaklıkları altına inilerek baca gazındaki gizli ısıdan da yararlanılarak daha yüksek enerji geri kazanımları sağlanmaktadır. Bu durumda baca gazı sıcaklıkları 60–80 °C’lere düşürülmektedir.

2) Kazana Giren Enerjiler

Enerji balansı için bir saatlik üretim ve tüketim değerleri alınmıştır.

2.1) Yakıt enerjisi:

1446 Nm³/h doğalgaz miktarı, 8250 kcal/ Nm³ doğalgaza ait ısı değeridir.

$$1446 \times 8250 = 11.929.500 \text{ Kcal/h}$$

2.2) Yakma havası ile giren enerji:

Baca gazı ölçümlerinde oksijen %6,68 olarak ölçülmüştür.

$$\text{Hava fazlalık katsayısı} = 6,68 / (21 - 6,68) = 0,46$$

Buradan %46 hava fazlalık vardır.

1 Nm³ doğalgaz için teorik olarak 9,52 Nm³ hava gerekmektedir, 1 kg doğalgaz için ise teorik olarak 17,28 kg hava gerekmektedir. Buradan saatlik kullanılan hava miktarını hesaplarsak;

$$1446 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 0,67 \text{ kg/ Nm}^3 \times 17,28 \text{ kg hava/ kg doğalgaz} = 16.740 \text{ hesaplanır.}$$

Hava fazlalık katsayısı 1,46 olduğundan kazana giren toplam yakma havası

$$16.740 \times 1,46 = 24.440 \text{ kg/h olur.}$$

$$24.440 \times 0,24 \times 30 \text{ }^\circ\text{C} = 176.000 \text{ kcal/h (havanın ısınma ısısı } C_p = 0,24 \text{ kcal/kg }^\circ\text{C’dir.)}$$

2.3) Kazana giren besi suyu enerjisi

Kondens dönüşü %90 mertebesinde dir. Kazana besi suyu girişi 102 °C’dir.

Üretilen buhar 18.000 kg/h olduğuna göre

$$18.000 \times 102 \times 1 = 1.836.000 \text{ kcal/h besi suyu ile kazana giren enerjidir.}$$

3) Kazandan Çıkan Enerji**3.1) Buhar üretimi**

Üretilen buhar miktarı 18.000 kg/h

Üretilen buhar basıncı 15 bar (doymuş buharın taşıdığı enerji 200 °C)

18.000 kg/h x 668 kcal/kg = 12.031.578 kcal/h olur.

3.2) Baca gazlarının taşıdığı ve atılan enerji

Ölçülen baca gazı miktarı 19.840 Nm³/h

Baca gazı sıcaklığı 173 °C (ekonomizerden sonra ölçülen değerdir.)

Bu sıcaklıkta yanmış doğalgaz için C_p = 0,27 kcal/kg

Baca gazlarının yoğunluğu 1,40 kg/Nm³ olduğu kabul edilirse ,Bacadan atılan hissedilir ısı

19.840 Nm³/h x 1,40 kg/Nm³ x 0,27 kcal/kg °C x (173-70) °C = 772 450 kcal/h

Hesaplarda sadece hissedilir atık ısı hesaplanmıştır. Gerçekte yüksek bir potansiyele sahip olan gizli ısısında geri kazanılması düşünülmelidir.

Her bir kg doğalgaz yanması ile 2,2 kg su buharı açığa çıkmaktadır. Buna göre hesaplandığında

1446 m³/h DG x 0,67 x 2,2 Kg su / m³ DG x 540 kCal /kg su = 1 150 000 Kcal/h gizli ısı olur.

Toplam geri kazanılabilecek enerji potansiyeli: 1 922 450 kCal / h olur.

Bu enerjinin 75% ini geri kazanabilirsek 175 sm³/h doğal gaz daha az harcamış olacaktır.

Buda 12 % doğalgaz tasarrufu sağlamak demektir.

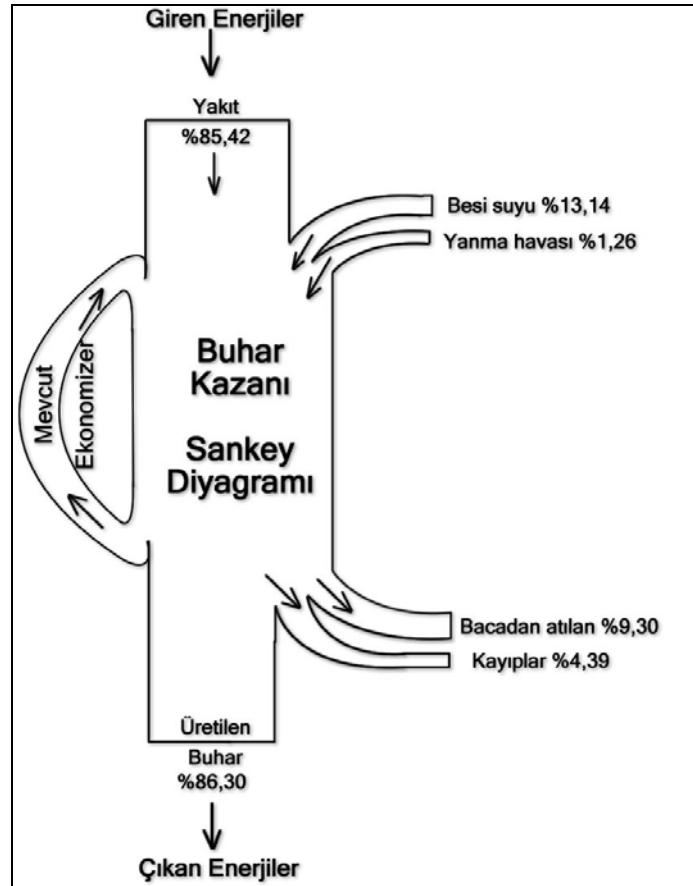
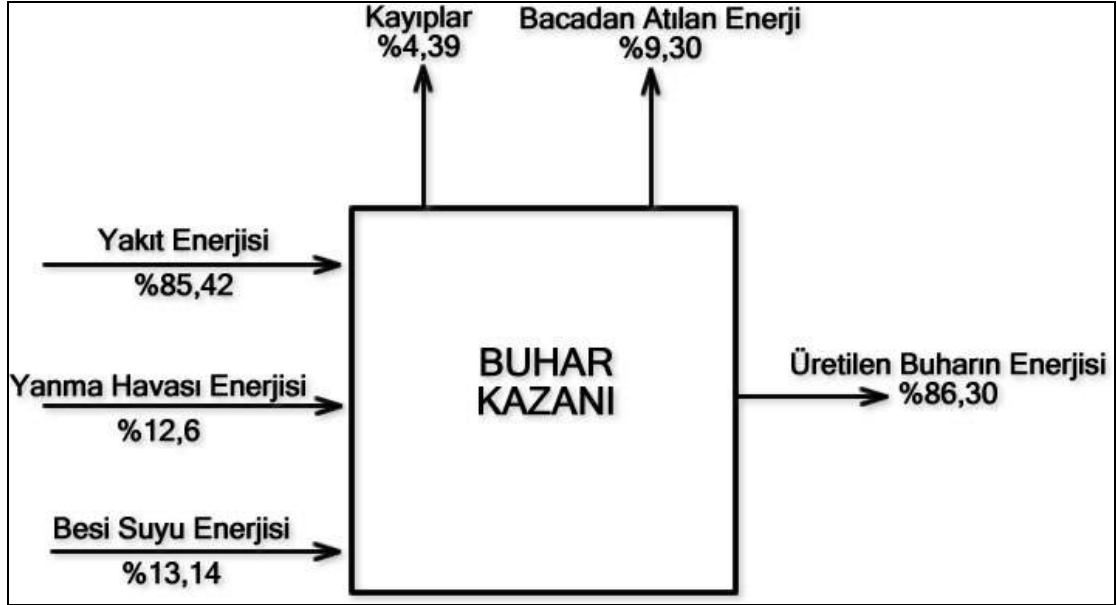
Mart 2009 doğalgaz fiyatlarına göre 1 200 000 TL /yıl tasarruf edilecektir.

3.3) Diğer kayıplar

613.542 kcal/h enerji denkleğinden hesaplanır;

Enerji Denkliği:

Giren Enerjiler			Çıkan Enerjiler		
Cinsi	kcal/h	%	Cinsi	kcal/h	%
Yakıt Enerjisi	11.929.500	85,42	Buhar	12.031.578	86,3
Yanma Havası	176.000	1,26	Bacadan Atılan	1.297.000	9,3
Besi Suyu	1.836.000	13,14	Diğer Kayıplar	612.922	4,4
Toplam	13.941.500	100	Toplam	13.941.500	100

4) Buhar Kazanı İçin Sankey Diyagramı

3.2-Bir Uygulama Örneği: Ark Ocaklı Demir Çelik Tesisinde Enerji Balansı

Demir çelik sektörünün sanayide en büyük enerji tüketim payına sahip olduğu ve enerji tasarruf potansiyelinin en yüksek sektör olduğu söylenmiştir. Ülkemizde üretilen toplam demir-çelik miktarı 22 milyon ton/yıl'dır. Bunun 16 milyon tonu ark ocaklı tesislerde üretilmektedir. Ark ocaklı tesislerde kaliteli çelik ve yassı mamul de üretilmesi, ayrıca ilk yatırım maliyetinin düşük olması nedeniyle son yıllarda ark ocaklı tesisler daha çok tercih edilmektedir.

Proseste üretim ve kimyasal reaksiyonlar yüksek sıcaklıklarda gerçekleştiğinden, ekipmanların atık ısısının kazanılması, reaksiyon ve ısı transfer şartlarının iyileştirilmesi ile tasarruf sağlanabilir. Son yıllarda elektrik ark ocaklarında spesifik enerji tüketimlerinin düşürülmesi yönünde çalışmalar ağırlıktadır.

Ergitmenin yoğun kimyasal enerji ile takviye edilmesi ve elektrik arkının verimli kullanılması ile proses süresinin kısılması ve böylece daha düşük birim enerji tüketimi sağlanabilmektedir.

Spesifik enerji tüketiminin düşürülmesi yönünde yapılan çalışmalar şu şekilde özetlenebilir:

- Elektrik Ark Ocağının (EAO) gövde ve kapağı su soğutmalı şekle dönüştürülerek ocaklara daha verimli çalıştırılır ve refrakter duruşları azaltılarak verimlilik yükseltilir.
- Klasik yolluklu ocaklar, EBT ve OBT döküm delikli hale getirilerek curufsuz döküm alınması sağlanır.
- İkincil metalürji denilen pota ocağı uygulaması ile EAO sadece ergitme ocağı gibi kullanılarak döküm hızları artırılır.
- Önceden yalnız elektrik enerjisi ile yapılan ergitme ve izabe işlemleri için jet brülörleri kullanılarak kimyasal enerji takviyesi ile döküm hızları artırılarak tüketim azaltılır. Ayrıca atık gazlar içindeki CO gazını yakmak için post-combustion (son yakma) teknikleri geliştirilerek tam yanma sağlanır.
- Köpüklü cüruf uygulaması ile enerjinin duvarlara ve refraktere yansması yerine sıvı çeliğe daha etkin geçişi sağlanır.
- Atık enerjiden yararlanılarak hurda ön ısıtma tesisi kurulmakta veya şaft tipi ocak tasarımları geliştirilmektedir.
- Trafo güçleri artırılarak UHP (Ultra High Power) EAO yapılmakta, bu amaçla trafoların sekonder gerilimleri artırılarak uzun ark boyu ile çalışma şartları sağlanır. Bu yeni bir felsefe olan "yüksek empedanslı" ark ocaklarının gelişmesine neden olup, spesifik enerji ve elektrot tüketimlerinin azaltılması sağlanmıştır.

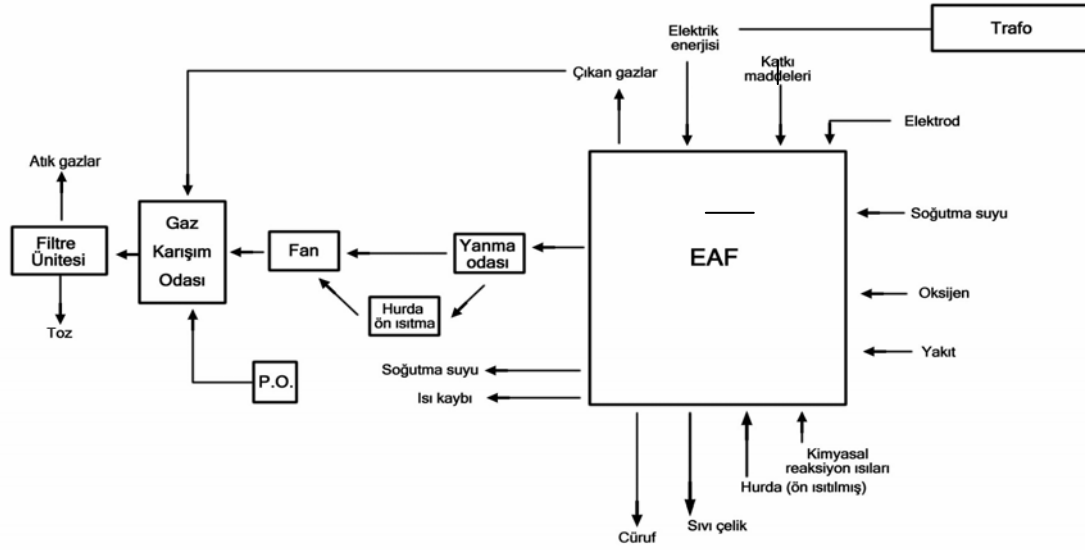
Enerji tasarrufu çalışmaları için öncelikle kütle ve enerji balans hesaplarının yapılması, mevcut tesis için tasarruf potansiyellerinin belirlenmesi yararlıdır.

Yapılan örnek çalışmada, İzmir'de bulunan bir ark ocaklı demir-çelik tesisinde enerji ve kütle denklikleri hesaplanmıştır.

1000–1400 °C'de çıkan gazların sıcaklıkları ve CO, CO₂ ve O₂ miktarları ölçülerek toplam atık enerji hesaplanmıştır.

Şekil 1 ve Şekil 2'de EAO'na giren, çıkan malzeme ve enerji değerleri verilmektedir. Enerji girdisi, elektrik ve kimyasal enerjilerin toplamıdır. Toplam giren enerji 700 kwh/ton olarak ölçülmüştür. Hesaplarda elektrik enerjisi ölçüldüğü gibi hesaplara dahil edilmiştir. Gerçekte bu miktar 40% 'a bölünerek hesaplara dahil edilmelidir. Çünkü Türkiyede üretilen elektrik enerjisinin 80% si termik

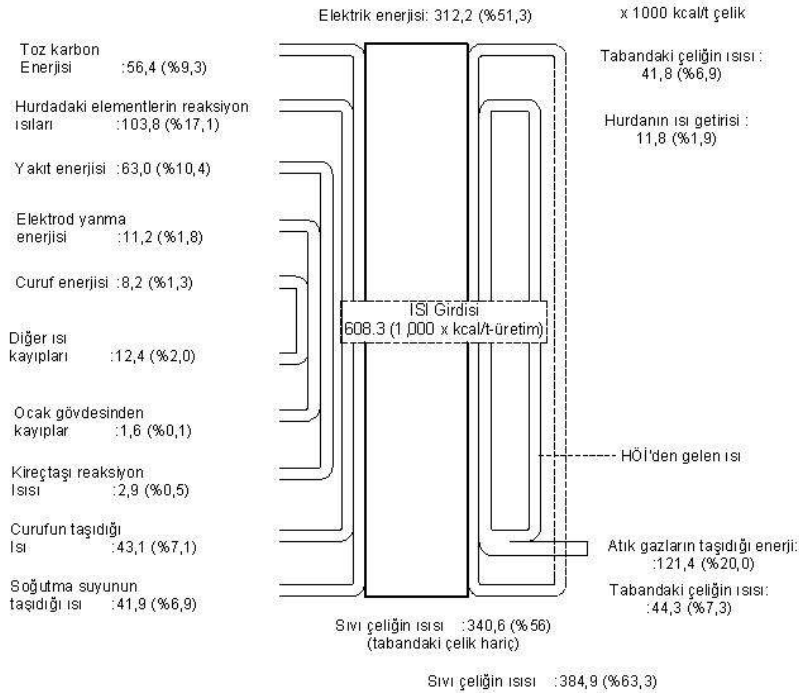
santrallarda olup bunların ortalama verimi 40% dir.(Bu durumda tüm enerji primer enerji olarak hesaplandığında yaklaşık 1200 kwh/ton olacaktır). Çeliğe aktarılan enerji toplam girdinin %63 ü olarak hesaplanmıştır. 700 kwh/t enerjinin %7'si gövde ve kapak soğutma suyuna, %7'si cüruf ile atılmakta ve %20'si baca gazları ile atılmaktadır. %3'lük bölüm ise diğer kayıpları oluşturmaktadır.



Elektrik Ark Ocağı Kütle ve Enerji Giriş-Çıkış Diyagramı



Şekil 1: EAO İçin kütle ve Enerji Giriş-Çıkış Diyagramı



Şekil 2 Enerji Balansı

Görüldüğü gibi yukarıda sıralanan iyileştirmeler EAO'na uygulandıktan sonra bile, yapılan kütle ve enerji denklik hesaplarına göre, kullanılan enerjinin %37'si atılmaktadır. Ön ısıtmanın iyileştirilmesi, baca gazları ve soğutma suyundan elde edilecek ısıнын başka proseslerde kullanılması gibi uygulamalarla halen oldukça büyük tasarruf potansiyeli olduğu görülmektedir.

37% lik atık enerjinin sadece 15% lik kısmı geri kazanılsa yılda bir milyon ton çelik üreten bir EAO lı tesiste 100 milyon kwh /yıl tasarruf edilebilecektir. Türkiye genelinde ise toplam 1,6 milyar kwh/yıl tasarruf edilmiş olacaktır. Enerjinin verimli kullanılması sonucunda da yaklaşık olarak 2 milyon ton/ yıl daha az CO2 atmosfere bırakılmış olacaktır.

Bilgi olarak demir çelik tesislerinde

Dünyada hedeflenen spesifik enerji tüketimi

Entegre tesislerde ortalama:12.14 GJ /ton mamul

Ark ocaklı tesislerde ortalama :3.42 GJ /ton mamul

Bu değerlerdende görüldüğü gibi demir çelik tesislerinde hala 20-25 % enerji tasarruf potansiyeli vardır.

4- SANAYİ KURULUŞLARINDA UYGULANABİLECK GENEL ENERJİ VERİMLİLİK ÇALIŞMALARI

Sanayide kullanılan toplam elektrik enerjisi, tüm Türkiyede kullanılanın 55% i olduğunu

Söylemiştik. Sanayide kullanılan toplam elektrik enerjisinin yaklaşık 70% i elektrik motorlarında ,yani pompalar,fanlar,kompresörler gibi çeşitli ekipmanlarda kullanılmaktadır.

Bu nedenle bu tür ekipmanlarda yapılacak enerji verimlilik çalışmaları elektrik tüketimini azaltarak sanayi kuruluşlarının enerji masraflarını azaltacaktır.

1- Elektrik Enerjisi Verimliliği

1-1) Elektrik motoru kullanan ekipmanlarda,

- Motorların boşa çalışmaları minimize edilmelidir.
- Yüke göre uygun motor seçilmelidir. Büyük seçilen motor kayıpları nedeniyle verimsiz enerji kullanır.
- Enerji verimliliği yüksek olan motorlar kullanılmalıdır.
- Değişken devirli motor kullanılmalıdır.
- Soft starter ile çalışan motor kullanılmalıdır.
- Kayış kullanan motorlarda uygun kayış kullanılarak enerji kayıpları önlenmelidir.

1-2) Pompa sistemleri

- Su verimli kullanılmalı
- Su kaçaklarını önlemek enerji verimliliğini artırır.
- Enerji verimliliği yüksek pompalar kullanılmalıdır.
- İstenen debi ve basma yüksekliğine uygun pompa kullanılmalıdır.

- Boru çapları kayıpları minimize edecek şekilde seçilmelidir.
- Pompa sayısı ve debisi sisteme uygun seçilmelidir.
- ___ Debi ayar valfleri yerine motor hız kontrol sistemleri kullanılmalıdır.
- ___ Paralel çalışan pompaların karakteristikleri aynı olmalıdır.
- ___ Pompa fanları ve fan rotorları, gövde içinde çalışabilecek en büyük çapta olmalıdır.
- ___ Bu sayede iç kaçaklar önlenecek ve verim artacaktır.
- Pompa ve fan hatlarında filtre var ise temiz olmalıdır. Aksi takdirde verimsiz bir çalışma olur.

1-3) Basınçlı hava sistemleri

- Elektronik kumanda sistemleri tercih edilmelidir.
- Kompresörler çalışma şartlarına uygun olmalıdır.
- Kompresör sayısı ve kapasitesi sistem ihtiyacına uygun olmalıdır.
- Kompresörleri belli bir düzende çalıştırmak ve durdurmak için basınç şalterleri iyi kalibre edilmelidir.
- Sistemdeki ve kompresördeki hava kaçakları önlenmelidir.
- ___ Kompresör motorları start stop yerine frekans kontrollü devir değiştirme sistemleri ile kontrol edilmelidir.

Yeterli hava depolama tankı uygulaması seçilmelidir.

Kompresör hava girişindeki filtreler temiz olmalıdır ve kompresör serin yerden hava çekişi yapmalıdır.

Kompresörlerde gereksiz yüksek basınç çıkılmamalıdır; basınç arttıkça enerji tüketimi artar.

Kompresör kademeler arasındaki ısıdan yararlanmalıdır.

1-4) Elektrikli proses fırınları

- Elektrikli ısıtıcılar uygun ayarlanmalıdır.
- Uygun elektrikli ısıtıcı seçilmelidir.
- Fırın yükleme, ısıtma ve boşaltma zamanları verimli çalışmayı sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır.
- Hassas sıcaklık kontrol sistemi kullanılmalıdır.
- Fırındaki kapılar ve açıklıklar çok iyi ayarlanarak ısı kaçakları önlenmelidir.
- Fırına giren ham madde mümkünse atık ısı ile önce ısıtılmalıdır.
- Fırın baca gazı atık ısılarından enerji geri kazanım sağlanmalıdır.
- ___ Birim enerji tüketimleri sürekli takip edilmelidir.
- ___ Debi ayarı için motor hız kontrol sistemi kullanılmalıdır

2- Isıl Enerjinin Verimliliği

- Yakıt depolaması uygun yapılmalıdır.
- Yakıt kaçakları önlenmelidir.
- Yakıt akış metreleri veya depolama tankları uygun ve kalibreli olmalıdır.
- Sıvı yakıtlarda yakıt ısıtılmalıdır.
- Fırınlarda yanmada hava fazlalık katsayısı çok az veya fazla olmamalıdır. Uygun olmayan hava fazlalık katsayısı verimsiz yanmayı veya bacadan enerji atılmasına neden olur.
- Fırınlardaki malzeme giriş çıkış kapıları ve pencerelerden kaçaklar minimize edilmelidir.
- Brülörlerdeki yanma havası ön ısıtılmalıdır.
- Fırının yan duvarlar, tavan ve taban izolasyonunun iyi olması gerekmektedir.
- Fırına verilen ısı enerjisi, baca gazı sıcaklıkları, ısıtılan malzeme sıcaklığı sürekli kontrol edilmelidir. Yüksek baca gazı sıcaklıkları, yüksek atık enerji miktarı demektir.
- Malzeme akışı ile sıcak gaz akışı birbirine ters akış yönünde olmalıdır.
- Fırının su ile soğutulacağı kısımlarda dolaşan su giriş sıcaklığı mümkün mertebe yüksek seçilmelidir. Mümkünse buhar ile soğutma yapılmalıdır. Bu sayede atılan ısı azaltılmış olacaktır ve atık ısının kullanılma olasılığı artacaktır.
- Birim yakıt tüketimleri sürekli kontrol edilmelidir.
- Fırının, yakıt hatları ile geri kazanılan enerji hatları izolasyonlu olmalıdır.

3- Buhar Sistemleri Verimliliği

- Buhar üretim jeneratörlerinde yanma verimi yüksek olmalıdır. (minimum %80–85)
- Kullanılabilecek en düşük buhar basıncı kullanılmalıdır.
- Sıcak yüzeyler, tüm buhar ve kondens hatlarında izolasyon uygulanmalıdır.
- Hatlardaki kondensatörlerin çalışması için bakımları düzenli yapılmalıdır.
- Vent edilen flaş buharı geri kazanılmalıdır.
- Buhar kaçağı olan tüm hatlar ve vanalar değiştirilmelidir.
- Kimyasal şartlandırma sistemi, buhar jeneratörü durduğunda durdurulmalıdır.
- Buhar jeneratöründen yapılan drainler minimuma indirilmelidir.
- Buhar basınç düşürmek için mümkünse buhar türbini kullanılmalıdır.
- Buhar kullanan proses ekipmanlarının periyodik bakımları yapılarak buhar kullanımları minimuma düşürülmelidir.
- Buhar jeneratörüne dönen make up suyu atık ısılarla ısıtılarak kazan verimliliği artırılmalıdır.

4- Sonuç Olarak Sanayide Enerji Verimliliği Sağlanabilecek Uygulamalar

- 1) Yakma sistemlerinin rasyonelleştirilmesi
- 2) Isıtma – Soğutma ve ısı transferinin rasyonelleştirilmesi
- 3) Isı iletimi ve ışıyım nedeniyle olabilecek ısı kayıplarının önlenmesi
- 4) Atık enerjiden ısı geri kazanılması
- 5) Isıdan güç dönüşümünün rasyonelleştirilmesi
- 6) Direnç kayıpları nedeniyle olan elektrik kaybının önlenmesi
- 7) Elektrikten ısı ve güç dönüşümünün rasyonelleştirilmesi gerekmektedir.

**5- SANAYİ TESİSLERİNDEKİ BAZI EKİPMANLARDA YAPILABİLECEK
ENERJİ TASARRUF ÖRNEKLERİ :**

Fan Sistemlerine bir örnek

Fan standart kayış kasnaklı olarak veya direk kaplinli olarak çalıştırıldığı gibi hız kontrollü bir elektrik motoru ile de döndürülebilir. Fan verimleri %60-80 arasında değişebilir.

	Enerji verimi düşük fan sistemi	Enerji verimi yüksek fan sistemi
Enerji verimi farklı elektrik motoru (EFF1 veya EFF3)	90%	95%
Kayış kasnaklı veya direk akuple	94%	98%
Değişken hız kontrolü var veya yok (debi ayarı klepe ile veya devir ayarı ile yapılıyor)	85%	95%
Toplam Verim	72%	88%

100 kw enerji tüketen fan ile enerji verimli sistemde %16 daha az enerji tüketilecektir.

Bir yıldaki enerji tasarrufu;

$$16 \text{ kwh} \times 8000 \text{ saat/yıl} \times 0,15 \text{ YTL/kwh} = 19.200 \text{ YTL/yıl}$$

Pompa ve Fanlarda Hız kontrol sisteminin avantajı:

Bir kompresör, bir fan veya bir pompada debiyi %20 azaltmak için devir %80'e çekilir. Bu durumdaki enerji tasarrufu $Güç_2/Güç_1 = (0,80)^3 / (1)^3 = 0,51$ (güç, %51 e düşmüş olur.)

Harcanan Güç, %49 oranında azaltılmış olur. Klepe veya vana ile debi ayarı yapsak güç ancak %10 azalır.

Pompa Sistemlerine Bir Örnek

Pompa ve Fan Verimliliği		
Sistem Bilgileri	Enerji Verimsiz Sistem	Enerji Verimli Sistem
Pompa Verimi	75%	85%
Elektirik Motoru	90%	95%
Boru ve Vana Kayıpları Nedeni ile		
<i>(boru çapı küçük seçilmiş,</i>		
<i>vanalar uygun seçilmemiş)</i>	75%	90%
Toplam Verim	50%	72%

Fark %22 olup 100 kw motor ile çalışan bir pompada 22 kwh fazla enerji harcanır.

Yılda 22 kwh x 8000 saat x 0,15 ytl/kwh = 26.400 YTL/yıl.

Bu pompadan çok sayıda varsa sistemi değiştirmek ekonomik olacaktır.

TEV (TOPLAM ENERJİ VERİMLİLİĞİ)

Rıza KÖROĞLU (Mak.Yük.Müh.)

Doğru Enerji Ltd.Şti. Genel Müdürü
MMO İstanbul Şubesi
Enerji Komisyonu Üyesi

Özet:

Enerji verimliliğinin uygulama alanları; sanayide, araç, gereç ve teçhizatlar, ulaşımda, binalarda ve aydınlatmada enerji verimliliği olarak özetlenebilmekle birlikte, temel teknolojik konular itibari ile konulara yaklaşım, çözümde verim artışı ve sonuca kısa sürede erişim sağlayacaktır.

Binalarda –Sanayide enerji verimliliği ayrışımı ülkemizin toplam çözümünü geciktirici bir yaklaşımdır. Böylelikle konular dağıtılarak verim düşmektedir.

Bir çok ülkede enerji tüketiminin % 40'ı binalarda gerçekleşirken en yüksek enerji verimliliği potansiyelini içermektedir. Ev aletleri ve gereçleri ise enerji tüketiminde en hızlı artış gösteren ve bir çok ülkede % 30'lara ulaşan bir tüketimi temsil etmektedir. Dünya petrolünün % 60'ı ise ulaşım sektöründe tüketilmektedir. Sanayi ise tek başına küresel birincil enerji tüketiminin % 36'sını temsil etmektedir. 1971 ile 2004 yılları arasında sanayideki enerji tüketimi % 61 artmıştır ifadeleri; aslında cevabını içinde barındıran bir tespittir.

Tespit:

Enerji ; Isı ve Elektrik üretiminde ve tüketiminde harcanır. Isı ve Elektrik hayatın her alanında kullanılmaktadır.

Burada önemli olan farkındalığı ve konu hakimiyetini en üst seviyeye çıkararak gerçek anlamda “ VERİM “ ifadesini ortak hedef haline getirmektir. Böylece farklıymış gibi görülen veya gösterilmeye çalışılan konular basitleşmiş ve daha anlaşılır hale gelerek benimsenmiş olacaktır.

Burada, basitleştirme, hedef edinme ve çözümü en üst seviyede projelendirebilme ihtiyaçlarını karşılayacak tanım TEV(Toplam Enerji Verimliliği dir).

Bu hedef ; TEV (Toplam Enerji Verimliliği) olarak ortaya çıkarılarak gerçek hedef ortaya konulabilir.

TEV= Enerji Tüketim Verimi X Enerji Üretim Verimi olarak formüle edilebilir.

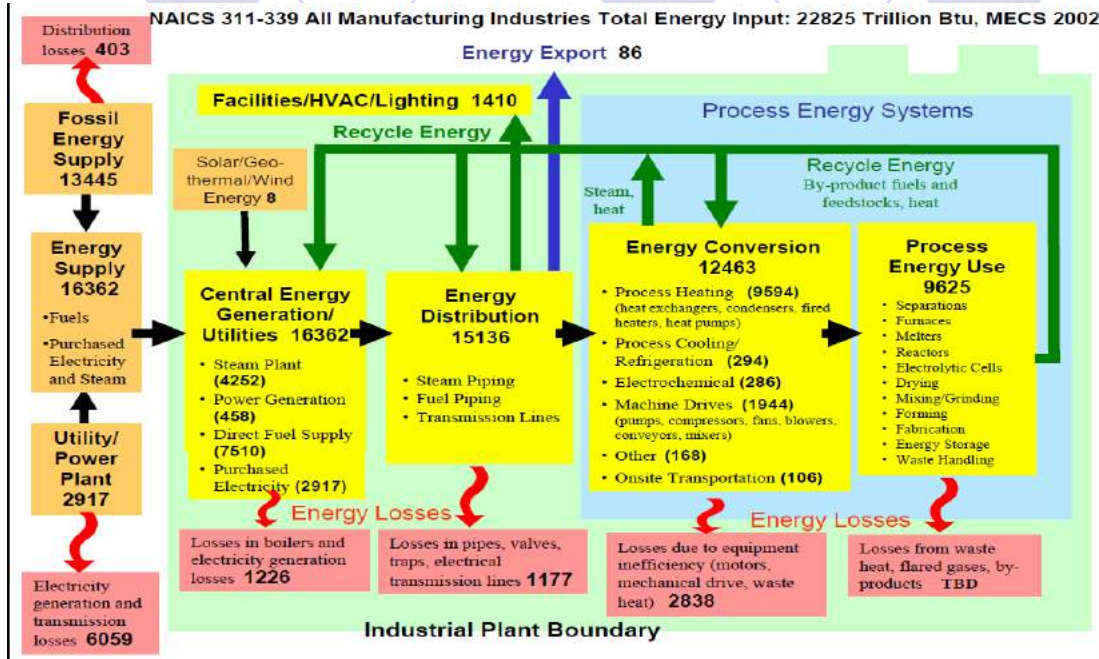
Bu kavram 50 milyar dolar birincil enerji maliyetimiz için ele alındığında ciddi sonuçlar ortaya çıkacaktır.Halk maliyeti olarak 125 milyar dolardan söz edilebilir

Burada önce ülkemizin TEV değerinin belirlenmesi çok büyük bir önem taşımaktadır.

Örneğin toplu konutlarda daha projelendirme aşamasında TEV çözümlemesi ile sonsuza kadar enerji bedeli ödenmeyebilir.

Yüksek enerji tüketim verimli gereçler kullanılıp %70 daha az elektrik ile hayat sürdürülürken, yüksek ısı izolasyonu ile %80 ısı kaybı ve kazancı azaltılarak daha az ısı kullanarak toplamda %70-80 arasında enerji tüketimi azaltıldığında , dizayn edilecek ısıya dayalı kojenerasyon çözümlemesi ile fazla üretilecek elektriğin satılmasıyla sürekli elde edilen kar , enerji maliyetini konutlar için ortadan kaldırılabilir. Tabii ki burada enerji üretim veriminin de en yüksek seviyede olması için TEV-JEN (yüksek verimli kojenerasyon) kurmak şarttır.

SANAYİDE ENERJİ KAYIP TESPİT SEMASI



Şekil 1. Sanayide enerji kaybı belirleme şeması

Aynı ifade bir tekstil fabrikası ve bir gemi için de türetilir. Böylelikle gerçek ortaya çıkacak ve aslında hayatımızı enerji karabasanına mahkum eden tek şeyin düşük TEV olduğu anlaşılacaktır.

Bir tekstil boyahanesini düşündüğümüzde ısı enerjisinin tamamı havaya atılan sıcak gazlar, ısı veya kanala atılan sıcak su ile kaybedilmektedir. Burada da toplu konutta olduğu gibi %80 oranında ısı tüketimini azaltmak mümkündür. Burada da aynı ifade kullanılabilir ve enerji bedeli ödemeyen bir tekstil boyahanesi düşünülebilir. Burada TÜRKİYE'yi planlayanların bakış açısının ne olduğu öne çıkmalıdır. Eğer bakış açısı TEV olur ise enerji arz güvenliği telaşına gerek kalmayacaktır. Yeni enerji tesisleri kurmak yerine öncelikle TEV projelerine yatırım yapılması ciddi anlamda pozitif fizibilite sonucu yaratacaktır.

Yaşam maliyetinin en önemli bileşenlerinden birisi kuşkusuz enerjidir. Daha bağımsız ve özgür bir Amerika bile daha bağımsız bir enerji politikası ile sağlanabileceği devlet başkanı tarafından da ifade edilmiştir. Hiç kuşkusuz en ucuz enerji tasarruf edilendir.

Ülkemizde genel kabul görmemiş kavramlar ile oluşturulmaya çalışılan hiçbir proje gerçek faydayı sağlayamamıştır. Örneğin; doğalgaz projesi ülkemizi modernlik adı altında verimi ne olduğu bilinmeyen ama biz uzmanların bildiği verimsel anlamda kötü çözümlerle sonuçlanmıştır (yakma verimi ,işletme verimi düşük kombi ve kazan sistemleri).

Enerji yakın zamana kadar devlet tekeli olan bir alan olduğundan mühendislerin konuya derinlemesine hakimiyeti yaygınlaşamamıştır. Bu nedenle "Enerji Verimliliği " projesinde de beklenen geri dönüşler sağlanamamaktadır. Çünkü temel kavramlar öğrenilmeden temelsiz bina yapmak daha kolay

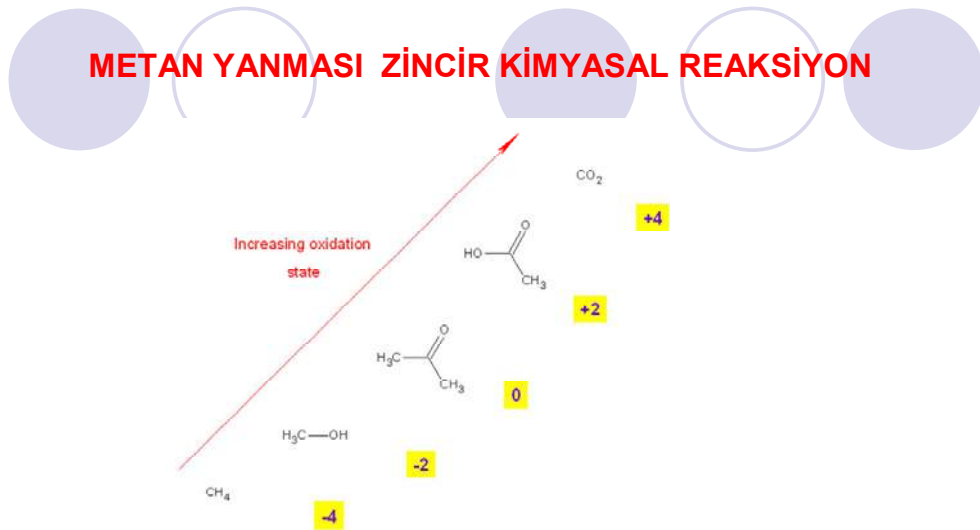
görülmektedir. Bu nedenle bir buhar kazanında ne kadar enerji tasarrufu sağlanabileceği konusu ciddi bir tartışma konusu olmaktan öteye gidememektedir. Ancak mevcut verimin tespit edilebilmesine bağlı olarak tartışma ortadan kaldırılabilir. Aynı TÜRKİYE'nin enerji tasarruf potansiyelinin belirlenmesi gibi. Ancak bunun için bir buhar kazanının derinlemesine ve basitleştirilerek ele alınıp, tanımlama ve tespitlerin anlaşılır olarak yapılması gerekmektedir. Aynı zamanda sorgulamaların da yapılması gerekmektedir.

Buhar kazanında ; hedef suyun buharlaşma enerjisi ile birlikte yüksek miktarda ısıyı kullanılacağı alana taşımaktır. Faydalı ısı; yakıtın yanması ile elde edilen ve suya aktarılabilen ısıdır.

Burada prosesi adımlarsak:

I-Yanma (Yanma Verimi) **II- Suya ısıyı aktarma (Termik Verimi III- Kayıpların oluşumu (Blöf-flash buhar-radyasyon kayıpları)** olarak sistem bölümlendirildiğinde işe yanma ile başlamak gerekmektedir.

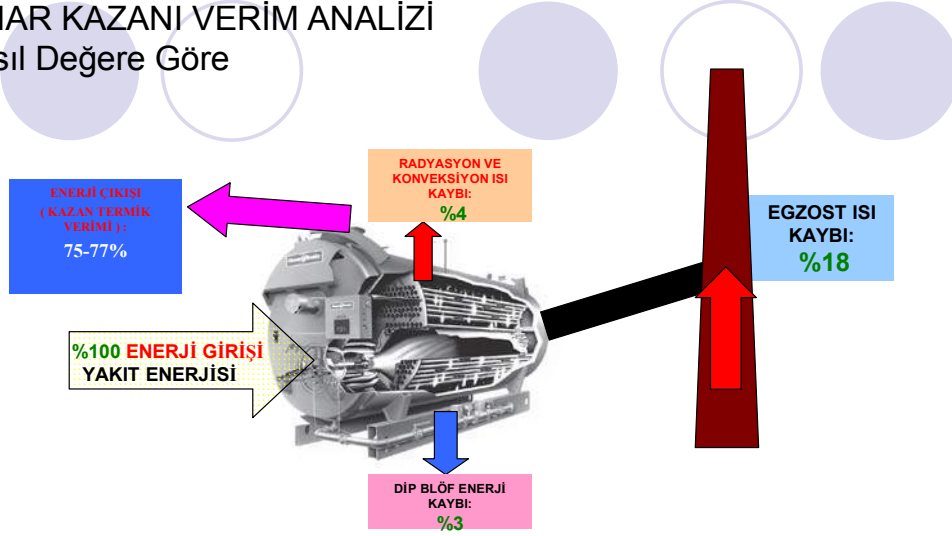
Yanma verimi ise sadece baca gazı analiz cihazları ile net anlamda ölçümü yeterli olmayan bir zincirleme reaksiyondur. Ayrıca elektrokimyasal sensör sistemlerinin doğruluğu ve güvenilirliği de artık gelişmiş ülkelerde belirlenip kullanımı bırakılmaktadır. Çünkü hidrokarbon yanmasında hidrojenin oluşturduğu ısı karbonun oluşturabileceğinin %15 fazlası olmasına rağmen ölçülmemekte ve sanki ölçülüyormuş gibi yanma verimi sonuçları elde edilmekte, bu yanma verimi de kazan verimi olarak genel kabul görmektedir. Bu durumda siz %30 verim artışından ve yakıt tasarrufundan söz edememektesiniz.



Genelde oksijen kovalent bağlı moleküllerle doymuşsa veya hidrojen doygunluğu düşmüşse oksidasyon gerçekleşir. Karbon dioksitteki karbon atomundan daha çok metandaki karbon atomu indirgenir .

Şekil 2. Metanın zincirleme yanma reaksiyonu

BUHAR KAZANI VERİM ANALİZİ Alt Isıl Değere Göre



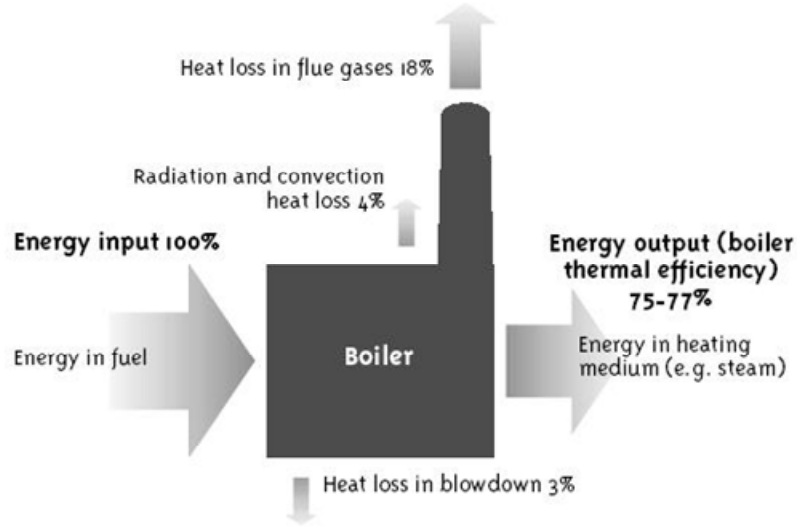
Şekil 3: Tipik buhar kazanı

Şekil 3 tipik bir endüstriyel kazandan ısı kayıplarını göstermektedir. Görünmektedir ki bir endüstriyel buhar kazanının ortalama verimi 75-77% 'dir ve 23-25% enerji kaybolmaktadır. Bu enerji; dip blöften, radyasyondan, konveksiyondan ve sıcak egzost gazından kaybedilmektedir. Bu kayıplar alt ısı değere göre dir. İlave %10 ısı kaybı egzost gazı içerisindeki su buharının gizli buharlaşma ısısından ilave olarak gelecektir.

Isıl Verim = Yanma verimi X Radyasyon verimi X Egzost verimi X Kondenzasyon verimi X Hat kayıpları X Kazan işletim verimi formülü ile ifade edilir. Bu verimler alt yakıt ısı değeri göre değerlendirilmektedir.

Şekil 3. Buhar kazanında kayıplar

GELİŞMİŞ TEKNOLOJİK KAZAN ÜRETİCİLERİNİN ISIL VERİM ANLATIMI



Şekil 4. Net ısı verim tanımı gösterimi. (CleaverBrooks Boiler)

Görüldüğü gibi kazan verimi tanımlamasında sadece kazan verimi %75-77'dir. Burada yanma veriminin de ele alınması gerekmektedir. Çünkü kazanda brülörün yanma verimi %100 değildir. Burada da %10-35 arasında yanma verim kayıplarından bahis etmek ülkemiz şartlarında hiç de abartılı değildir. Bakım ve servis alanında da standart olmaması servis ve bakımın ne demek olduğunun belirlenmemesine olmaktadır. Buradan hareketle bir buhar sistemşnde TEV değerini ele aldığımızda;

TEV= Enerji Üretim Verimi X Enerji Tüketim Verimi ifadesinden

Enerji üretim verimi : Isıl verim = Yanma verimi X Kazan verimi = %80 x %75 = %60 elde edilir.

Bu sadece ısı üretimindeki kaybın %40 olduğunu ortaya koymaktadır. Burada ısı değer olarak alt ısı değer ele alınmıştır. Üst ısı değerli bir yoğunlaşmalı kazan sistemi hedefine göre üst ısı değer ele alındığında mevcut klasik bir buhar kazan için

Enerji üretim verimi : Isıl verim = Yanma verimi X Kazan verimi = %80 x %65 = %52 elde edilir.

Enerji Tüketim Verimi olarak ta bir tekstil boyahanesinde %30 verimden bahis edildiğinde gerçek durum ortaya çıkmaktadır.

TEV= Enerji Üretim Verimi X Enerji Tüketim Verimi

TEV= %52 x %30 = %15.6 yani biz %84.4 enerji israfına neden olmaktadır. Bu bakış açısı bizim nereden ve hangi öncelikle işe başlamamızı anlatmaktadır. Bu durumu bilmeden biz hiçbir kanun ile başarı elde edemeyiz. Bu gün enerji verimliliği müfredatı yoktur. Günümüzde sadece yanma alanında son 5 yılda 30 'dan fazla patentsel anlamda doktora tezlerine dayanan teknolojik gelişim elde edilmiştir. Ancak bu gelişmeler ülkemizde hiç bilinmemektedir. Ayrıca hiçbir teknik yeterlilik elde etmeden birçok teknoloji reklamlara dahi çıkabilmektedir.

Eğer ülkemizin gelişimini sürdürmek, işsizlere iş imkanı yaratmak ve daha temiz bir dünyada yaşamak istiyorsak Enerji verimliliğini gerçek anlamda hedef edinerek samimiyetle TEV politikamızı geliştirmeliyiz.

Bu kadar düşük olan TEV değeri karşısında her halde %20-30 enerji tasarruf potansiyelinden bahis etmek eksiklik olacaktır.

Buradan hareketle;

1-) TEV Türkiye Enerji Verimliliği projesinin temel kriteri haline getirilmeli,

2-) Ölçümleme, teknoloji değerlendirme, verim analizi yapabilme , dünya gelişimini eş zamanlı izleyebilme kabiliyetine sahip , tüm tarafları içeren bir organizasyon oluşturulmalı, (İngiltere'de E.C.A: sermayeyi geliştirme programı gibi)

3-) Kalıcı vergi geliri elde etmenin en akılcı yolu enerji verimlilik projelerinin desteklenmesidir. KYOTO 'ya taraf olunması bu değeri bir kat daha arttırmıştır. Enerji verimlilik projelerinin finansmanı öncelikle ve %60'ın üzerinde devlet tarafından desteklenmelidir. Yapılan bu destek kendini 1 yıl içinde geri ödeyecek ve her sene yapılan yatırım kadar ilave kazanç elde edilecektir,

4-) Meslek örgütleri de bu projelere fon oluşturma anlamında ortak projeler, geliştirerek hem ülke verimine katkı

5-) İşsizlik fonları dünyada enerji verimlilik projelerine yatırımlararak garantili gelir elde edilmektedir. Hisse senedi borsasının yanında enerji verimlilik borsası kurulması ile finansman sorunu kendiliğinden ortadan kaldırılabilir.

6-) TEV projesinin geliştirilmiş olması ayrıca ülkemizde yerli sanayinin bu alanda üretici olmasını sağlayarak istihdam yaratacaktır. Burada da proje TOPLAM olarak ele alınmalıdır. TEV alanında

fırsatların en uygun olduğu ülke TÜRKİYE'dir ve hiç zaman kaybedilmeden TÜRKİYE ENERJİ VERİMLİLİĞİ Projesi hayata geçirilmelidir.

7-) **DETAM** : *Doğrulanmış Enerji Teknolojileri Analiz Merkezi* MMO öncülüğü ve diğer ilgili odaların da katılımı ile tarafsız bir onay birimi olarak acilen hayata geçirilmeli ve Japonya ile kurulmuş olan enerji verimlilik uygulama tesisinin güncel olan en gelişmiş biçimiyle birlikte tesis edilmeli ve bu yatırım için Japonya'ya yapılan katkı bu organizasyona da Enerji Bakanlığı ,E.İ.E. ve Tübitak gerekli desteği sağlamalıdır.

8-) Enerji Verimliliği projesinde yetkilendirilmiş olan odalar , finansman çözümlemesinde aynı esnaf kefalet sistemine benzer bir yapılanmaya girmesiyle üyelerinin yetkinliklerine katkı sağlar hale gelmelidir.

9-) Onaylanmış projeler için proje ortaklıklarının yaratılmasıyla iş geliştirme havuzları oluşturulmalı,TEV projelerinin zaman kaybetmeksizin hayata geçirilmesi sağlanmalıdır.

10-) Kalıcı vergi geliri arttırmanın en verimli yolu enerji verimliliği projelerine maliye bakanlığının 2 yılın altındaki geri ödeme süreli projelere %70 yatırım desteğini geri ödemeli olarak hemen vermelidir.Bu bir vatani görevdir.Zaman ulusal kaynaklara sahip çıkma zamanıdır. Hedef %50 enerji tasarrufu olmalıdır. Yani 25 milyar dolar devlet ve 60 milyar dolar halk giderinin azaltılması olmalıdır. Bu durumda elde edilecek kaynak standardımızın artmasına , işsizliğin ortadan kalkmasına büyük katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

1. Cleaverbrooks : Energy efficiency for steam boiler
2. USA Energy Depertmant : Energy loosing analyzing in industry
3. ECA.UK: Energy Efficiency policy
4. Prof.Alpin Kemal DAĞSÖZ: Enerji verimliliği
5. Doğru Enerji Ltd.Şti. : Sanayi Uygulamaları
6. www.eca.gov.uk
7. www.caddet.org