

## ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKALARI (Ders Notları)

Doç.Dr. Sebahattin ÜNALAN

Enerji iş yapabilme kabiliyeti olarak tanımlanır. Endüstriyel manada insanlığı huzuru ve refahı için hizmet veren her enerji türü mühendislik ilgi alanına girer. Günümüzde, endüstrinin en temel enerji tüketimi elektrik enerjisi olup, onu ısınma veya ısıtma amaçlı fosil yakıtlar (petrol, kömür, doğal gaz...) takip etmektedir. Geçmişten günümüze elektrik ekseriyetle **hidrolik santraller** vasıtasıyla üretilmektedir. Arazi yapısı ve nehir potansiyeli uygun olmayan ülkeler ise **termik santraller** vasıtasıyla elektrik ihtiyacını karşılamışlardır. Tüm ülkeler yine ısınma ihtiyacını kömür veya petrol ile karşılamaktadırlar. Diğer taraftan enerji ve yakıt talebi sürekli olarak artmaktadır. Dolayısıyla hidrolik santraller veya termik santraller vasıtasıyla ve kömür veya petrol vasıtasıyla yakıt talebi karşılanamaz hale gelmesi kaçınılmaz bir gelecektir. Özellikle kömür ve petrol rezervlerinin sınırlı olması ve bir gün mutlaka bitecek olması gelecek enerji talebini planlayan enerji projeksiyonların çok önemle değerlendirilmektedir. Bugün, petrol savaşları olarak tanımlanabilecek Körfez veya Afganistan krizleri göstermektedir ki, enerji endüstri ihtiyacı yanında çok büyük bir uluslar arası bağımsızlık yönü de vardır. Ülke politikalarında hemen hemen enerji başrolü oynamaktadır. Bir noktada bir ülkenin bağımsızlığı “**artık kendi enerjisini karşılayabilme potansiyeli**” ile belirlenmektedir. Enerji olmadan endüstri, endüstri olmadan refah ve mutlu toplum veya bağımsızlığını koruyabilme yeteneği olmayacağı için enerjisiz bir ülke siyaseti düşünülemez. Bahsedilen krizler ve 1974 yılında meydana gelen ve petrol fiyatlarının aşırı yükselmesi ile sonuçlanan petrol krizi enerjinin önemini ortaya koymaktadır. Petrol fiyatlarındaki artış, petrol bağımlısı ülkelerde ekonomik krizlere, ekonomik krizlerde halk ayaklanmasına, böylece dış ülkelerin müdahalesine ortam hazırlamıştır. Bu ülkeler hayatlarını idame ettirmek için IMF politikalarına mahkum olarak bağımsızlıklarından belirli ölçüde fedakarlık etmişlerdir. Bununla birlikte, 1974 petrol krizinde sanayileşmiş ülkeler teknolojileri ve sanayi ürünleri ihracatları vasıtasıyla, geniş ölçüde petrol kaynaklarına sahip değilken, hafif bir sıkıntı ile bağımsızlıklarından ödün vermeden atlatmışlardır. Hatta benzer bir duruma tekrar düşmemek için enerji bağımsız hale gelmenin yöntemlerini aramışlardır. Petrol, kömür ve hidrolik potansiyele dayanmayan, bilimsel terminolojide **Alternatif Enerji Kaynakları** olarak isimlendirilen, yeni enerji kaynakları geliştirmişlerdir. Bu kaynakların her ülkede olabilecek olmasına özellikle dikkat edilmiştir. Hiç şüphesiz en temel alternatif enerji, tasarruf veya izolasyon ile kazanılan enerjidir. Sonuç olarak, klasik enerji kaynakları olan hidrolik enerji ve fosil yakıtlara alternatif olabilecek enerjiler Tablo-1 görüldüğü gibi sınıflandırılabilir.

	Alternatif Enerji Türü	Kaynak veya yakıtı
1	Nükleer Enerji	Uranyum gibi ağır elementler
2	Güneş Enerjisi	Güneş
3	Rüzgar Enerjisi	Atmosferin hareketi
4	Dalga Enerjisi	Okyanus ve denizler
5	Doğal Gaz	Yer altı kaynakları
6	Jeo-termal Enerji	Yer altı suları
7	Hidrolik potansiyel	Nehirler
8	Hidrojen	Su ve hidroksitler
9	Bio-mass, bio-dezel ve bio-gas	Biyolojik artıklar, yağlar

Tabloda verilen ve kaynak itibariyle insanlık hayatı açısından sonsuz sayılacak kadar çok olan enerjiler **Yenilenebilir Enerji** olarak isimlendirilmektedir. Fosil yakıtlar içindeki karbon havadaki oksijen ile birleşerek CO<sub>2</sub> (tam yanma halinde) veya CO (yarım yanma halinde veya yanma havasının az olması) gazları ortaya çıkmaktadır. Yine yakıt içerisinde eser miktarda bulunan kurşun, kükürt gibi elementler yanma sıcaklığında oksijen ile birleşerek insan sağlığı açısından önemli tehdit oluşturan bileşikler (SO<sub>x</sub>, PbO, NO<sub>x</sub>...) oluşturmaktadır. Bu yanma ürünleri atmosfere bırakılmakta ve atmosfer içerisinde birikmektedir. Fotosentez, çürüme gibi tabii dönüşümler bu birikime engel olabilse de, aşırı yakıt tüketimi kısa süreli bir birikime neden olmaktadır. Atmosfer içinde biriken yanma gazları güneş ve yer arasında tabii olmayan katman meydana getirmekte, insan ve bitki hayatı üzerinde negatif etkiye neden olmaktadır. **Sera Etkisi** olarak ta bilinen bu etki ve insan sağlığı bugün önemle üzerinde durulan olgulardır. Tabiatın ve tabii değerlerin korunması amaçlı **Çevreci Düşünceler** toplumlarda taban bulan ve bazı siyasi partilerin politikasına temel teşkil etmektedir. Dolayısıyla endüstrinin veya toplumun enerji talebi düşünülürken, seçilecek enerji türünün çevre ve insana olan etkisi de düşünülme durumundadır. İlave olarak, fosil yakıtların ana maddesi olan karbon endüstrinin en temel malzemesi olan çeliğinde önemli bir elementidir. Gelecek nesillerin sanayisinde üretilecek plastik-sentetik kumaş, solventler, yağlar, karbon lifli ürünler içinde mevcut fosil yakıt kaynaklarının muhafazası gerekir. Kömür rezervlerinin yaklaşık 200 yıl, petrol rezervlerinin yaklaşık 30 yıl dayanacak olması alternatif enerji kaynağına olan ihtiyacı daha önemli yapmaktadır.

Genel manada bunlar söylenebilir. Ancak, Türkiye açısından enerji profilinin ve bu alternatif enerji kaynakları açısından potansiyelinin önemi vardır. Mühendis olmanın ve mühendis olarak geleceğin muhtemel yöneticileri olmanın sorumluluğu açısından bu bilgi önemli olacaktır. Daha önce ifade edildiği gibi ülke bağımsızlığının büyük oranda enerjiye bağlı olması bu önemi daha da artırmaktadır. Başka bir ifade ile cevaplanması gereken soru Tablo-1 de verilen enerji türlerine göre “Türkiye enerji projeksiyonunu nasıl belirlemelidir?” sorusudur.

Türkiye bugün yeterli miktarda linyit ve kömür rezervine sahiptir. Linyit kalitesi (alt ısıl değeri) iyi olmasa da koklaştırma gibi yöntemlerle ıslahı mümkündür. Bununla birlikte petrol ihtiyacının büyük kısmını (≈%85) ithalat yoluyla karşılamaktadır. Özellikle son zamanlarda çevresel etki nedeniyle tercih edilen doğalgaza bir yönelme vardır. Büyükşehirlerde hava kirliliğinin çok artması bu yönelmeyi ve kömür ithalatını artırmıştır. Güneş enerjisi sadece ısınma, kurutma ve sıcak su eldesinde kullanılmaktadır. Bio gaz veya kütle geniş bir kullanıma sahip değildir. Rüzgar enerjisi lokal olarak birkaç uygulaması vardır. Dalga enerjisi hiç ele alınmamışken, ekonomik olmayan hidrojen de geniş olarak kullanılmamaktadır. Endüstrinin temel ihtiyacı olan elektrik tamamen hidrolik santraller ve linyitli veya doğalgazlı termik santraller vasıtasıyla karşılanmaktadır. Dünya elektrik enerji üretiminin yaklaşık %20’ sinin karşılandığı nükleer enerji ve teknolojisi ülkemize hiç girmemiştir. Bugün, 450 kadar elektrik enerjisi üretmek için, 450 kadarda araştırma reaktörü veya askeri amaçlı kurulmuş, toplam 900 nükleer reaktör mevcut iken Türkiye sadece 3 araştırma reaktörüne sahiptir. Çok küçük olan bu reaktörlerde bazı akademik çalışmalar yapılmakta, kısmen de tıbbi amaçlı kullanılmaktadır. Dünyada bunlara ilave olarak denizaltı ve gemilerin tahrik mekanizması olarak kullanılan 400 den fazla reaktör mevcuttur. Jeotermal enerjinin yine birkaç lokal uygulaması mevcuttur.

Endüstri ve üretim büyük oranda elektrik enerjisine bağlıdır. Türkiye’nin kurulu santral gücü 22 GWe (2200 MW elektrik gücü) dir. Bu enerjinin 2010 yılında 46 GWe, 2020 yılında 88 GWe olacağı tahmin edilmektedir. 2020 yılına kadar aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi 20 GWe lik kömür, 25 GWe lik doğalgaz, 5 GWe lik fuel oil, 10 GWe lik nükleer santral ve 18 GWe lik hidrolik santral kurulması planlanmaktadır. Yani gelecekte, elektrik üretiminin yaklaşık % 40 nın ithal edilen petrol ürünlerine ve doğalgaza bağlı olması planlanmaktadır.

## 2020 yılına kadar sisteme ilave edilecek ünite ve kapasite

	Top lam ünite sayısı	Eklene n top lam kapasite (MW)
<b>KÖMÜR</b>	<b>54</b>	<b>19830</b>
<b>DOĞAL GAZ</b>	<b>38</b>	<b>25464</b>
<b>FUEL OİL</b>	<b>16</b>	<b>5600</b>
<b>NÜKLEER</b>	<b>10</b>	<b>10000</b>
<b>HİDROLİK</b>		<b>17720</b>
<b>TOPLAM</b>		<b>78614</b>

H Ü N E M

N M D

ekonomik bir elektrik üretim şekli olabilecektir. Dolayısıyla, yeni sisteme adaptasyon tedrici olmaz. Diyelimki, bir sene çok kurak geçerse hidrolik santralin kapasitesi çok düşecek ve elde başka santral tipi olmadığı için enerji açığı kapanamayacaktır. Bu nedenle toplam elektrik üretiminin birbirinden yakıt ve teknolojik yapı olarak farklılık gösteren değişik santral tarafından üretilmesi gerekir. Yukarıdaki tabloya göre enerji bağımsızlığı için hidrolik potansiyelin yanında kömür veya linyit yakan termik santral olmalıdır. Ancak kömürün gelecek nesillere de bırakılmasının yanında, yanma gazlarının sera etkisi uzun süre bizi etkileyecektir. Bu nedenle hidrolik kaynaklarımıza en uygun alternatif **Nükleer Santraller**dir.

## ÇEŞİTLİ YAKITLARIN ÖZGÜL ENERJİ DEĞERLERİ

<b>Kuru Odun</b>	<b>16 MJ/kg</b>
<b>Kömür</b>	<b>20 MJ/kg</b>
<b>Doğal Gaz</b>	<b>39 MJ/kg</b>
<b>Ham Petrol</b>	<b>46 MJ/kg</b>
<b>Doğal U</b>	<b>443 000 MJ/kg</b>
<b>Zengin. U</b>	<b>3 456 000 MJ/kg</b>
<b>U (üretken reak.)</b>	<b>24 000 000 MJ/kg</b>

H Ü N E M

N M D

## YAKIT

**1000 MWe'lık bir santralin yıllık yakıt tüketimi:**

<b>Kömür</b>	<b>2 000 000 - 2 500 000 ton</b>
<b>Petrol</b>	<b>1 000 000 - 1 500 000 ton</b>
<b>Uranyum</b>	<b>25 - 30 ton</b>

H Ü N E M

N M D

elektrik üretimi içerisindeki nükleer elektriğin payını göstermektedir. En yakın komşularımız bile nükleer elektrik üretmektedir. Bunlarda meydana gelecek bir kaza aynı riskle bizi de etkileyecektir.

Tabloya göre Türkiye'nin hidrolik potansiyeli şimdiki kullanım potansiyel civarındadır. Dolayısıyla çevrecilerin veya bazı odakların elektrik üretiminin hidrolik barajlar vasıtasıyla üretilmesi gerektiği önerileri ancak 10 yıllık bir projeksiyona cevap verebilir. Üstelik tüm hidrolik potansiyelin kullanılması, yada ülkenin elektrik ihtiyacının tek bir kanalla karşılanması bazı sakıncalar doğurur. Zamanla belki de daha

Yandaki tabloda muhtemel yakıtların 1 kg dan alınan enerji değerleri görülmektedir. Nükleer yakıt ve fosil yakıtlar arasında büyük bir fark vardır. Bu nükleer santralin yakıt ihtiyacının hacimsel olarak çok az olduğuna işaret eder. Dolayısıyla bir nükleer santralin 30 yıllık çalışma sürecinde ihtiyaç duyacağı yakıt inşaat aşamasında alınarak depolanması mümkündür. Bugün 10 civarında ülke nükleer santral ve yakıt satmak için yarışmaktadır. Yakıt başlangıçta alındıktan sonra 30 yıl boyunca enerji bağımsızlığı sağlanmış olur. Aynı yaklaşım petrol veya doğalgaz için söylenemez. Takip

eden tabloda 1000 MWe lık bir elektrik santralinin bir yıllık yakıt gereksinimini göstermektedir. Dışardan 30 yıllık petrol ithal edilse bile bunun depolanacağı büyüklükte bir hacim elde etmek mümkün değildir. Diğer taraftan güneş, rüzgar, jeotermal enerji gibi diğer alternatif kaynaklar bugünkü teknoloji ile elektrik üretimine elverişli değildir. Bunlar belkide onlarca yıllar sonra teknolojik ve ekonomik olarak elektrik üretimine elverişli olacaklardır. Nükleer santraller bizim ulaşmayı hedeflediğimiz batı medeniyeti tarafından yıllardır kullanılmaktadır. Aşağıdaki tablolarda bazı ülkelerin toplam

Üstelik nükleer santral sadece elektrik değil, tıbbi ve diğer akademik araştırmalara bir canlılık getirirken, ilerde de bahsedileceği gibi materyal ve imalat sahasında büyük teknoloji transferine neden olacaktır.

## ELEKTRİK ÜRETİMİNDE NÜKLEER ENERJİNİN PAYI (1999)

LİTVANYA	%77
FRANSA	%76
BELÇİKA	%55
İSVEÇ	%46
İSVİÇRE	%41
JAPONYA	%36
İSPANYA	%32
ALMANYA	%28
ABD	%19
G. AFRİKA	% 7

H Ü N E M

N M D

## KOMŞU ÜLKELERDE NÜKLEER ENERJİ (1999)

ÜLKE	REAKTÖR SAYISI		ELEKTRİK ÜRETİMİNDEKİ PAYI (%)
	İNŞA HALİNDE	İŞLETMEDE	
Rusya	3	29	13
Ukrayna	2	14	45
Bulgaristan		6	42
Ermenistan		1	25
İran	1		

H Ü N E M

N M D

Aşağıdaki bölümlerde alternatif enerji kaynakları ayrı ayrı incelenecektir

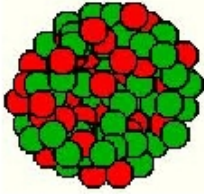
## 1. NÜKLEER ENERJİ

### 1.1 Nükleer Enerjinin Kaynağı

Nükleer enerjiyi tarif etmeden önce atomun yapısına bakmak gerekir. Bir atom şekilde görüldüğü gibi

## ATOM ÇEKİRDEĞİ

Atom çekirdeği, nötron ve proton adı verilen parçacıklardan oluşur.



● proton

● nötron

H Ü N E M

N M D

İçerisinde Z tane proton ve N tane nötron bulunan bir çekirdekten ve çekirdek etrafında değişik yörüngelerde dolaşan Z tane elektrondan meydana gelmektedir. Elektron (- yüklü), proton (+ yüklü) ve nötronların (yüksüz) atom içinde ve dışında ki kütleleri farklıdır. Atom dışındaki kütleler daha büyük olup, atomun oluşumu sürecinde bir miktar kütle eksilmektedir. Meydan gelen  $\Delta m$  lik kütle eksilmesi  $E=\Delta m \cdot C^2$  (C: ışık hızı) bağıntısı ile enerjiye dönüşmektedir. Bu enerji elektriksel olarak aynı yüklü olan protonların atom çekirdeği içerisinde hapsedilmesini sağlayan nükleer kuvvetlerin kaynağını oluşturmaktadır.

Fizikten aynı yüklü partiküllerin birbirini ittiği bilinmektedir.  $E=\Delta m \cdot C^2$  ile belirlenen enerji değeri periyodik cetvelde bulunan 114 element için hesaplanıp, her atomun (Z+N) sayısına bölünürse parçacık başına bağ enerjisi bulunur. Bu enerji hidrojen ve helyum gibi en hafif elementler için ve uranyum gibi ağır elementler için bulunan değerler orta ağırlıktaki demir, silisyum, nikel gibi elementlerinkinden daha düşüktür. Bağ enerjisi bir elementin stabilite (kararlılık) göstergesidir. Dolayısıyla hafif ve ağır çekirdekler kararsız orta ağırlıklı çekirdekler kararlıdır. Tabii süreç içerisinde daha kararsız olan atomlar daha kararlı hale geçmeye çalışırlar. Bu amaçla da hafif elementler birleşerek ağırlaşırırlar. Bu FÜZYON olarak bilinir. Buna karşılık uranyum gibi ağır çekirdeklerde bölünerek daha kararlı hale geçmeye çalışırlar. Bu süreçte FİSYON olarak bilinir. Füzyon ve fisyon işleminde büyük ölçekli bir

enerji açığa çıkar. Dolayısıyla nükleer santrallerin iki tipi olabilir. Hafif elementleri yakıt olarak kullanan Füzyon reaktörleri ve uranyum ve toryum gibi ağır elementleri yakıt olarak kullanan Fisyon reaktörleri.

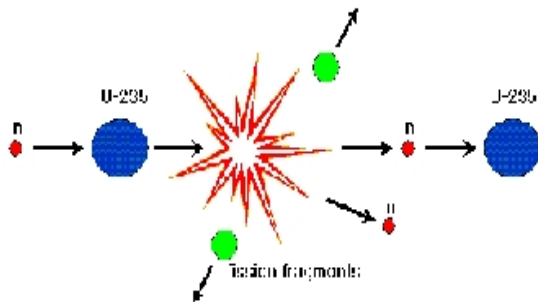
## 1.2 Füzyon Reaktörleri

Füzyon reaksiyonu en hafif iki element olan hidrojen ve helyum arasında en kolay meydana gelir. Hidrojenin 3, helyumun ise 2 izotopu mevcuttur. Hidrojenin (H) 2. izotopu döteryum (D) 3. izotopu ise trityum (T) olarak bilinmektedir. D ve T arasındaki füzyon olasılığı çok yüksektir. İlave olarak D ve D arasında da füzyon kabiliyeti yeterince yüksektir. Bu nedenle gelecekteki füzyon reaktörlerinin yakıtı D ve T olacaktır. D tabii su içerisinde 1/6000 oranında bulunmaktadır. Dolayısıyla sudan ayrılarak elde edilebilir. Yeryüzündeki tüm suyun yarısının içinden D ayrıştırılırsa 23 trilyon tonluk bir potansiyel elde edilir. Bu potansiyel şimdiki dünyanın yıllık enerji tüketiminin 16 milyar katıdır. Dolayısıyla gelecekteki füzyon reaktörleri yakıt darboğazına düşmeyecektir. Trityum (T) ise lityumun nötronlarla bombardımanından üretilir. Dünyada bilinen lityum rezervlerin T'ye dönüştürülmesi bugünkü dünyanın yıllık enerji tüketiminin 2000 katı potansiyel meydana gelmiş olur. Füzyon enerjisinin önemini anlamak için şu kriterde bakmak gerekir. Bir litre suda varolan D ayrılıp füzyona tabii tutulsa 300 litre benzinin yanmasıyla oluşan enerjiye eşdeğer enerji elde edilir. Ancak Füzyon reaksiyonunun meydana gelmesi için çok yüksek sıcaklığa sahip plazma ortamı ( $\approx 100$  milyon  $^{\circ}\text{C}$ ) gereklidir. Teknolojik malzemeler bu sıcaklığa dayanamaz. Bu nedenle plazmayı boşlukta askıya alan yöntemler üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Araştırma amaçlı bazı prototipler başarılı neticeler vermektedir. Çok pahalı ve çok özel teknoloji isteyen bu sürecin 30-50 yıl kadar daha devam edeceği tahmin edilmektedir. Bazı problemlerin çözümü için süper iletken teknolojisi, materyal problemi ve daha ekonomik performans şartlarının sağlanması gerekmektedir. Bugün kullanılan nükleer reaktörlere yapılan itirazları ve riskleri taşımayan füzyon reaktörleri gelecekte tek başına insanlığın enerji ihtiyacını binlerce yıl karşılayabilir. Hatta ekonomik olarak güçlü ülkelerin bu sahadaki araştırma fonlarını büyütmeleri daha kısa zamanda füzyon elektriğine geçişi sağlayacaktır.

## 1.3 Fisyon Reaktörleri

Tabiatta Uranyum (U) ve Toryum (Th) gibi ağır elementlerin bölünmesi (fisyonu) daha kararlı hale dönüşmek için meydana gelmektedir. Ancak bu düşük yoğunlukta olup, endüstriyel manada uygun değildir. Bu düşük yoğunluk nötron bombardımanı ile artırılabilir. Çünkü, atom çekirdeğine müdahale etmek için elektriksel olarak yüksüz olan nötron en uygundur. Nötron eksi yüklü elektron tabakasını kolayca geçer ve artı yüklü çekirdeğe ulaşır. Kararsız olan çekirdek nötron ile temastan sonra fisyonla uğrar. Bir uranyum atomunun fisyonundan 200 MeV (200 milyon mega elektron volt) lik enerji açığa çıkar. Eğer bir karbon (C) atomu  $\text{O}_2$  birleşerek yanma reaksiyonu yaparsa 1-2 eV luk enerji açığa çıkar. Dolayısıyla aynı ölçekteki fisyon reaksiyonu kimyasal reaksiyona göre milyon kez daha güçlüdür. Uranyum fisyon olunca iki yeni ve daha hafif element, 2-3 tane nötron,  $\alpha, \gamma$  ve  $\beta$  ışınları açığa çıkar. Yeni ortaya çıkan nötronlar yeni fisyon reaksiyonunu tetikler. Böylece şekilde görüldüğü gibi zincirleme reaksiyon oluşur. Böylece, teorik olarak, bir kere harekete geçen fisyon reaktörü ortamdaki tüm uranyum atomları tükeninceye kadar devam eder. Fisyonun açığa çıkan 2-3 tane nötron,  $\alpha, \gamma$  ve  $\beta$  ışınları insan fizyolojisi için zararlı olup iyi bir zırh ile dışarı sızması önlenmelidir. Meydana gelen 2 yeni element de reaktif olup nötron,  $\alpha, \gamma$  ve  $\beta$  ışınları yayımlarlar. Bu yayımın şiddeti zamanla

## ZİNCİR REAKSİYONU



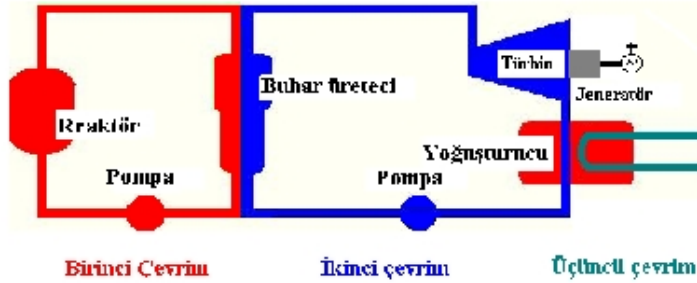


azalmakla birlikte binlerce yılda sürebilir. Bu nedenle reaktör ortamındaki tüm artık yakıtlar yıllarca emniyetli bir şekilde saklanmalıdır. Bugünkü nükleer reaktörlerin fiziğini oluşturan fisyonun bu dezavantajı itiraz edilen temel konulardır. Uranyum en temel fisyon yakıtı olup birkaç izotoptan meydana gelmektedir. Bu izotoplar tabiattaki uranyum içerisinde %0.7 oranında bulunan  $^{235}\text{U}$  ve %99.3 oranında bulunan  $^{238}\text{U}$  dur.  $^{235}\text{U}$  çok büyük bir olasılıkla fisyon yaptığı için bugünkü reaktörlerin asıl yakıtı konumundadır.  $^{238}\text{U}$  nun çok az bir kısmı plutonyuma dönüşmekte ve fisyon yoluyla değerlendirilmektedir. Böylece, nükleer reaktöre konulan yakıtın ancak %1 i yakılmakta, %99 ise kül olarak alınmaktadır. Yüksek derecede radyoaktif olan bu artık çok özel tekniklerle uzun süre saklanmalıdır. Bugünkü nükleer reaktör teknolojisinde emniyet en temel parametre olup, diğer teknolojilere göre çok emniyetli hale gelmiştir. Birbirinden bağımsız birkaç emniyet sistemi reaktörde kazanın oluşmasına engel olmaktadır. Reaktörden çıkan radyoaktif malzeme ise camlama, kurşun zırh, tuz mağaralarına gömme gibi yöntemlerle yıllarca dayanacak tekniklerle saklanabilmektedir.

Türkiyenin belirlenmiş uranyum ve toyum rezervleri 10000 ton ve 380000 ton kadardır. 1000 MW lık elektrik üreten bir nükleer santralin 30 yıllık çalışması süresince 2000 ton uranyum kullanır. Sadece bilinen uranyum rezervleri ile 5 tane santral yapılarak bugünkü elektrik üretiminin %25 kadar elektrik üretilir. Uranyum rezervleri için tam bir araştırma yapılmamıştır. Bu nedenle gerçek potansiyelin çok daha fazla olması gerekir. Diğer taraftan, uranyum en az 10 ülkeden oldukça düşük fiatta satın alınarak depolanabilir. Bunlara toryumlu reaktörler ilave edilirse yüzlerce yıl elektrik üreten bir potansiyel oluşturulabilir.

Bir nükleer santralin kaba gösterimi şekilde görülebilir. Genel olarak uranyumun yakıldığı kalb kısmını soğutan soğutucu ve türbin sistemine giden soğutucu devreleri bir eşanjör ile birbirinden ayrılmıştır. Bu devrelere ilave olarak türbin devresindeki soğutucuyu yoğunlaştırmak için deniz suyu, nehir suyu veya hava ile çalışan 3. devre soğutucu mevcuttur.

## NÜKLEER SANTRAL



### 1.3.1 NÜKLEER ENERJİ İLE ELEKTRİK ÜRETİMİ

*Prof. Dr. Osman K. Kadiroğlu  
Doç. Dr. Cemal Niyazi Sökmen*

H Ü N E M

N M D

( *Bilim ve Teknik Dergisi Haziran-1994: 319* )

Günümüzde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin en önemli gereksinimi enerjidir. Her ne kadar tam bir ölçüt olmasa da ülkelerin gelişmişlik düzeyleri, üretim tükettikleri enerji ile ölçülür. Bazı ülkeler ürettikleri enerjiyi çok verimli bir şekilde kullanırlarken, bazıları bu konuda o denli başarılı olamazlar. Bazı ülkeler de kendileri kullanmadıkları halde çok miktarda enerji hammadde üretirler. Enerji üretim ve tüketiminin çok farklı yöntemleri olsa da, tüm ülkelerin ucuz, bol ve temiz enerji kaynaklarına gereksinimleri vardır.

Endüstrileşme ile baş gösteren buhar gücü gereksinimi dolayısıyla, kömür kullanımı büyük bir hızla artmıştır. Daha sonraları elektrik enerjisinin kullanılmaya başlanması ve içten yanmalı motorların kullanım alanının genişlemesi ile elektrik üretiminde kömür ve petrol, çok büyük bir hızla artmıştır. Sonunda endüstri ve çağdaş yaşam için en önemli hammadde, fosil yakıtlar olmuştur. Fosil yakıtların kullanımı, çözümü çok zor sorunları da beraberinde getirmiştir. Bu sorunların ilki, tükenen hammadde kaynaklarıdır. Fosil yakıtlar milyonlarca yılda oluşmuş, doğanın bizlere, daha doğrusu bizden sonraki nesillere bir armağanıdır ve sentetik olarak yapılınmaları son derece zordur. Çok sayıdaki petrokimya

ürünleri spektrumunu inceleyerek petrol ve bazen de kömürün ne denli vazgeçilemez birer doğa harikası olduklarını rahatlıkla algılayabiliriz. Kömür petrol kadar bir kimyasal değere sahip değildir. Kalitesiz kömürlerin yakılmasının neden olacağı sorunlar ortadadır.

Fosil yakıtların içerdiği maddelerin büyük bir yüzdesini karbon ve hidrojen oluşturur. İçlerinde az da olsa kükürt, yanmayan maddeler ve radyoaktif maddeler de bulunur. Petrol, kömüre kıyasla daha az kirliliğe yol açar. Fosil yakıtlar yakıldığında ortaya doğal olarak CO<sub>2</sub> ve SO<sub>2</sub> gazlarının yanı sıra, radyoaktif maddeler ve kül çıkar. Ortaya çıkan CO<sub>2</sub> gazı sera etkisine, SO<sub>2</sub> gazı ise asit yağmurlarına neden olur. Sera etkisinin neden olduğu atmosfer sıcaklığı artışı yıllardır gözlenmektedir. Asit yağmurları bitki örtüsüne ve canlılara zarar verir. İngiltere'de yakılan kömür yüzünden Finlandiya'nın göllerindeki balıklar asit yağmuru nedeni ile ölmektedirler. Radyoaktif maddeler, linyit yatakları ikincil uranyum madenleri olarak kabul edilir.

Geçtiğimiz günlerde Yatağan'da baş gösteren radyasyon alarmının nedenlerini kömürün içerdiği radyoaktif maddelerde aramak gerekir. Yakılan kömürün beş veya onda birlik kısmı, kullanım alanları çok sınırlı olan ve çevreyi kirleten kül olarak atılır. Bu küller, Elbistan linyitlerinde olduğu gibi çok uçucu olabilirler. Yanma sıcaklığına bağlı olarak kullanılan havanın içinde bulunan azot gazının yanması ile oluşan NO<sub>x</sub> gazı, atmosferde ozon ile etkileşime girip ozon miktarını azaltır. İçten yanmalı motorlar ve doğal gaz santralleri, ozon tabakasının delinmesine istemeden katkıda bulunmaktadır. Kömür dışındaki fosil yakıtların, stratejik önemleri de vardır. Son petrol ambargolarının dünya ekonomisine yaptığı etki ve doğal gaz boru hattının geçtiği ülkelerin politik şantajları, bilinen birer gerçektirler.

Nükleer enerjinin hammaddesi olan uranyumun hiç bir endüstriyel kullanım alanı yoktur. Uranyum doğada bol miktarda bulunmaktadır. Son maden aramaları sonucu Avustralya ve Kanada'da büyük uranyum yatakları olduğu çıkmıştır. Uranyumun fiyatı bu nedenler dolayısıyla zaman içinde sürekli azalmıştır. İkinci bir nükleer hammadde ise toryumdur ve Türkiye, dünyanın en zengin toryum yataklarına sahiptir. Nükleer hammaddenin stoklanabilir olması, onun petrol gibi ekonomik silah olarak kullanılmasını imkansız kılar.

UO<sub>2</sub>'den (uranyum pası) yapılan 1 cm çap ve yüksekliğindeki seramik yakıt lokmaları, üst üste 3,5-4 m uzunluğundaki ince bir metal zarf içine yerleştirilirler. Elde edilen yakıt çubukları, hafif veya ağır su içeren dik veya yatık basınç tankları içine yerleştirilir. Belirli geometrik düzende ve belirli miktarda bir araya gelen yakıt nötronların yardımı ile fisyon sonucu enerji üretmeye başlar. Ortaya çıkan bu çekirdek enerjisi yakıt çubuklarını ısıtır. Yakıt çubuklarının su veya ağır su ile soğutulması ile yüksek basınç ve sıcaklıkta buhar elde edilir. Buharın bir türbinde genişletilmesi ile tıpkı diğer fosil yakıtlı santrallerde olduğu gibi, ısı enerjisi mekanik enerjiye, türbinin çevirdiği jeneratör ile de mekanik enerji elektrik enerjisine dönüştürülür. Nükleer enerjinin kullanılmaya başlamasından bugüne dek geçen yaklaşık elli yıl içinde bir çok nükleer reaktör tipi tasarlanmış, imal edilmiş ve çalıştırılmıştır; ancak günümüzde ticari olan nükleer santral tipleri çok az sayıdadır. Hafif su teknolojisi adını verdiğimiz ve bildiğimiz normal su ile soğutulan reaktörleri kapsayan teknoloji, ve ağır su teknolojisi adını verdiğimiz hidrojenin bir izotopu olan deteryumdan yapılan ağır su ile soğutulan reaktörleri kapsayan teknoloji, günümüzde ticari olarak kullanıma sunulmaktadır. Yüksek sıcaklıkta çalışan gaz soğutmalı reaktörler ve sıvı metal soğutmalı hızlı üretken reaktörler ise, gelecekte kullanıma girmeye adaydırlar.

Nükleer santraller, normal çalışma düzenlerinde çevreyi kirletecek hiç bir etki yaratmazlar. Fosil yakıtlı santrallerin aksine, çevreye zararlı olan CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> gazlarını salmazlar ve kül bırakmazlar. Fosil yakıtlı santral yerine bir nükleer santral yapılması durumunda, fosil yakıtlı santralin çevreye atacağı zararlı maddelerin söz konusu olmaması nedeni ile nükleer santrallerin çevreyi temizlediği de söylenebilir. 1000 MWe gücündeki bir hafif su soğutmalı nükleer reaktörden yılda yaklaşık 27 ton (7 m<sup>3</sup>) kullanılmış yakıt çıkar. Bu miktar, aynı kapasitedeki bir kömür santralinin atık miktarına göre ağırlık olarak 25-300 bin kere, hacim olarak da 70-80 milyon kere daha azdır. Hemen

belirtelim ki nükleer santrallerin gündelik atıkları fosil-yakıtlı santrallerin atıklarına kıyasla yok denecek kadar azdır ve normal çalışmaları sırasında çevreye yaydıkları radyasyon, nükleer santral civarında yaşayan bir kişinin doğal kaynaklardan almakta olduğu radyasyonun 100 ile 200'de biri kadardır. Nükleer enerjinin elektrik üretiminde kullanılmaya başlamasından bu yana ticari nükleer reaktörlerin işleme sonucu ortaya çıkan atıklar, şimdilik santrallerde saklanmakta ve ileri bir tarihte gömülmeyi beklemektedir. Nükleer atıkların tehlikesi, kurşun, civa veya arsenik gibi zehirli atıklara kıyasla daha azdır. Nükleer atıkların radyoaktivitesi, zamanla durduğu yerde azalırken, zehirli atıklar çevreye atıldıkları ilk günkü gibi kalırlar.

Normal işletme sırasında çevreyi hemen hiç kirlenmeyen nükleer santrallerin en korkulan yönü, bir kaza sonrasında çevreyi temizlenemez şekilde kirlenme olasılıklarıdır. Nükleer teknolojinin elli yıla yakın kullanım süresi içinde iki önemli reaktör kazası olmuştur. Bu iki kaza birbirinin çok benzeri olmasına rağmen sonuçları ve çevreye etkileri birbirinden son derece farklıdır. Güvenlik felsefesi önemsenen ülkelerin tasarımlarından biri olan Three Miles Island reaktöründe, tahmin edilen en büyük kaza gerçekleşmiş; fakat reaktör çalışanları dahil hiç kimse, öngörülen miktarlardan fazla radyoaktiviteye maruz kalmamıştır. Çok pahalı bir deney olarak kabul edilebilecek bu kaza sonunda nükleer reaktör güvenliği sınavdan geçmiş ve başarılı olmuştur. Diğer taraftan nükleer güvenlik felsefesine önem vermeyen, iyi tasarlanmamış bir nükleer reaktörün iyi işletilmemesinin sonuçlarının ne denli acı olduğunun kanıtı da Çernobil kazasıdır. Bu kaza, nükleer teknolojiden kaçan ülkelerin bile, istemedikleri halde nükleer kazaların zararlarına katlanmak zorunda olduklarının da bir göstergesidir. Nükleer reaktörlerin maliyetinin yüksek olması, bazı ülkelerin nükleer enerjiden uzak kalmalarının başka bir nedenidir.

Bir güç santralinden elde edilen elektriğin maliyeti, temel olarak o santralin inşaatı ve elektrik üretir hale gelmesi için, yapılması gereken yatırım maliyetini, ömrü boyunca santralin verimli çalışmasını sağlamaya yönelik işletme ve bakım giderlerini ve elektriğin üretiminde kullanılan yakıtın temini için gerekli yakıt maliyetini içerir. Bir santralin ekonomik olması için üretilen elektriğin satılması sonucu elde edilen gelirin, en azından maliyetini karşılaması ve ayrıca diğer elektrik üretimi seçeneklerine göre daha ucuz olması gerekir.

Elektrik maliyetine etki eden harcamalar değişik zaman dilimlerinde yapılmakta; oysa elektrik üretimi santralin ömrü boyunca gerçekleşmektedir. Enflasyonun olmadığı sabit bir para birimi ile, bir santralin tüm ömrü boyunca yapılan harcamaların bugünkü değerinin o santralde üretilen elektriğin bugünkü değerine oranı, bize ortalama bir elektrik maliyeti verecektir. Elektrik üreticisi, ürettiği elektriğin fiyatını bu ortalama maliyete eşit olarak seçerse, yaptığı tüm harcamaları, paranın bugünkü değeri göz önüne alınarak karşılayabilecektir. Bu maliyet, yaklaşık olarak aynı koşullarda çalışan sistemlerin karşılaştırılmasını da olası kılar.

Nükleer santraller genel olarak ilk yatırım maliyetleri yüksek, yakıt ve işletme giderleri düşük santrallerdir. Yatırım maliyetleri ise, elektrik maliyetinin yarısından fazlasına denk gelmektedir. Bir santral inşaatının başlangıcı ile devreye girmesi arasında tipik olarak altı ila sekiz yıl civarında bir süre geçmesi gerekmektedir. Nükleer santrallerden elde edilen elektriğin maliyetinin azaltılmasında en önemli iki etmen, inşaat süresinin gerekli standartlara uyularak azaltılması ve ilk yatırım maliyetinin düşürülmesidir.

Yakıt giderleri reaktör tipine göre değişmektedir. Bazı reaktörler zenginleştirilmiş yakıt kullanmakta; bazıları ise doğal uranyuma dayalı yakıtlar kullanmaktadır. Zenginleştirme, yakıt maliyetini artırır. Ayrıca kullanılmış yakıtların ne şekilde depolanacağı ve bunun tahmin edilen maliyeti de, yakıt maliyetini etkileyecektir. Fakat genel olarak yakıt giderlerinin toplam maliyet içerisindeki payı az olduğu için, bu etki o kadar büyük değildir. Yakıt giderlerinin toplam maliyet içerisindeki payının düşük olması nedeniyle gelecekte uranyum fiyatlarında veya zenginleştirme fiyatlarında olabilecek değişikliklerden üretilen elektriğin maliyeti pek etkilenmeyecektir. Yani bir nükleer santral bir kez



kurulduktan sonra ürettiği elektriğin maliyeti yaklaşık olarak sabit kalabilir. Toplam yakıt gideri ise reaktörde üretilen toplam enerji ile orantılı olacaktır. İşletme ve bakım giderleri doğal olarak reaktörden reaktöre değişmektedir, ayrıca reaktörün işletildiği ülkenin koşulları da etkili olmaktadır. Elektriğin maliyeti, toplam harcamaların bugünkü değerinin üretilen enerjinin bugünkü değerine oranıdır. Bir nükleer santralde işletme ve yakıt giderleri düşük olduğu için, o santral ne kadar çok çalışırsa üretilen enerjinin maliyeti de o kadar düşecektir. Bir santralin yük faktörü, belirli bir zamanda ürettiği enerjinin aynı zaman diliminde, tam kapasitede çalışarak üreteceği enerjiye oranıdır. Dolayısıyla nükleer santraller, büyük yük faktörleri ile çalıştıklarında daha ucuz elektrik üreteceklerdir.

Santralin ekonomik ömrü tamamlandıktan sonra sökülmesi için gerekli yatırım, genel olarak ilk yatırım maliyetlerinin içerisinde pay ayrılarak göz önüne alınır. Sökülme için gerekli maliyetin toplam elektrik maliyeti içerisindeki payı %1 civarındadır. 1000 MWe gücünde bir nükleer santralin ekonomik ömrünün sonunda sökülmesi için yaklaşık 100 milyon dolar civarında bir kaynak gerekmektedir. Bu kaynak, miktar olarak çok büyük olmasına karşın, bir nükleer santralin bir yılda ürettiği elektriği satarak elde edeceği gelirden daha azdır.

Şu ana kadar söz ettiğimiz maliyetler, belirli bir reaktör tipi ve çalışma koşulları göz önüne alındığında doğrudan tahmin edilebilen maliyetlerdir. Aslında bunlara ek olarak, gerek maliyetin niteliği gerekse de veri yokluğundan dolayı tahmin edilmesi oldukça zor olan maliyet bileşenleri vardır. Büyük bir kazanın maliyeti bunlara bir örnektir. Gerçekleşme olasılığı her yüz bin reaktör yılı işleyişte bir olan kazanın etkilerinin getirdiği maliyet, 200 milyar dolar civarında ise , reaktör başına bu maliyet yılda 2 milyon dolar civarındadır. Yani düşük olasılığa sahip böyle bir kazanın getirdiği bir yıllık mali risk, elektrik maliyetinin %1'i kadar olmaktadır. Three Mile Island kazasının yol açtığı dış etkilerin maliyetinin 26 milyon dolar, Çernobil kazasının toplam maliyetinin ise 14 milyar dolar dolayında olduğu tahmin edilmektedir.

Aşağıdaki şekillerde günümüzde çok kullanılan birkaç reaktörün devresi şematik olarak görülmektedir.

## 2. GÜNEŞ ve GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş ve çevresinde dolanan gezegenlerden oluşan güneş sistemi dünya için, temel bir enerji kaynağıdır. Özellikle, dünyada yaşayan canlılar vazgeçilmez bir kaynaktır. Bugün kullanılan çeşitli enerji kaynaklarına büyük kısmı, güneşin sebep olduğu olaylar sonucu ortaya çıkar. Günlük güneş enerjisi ile dünya aydınlatılabilmekte; yağışlar ile su döngüsü sağlanabilmekte ve en önemlisi de, fotosentez ile canlı yaşam sürdürülebilmektedir. Hayati önemdeki bu yıldızın endüstriyel manada enerji üretimi de mümkündür. Güneş yarıçapı 700.000 km (dünya yarıçapının yaklaşık 109 katı), kütlesi  $2 \times 10^{30}$  kg (dünya kütlelerinin yaklaşık 330.000 katı) olan bir yıldızdır. Güneş kendi ekseninde dönmektedir. Bu dönüş, güneş ekvator bölgesinde 24 günde, kutup bölgelerinde de 30 günde olmaktadır.

Güneşin merkezinde, temelde hidrojen çekirdeklerinin kaynaşmasıyla füzyon reaksiyonu meydana gelir. Güneşin merkezinde ve yaklaşık 15-16 milyon derecedir. Güneşin yaklaşık % 90'ı hidrojenidir. Güneşin korunda hidrojen çekirdekleri füzyon yaparak helyum çekirdekleri oluşmakta ve bu tepkimeler sonucu büyük bir enerji ortaya çıkmaktadır. Güneşin toplam ışıması  $3.8 \times 10^{26}$  J/saniye olduğundan, güneşte bir saniyede yaklaşık 600 milyon ton proton, yani hidrojen tüketilmektedir. Bu sayı ilk bakışta ürkütücü gibi gelse de, güneşin kütlesi ve bu kütleinin %90'ına yakın kısmının protonlar olduğu düşünülürse, güneşteki hidrojen yakıtının tüketilmesi için daha, yaklaşık 5 milyar yıllık bir süre olduğu ortaya çıkar. Bu yönüyle güneş, insanlık için tükenmez bir enerji kaynağıdır.

Dünyaya ulaşan güneş enerjisi, güneşin daha serin (yaklaşık 6000K) ve birkaç yüz kilometrelik dar bir bölgesinden gelmektedir. Bu bölge, düşük yoğunlukta (yaklaşık deniz yüzeyindeki hava yoğunluğunun  $10^{-4}$  katı) iyonlanmış gazlardan oluşur ve görünür ışığı pek geçirmeyen bir bölgedir. Bu bölgedeki atomlar, sıcaklıklarıyla orantılı olarak ışıma yaparlar ve böylece bu bölgenin ışımasına yol açarlar.

Dünya, güneşten yaklaşık 150 milyon km. uzakta bulunmaktadır. Dünya hem kendi çevresinde dönmekte, hem de güneş çevresinde eliptik bir yörüngede dönmektedir. Bu yönüyle, dünyaya güneşten gelen enerji hem günlük olarak değişmekte, hem de yıl boyunca değişmektedir. İlave olarak, Dünyanın kendi çevresindeki dönüş eksenini, güneş çevresindeki dolanma yörüngesi düzlemiyle  $23.5^\circ$  lik bir açı yaptığından, yeryüzüne düşen güneş şiddeti yörünge boyunca (yıl boyunca) değişmekte ve mevsimler de böylece oluşmaktadır.

Dünyaya, güneşten saniyede, yaklaşık  $4 \times 10^{26}$  J'lük enerji, ışınlarla gelmektedir. Güneşin saldıdığı toplam enerji göz önüne alındığında bu çok küçük bir kesirdir; ancak bu tutar. Dünyada insanoğlunun bugün için kullandığı toplam enerjinin 15-16 bin katıdır. Dünyaya gelen güneş enerjisi çeşitli dalga boylarındaki ışınlardan oluşur ve güneş-dünya arasını yaklaşık 8 dakikada aşarak dünyaya ulaşır. (ışınlarda saniyede 300.000 km'lik bir hızla, yani ışık hızıyla yol alırlar) Dünyanın dışına, yani havakürenin (atmosfer) dışına güneş ışınlarına dik bir metrekaare alana gelen güneş enerjisi, *Güneş Değişmezi (S)* olarak adlandırılır ve bunun değeri  $S=1373 \text{ W/m}^2$  dir. Bu değer, tanım gereği, yıl boyunca değişmez alınabilir. Çünkü her zaman, gelen güneş ışınlarına dik yüzey göz önüne alınmalıdır. Ancak, dünyanın güneş çevresindeki yörüngesi bir çember olmayıp bir elips olduğundan, yıl boyunca bu değerde %3.3 'lük bir değişim söz konusudur. Yeryüzüne bu enerjinin soğurma ve yansıma olaylarından dolayı  $832 \text{ W/m}^2$  lik kısmı ulaşır.

Güneş enerjisinin üstünlükleri şu şekilde sıralanabilir:

- Güneş enerjisi tükenmeyen bir enerji kaynağıdır.
- Güneş enerjisi, arı bir enerji türüdür. Gaz, duman, toz, karbon veya kükürt gibi zararlı maddeleri yoktur.

- Güneş, tüm dünya ülkelerinin yararlanabileceği bir enerji kaynağıdır. Bu sayede ülkelerin enerji açısından bağımlılıkları ortadan kalkacaktır.
- Güneş enerjisinin bir diğer özelliği, hiçbir ulaştırma harcaması olmaksızın her yerde sağlanabilmesidir.
- Güneşi az veya çok gören yerlerde biraz verim farkı olmakla birlikte, dağların tepelerinde vadiler ya da ovalarda da bu enerjiden yararlanmak mümkündür.
- Güneş enerjisi doğabilecek her türlü bunalımın etkisi dışındadır. Örneğin, ulaşım şebekelerinde yapacakları bir değişiklik bu enerji tümünü etkilemeyecektir.
- Güneş enerjisi hiçbir karmaşık teknoloji gerektirmemektedir. Hemen hemen bütün ülkeler, yerel sanayi kuruluşları sayesinde bu enerjiden kolaylıkla yararlanabilirler.

Bugünkü bu enerjinin karşılaştığı sorunlar ise şöyledir:

- Güneş enerjisinin yoğunluğu azdır ve sürekli değildir. İstenilen anda istenilen yoğunlukta bulunamayabilir.
- Güneş enerjisinden yararlanmak için yapılması gereken düzeneklerin yatırım giderleri bugünkü teknolojik aşamada yüksektir.
- Güneşten gelen enerji miktarı bizim isteğimize bağlı değildir ve kontrol edilemez.
- Bir çok kullanım alanının, enerji arzı ile talebi arasındaki zaman farkı ile karşılaşılmaktadır. Güneş enerjisinden elde edilen ışınım talebinin yoğun olduğu zamanlarda kullanılmak üzere depolanmasını gerektirir. Enerji depolaması ise birçok sorun yaratmaktadır.

## 2.1. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YARARLANMA ALANLARI

Güneş enerjisinden, ısı enerjisine dönüştürerek, elektrik enerjisine dönüştürerek yararlanılmaktadır. Yarı iletkenler kullanarak doğrudan elektrik üretimi de mümkündür. Isıya dönüştürerek yararlanma alanları sıcaklık sınırlarına göre üç bölüme ayrılır:

### A- Düşük Sıcaklıklarda:150 C' den düşük sıcaklıklar

- Kullanma suyunun ısıtılması
- Bina ısıtma ve havalandırma
- Tarım da ürün kurutma, seracılık
- Su damıtımı, tuz üretimi

### B- Orta Sıcaklıklarda:600 C' a kadar olan sıcaklıklar

- Sulama için su pompaları
- Küçük motorlar, güneş tencereleri
- Buhar jeneratörüyle elektrik üretimi

### C-Yüksek Sıcaklıklarda:600 C' nin üzeri sıcaklıklar

- Güneş fırınları
- Elektrik eldesi
- Madde araştırılması
- Egzotik maddeler yapımı, seramikler.

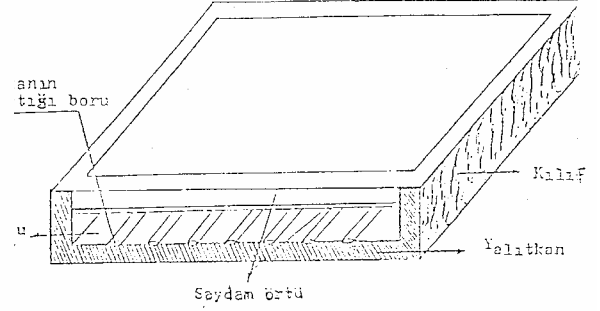
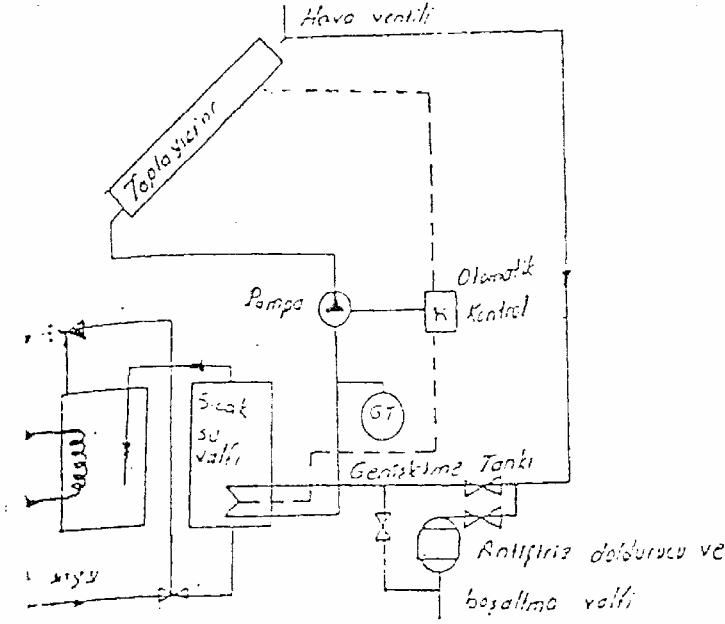
Isı enerjisi formunda kullanılan sistemler aktif ve pasif olarak ikiye ayrılır. İster pasif, ister aktif, ister basit, ister karmaşık olsunlar güneş enerjisinden yararlanmaya yönelik sistemlerde işlev yönünden ortak öğeler vardır. Bu öğeler şu şekilde sınıflandırabiliriz.

### Birincil öğeler:

1. Güneşten yeryüzüne gelen ışınım enerjisinin ısı enerjisine dönüştüren "TOPLAYICI"

2. Toplayıcıda elde edilen ısıyı depoya ulaştırın "TOPLAYICI DEVRESİ"
3. Enerjiyi güneşin olmadığı zamanlarda kullanabilmek için toplanan ısı depolandığı "ISI DEPOSU"
4. Depodan veya ek ısı kaynağından gelen ya da direkt toplayıcıdan gelen ısı enerjisini istenen yere ileterek yayan "KULLANICI DEVRESİ"
5. Güneşten depolanan enerjinin yeterli olmaması halinde devreye giren "EK (YARDIMCI) ISITICI"
6. Güneş enerjisi sistemin çalışmasını düzene sokan "KONTROL DÜZENİ" dirler.

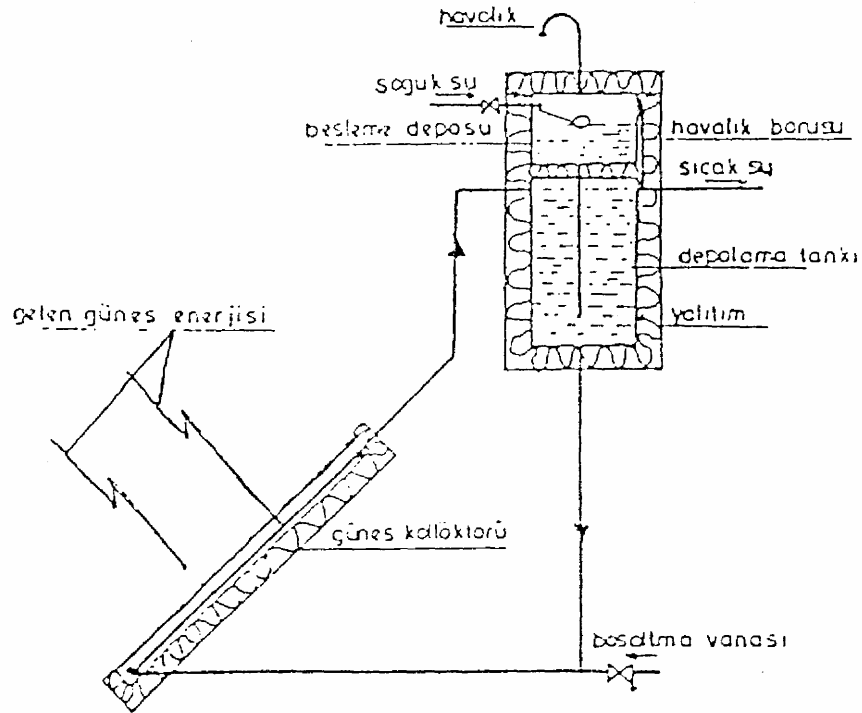
Güneş enerjisinden yararlanmada bu öğeleri içeren şekiller aşağıdaki şekilde görülmektedir.



**TOPLAYICILAR:** Güneş enerjisinin kullanılabilmesi için herşeyden önce toplanması gerekir. Bu toplama işlemi toplayıcı veya kollektör adını verdiğimiz düzenekler yardımıyla gerçekleştirilir. Üzerlerine düşen doğru, yaygın ve yansıtılmış güneş ışınlarına ısı enerjisine dönüştürülen toplayıcılar, çalışma sıcaklıklarına göre sınıflandırmada:

**Düzlemsel Toplayıcılar:** Güneş enerjisinin dönüştüğü alan ile yutucu levha alanının yaklaşık birbirine eşit olduğu toplayıcılardır. Maksimum 150 °C sıcaklık değerlerinde çalışırlar.

**Yoğun Toplayıcılar:** Geniş bir alana düşen güneş ışınlarını yansıtarak veya kırarak daha dar bir alanda yoğunlaştıran ve yutan toplayıcılara yoğun toplayıcı denir. Yoğun toplayıcılardaki sıcaklık, tiplerine ve ışınları yoğunlaştırma oranlarına göre 200C ile 1000 C arasında değişir.



Toplayıcı genel olarak sürekli güneş alan, özellikle yapıların güney cephesine bakan cepheye yerleştirilmelidir. Yerleşik toplayıcılarda tam güney veriminin en yüksek olduğu yöndür. Ancak bu kural bazı esneklikler gösterir. Örneğin, gün içinde güneşlenme süresi bölgede öğle saatlerine göre simetri göstermiyorsa, bazı doğal ya da yapay engeller toplayıcıya belirli saatlerde gölge yapıyorsa, güneş ışınımının en fazla olduğu yönde dik ışınım alacak şekilde yönlendirilmesi gerekir. Hareketli toplayıcılarda güneş ışınımının dik konumunu korumak amacıyla güneşin hareketine uygun hareket verilir. Bir toplayıcının eğimi, güneş ışınımından en fazla yararlanabilecek konumda olmalıdır. Bulunulan yerin coğrafi enlemi, toplayıcının sisteme ısı enerji si sağlama amacı (ısıtma, soğutma, sıcak eldesi...), çevreden yansıma olup olmaması (kar kaplı yamaç) gibi faktörler eğimi belirlerler. Kural olarak toplayıcılar onlardan tüm yıl boyunca yararlanılacaksa enlem açısına eşit bir eğimle, yazın yararlanılacaksa enlem açısından 10 C derece eksik bir eğimle, kışın yararlanılacaksa enlem açısından 10C fazla bir eğimle yerleştirilir.

**Toplayıcı Devresi:** Toplayıcıda elde edilen ısıyı, ısı deposuna götüren kısımdır. Isı transfer akışkanı, bunu hareket ettiren pompa, vantilatör ayrıca boru ve vanaları içerir. Toplayıcı devresindeki akışkana göre havalı veya sıvılı sistemlerden söz edilebilir. Toplayıcı devresinde dolaşan akışkan ısının depolama maddesi ile aynı madde olabileceği gibi depo maddesinden ayrı bir madde de olabilir. Bu durumda toplayıcı devresi ile depo arasında bir ısı eşanjörü kullanmak gerekir.

**Isı Deposu:** Güneş enerjisinden faydalanmak amacıyla kurulan sistemlerin en önemli sorunu ısının depolanmasıdır. Güneş ışınlarının kullanılacağı yere her zaman aynı miktarda gelmemesi kesintili olarak gelmesi, geceleri güneşten hiç yararlanılamaması, kış aylarında ve kapalı havalarda gelen güneş enerjisinin daha az olması doğaldır. O halde enerjinin gereksiniminden fazla olduğu zamanlarda depolanıp saklanması, gereksinimden az olduğu zamanlarda da ısının kullanıcıya depodan yollanması gerekir. Isı şu şekillerde depolanır:

- A. Duyulur Isı Halinde Depolama: Prensip, sıvı veya katı bir maddeyi ısıtıp daha sonra kullanım için soğutarak depo edilen enerjiyi tekrar geri almaktır. Bu çeşit depolamada amaç, mümkün olduğunca fazla enerjiyi mümkün olduğu kadar küçük hacimde depolamaktır. Böylece hem depo ucuz mal olur, hem de ısı kayıpları azalır. Suyun termik açıdan çok uygun olması her yerde bulunabilir olması, çoğu kez hem toplama hem de kullanma devresinde kullanılabilir olması gibi nedenlerle sıvı deney malzemeleri için en uygun malzeme sudur. Ancak suyun 0C 'de donması veya 100 C' de kaynaması onun kullanım alanını sınırlamaktadır. Havalı sistemlerde ise genellikle depo malzemesi olarak kaya-toprak veya beton kullanılır. Her yerde bulunabilir olması 100 °C 'nin üzerinde ve 0 °C 'nin altında depolayabilme özellikleri bakımından avantajlıdır. Havalı toplayıcılarda kullanılan ısı deposunun hacminde her m<sup>2</sup> toplayıcı alanı için 0,15-0,35 m<sup>3</sup> çakıl olmalıdır. Çakıl taşlarının büyüklükleri 1-3 cm ve çakıl taşları boyunca havanın alacağı yolda 1,25-2,5 m olmalıdır.
- B. Gizli ısı ile depolama: Prensip, bir maddenin fazının değiştirilerek ısının depolanmasıdır. Bir maddenin 1 kg'ını ergetmek için gerekli ısı onun 1 kg'ını 1C ısıtmak için gerekli ısıdan daha büyük olduğundan, gaz değişimleri esnasında hacimde depolanabilecek enerji miktarı daha yüksektir. Isı sabit sıcaklıkta depolandığından, her zaman aynı sıcaklıkta sıcak su elde edilebilir. Ayrıca depo hacmi küçük olduğundan ısı kayıpları daha azdır. Ancak faz değişimi esnasındaki hacim değişikliğini göz önünde tutmak gerekir. Ayrıca ergime ve donma esnasında aşırı ısınma ve soğuma gözlenmektedir. Bunlar gizli ısı depolama yönteminin sakıncalarıdır.
- C. Kimyasal tepkime ile: Prensip, tersinir bir endotermik reaksiyon oluşturularak dışardan ısı almaz. Tepkime ters yönde sürdürülerek çevreye ısı verilebilir. Tuzlardan sulu eriyiklerde yapılarak ısı depolanabilir. Tuzlar suda erirken ısı alırlar ve sıcaklıkları arttıkça depolamak istenirse o kadar ısıda fazla miktarda depolanabilmektedir. Ancak bu maddelerin korozyif olması sorun yaratmaktadır.

**Kullanıcı Devresi:** Toplanan ısının kullanıcıya ulaşmasını sağlayan kısımdır. Kullanıcı devresi ögesinin yeri aktif sistemlerde genellikle alışımlı merkezi ısıtma ve soğutma sistemleri gibidir. Boru ve kanallar bodruma, çatı arasına, döşeme altına yerleştirilebilir. Kullanıcı devresi, direkt depodaki akışkanı alarak kullanıcıya iletebileceği gibi akışkandaki ısıyı, bir ısı değiştirgeci devresi gibi çalışarak ısı deposundan alabilir. Kullanıcı devresi de, pompa, vantilatör, borular, vana ve ek ısıtıcı gibi düzenleri içerir.

**Ek Isıtıcı:** Ek ısıtıcı, güneş enerjisi sisteminin toplayıcılarından ya da ısı deposundan yeterli düzeyde ısı enerjisi elde edilemediği zamanlar devreye giren ünitesidir. Ek enerji ünitesi gerekli ısı enerjisini katı, sıvı, gaz yakıtlardan ya da elektrik enerjisinden üretir. Ek ısıtıcı kullanıcı devresine seri olarak da bağlanabilir. Ek ısıtıcı depodan gelen yeterli sıcaklığa ulaşmamış akışkanı istenen sıcaklığa çıkartarak kullanıcıya verir. Seri bağlı ek ısıtıcılar başlangıç sıcaklığı düşük olan ısıtıcılarda ve açık sistemlerde kullanılır. Ek ısıtıcı ünitesinin devreye paralel bağlanması durumunda ise sistemin ya güneş enerjisi ile ya da ısıtıcı ile tamamen kendi başına çalışması öngörülmektedir. Kapalı devreli güneş enerjisi sistemlerinde paralel ek ısıtıcı kullanılır.

**Kontrol Düzeni:** Güneş enerjisi sistemlerinin bu ögesi sistemin çalışmasını düzene sokan “duyum, değerlendirme ve karşılama” işlevlerini yerine getirir. Elle kumandalı basit sistemler ile tümüyle otomatik kumanda ile çalışan sistemler vardır. Elle kumandalı pompalı sistemlere karşı, otomatik kumandalı sistemlerin, yüksek sistem verimi, dolaşım pompalarının ömrünü uzatması, toplayıcılarda kireçlenmenin önlenmesi gibi önemli avantajları ve kullanım rahatlığı nedeniyle otomatik kontrol kullanıp bu da fark (diferansiyel) termostadı ile sağlanır. Fark termostadı, depoda bulunan akışkanın sıcaklığı ile kollektörden çıkan akışkanın sıcaklığını aynı anda ölçer ve karşılaştırır. Eğer sıcaklık farkı belirlenen farktan (örneğin 5 C) fazla ise pompaya çalışma kumandası verilir. Fark belli bir değerin altına inince (örneğin 2 C), pompalara bu defa durma kumandası verilir.

## 2.2. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YARARLANARAK KONUT ISITILMASI

Güneş enerjisinden düşük sıcaklıkta diğer bir yararlanma alanı konut ısıtılmasıdır. Konut ısıtılması için büyük ölçüde enerji sarf edildiğinden bu konuda güneş enerjisinden yararlanılarak önemli miktarda enerji tasarrufu sağlanması beklenmektedir. Bunun da bilhassa hava şartlarına, ısıtılacak alanın büyüklüğüne ve ısı kayıplarına bağlı olduğu unutulmamalıdır. Konutların bir ek ısı kaynağı kullanmadan yalnızca güneş enerjisi ile ısıtılması bugünkü koşullarda ekonomik olamamaktadır.

Konut ısıtılmasında gerekli ısı miktarı, sıcak su eldesine oranla çok daha fazladır. Bu nedenle bu konu da güneş enerjisinden yararlanılmak istenirse fazla yatırım yapmak gereklidir. Yatırım giderlerini düşürmek için konutun çok iyi yalıtılmış olması gerekir. İyi yalıtılmamış bir konutta güneş enerjisinin kullanılma şansı çok azdır. Bugünkü konutlar 50, 60, 70, 90 C’ de su ile ısıtılmaktadır, bu sıcaklıklarda düzlemsel toplayıcılar için sınır değerlerdir. Düşük sıcaklıkta ısıtmanın yapıldığı döşemeden ısıtma da güneş enerjisinden daha verimli olarak yararlanılmaktadır. Enerji arzı ile talebi arasındaki zaman farkı güneş enerjisinin yoğun olduğu zamanlar sonradan kullanmak için depolanmasını gerektirir. Enerji depolaması ise daha önce anlatıldığı gibi birçok sorunlar yaratmaktadır. Konut tasarımında güneş enerjisinden yararlanarak ısıtma prensibi pasif ve aktif ısıtma sistemleri olarak iki ana yönde gelişmektedir.

**PASİF SİSTEMLE ISITMA:** Güneş ışınlarını doğrudan konuta kabul ederek, ısınma sağlayan düzenlerdir. Pasif olarak ısınma prensibinde konutun kendi toplayıcı olarak kullanılıp, mekanik hiçbir aksam kullanılmaz. Bunun için pasif sistemlerle güneş enerjisinden ancak kontrolsüz olarak yararlanılabilir. Pasif sistemle güneş enerjisinden yararlanma da, konutun güneşe yönelmesi, biçimi ve diğer yapılar tarafından gölgelenmemesi gibi sorunları konutun tasarımı ve inşası yapılırken dikkate



alınıp çözümlenmesi gerekir. Pasif sistemler içinde en yaygın olanı ve tercih edilen uygulaması Trombe duvarıdır. Bu duvarda normal duvarın biraz önüne çift camlı bir duvar daha yapılır. Normal duvar siyah renkli olup, cam ve duvar arasında hava sirkülasyonu meydana gelecek kadar boşluk bulunur. Asıl duvarın alt ve üst kısımlarında odaya açılan kanallar vasıtasıyla sirkülasyonla oda havası ısıtılır. Kanallar güneşi olmadığı vakitte kapatılarak dışarıya karşı izolasyon sağlanır.

**AKTİF SİSTEMLE ISITMA:** Aktif sistemlerle güneş enerjisinden yararlanma da enerjiyi toplamak için bilinen konut elemanları dışında bir mekanik sistemden yararlanır. Kollektörlerde ısıtılan hava veya su klasik kalorifer sisteminde dolaştırılarak kapalı alanlar ısıtılır. Daha önce tariflenen kollektör sistemi normal kalorifer sisteminde kazan yerini alır. Güneş enerji sistemi normal ısıtma sistemi ile seri veya paralel bağlanabilir. Hatta güneşten akışkan vasıtasıyla alınan ısı duvar ve beton yapı içerisinde borular vasıtasıyla dolaştırılarak duvar ve betona depolama yapılabilir.

### 2.3. GÜNEŞ ENERJİSİ İLE KURUTMA

Kurutma herhangi bir maddenin içerdiği nemin uzaklaştırılmasıdır. Kurutma işleminden nemin buharlaştırılması için gereken ısı, kurutulacak malzemeyi sıcak gazlarla doğrudan temas ettirerek taşınım veya ışınımla sağlanabileceği gibi kurutulacak malzemeyle temas olan bir katı yüzeyden iletimle de transfer edilebilir.

Kurutma, özellikle gıda, kimya, seramik, kağıt, tekstil ve deri sanayilerinin temel işlemlerinden biridir. Gıda endüstrisinde kurutma ile meyve ve sebzelerin besin değerlerini kaybetmeden uzun süre saklanabilmesi ve korunabilmesi amaçlanmaktadır. Bu nedenle kurutulan gıda maddesinin besin değeri azalmamalı, görüntüsü güzel, tadı hoş ve çığnenmesi kolay olmalıdır. Kurutma ile besin maddesindeki su yüzdesi azaltılarak meyve asidi, aminoasidi gibi zararlı enzimlerin faaliyeti de durdurulmaktadır.

Güneş enerjisiyle kurutmada ısı kurutulacak malzemeyi direkt radyasyonu etkisinde bırakarak veya güneşle ısıtılan havayı doğal veya zorlanmış dolaşım ile malzeme üzerinden veya içinden geçirerek sağlanır. Bu sistemlerde güneş ışınımının yanı sıra dış hava sıcaklığı bağıl nem ve hava dolaşımı da göz önüne alınarak özel bir hacimde kurutma yapılmaktadır. Güneşli kurutucular açık havada yapılan kurutmanın belli başlı mahzurlarını telafi etmektedir. Bu kurutucular yalnız başlarına kullanılabildikleri gibi fosil yakıtlı sistemlerle birlikte de kullanılabilmektedir.

Güneş altında doğal olarak kurutma uygulamalarında, kuruma süresi uzun olabilmekte ve proses kontrol edilememektedir. Ayrıca bozuk hava şartlarında böcek, küf ve kuşlardan dolayı kurutulan ürünün kalitesi düşmektedir. Güneş enerjili kurutma sistemlerinin güneşte doğal kurutmaya göre avantajları aşağıda sıralanmaktadır.

1. Kurutulacak ürün tozlanma, zararlı böcekler ve yağmur gibi dış etkenlerden korunabilmektedir.
2. Kurutulacak ürünün, düzgün yerleştirme ve yeterli hava sirkülasyonu ile homojen kurutulması sağlanabilmektedir.
3. Kurutma havası, ürünün zarar görmeyeceği en yüksek sıcaklığa kadar ısıtılabilir.
4. Kurutma ortamına hava giriş ve çıkış debileri ile kurutma hızları kontrol edilebilmektedir.

### 2.4. GÜNEŞ ENERJİSİ İLE DAMITMA

Deniz suyundan tatlı su üretiminde faydalanılan konvansiyel sistemlerin enerji işletme maliyetlerinin yüksek oluşu, hava kirliliğine yol açmaları, pahalı ve hassas cihazlar kullanma zorunluluğu gibi olumsuz yönleri vardır. Deniz suyunun içilebilir hale getirilmesinde güneş enerjisinin kullanılması yukarıda sayılan olumsuzlukları ortadan kaldırmaktadır. Deniz suyundan tatlı su üretiminde iki temel yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi suyu çözültiden ayıran buharlaştırma, dondurma,

kristalleşme ve filtreleme, ikincisi ise suyu çözültiden ayıran elektrodializ, ekstraksiyon, iyon değişimi ve difüzyon sistemleridir.

Güneş enerjisi ile suyun damıtılmasında yaygın olarak kullanılan basit sera tipi damıtıcıda tuzlu suyun bulunduğu bölüm güneş ışığının absorplaması için tabanı siyaha boyanır. Üstte ise hava sızdırmaz geçirgen bir kapak mevcuttur. Cam kapak, toplama kanalına doğru eğimlidir. Cam kapaktan geçen güneş ışınları, su ve siyah tabaka tarafından yutulur. Bu enerji, tabandaki tuzlu suyu ısıtır ve bir kısım tuzlu buharlaşmasına neden olur. Su yüzeyine yakın yerlerde nem artar, dolayısıyla kapalı sistemde konveksiyon akımları oluşur. Daha ılık nemli hava, daha soğuk cama doğru yükselir, burada su buharının bir kısmı cam yüzeyinde yoğunlaşır, aşağıya doğru kayarak toplama kabına damlar ve temiz su alınır. Damıtıcıdaki soğuk su güneş radyasyonuna bağlı olarak ısınır. Su sıcaklığı yükseldikçe damıtma işlemi hızlanır. Öğleden sonra maksimum değere ulaşarak, su sıcaklığı taban sıcaklığına eşit oluncaya kadar devam eder. Damıtma gün boyunca yavaş yavaş ilerlemesine rağmen, güneş batımından sonra (çevre sıcaklığının düşmesine bağlı olarak cam sıcaklığının da düşmesiyle) artar. Suda depolanmış ısı gece boyunca damıtma işleminin devamına sebep olur.

## 2.5. GÜNEŞ ENERJİSİ İLE PIŞIRME

Güneş ocakları, dünyada güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan Hindistan, Pakistan ve Çin gibi ülkelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Çin’de bugün 400.000. ‘den gazla güneş ocağı kullanılmaktadır. Güneş ocaklarının; yüksek maliyet, gereken ısının depolanmaması, güneş ışınımının düşük olduğu saatlerde kullanılmaması gibi dezavantajları vardır. Çok sayıda güneşli ocak tipi geliştirilmiştir. Daha çok gelişmekte olan ülkelerdeki araştırmacılar tarafından geliştirilen modeller ticari olarak da kullanım potansiyeli bulmuştur. Ayrıca kamplarda ve pikniklerde kullanılmak üzere katlanabilir, yansıtıcı, kolay taşınabilir yapıda güneş ocakları geliştirilmektedir.

Isı kutulu güneş ocağı birkaç tabakalı cam veya geçirgen örtü ile yalıtılmış bir kaptır. Bu tip ocaklarda sera etkisinden yararlanır. Burada geçirgen örtü kısa dalga boylu güneş ışınımının geçişine izin verirken, iç ortamdaki düşük sıcaklıktaki maddelerin yaydığı uzun dalga boylu ışınların geçişine izin vermez. Ayrıca pişirme hacmi üzerine gelen güneş ışınımını artırmak için aynalar kullanılabilir.

Parabolik yansıtıcı güneş ocaklarında ise pişirilecek malzeme yoğunlaştırıcının odak noktasına yerleştirilir. Bu tip sistemler günün büyük bir kısmında verimlidir, çünkü güneşin hareketini takip etmek için yönlendirilebilirler. Fakat açıkta çalışmaları için rüzgarın konveksiyonundan dolayı büyük ısı kayıpları meydana gelebilir.

## 2.6. GÜNEŞ ENERJİSİ İLE SOĞUTMA

Soğutmaya ihtiyaç duyulan mevsimde güneş enerjisinin bol olması, bu kaynağın soğutma amacıyla kullanılmasını cazip kılmaktadır. Soğutma hem sıcaklığın konforunu sağlamak, hem de gıda maddeleri gibi dayanımı az olan maddelerin depolanması için gereklidir. Güneş enerjisi ile soğutma, son yıllarda araştırması yapılan güneş enerjisi uygulamalarının içinde önemli bir yer tutmaktadır.

Soğutma işlemleri için güneş enerjisi; Rankine çevrimli mekanik buhar türbinli sistem, absorpsiyonlu sistem, termoelektrik sistem, adsorpsiyonlu sistem, Brayton çevrimli mekanik sistem, gece ışınım etkili sistemler ile fotovoltaik ünitelerde enerji kaynağı olarak kullanılabilir.

Bu sistemler içinde absorpsiyonlu soğutma sistemi, düşük sıcaklık uygulamaları için en uygun olanıdır. Kapasite kontrolünün basitliği, yapım kolaylığı ve performans katsayısının yüksekliği, absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin avantajlarıdır. Termoelektrik soğutma sisteminde, kullanılan güneş enerjisi hücrelerinin aşırı pahalı olması nedeniyle bugün için kullanımı düşünülmemektedir. Ancak uzun ve ulaşılmaz yerlerde kullanımı yine de bir çözüm sayılmaktadır. Enjektörlü soğutma

sistemi ise ekonomik nedenler ve düşük buharlaştırıcı sıcaklıklarının sağlanmamasından dolayı diğer sistemlere göre daha az avantajlı sayılmaktadır. Adsorbsiyonlu sistem, evaporatif soğutma ile bazı nem alma maddeleri tarafından havanın neminin giderilmesi işleminden oluşmaktadır. Düşük sıcaklıklarının elde edilmesi ve ekonomik olmaması nedeniyle çok sınırlı olarak klima uygulamaları için kullanılmaktadır. Brayton çevrimli mekanik sistem, ekonomik olmaması düşük performans katsayısı ve sistem karmaşıklığı gibi dezavantajlar göstermektedir. ayrıca gece ışınım etkili sistem, güneş enerjisi elemanları kullanılan bu sistemde soğutma, ışınım ile ısı transferi yoluyla gece gökyüzüne enerji kaybedilmesi şeklinde oluşmaktadır. Bu sistemde düşük sıcaklıkların elde edilmemesi ve uygun meteorolojik koşullar gerektirmesi nedeniyle tercih edilmemektedir.

Güneş enerjili soğutma sistemi tasarımında, meteorolojik değerler etkili olmaktadır. Bu nedenle, sistemin tamamen güneş enerjisine bağımlı olarak tasarlanması durumunda ısı depolanması gerekmektedir.

Güneş enerjili absorpsiyonlu sistemlerde; Amonyak-Su ve LityumBromür-Su akışkan çiftleri başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Amonyak-Su kombinasyonlu absorpsiyonlu sistem gıdaların soğukta saklanmasında gerekli olan düşük sıcaklıklar için oldukça elverişli olmaktadır. Aynı zamanda ucuz ve ticari olarak kullanılabilir. LityumBromür-Su kombinasyonu ise hava şartlandırma uygulamaları için uygun olmaktadır. Absorpsiyonlu soğutma çevriminde, soğutucu akışkan ve soğutucu akışkan gazını absorblayan sıvı akışkan (absorbent) bulunur. Şekil 6-13' de görüldüğü gibi güneş enerjili absorpsiyonlu soğutma sistemi; generatör, absorber, evaporatör, kondenser gibi dört ana elemanın yanında eriyik pompası, genleşme ve kısma vanasından oluşmaktadır. Absorberde bulunan çözelit, bir sıvı pompası ile basılandırılarak generatöre gönderilir. Güneş enerjisinden sağlanan ısı ile soğutucu akışkan absorbentten ayrılır. Generatöre ısı verilerek karışımdan ayrılan soğutucu geçer. Sıvı haldeki soğutucu akışkanın basıncı düşürülerek evaporatöre gönderilir. Burada basıncı düşen soğutucu akışkan ortam ısını alarak buhar haline geçer ve absorbere ulaşır.

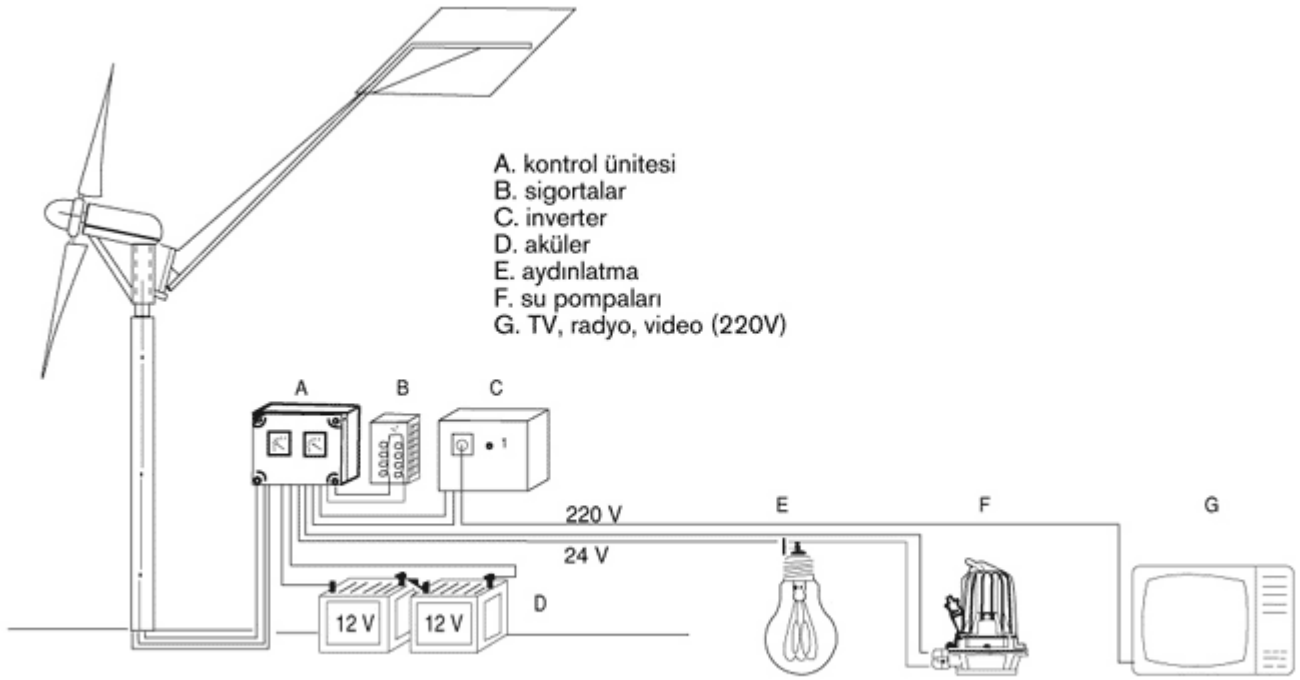
## **2.7. GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ELEKTRİK ÜRETİMİ: GÜNEŞ PİLİ**

Güneş pilleri, güneş enerjisini doğrudan doğruya elektrik enerjisine dönüştüren, yarı iletken sistemlerdir. Güneş pillerinin ömürleri ve güç yoğunlukları oldukça yüksektir. Genel olarak 2 elektrottan meydana gelir. Bu elektrotların biri üzerine güneş düştüğü zaman bir potansiyel fark oluşur. Elektrik bir elektron akımı olduğu için, güneş ışınları çarptığı elektronun potansiyelini ve elektron düzenini değiştirerek elektrik akımına neden olur. Genellikle silisyum en temel malzeme olarak kullanılır. Bu pillerin verimi %15 civarındadır. İmalatları çok kolay olup verimleri sıcaklığa bağlı değildir. En temel problem maliyetlerin yüksek olması ve bir depolama sisteminin gerekliliğidir. Özellikle, elektrik sebekesine çok uzak köylerde, tv istasyonlarında ve uydularda uygundur.

## **3. RÜZGAR ENERJİSİ**

Yenilenebilir bir enerji türü olan rüzgar, eski çağlardan beri kullanılmaktadır. Endüstriyel manada kullanımı ise araştırılmaya devam edilmektedir. Bu amaçla, hareketli havanın bünyesindeki kinetik enerji bir eksen etrafında dönen kanatlar vasıtasıyla mekanik enerjiye dönüştürülmektedir. Temiz ve diğer enerji türlerine kolayca çevrilebilmeleri avantajları, zamana göre düzensiz ve yoğunluğunun az olması dezavantajlarıdır. Rüzgar enerjisinin elde edilmesi ve nerelerde kullanıldığı veya hangi enerji türlerine dönüştürüldüğü takip eden şekilde görülmektedir. Genelde, rüzgar kinetiği bir mil üzerinde kanatlar vasıtasıyla dönel harekete çevrilir. Bu mil bir pompayı tahrik eder. Pompa da kuyudaki suyu daha yüksek bir depoya basar. Böylece depoda rüzgar enerjisi suyun potansiyel enerjisi olarak çevrilmiş olur. Sulama veya kullanım amaçlı böyle bir sistem pompa veya kompresör gücünün tasarruf edilmesini sağlayacaktır. Diğer bir kullanım şeklide dönen mil ucuna bir dinamo veya jeneratör bağlayarak direkt AC veya DC formunda elektrik üretmektir. Üretilen elektrik bir akünün sarj işlemiyle kullanılarak depolanır. Akü ise ev araçları ve diğer cihazlar için elektrik kaynağı

olacaktır. Hatta üretilen elektrik suyun elektroliz işlemine kullanılarak hidrojen (H) üretiminde kullanılabilir. Üretilen hidrojen ise depolanır. Eğer dönen mil ucuna bir kompresör bağlanırsa bir tanka gaz basılabilir. Böylece enerji gaz üzerinde basınç potansiyeli şeklinde depolanmış olur.



Rüzgar enerjisi santrallerinde, yer seçimi en önemli parametredir. İklim ve jeolojik yapı diğer önemli parametrelerdir. Q debisine sahip bir V hızındaki rüzgarın gücü

$$P = \frac{1}{2} QV^2$$

olarak belirlenir. Kütleli debi  $Q = \rho AV$  olarak yerine yazılırsa

$$P = \frac{1}{2} \rho AV^3$$

elde edilir. Bu denklem rüzgar enerjisinin hızın kübüyle ve hız doğrultusuna dik A yüzeyi ile doğru orantılı olduğunu göstermektedir. Bu denklem rüzgar hızının mümkün olduğunca büyük olmasının önemini göstermektedir. Hız 2 kat artarsa enerji 8 kat artacaktır. Hareket kinetiğinin mekanik sistemlerde sürtünmeyle ve dönen parçaların dengesizliği ile bir miktar enerji kaybolacağı için rüzgar santrallerinin kurulacağı yerin sahip olacağı rüzgar hızının asgari bir değeri olacaktır. Rüzgar hızı zamanla değişim göstereceğinden günlük veya haftalık ortalama değerin enerji kayıplarının üzerinde olması gerekir. Rüzgar türbinleri, rüzgar kinetiğini mekanik dönel harekete çeviren cihazlardır. Genel olarak yatay eksenli rüzgar türbinleri ve düşey eksenli rüzgar türbinleri olarak iki gruba ayrılır.

### Yatay Eksenli Türbinler:

Bu tip makinelerin rotorları, maksimum enerjiyi tutabilmek için rüzgar akışına dik olarak durmaktadır. Rüzgarı önden alan sistemlerde klavuz kuyruk vasıtasıyla, rotor ve kanatlar tam rüzgara gelecek şekilde yönlendirilir. Bahsedilen makinenin basit şematığı ve bir uygulama resmi ve değişik rüzgar türbinleri aşağıdaki şekillerde görülmektedir. Kanat sayısı genelde bir rezonansa sebep olmamak için tek sayıda alınır. Genelde düşük rüzgar hızlarında da enerji üretebilmek için 3 alınır. Çok kanatlı değişik modellerde mevcuttur. Çok kanatlılar düşük hızlı, az kanatlılar ise yüksek hızlı türbinler olarak bilinir.



## **DüŖey Eksenli Rüzgar Türbinleri :**

Bu türbinlerin en büyük avantajı rüzgarı her yönde alabilmesidir. Yatay eksenlilerde olduğu gibi hareket belirli bir açıyla düŖey mile aktarılmamaktadır. Dolayısıyla hız yükseltme kutusu ve diğer aksamlar toprak seviyesinde olabilir. Değişik kanat yapılarına sahip türbinler için basit şekiller aşağıda verilmiştir. Genelde rüzgarın dolduracağı oval cepli yapılar kullanılır. Yatay eksenli türbinlerde havanın kanat üzerinde akıp gideceği bir form düşünölmüştü.

Rüzgar türbininin kurulacağı bir yer için Ŗu kriterlere bakılmalıdır.

1. Enerjiyi kullanacak birimin (köy, konut, çiftlik...) büyüklüğu
2. Mevcut enerji kaynaklarına veya inter-konnekte Ŗebekeye uzaklığı
3. Yörenin rüzgar potansiyeli
4. Enerjiyi kullancak kişi ve bölgelerin gelecek için enerji ihtiyaçları
5. Rüzgar enerjisini destekleyecek diğer kaynak potansiyelinin varlığı

Rüzgar santralinin yeri seçilirken, önünde rüzgara engel olacak bir engel ve yapı olmamasına dikkat edilmelidir. Bu amaçla yerden 20-30 m , çevre engellerde de 10 m yüksekliğe yerleştirilmelidir. Endüstriyel manada bir rüzgar santrali düşünölüyorsa, rüzgar çiftlikleri kurulmalıdır. Bu durumda genişce bir saha kapatılmalıdır. Türbinler dönen büyük parçalara sahip olduğu için yasak bölge uygulaması getirilmelidir. Türkiye, özellikle marmara ve güneydoğu anadolu bölgelerinde yüksek bir rüzgar potansiyeline sahiptir. Buradaki ortalama rüzgar hızları 3 m/sn nin üzerindedir. Diğer bölgelerde çok lokal potansiyel mevcuttur. Dolayısıyla bahsedilen bölgeler haricinde endüstriyel elektrik üreten rüzgar çiftlikleri mümkün değildir. Bununla birlikte, Türkiye'nin rüzgar potansiyeli 83 GW olarak hesaplanmıştır. Bu kurulu gücün 3 katına eşdeğerdir.

## **4. DALGA ENERJİSİ**

Med-cezir enerjisinde faydalanmak ideal bir fikirdir. Suyun kabarması ve inmesi şeklinde gelişen gelgit hareketi süresince suyun hareket enerjisinin faydalı amaçlar için kullanımı mümkündür. Çok önceleri Med değirmenleri ismi verilen ve eski vapurların kepçe çarklarına benzeyen sistemler ile değirmen yapılmıştır. Değirmen denizin üstünde olup çarkın alt kısmı suya dalmaktadır. Dalan çark



kısmı gelip giden suyun zorlamasıyla itilmekte ve dönme hareketi elde edilmektedir. Dalga enerjisi tüm dünya için 3000 GW lık bir potansiyele sahiptir. Bununla birlikte bunun ancak 64 GW lık kısmı kullanılabilir durumdadır. Bu Türkiye'nin bugünkü elektrik enerjisi üretiminin 3 katına tekabül etmektedir. Med cezir olayı yerin ve ayın çekimi arasında suyun denge sağlamasından ileri gelmektedir. Sadece dünyanın aya bakan yüzünde değil, diğer yüzündede meydana gelir. Genellikle her 12 saat 25 dakikada bir med-cezir meydana gelir. Hergün bir önceki günden 50 dakika sonra meydana gelir. Yaklaşık 6 saatte yükselme ve takip eden 6 saatte de çekilme süreci meydana gelir. Deniz veya okyanusun sahil şekli ve derinliği önemlidir. Limana yaklaşan gemiler üzerinde çok etkili olduğundan her sahilin med-cezir haritası belirlenmiştir.

Med-cezir enerjisini alabilmek için koy formundaki sahile bir baraj yapılmalıdır. Med esnasında su baraj üzerindeki türbinlerden geçerek baraja dolar. Cezir süresince barajdan yine türbinler üzerinden geçerek denize döner. Burada med-cezir enerjisinin %8-25 i faydalı hale dönüştürülebilir. Med-cezir santrali mevsim değişikliklerinden etkilenmez. Med-cezir vasıtasıyla enerjinin daha verimli elde edilebilmesi için sahillerin okyanusa açık olmalıdır. Bu manada bu enerji Türkiye açısından kullanışlı olmayacaktır. Okyanusa sahili olan Fransa 18 km lik sahilden 6000 MW lık bir enerji üretim projesi üzerinde çalışmaktadır.

## 5. DOĞAL GAZ

Daha kolay ve ucuz olan, ulusal imkanlarla karşılaşılan enerji ihtiyacı, giderek daha riskli, problemli ve kirlenici olması nedeniyle milletler düzeyinde hatta konsorsiyomlarla en üst seviyede, enerji ihtiyacı incelenir hale gelmiştir. Bu yaklaşımla, dünyanın belli yörelerinde olan doğalgazın diğer insan topluluklarına ulaştırılması ancak gelişen teknoloji ve modern işletme teknikleri ile mümkün olmuştur.

Şimdilerde doğalgazın insanlık hizmetine sunulmasında en büyük engel, tarihsel etkileşimler, kültürel ve jeopolitik konumdan gelen siyasetler yüzündendir. Halbuki doğalgaz iletim; matematiksel ve fizibilite raporları ile ekonomik olarak geçeceği güzergahlar belli iken, milletlerin üstünlük kurma hegemonyaları yüzünden insanlığın yararına sunulması işi uzatmakta, bazen de engellemektedir.

Dünyada bulunan bu doğalgaz nimetinden iyi istifade için gerekli teknolojiye ulaşılmıştır. Anlaşarak milletler tarafından işbirliğine gidilirse daha iyi yaşanabilir huzurlu bir dünya oluşumuna yardımcı olunur.

## 5.1.DOĞALGAZIN TARİHÇESİ, ÖZELLİKLERİ VE GENEL BİLGİLER

En eski dökümanlarda eski dünya dediğimiz kıtaların merkezi orta Asya'da alevlerden bahsedilmiştir. Yine bozulmamış hak din düşünürleri, doğadan çıkan gazda ilahi bir işaret görüp geleceği okumuşlardır. 1815 yılında Batı Verginia'da bir tuz ocağında ilk doğalgaz yatağı bulunmuştur. Doğalgaz yeryüzü dediğimiz deniz seviyesinden en yakın 7000 metre, gözenekli katmanlarda ve 300 bar basınçta bulunmuştur.

Metan, etan, propan, azot ve az miktarda karbondioksit gazlarının bileşiminden oluşan, renksiz, kokusuz havadan hafif olan yanıcı bir maddedir. Yataklarda gaz halinde bulunur. Genellikle borularla, basınç ayarlı (tazyikli) taşınır. Kullanılmadan önce kaçakların oluşturacağı olumsuzlukların önceden insanlar ve cihazlar tarafından anlaşılması için ilave koku maddeleri katılır.

## 5.2.BORU HATLARI İLE DOĞALGAZ İLETİMİ VE DAĞITIMI

Gaz halinde elde edilen doğalgazın iletimi ve taşınması borularla yapılması en uygun olanıdır. Ancak gerektiği hallerde doğalgaz, (-163) derecede basıncı yükselttilerek sıvılaştırmak ve tankerlere alınmak suretiyle de taşınabilir. Bu bir zorunluluktur. Neticede nihai kullanım yerine borularla gaz halinde iletilmektedir.

Bunun nakli için enjekte edilmeden önce aşındırıcı bileşenlerinden arındırılması gerekmektedir. Bu durumda basınç altında 1.40 metreye varabilen toprağa gömülmüş özel borularla taşınır. Başlangıçta gaz, boru içinde yatağın doğal dolaşım basıncındadır. Hat boyunca boru direncini kırarak 70 bar basınçta gaza hareket verecek pompa istasyonları kurulmaktadır.

Boru ile doğalgaz naklinin başlıca yararı; gazın fiziksel ve kimyasal hallerinin değişmemesi, kusuru ise üretim ve tüketim bölgeleri arasında bulunan esnek olmayan ikmali ve başlangıç yatırımının fazla olmasıdır.

## 5.3.AVRASYA BORU HATLARI VE TÜRKİYE

### Hazar Petrol Hatları:

Hazar havzasında yataklanmış bulunan petrol boru hatlarıdır. Ham petrolün çıkarılıp tüketici ülkelere (müşterilere) arz edilmesi gerekmektedir.

Petrolden elde edilen ürünlerin tamamına yakını batılı ülkeler tarafından işlenip mamul hale getirildiğinden, petrolün ürünlerine ayrılarak satılması yerine ham olarak taşınması sağlanmalıdır. Aksi taktirde rafine edilip farklı petrol ürünlerine ayrıştırılan mamülleri, kendine has özelliklere haiz olduğundan ürünleri taşımak zorunluluğu vardır.

Bütün bunları en aza indirmek üzere petrolün ham olarak çıkarılması yetmiyor. Esas problem bölgenin özelliği itibarı ile Ortadoğu petrollerine alternatif takviye olmasının sağlanması tüketici ülkeler tarafından istenilmektedir.

Dünyada ispatlanmış petrol rezervlerinin yüzde 65.8'i Ortadoğu Bölgesinde yer alıyor. Bölge ülkelerinden Suudi Arabistan, bu rezervlerin yüzde 25.9'unu bölge rezervlerinin ise yüzde 39'una sahipken; İran 12,7 milyar ton ile yüzde 14'lük payı elinde tutmaktadır.

Bağımsız Devletler Topluluğu' nun petrol rezervleri ise 7.8 milyar ton ile Dünya rezervlerinin 5.8'ini oluşturmaktadır. Topluluk içinde Kazakistan 'ın payı 0,7 milyar ton, Azerbaycan'ın ise 0.2 milyar tona ulaşmaktadır.

Bölgede üretilen petrolün 2000'li yıllarda 100-200 milyon tona ulaşması beklenmektedir. Körfeze bağımlı olmanın sonuçlarını geçmiş yıllarda başta petrol krizi olmak üzere ağır bir fatura ile ödeyen ABD ve Avrupa ülkeleri için doğal zenginlik, yeni bir alternatif yaratmaktadır.

Hazar soru hatlarını bu gerekçelerle teknik yönünü incelemek gerekmektedir. Tabii ki bugün teknik ve iktisaden bu kaynakların insanlığın istifadesine sunulması mümkündür.

Hazar petrolünü oluşturan Kazak ve Azeri petrollerinin Akdeniz'e taşınması gerektiği konusunda uzlaşmış görülmektedir. Bunun yolu da Bakü-Ceyhan Hattı'dır. Ancak dünya petrolünün 1/6'sını taşıyan Akdeniz'e Hazar petrollerinin tamamını bu hatla taşımak mümkün değildir. Karadeniz'i bir aracı olarak kullanmak suretiyle Akdeniz hinterlandına servis yapmak mümkün olabilir.

Boru hatları kurulurken; maalesef yeni dünya düzeni düzmececinin yapay dayatmacası karşısında sekteye uğramış olan Irak-Türkiye petrol hattı akıbetinden ders alınmadır. Boru hatları ikili ilişkilerden etkilenmemelidir.

Boru hattından maksat petrolün bölge ülkeleri dışındaki dünya ülkelerine ulaşmasını sağlamaktır. Doğrudan dağıtım merkezindeki terminale işlenmek üzere aktarılmalıdır. Bunun dışında yapılacak bir çalışma ideolojik bir politikanın ürünü olacaktır.

Bu durumda her zaman aksaması ve mesele çıkarması hatta işlenmemesi söz konusudur. (Bir örnek; Türkiye'ye kadar Rusya doğalgaz boru hattı uzanmaktadır. Akış yönünün bu güzergahta olması nedeniyle geçen yıllarda oluşan kriz doğalgaz bağlantısı olan diğer ülkelerin girişimi ile halledilmiştir.)

Petrol boru hatlarının en büyük engeli istikrarsız bölge ülkelerinin geleceklerinin ve ne yapacaklarının belli olmamasıdır. Maalesef Türkiye-Irak petrol boru hattının felç olmasından sonra ülkemizi ekonomik olarak sıkıntıya düşürmüştür.

Körfez krizinin başlamasıyla birlikte 1990 yılı Ağustos ayından bu yana kapalı duran boru hattından ülkemiz yaklaşık 2 milyar dolar zarar etmiştir. Ama Türkiye hattın yapımında aldığı kredileri aksatmadan ödemektedir.

## **Gaz Boru Hatları**

Doğalgaz boru hatlarının petrol boru hatlarına göre daha avantajlı duruma geçirecek özellikleri vardır.

1. Kullanıcı batı ülkelerine ulaştırılacak boru hatlarından hattın geçtiği ülkelerin de gaz kullanmak durumunda olması,
2. Depo edilmesindeki zorluklar (Direk kullanılması),
3. Çevre dostu olması,
4. % 90 petrolün yerine kullanılabilmesi
5. İlk yatırım ve tesis masrafının az olması,
6. Lüks ve kontrolü rahat, huzurlu kullanma imkanı olması,
7. Tüketici tarafından hilesiz olması mecburiyetinin bilinmesi
8. Çoğunluğu oluşturan tüketici kesimi tarafından başka enerji türlerine karşı tercih edilmesi (alışkanlık yapması),
9. Karadan, denizden ve (Havai hat) borularla taşınabilme imkanının olması.

Bu özellikleri nedeniyle ambargo ve engelleme risklerini ortadan kaldırdığından en ekonomik yolların kullanılarak boru hatlarının gerekli yerlerden geçirilmesi uygundur. Bu özellikleri nedeniyle politik ve ideolojik engellerin daha kolay halledilmesine imkan vermektedir. (Bir örnek vermek gerekirse,

Rusya'nın Kafkasları arka bahçesi gibi düşünüp ilk etapta boru hatları avantajını kaybetmek istememesindedir.)

Orta Asya'dan başlayacak bir doğalgaz boru hattı, Türkmenistan Hazar'ın kuzey ve güneyinden ikiye ayrılması, Güney hattının İran-Nahçıvan , Türkiye'den Balkanlar üzerinden Avrupa'ya uzanması, kuzeyinden geçecek hattın Balkanlar, Rusya Ukrayna üzerinden Baltık ve Avrupa ülkelerine, diğer bir kolun da Gürcistan Kuzey Anadolu üzerinden Avrupa'ya ulaşması öngörülebilir.

#### **5.4. DOĞALGAZIN TÜRKİYE EKONOMİSİNE ETKİLERİ**

Ülkemizde doğalgaz tüketimi için anlaşmalarla sağlanan miktar Rusya Federasyonu'ndan (eski Sovyetler Birliği'nden) 6 milyar m<sup>3</sup>, Cezayir 2 milyar m<sup>3</sup> olmak üzere toplam 8 milyar m<sup>3</sup>/yıl 'dır.

Toplam doğalgaz tüketiminin % 50'si elektrik, % 22 'si sanayii, % 16'sı gübre, % 11'i konut sektöründe kullanılmaktadır. Doğalgazın, Türkiye enerji tüketimi içindeki payı % 7.6 'ya ulaşmış durumdadır. Her geçen gün de su payın yükseleceği aşikârdır.

Yapılan hesaplamalarda 2000 yılında doğalgaz talebimizin 30 milyar m<sup>3</sup>/yıla ulaşması beklenmektedir.

Dünya enerji pazarındaki artışa paralel olarak ülkemizde de önümüzdeki yıllarda gerek çevre bilincinin artması gerekse gaz yatak sahibi ve tüketici ülkeler arasında köprü olmamız ihtimali neticesi pazar payının artacağı görülmektedir.

Doğalgaz temininin ithalat yolu ile yapılmasının çeşitli sakıncaları vardır. Nitekim buna benzer bir kriz geçen yıl yaşanmıştır.

Bunların alışılması için büyük kaynaklara sahip dost ve kardeş ülkeler Kazakistan ve Türkmenistan ile İran diğer Orta Asya ülkeleri ile bağlantı yapılması, bu bölgelerden Avrupa'ya doğalgaz iletiminde köprü olmamızın sağlanması gerekir. En önemlisi de ülkemizde doğalgaz çıkarılması için ulusal politikalar belirlememiz, ülke imkanlarını zorlayarak ithal ettiğimiz doğalgazın kullanıcıya ulaşımındaki yetki anlaşmazlığı ve karmaşasının ortadan kaldırılması gerekmektedir.

Türkiye doğudaki hidrokarbon kaynakları ile batıdaki tüketiciler arasında tabii bir köprüdür. 2000'li yıllarda Türkiye ve Avrupa'da oluşması beklenen doğalgaz açığının Türkmenistan'dan Türkiye'ye ve buradan da Avrupa'ya uzanacak bir doğalgaz boru hattı ile karşılanması mümkün olabilecektir. Ancak bu proje çok uzun vadeli olduğundan, öncelikli olarak Türkmenistan-Türkiye Doğalgaz Boru Hattı'nın gerçekleştirilmesi yoluna gidilmelidir.

Türkmenistan Orta Asya'nın en büyük doğalgaz rezervlerine sahiptir. Türkmenistan'ın ispatlanmış gaz rezervleri yaklaşık 14.5-20 trilyon m<sup>3</sup>, yıllık üretimi 80-90 milyar m<sup>3</sup>, ihracat kapasitesi ise üretimin % 90' ıdır.

Türkmenistan doğalgazı halen eski Sovyet sisteminden kalan boru hatları ile eski Sovyet Cumhuriyetleri'ne ve yine aynı güzergahtan kısmen Avrupa'ya sevketmektedir.

Bu projenin gerçekleşmesi halinde;

- Türkiye'de doğalgaz kullanımı artacaktır.
- Türkiye ve Avrupa için Rusya ve Cezayir gazına bir alternatif sağlanmış olacaktır.
- Boru Hattı boyundaki yerleşim merkezlerinde hava kirliliği önleyecektir.
- Yeni iş imkanları sağlanacaktır.

Bu nedenle ülkemizde ekonomik ve siyasi güç kazandıracak uluslar arası ham petrol ve doğalgaz boru hattı yatırımlarına önem verilmesi bu yatırımların gerekli teşvik tedbirlerden faydalanılabilmesi için her türlü yasal düzenlemeler derhal yapılmalıdır.

Ülkemiz, kendi ihtiyaçları dışında Batı ülkelerinde doğalgaz ihtiyacını karşılamak üzere Türkmenistan-Türkiye Avrupa Doğal Gaz Boru Hattı Projesi için kaynaklarını seferber etmelidir. Çanakkale ve Trakya üzerinden Avrupa'nın doğalgaz ihtiyacının karşılanması mümkündür.

Petrolün batıya taşınmasının EKONOMİK YÖNÜ'nden çok TEKNİK YÖNÜ, özellikle POLİTİK YÖNÜ üzerinde savaş verilirken, doğalgaz için daha hızlı gelişmeler olmaktadır. Çünkü doğalgazın,

- Günlük hayatın doğrudan içinde olması
- Direkt olarak kullanılması
- Çabucak tüketilip satılması
- Paraya çok çabuk dönüşmesi
- Çevreye uygunluğu

Gibi ekonomik ve çevreci özellikleri, onun öncelikle çözülmesini gerektirmektedir.

Avrasya boru hatlarının gerçekleştirilmesi için yapılacak çalışmaların neticelenmesi Türkiye'nin stratejisine bağlıdır. Türkiye'nin konumunun uygunluğu adeta rakipsiz olması bu günlerde boru hatlarının yapımını ve gerçekleştirilmesini bazı ülkeler engellemektedir.

Zira Türkiye Hazar Petrolleri ve boru hattından il etapta 5 milyar dolar kazanç sağlayacak, üstelik de boru hattı Türkiye'yi dünya ülkelerinin gözönünde stratejik ve politik açıdan "ayırıcaklı" bir konuma oturtacaktır.

Dünya devletleri bir yandan doğalgazda Rusya ve Cezayir, petrolde Ortadoğu bağımlılığını ortadan kaldırmak için, diğer yandan da stratejik üstünlük ve bağlantılar kurmak için uğraş vermektedirler. Türkiye boru hatlarını, bir fizibilite hazırlama ve finansman meselesinden çıkarıp üretici ve tüketici ülkelerle anlaşarak ve bütün imkanlarını seferber ederek sonuca ulaşmayı başarmalıdır.

Üretici doğu ülkeleri, manevi ve tarihi bağları nedeniyle Türkiye'de "siz bizim yapılanmamıza, kaynaklarımızın kullanımına öncülük ediniz ki biz de bir kısım ülkelerle bölgesel ittifaklar kuralım bütünleşelim" diyorlar.

Türkiye milli politikalar uygulamak yerine peşin hükümlerle batının yanında olmaktadır. Bu durum her zaman böyle olduğu için Türkiye batının yeni mevziler kazanmasına sebep vermekten başka işe yaramamaktadır. Teslimiyetçi politika her zaman zararlı sonuçlanacaktır ve bugüne kadar da böyle olmuştur.

Petrol boru hatları konusunda Türkiye-Irak boru hattını işletmeye kapatması ile Türkiye güvenilirliğinde zaafa uğramıştır. Mevcut istikrarsızlıklar ve ileride doğacak karışıklıklar yüzünden Türkiye'nin boru hatlarını kapatmayacağı yetkililerce taahhüt edilmelidir. (Şayet Körfez Savaşı'nda Irak'a karşı yer almışsak bunun peşin pazarlığından biri boru hattının açık tutulması olmalıydı. Ya da sıcak savaştan sonra hemen açılmalıydı. Bu sayede Türkiye payına düşeni aldığı gibi artan gelirden Irak'a ambargoya rağmen insani yardım yapmayı daha fazla sağlamış olurdu.)

Petrol taşımacılığı konusunda Ege'nin Kuzeyden Karadeniz'e açılması konusunda, Yunanistan'ın bir dünya ülkesi olma gayretleri, batılıların desteklediği bir oğudur. Yine buna benzer bir gayreti de "Karadeniz Ekonomik İşbirliği Teşkilatına" balıklama atlamasıdır.

## Yapılması Gereken Olgular

- 1- Türkiye ülkeler arasında doğal iletişim içinde olması, diğer yandan bölge ülkeleri ile manevi-maddi bağları nedeniyle daimi şartlara göre gündemi belirlemeli, uluslar arası projeler geliştirilmelidir.
- 2- Yakın tarihimizden ders alarak ileriye yönelik ülke güvenliğini sağlayacak stratejik hedeflere yönelik politikalar uygulanmalıdır.
- 3- Şartlar Türkiye'nin büyük lider ülke olma konusunda gündeme getirmektedir. Fırsatlar akıllıca değerlendirilmelidir. "Yurtta Sulh Cihanda Sulh" ilkesi ancak bu fırsatı iyi kullanacak Türkiye'ye bağlıdır.
- 4- Birçok işleri kendi gücü ile başarmış bir millet olarak ülke imkanlarımızla kendi ticaretimiz için doğruluğu ve isabetliliği çok iyi tartıştığımız ve karara bağladığımız yollardan petrol ve doğalgaz boru hatlarını döşemeye başlamalıyız. Nasıl bir dev GAP Projesini kendi gücümüzle devreye almış isek bu projeyi de rahatlıkla yapabiliriz.
- 5- Boru hatlarıyla ilgili fizibilite, proje yapımı ve işletme faaliyetlerinde etkin görev yapabilecek nitelikli personel yetiştirilmesine önem verilmelidir.
- 6- Boru hatlarının projelerini hazırlayabilecek, müşavirlik yapabilecek yurt içi mühendislik ve müşavirlik kuruluşları destekleyip, teşvik edilmelidir.
- 7- Boru hatları ile ilgili gerekli standartların hazırlanmasına hız verilmelidir.
- 8- Türkiye-Irak boru hattını derhal açmalıyız. Kapatılması hata ve gereksiz olan bu hattın faaliyete geçmesi için sebepler her geçen gün daha şiddetli olarak vardır.
- 9- Anarşi-PKK belası derhal halledilmelidir.

Bir çok uluslar arası toplantılarda boru hatlarının Türkiye'den geçmesi kararlaştırılmış, ancak 5 kg bir dinamitle bir anarşistin halledeceği hat güvensizdir denilerek kararlardan vazgeçilmiştir.

Bu böyle olmuştur ama yanlış olduğunu anlatmamız için Irak boru hattını açmalıyız. PKK' yı bitirmeliyiz.

Yukarıdakiler yapılmadan veya sağlanmadan yani enerji olmadan mutluluk ile bugünkü yüksek hayat standardı ve konfor dahil hiçbir şeyin olmayacağı açıktır.

Türkiye su politikası ile petrol ve doğalgaz boru hatları (200 trilyon TL akacak Hazar Petrolleri) projesinde, diğer ülkeleri de yanına alarak "Bilgi çağı dediğimiz 21.yüzyılda" siyaset ve jeopolitik boyutu önemli olan "SUPOLİTİK ve PETROPOLİTİK" projelerini gerçekleştirdiğinde Türkiye'nin de çehresini değiştirecek olan doğalgaz, çağın yakıtı olma özelliğini devam ettireceği gibi, Türkiye'yi 21. Yüzyılın ve bilgi çağının lider ülkeleri arasındaki yerini almasını sağlayacaktır.

### 5.5. KONUTLARDA DOĞALGAZ TESİSATI VE UYGULAMA ESASLARI

Ülkemiz için yeni bir enerji kaynağı olan doğalgazın kullanımı eskilere dayanmaktadır. 1960'lı yıllardan itibaren doğalgaz ABD, Kanada, İngiltere, Fransa, Almanya ve Hollanda gibi birçok ülkede yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Yapılarda mekanik tesisatın tasarımı hizmetleri makine mühendisliğinin özel bir dalı olan tesisat mühendisliği tarafından yürütülür. Doğalgazın ülkemizde yaygın bir biçimde kullanılmaya başlanması yaklaşık 2,5 milyar dolar mertebesinde bir iş hacmi yaratmıştır. Bu büyük pazarın cazibesine kapılan diğer mühendislik dalları da doğalgaz tesisatı tasarım hizmetlerine soyunmuşlardır. Hazırlanmakta olan yapılarda doğalgaz iç tesisat yönetmeliğine bu hizmetleri başka mühendislik dallarında da genişletecek şekilde maddeler ilave etme çabaları vardır. Bu son derece yanlış ve sakıncalı sonuçlar doğuracak bir girişimdir. Yasal olmayan bu girişim önlenmelidir.



Yapı projelerinin tasarımı mimar, statik , mekanik, tesisat ve elektrik mühendislerinden oluşan bir ekip tarafından gerçekleşir. Her tasarımda “creativity” yaratıcılık ile “innovation” yenilik aranır. Tasarımda profesyonellik esastır. Profesyonellik, mükemmeli yakalamak için kişisel üretim kalitesini arttırmak demektir.

Yapı tasarımında, tasarımcı ekibin kaynağı dökümantasyondur. Dökümantasyon, yatırımcı istek ve verilerinden başlayarak; standartları, şartnameleri, yönetmelikleri içerir. Tasarımda, yapı özelliğini ve fonksiyonuna bağlı yardımcı mühendislik, uzmanlık, müşavirlik destekleri lüzumludur. Teknolojik projeler, shopdrawing’ler imalat projeleri olarak isimlendirilen hizmetler tasarımı yapımlarının bütünü zorunlu standartlarına uymak zorundadır.

Zorunlu standartlar, yapıda dayanıklılık, can, mal güvenliği, yangın, deprem, afet önlemleri ile sağlık, hijyenik, ekonomi, enerji kurallarının yanı sıra, yakıt, gaz, toz, toksin, gürültü, titreşim, elektrik, asansör, kullanım rizikolarını önleyen standartlardır. Bu kurallar dışında imar yasaları, yerel yönetim yönetmelikleri, çevre etkinlikleri koruma nizamnameleri, tasarımı etkiler. Dolayısıyla yapıda tasarım, bilim, teknik, sanat ve toplu yaşam düzeninin kültür ve yasalarına dayalı parçalanmaz bir olgudur.

20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren, medeniyetin gelişimine paralel olarak, teknolojinin akıl almaz gelişimi, ileri ülkelerde büyük araştırma ve geliştirmelere neden olmuştur. Batı dünyasında, binlerce kuruluşta çalışan bilim adamları, teknisyenler insanoğlu ile ilgili her konuda ideali bulma yarışmasına girmişler, buluşlarını toplum hizmetine sunmuşlardır.

İnsanoğlunun barınağı olan yapılarda, ülkelerde zorunlu hale gelen koşullar, uluslar arası kuruluşlar vasıtasıyla beynelmînel standartlara dönüşümü, birçok ülkede uyulması zorunlu şartlar olarak kabul edilmiştir. Bu gelişim tasarım tekniğini etkilemiş, hizmeti profesyonelleştirmiş, uzmanlık denetim ve kontrolünü sağlamıştır.

Bugün Batı ülkelerinde bu sistem en basit, en düzgün şekliyle uygulanmaktadır. Şöyle ki; profesyonel ekip tarafından üretilen projeler yetkili uzmanların oluşturduğu eşgüdümlü bir merci tarafından en kısa sürede incelenip vize edilmekte, mesuliyette mütesessil olarak katılım sağlanmaktadır. Bu projelerin tatbikatında ise yetkili sorumlu firmalar yükümlü kılınmakta, aynı tarzda uzmanlar tarafından denetim ve kontrolü gerçekleştirilmektedir.

Ülkemizde yapı teknolojisinde zorunlu standartların eksikliği daima hissedilmiştir. Günümüze dek yapıda denetim sadece dayanıklılık, deprem ve afet sorunları çerçevesinde ele alınmış, toplu yaşam düzeyinde zorunlu olan can, mal, yangın, kaza, işletme ve ekonomi standartları ihmal edilmiştir. Mevcut yangın yönetmeliklerimiz sivil savunma uzmanları tarafından hazırlanan nizamnameler olup incelendiğinde görüleceği üzere esaslı, üzerine “yangın” kelimesi yazılabilecek 6 adet su kovası, kazma-kürek ve yangın dolabı gereksinimine dayanmaktadır.

Nüfusumuzdaki hızlı artış, kırsal alanlardan şehirlere göçü ve şehirlerin sağlıksız gelişimini yaratmış, buna paralel olarak, yapımlarında yapı malzemeli imalatı, taahhüt işleri, yapıda işçilik, mühendislik hizmetleri çok geniş alana yayılmıştır. Bu gelişimde kabul edilebilir bir kalite tutturulamamış, zorunlu standartlar gerekli kılınmamış, sorumluluk, denetim ve kontrol yeterli düzeyde yapılmamıştır.

Bu nedenlerle, ülkemizde yılda % 6 ile % 10 sınırlarına ulaşan hızlı büyümenin ekonomide sağladığı gelişime karşın hizmet sektöründe uzmanlık ve ihtisasa dayalı gelişim yeterli olmamış, birçok alanda olduğu üzere, teknik alanda da ileri teknoloji ilkelerine uyum sağlanamamıştır.

Yetersiz üretim ve imalat, uzmanlıktan uzak hizmet sorunu olarak ortaya çıkan verimsizlik, savurganlık, mal ve can güvenliği, faturaları devlete, dolayısıyla topluma çıkmıştır. Bütün bu kayıplar

ülke ekonomisini, gelişimini etkilemiş, amaca yanlış yollardan ulaşım yöntemi, büyük kargaşaya ve sorunlara neden olmuştur.

Bu ortamda siyasi otorite, kamu kesimi, Anayasal kuruluşlar, dernek ve birlikler yerel yönetimleri; arzulanan disiplini kurmak, denetimi sağlamak amacıyla zaman zaman yönetmelik ve şartnameler çıkarmışlar; ancak yetkileri sınırlarda kalmayıp, ülke çapında yeni usul ve düzen getirme amacına yönelmişlerdir. Dolayısıyla birbirinden kopuk, eşgüdüksüz, koordinasyonsuz müstakil yönetmelikler uygulamada çeşitli sorunları doğurmuştur. Bu konuda mevcut durum analizinin çok objektif yapılarak değerlendirilmesi gerekir. Kanımızca tasarım, denetim, kontrollük hizmetleri uzmanlık ve profesyonel mühendislik katkısı olmadan yapılamaz. Diploma yetkisi ile yapılan üretim bürokrasi engelleri aşan iş bitirici görünümlü yöntemdir, ticari ağırlıklıdır. İşin yürütülmesi için aracılığa, bitirilmesi için tanışıklığa dayanır. Bu ortamda mühendis ve mimarlar iş takip ederlerken ressam teknisyenler proje yaparlar. Sonuçların da cezasını ülkemiz öder.

## **YAPILARDA MEKANİK TESİSATIN TASARIMI**

Yapı tasarımında mekanik tesisat mühendisliği hizmetleri, makine mühendisliğinin özel bir dalı olan tesisat mühendisleri tarafından yürütülür. Tesisat mühendisliği hizmeti, yapı mimarisi, statik, aydınlatma ile başlayan tasarım ekibinin zinciridir. Isıtma, havalandırma, sıhhi tesisat, mutfak, çamaşırhane, pis su, temiz su, bahçe sulama gibi konfor ve servislerinin yanısıra enerji üretim, enerji tasarrufu, iletik akışkanı, akışkan şebekeleri, basınçlandırma, zonlama ve benzeri mühendislik hizmetlerini yürüten ekibin görevi yapı fonksiyonuna uygun konfor yanısıra yangın, sağlık, hijyenik. can, mal güvenliğini sağlayan, gürültü, kaza, titreşim, toz tedbirlerini alan, tosin, gaz ve pis hava sirkülasyonunu ortadan kaldıran, emniyet tedbirlerine uyan prensipleri ve sistemleri uygulamaktır. Bu görev yapıda aşağıdaki zorunlu standartla uyularak yapılır.

Yapıda mekanik tesisat sisteminde uyulması zorunlu standart

1. Isı yalıtımı, enerji tasarrufu,
2. Yapı içi taze hava koşulları,
3. Yapı içi pis havaların atılması, WC lavabo hacimlerinin havalandırılması,
4. Yapı doğal havalandırma ve doğal aydınlatılması,
5. Yapı içi elektrik tesisatı emniyet standardı,
6. Yangın standardı,
7. Can güvenliği, sigorta koşulları, mal güvenliği şartları,
8. Sağlık standartları,
9. Hijyenik şartlar,
10. Yakacak depolama ve yakma yönetmeliği,
11. Yakıt depolama ve yakma yönetmeliği,
12. Şehir gaz bransman ve iç tesisat yönetmeliği
13. LPG gazı depolama, muhafaza, kullanım yönetmeliği,
14. Doğalgaz bransman ve iç yönetmeliği,
15. Basınçlı gazlar yönetmeliği,
16. Buhar tesisatı yönetmeliği,
17. Primer devre akışkan basınçlandırma dağıtım, kullanım yönetmeliği,
18. Atıklar ve pis su giderleri yönetmeliği.

Yukarıda bahsi geçen standartlar dışında imar yerel yönetim yükümlülüklerinde olan hizmetlerde, yapı tasarımında gerekli zorunlu yönetmeliklerin hazırlanması kontrol ve vizesi, yapıya bağlantı, test ve imalat kontrol, işletme ruhsatı yükümlülüğü belediyelere ait devredilemez bir görev ve sorumluluktur. Yapı iç tesisat yönetmeliklerinin de hazırlanması görevi bu kuruluşlara aittir. Bu kuruluşlar yetkili ve sorumlu firmaların imalatı yapmasını sağlar. Sigorta nizamlarına uygun kullanım müsaadesi ve ruhsatı

verir. Bu görevin dışında (mimari, statik, tesisat, elektrik) yapı projelerinden farklı su, kanalizasyon, havagazı, doğalgaz projeleri üretmez, ürettiremez, tasdik zorunluluğu için yeni yaptırımlar koyamaz.

Belediyeler dışındaki kamu kuruluşlarında zorunlu standartlarda görevleri aynı şekildedir. Sağlık teşkilatları, itfaiye örgütleri, enerji komiteleri ve benzeri kuruluşlar bağımsız kuruluş statüsü yerine kontrol ve denetim dizgisinde müştereken yerlerini alırlar.

## **DOĞALGAZ TESİSATININ DURUMU**

Ülkemizde; ısı enerjisi üretiminde yeni uygulanmaya geçilen doğalgaz sistemi büyük bir gelişime neden olmuştur. Rusya'dan temin edilen doğalgaz nakil hattı çok kısa sürede büyük şehirlerimize ulaşmış öncelikli sobalı evlerde, mutfaklarda yapılan dönüşüm, çevre kirlenmesi, kullanımında kolaylık ve ekonomik oluşuyla yapıların ısıtma sistemlerinin zorunlu dönüşümüne ulaşmıştır. İstanbul, Ankara gibi büyük şehirlerimizde başlayan bu uygulama yakın bir zamanda İzmir, Bursa, Eskişehir gibi büyük şehirlere yayılacaktır.

Doğalgaz uygulaması, Ankara, İstanbul, İzmir gibi büyük şehirlerde yaklaşık bir milyon aboneyi ilgilendirmektedir. Şehir şebekeleri, yapı iç tesisat, kazan dönüşüm ve yenileme, mühendislik hizmetleri ile bu yatırımın mali portresi 2,5 milyar dolar mertebesindedir. Bu cazip pazar, yerel yönetimlerde teşkilatlanma dışında yüzlerce imalatçı, ithalatçı, temsilci, bayii firmaların üremesini sağlamış, adetleri bine yakın proje, taahhüt mühendislik firmalarını doğurmuştur. Serbest rekabetin ana kuralı tüccar gibi düşünmektir.

Ekonominin birimi olan para, değişim ve kazançta kural tanımaz. Pastadan pay kapma yarışında ister istemez usûl ve kurallar çiğnenir. Ülkemiz, doğalgaz sisteminde arzulanmayan bir duruma düşmektedir.

Nitekim, ülkemizde doğalgaz uygulanması dikkatle incelendiğinde bu hususlar kolayca görülür.

1. Başta TSE olmak üzere BOTAŞ, İGDAŞ, EGO gibi kuruluşlar doğalgaz uygulamasına hazırlıksız yakalanmışlar, uluslar arası standartlara uygun ve ülke standartlarına adapte edilmiş yönetmelik ve şartnameleri hazırlayamamışlardır.
2. Yerel yönetimlerin şehir şebekelerini tesisle yükümleri İngiliz ve Fransız firmaları know-how hizmetlerinde cimri ve çekimsiz davranmışlar, yapı içi yönetmeliklerde yardımcı olmamışlar, yükümlülük ve sorumluluktan kaçınmışlardır.
3. Şehir şebekelerinin yapım, dağıtım ve bina bağlantı hizmetlerinde yerli müteahhit firmalar yetersiz kalmışlardır.
4. Anayasal kuruluşlar olan meslek odaları, birlik ve dernekler ile kamu kesimi yetkili kuruluşlar müşterek dayanışma içinde usul ve kuralları vazedememişler, yanlış uygulama ve yöntemleri engelleyememişlerdir.
5. Yerel yönetimler yukarıda bahsedilen hazırlıksız ortam içinde yükümlülüklerini şehir gazı kuralları ile yürütme zorunda kalarak başlangıçta havagazı iç yönetmeliği ile konuyu ele almışlar, eksik ve noksanları zamanla tamamlamaya çalışmışlar, sorunun tek mercii olmaları nedeniyle yeni usul ve düzenle bürokrasiye boğulmuşlardır. Ayrıca; kısıtlı bütçelerine yeni bir olanak sağlayan bu sistemde, her gün değişen kurallar koyarak imar öncesi doğalgaz projesi, dönüşüm ve uygulama ruhsat projesi, test, kontrol, işletmeye alma, kullanma izni gibi kademe yorucu, zaman kaybettirici, şekilci proje ve bürokratik yöntemlerle belediyeye daire başına 2-3 milyona malolan gelirler sağlamış, günlük 100-200 milyona bağlı olan bu gelirlerini geliştirmeye özen göstermişlerdir.
6. İşin kapsamının gelişmesi, BOTAŞ, İGDAŞ, EGO kapasitesini aşarak tasarım ve uygulama hizmetlerini yerel yönetim destek ve ortaklığında ara şirketlere, şirketler pilotluğunda serbest sektöre devretmiş, bu gelişim İstanbul ve Ankara büyük şehirlerinde doğalgaz mühendislik ve müşavirlik firmalarının kurulup çoğalmasına yol açmıştır.

Doğalgaz mühendislik ve müşavirlik firmalarının hizmeti, teknolojik tasarımda yapı bağlantısı ve enerji üretim cihazlarının seçim sınırında kalmayarak, tesisat tasarım hizmetleri ve sorumluluklarına dahil olmuş, kazan dairesi tertibi, boru güzergahı, havalandırılması, elektrik tesisatı gibi yapı tasarım hizmetlerini kapsamıştır.

7. Makine mühendislik hizmeti dışında; ısı enerjisi, dağıtımı, şebekeler dizilmesi, enerji üretimi, ekonomisi, geri kazandırılması, basınçlandırma, zonlama, imalat ve montaj gibi birçok dalları içerdiğinden ve alanların uzmanlık kolları olduğundan, bu geniş alan içindeki hizmet ve yükümlülükleri, kimya, petrol, ziraat, gemi makine, orman mühendislik kolları yönünden cazip görülmüş, imalat, üretim, montaj, test, kontrol gibi ihtisas alanları dışında yapı tesisat tasarım mühendislik hizmetlerini (destek gördükleri kuruluş ve odaların teşviki ile) yapmaya soyunmuşlardır.

Yapı tasarım projeleri dışında uzmanlık alanında teknolojik projelerle, imalat projelerinin şantiye detay ve imalat projesidir. Bir tıp mühendisinin hastane ekipman, hijyenik, sağlık projelerini, bir yangın uzmanının yapı yangın zonlarını, bir peyzaj mimarının bahçe sulama bölgelerini, bir mutfak uzmanının mutfak akış projelerini çizmesinden ve bunların ana tesisat projesi prensiplerine uymasından farklı değildir. Aksi takdirde, yapı tasarımı oluşturan imar, statiker, tesisat, elektrik projeleri dışında yangın, hijyenik, sağlık, güvenlik, toksin ve zehirli gaz, basınçlı kap ve tesisat, mutfak, çamaşırhane, kanalizasyon atık ve benzeri bir sürü projelerin yapı tasarımından ayrı dizaynı, tetkik ve tasdiki gerekecek, sistemin dizgi ve disiplini bozulacak, zaman, yatırım, işletme kayıpları dışında sorumluluk, denetim sorunları doğacaktır.

Mesleklerin saçaklanıp iç içe girdiği, uzmanlık alanlarının doğduğu çağımızda, tasarım zincirini belirli kriterler içinde disipline etmek, kendi gruplarından kopmadan uzmanlık kollarını desteklemek daha sağlıklı bir yol olacaktır.

Bu nedenle doğalgaz sisteminin teknik sorunlarını fazla abartmadan bugüne kadar olduğu gibi havagazı yönetmeliklerine benzer tarzda çözümlenmek yegane doğru yoldur.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı görev ve yetkileri doğrultusunda; 1953 yılında yürürlüğe giren Havagazı Yönetmeliğine doğalgazın eklenmesi çalışmalarına başlamış, bu amaçla Bayındırlık Bakanlığı, TSE, Türk Mimar Mühendisler Odalar Birliği, BOTAS, İGDAŞ, EGO ve benzeri kuruluşlardan teşkil edilen komisyon vasıtasıyla “Yapılarda Doğal Gaz İç Yönetmeliği “ taslağını hazırlamıştır.

İncelendiğinde zorunlu standart ve yönetmelikler kapsamında ele alınacak tasarımcı, imalatçı, yapımcı, işletmeci ve kullanıcı tarafından dikkate alınması gerekli kural ve koşullara ek, mesleki hizmetleri düzenleyen, mühendislere kısa eğitimle yeterlilik belgesi veren, uzmanlık alanlarını çarpıtıcı tanımlayan, yapı tasarımında mekanik tesisat hizmeti ve yükümlülüğü taşıyan makine mühendislik hizmetlerini kimya, petrokimya, gemi makine, ziraat, makine mühendislerine yaptırılmayı sağlayan maddelerin eklendiği görülür.

Mühendislik hizmetlerinde, ilgili temel eğitim ve diploma yetkisi sonrası gelişim profesyonelliğe erişim, uzmanlık ve müşavirlik; bireysel bir gelişimdir. Tecrübe deneyim ve üretimle sağlanır. Yetkililer tarafından kontrol edilir, tescil edilir. Ancak, mesleklerin uzmanlık konularında birbirine yatay geçiş olamaz. Mesleklerin kurs ve eğitimle sertifikalaşması yönetmeliklerle belirlenemez. İhtisas alanının tespiti ve yetkililerinin, sorumluluklarının sınırı Anayasa çerçevesinde yasalarla belirlenir. Bu bakımdan makine mühendislik hizmetinin özel bir dalı olan tesisat mühendisliği tasarım hizmetlerini başka mühendislik ve bilim dalı mesleklere yaptırma teşebbüsü fevkâlade yanlış, sakıncalı ve yasal olmayan bir anlayış ve yöntemdir.

## 5.6.DOĞALGAZ İLE ÇALIŞAN ISITICI CİHAZLAR

"Doğal gaz ile çalışan ısıtıcı cihazlar", gerek mahal (oda) ısıtıcıları gerekse su ısıtıcıları olarak ev tipi (domestic), doğalgaz yakan cihazlardır.

### Doğal gaz Özellikleri-Isıtıcı Dizaynı

Bilindiği gibi ithal edilecek Rusya doğalgazında;

- %98,6 oranında Metan bulunmakta olup,
- Altı ısı değer  $H_u$  : 8085 kcal/m<sup>3</sup> olarak bildirilmektedir.
- Alev sıcaklığı diğer yakıtlara göre oldukça yüksek (1900<sup>0</sup>-2000<sup>0</sup>C) olup, yanma sonu hasıl olan duman gazlarında yüksek hidrojenden dolayı önemli miktarda su buharı mevcuttur. Yüksek alev sıcaklığına rağmen "ışınım-radyasyon şiddeti" oldukça düşüktür.

Doğalgazın kısaca anlatılan bu özellikleri ısıtıcı cihazlarının;

- Yanma odaları,
- Isı transfer yüzeyleri (eşanjörler) ve
- Atık gaz kanalları

dizaynında mamülün güvenilir kalite seviyesinde ve ekonomik olması yanında yüksek bir ısı verimle çalışması açısından dikkatle gözönünde bulundurulması gereken unsurlardır.

Doğalgazda kükürt bulunmamasından dolayı (eser miktarda) yanım sonu hasıl olan gazlarda sülfürlü oksitler veya sülfürlü asitlerin diğer yakıtlarda (kömür, motorlu,fuel-oil) olduğu gibi ısıtıcı yüzeylerinde korozyon yapması ihtimali yoktur. Ancak yüksek oranda su buharı ihtiva ettiğinden gerek işletme koşullarında gerekse dizaynında önlemler alınması gereklidir.

(İşletme şartlarında atık gaz sıcaklığı olarak 110 C'nin altına düşürülmemesi veya ısıtıcı eşanjörleri ve atık gaz kanallarının uygun malzemededen; pik döküm, paslanmaz çelik, emaye/çinko/alüminyum kaplanmış kaliteli sac gibi imal edilmeleri gerekmektedir.)

### Doğalgazlı Isıtıcılarda Yakıcılar (Brülörler) ve Genel Emniyet Düzenleri

Doğalgazlı ısıtıcılarda kullanılmakta olan yakıcılar (brülör) başlıca 2 tiptir (yanma havasının teminine göre):

1. Atmosferik basınçlı brülörler: (Isıtma yüklerine göre 5.00 kcal/h ile 500.000 kcal/h arasında imal edilmektedir)
2. Yüksek basınçlı (hava üflemeli) brülörler: Isıtma yükleri 10.000 kcal/h ile 30 milyon kcal/h arasındadır. Yanma için gerekli hava bir fan vasıtası ile ortamlara emilerek gaz karışımı bölgesine belirli bir basınç üflenmektedir. Yüksek basınçlı brülörler, atmosferik basınçlı brülörlere göre daha sesli çalışırlar.

### GENEL EMNİYET DÜZENLERİ

Doğalgazla çalışan tüm ısıtıcılar " genel güvenlik kuralları" gereğince aşağıda belirtilen konularda kesin emniyet sağlayan düzeneklere haizdir.

- Gaz ve duman gazı geçen parçalarda sızdırmazlık,
- Ateşleme ve alev sönme emniyeti,
- Alevin stabilizasyonu ve alevin devamlılığı.

Herhangi bir gaz kaçağı ihtimaline karşı, ısıtıcı dizaynında ve imalatında gerekli tedbirler alınmıştır. Gaz kaçak kontrolleri üretim safhasında kalite kontrol tarafından % 100 olarak yapılmaktadır.

Ateşleme elle (kibritle veya bir çakmakla) yapılabildiği gibi otomatik olarak da (programlı) gerçekleştirilebilmektedir. Brülör alev almadığı zaman veya herhangi bir sebeple alev söndüğünde ana gaz girişi otomatik olarak kesilmektedir.

Yine cihazın emniyetle çalışabilmesi için alev stabilizasyonu ve alevin devamlılığı şarttır. Gerek atmosferik gerekse üflemlerli brülörlerde dizayn itibarıyla alev stabilizasyonu sağlanmıştır. Gazların atık gaz kanalından dışarıya atıldığı kesitlerde ani yön değiştiren rüzgar etkisi ile "geri tepmeler" meydana gelebilmektedir. Bu ise alevin sönmeye sebebiyet verebilir. Bunun önüne geçmek için cihazlarda "davlumbaz" tabir edilen parçaların özel dizaynlarda olması gereklidir. Isıtıcılarda bu da sağlanmaktadır.

## **DOĞALGAZLI ISITICILARIN GENEL SINIFLANDIRILMASI**

Domestic (ev tipi) gayeli doğalgazlı ısıtıcıları başlangıçta 3 ana grupta toplamak mümkündür:

1. Mahal (bina, kat, oda) ısıtıcıları,
2. Su ısıtıcıları,
3. Birleşik (kombi) ısıtıcılar.

### **Mahal (bina, kat, oda) Isıtıcıları**

Bu sınıfa giren ısıtıcılar bilinen bir tarifile 2'ye ayrılırlar:

1. Direkt sistemli ısıtıcılar (sobalar, konvektörler),
2. Endirekt sistemli ısıtıcılar (kat kaloriferleri, merkez kalorifer kazanları).

### **Direkt Sistemli Isıtıcılar (Sobalar, konvektörler)**

Bu tip ısıtıcılar doğalgazın yakılması sonucu meydana gelen ısı enerjisini direkt olarak mahal havasına transfer eden ısıtıcılardır. Bunların en canlı örnekleri "soba" veya "konvektörler" dir. Bu ısıtıcılarda yanma havasının temil edilme şekli, yanma ve atık gazın atılma durumuna göre 3 ayrı kategoriye ayrılırlar;

1. Konvensiyonel (baca) bağlantılı ısıtıcılar (doğalgaz sobaları)
2. Balanslı/hermetik tip ısıtıcılar (sobalar, konvektörler)
3. Katalitik yanmalı ısıtıcılar

1.Konvensiyonel (Baca) Bağlantılı Isıtıcılar: Bu tip ısıtıcılar yanma için gerekli havayı buldukları ortamdaki havadan alırlar. Yanma sonucu oluşan gazlar eşanjörden geçerek davlumbaz vasıtasıyla bir bacaya verilirler. Isıtma güçleri genelde 5000 kcal/h 'tır. (Yaklaşık 50 m<sup>2</sup> yer ısıtır). Isıl verimleri % 75 civarındadır. Yanma odaları ve eşanjörler emaye kaplı kaliteli sac olduğu gibi pik dökümden de yapılabilmektedir.

2. Balanslı Hermetik Tip Isıtıcılar: Bu tip ısıtıcılar yanma odalı ısıtıcılar olarak da anılmaktadır. Yanma için gerekli hava bina dışından alınmakta, yanma gerçekleştikten sonra duman gazları eşanjörden geçip temiz hava ile karışmadan dışarı atılmaktadır. Bu sistemlerde yanma için oda içindeki hava kullanılmamış olmaktadır. Bu tip cihazlar genelde 2000-2500 kcal/h olarak üretilmektedir. Bu tip cihazlarda da yanma odaları ve eşanjörler emaye kaplı kaliteli sac (yanma odaları) ve alüminyum (eşanjör) olabildiği gibi pik dökümden de imal edilebilmektedir. Odanın ısınması genelde tabii

konveks yön (kısmen radyasyon) sağlanmaktadır. Ancak bazı cihazlarda (konvektörlerde) bir fan kullanılarak cebri konveksiyon ile de oda ısıtılmaktadır.

3. Katalitik Yanmalı Isıtıcılar: Bu tip ısıtıcılarda brülör vazifesini "Altın Radyum veya Platin" tuzları emdirilmiş "seramik elyaf" esaslı malzeme görmektedir. Enjektörden çıkan gaz hava ile karışarak bu malzeme üzerinde (CO) çıkarmayacak şekilde yanmaktadır. Görüldüğü gibi bu malzeme yanmaya katalitik etki yapmaktadır. Atık gazlarda sağlık açısından zararlı madde içermediğinden yanma gazlarının baca veya dışarıya verilmesinde bir sakınca görülmemektedir. Bu tür cihazlar max 2600 kcal/h ısıtma gücünde imal edilmekte olup aynı cihazlarda 2100 ve 1700 kcal/h güçlerine de kademe kademe ayarlamak mümkündür.

### **Endirekt Sistemli Mahal Isıtıcılar**

Bu tip ısıtıcılar önce içlerinden geçen bir akışkanı (genellikle suyu) ısıtırlar. Daha sonra bu akışkan (su) ikinci bir ısıtıcı yüzeyde (radyatörlerde) dolaşarak mahal havasını ısıtır. Bu tip ısıtıcılara en iyi örnek kazanlardır. Doğalgaz yakışlı ısıtma kazanlarını da 2 bölümde incelemek mümkündür:

1. Münferit ısıtma sağlayan kazanlar (kat kaloriferleri)
2. Merkezi ısıtma sağlayan kazanlar (bina kalorifer kazanları)

#### **1. Doğalgazlı Kat Kaloriferleri**

Doğalgazlı kat kaloriferlerinin en yaygın olan tipleri atmosferik brülörler ile çalışanlardır. Bu tip kazanlar açık yanma odalı (baca bağlantılı) olduğu gibi, kapalı yanma odalı (hermetik balanslı) olarak da imal edilmektedir.

Konvansiyonel (baca bağlantılı) azım yanma odalı sistemlerde ısı gücü 6000 kcal/h'e kadar ulaşabilmektedir. Balanslı tip kat kaloriferli ise (tabii çekişli olarak) 20.000 kcal/h' e kadar üretilmektedir. Her iki tip kazan çelik eşanjörlü olduğu gibi yaygın olarak döküm dilimli eşanjörlü olarak da imal edilmektedir. Bu tip kazanların yüksek ısı verimliliği yanında korozyondan (yoğuşan su nedeni ile) etkilenmeyen düşük duman gazı sıcaklığında çalışma gibi avantajları bulunmaktadır. Yine bu tip kazanlar döşemeye oturtuldukları gibi, nadiren duvara da asılabilen tiplerde üretilmektedir.

#### **2. Merkezi Isıtma Sağlayan-Kalorifer Kazanları**

50.000 kcal/h ısıtma kapasitelerinden 1.000.000 kcal/h ısıtma kapasitesine kadar imal edilen bu tür kazanlar genelde üflemlili (fanlı, Yüksek basınçlı) doğalgaz brülörü ile çalışmaktadır. Monoblok gövdeli çelik kazanlar yapılabildiği gibi, dilimli döküm kazanlar da yaygın olarak üretilmektedir.

Üflemlili brölürlü bu tür kazanların yanında, bazı Kuzey Avrupa ülkelerinde (bilhassa Hollanda'da) yine aynı güçlerde (1.000.000 kcal/h' e kadar) atmosferik brülörle çalışan kazanlar üretilmektedir.

### **Doğalgazlı Su Isıtıcılar**

#### **Ani Su Isıtıcıları (Şofbenler)**

Genelde dakikada 10 veya 13 litre sıcak su ( $t = 25^{\circ}\text{C}$ ) üretirler. Atmosferik brülörlüdürler. Güce göre gaz ayarlı olup, basınç değişikliklerinden etkilenmeyecek tarzda (su sellektörlü) dizayn edilen tipleri vardır. Diğer tiplerden biri ise çıkış sıcaklığını ( $35^{\circ} - 55^{\circ} \text{C}$  aralığında) istenilen değerde tutan "termostatik" şofbenlerdir.

## Depolu Sı Isıtıcıları (Termosifonlar)

Bu ısıtıcılar genel olarak 50, 80, 100, 125 ve 150 litre su kapasitelerinde üretilmektedir. Termostatik kontrolludurlar. Monoblok poliüretan ile izole edilmişlerdir. Atmosferik brülör yanma odası şekline uygun olarak daireseldir.

## BİRLEŞİK (KOMBI) ISITICILAR

Özellikle apartman dairelerine uygulanan doğalgazlı kat kaloriferi ve kullanma sıcak suyu üretimi için bir başka alternatif çözüm ise, kombi duvar tipi cihazları olarak isimlendirilen atmosferik brülörlü ani sıcak su üreteçleridir. Bu cihazlar şekil olarak şofbenlere çok benzerler ve hem 90-70 °C ısıtma sıcak suyunu, hem de 60 °C kullanma sıcak suyunu birlikte üretirler. Duvar tipi kombi cihazlarda genellikle brülör paslanmaz çelik, ısıtma ve ısı değiştirici yüzeyleri bakır veya bronzdan yapılır. Bu cihazlar şofbenler gibi duvarlara asılarak monte edilir. Sirkülasyon pompaları ve kapalı genleşme depoları kendi içindedir. Bu yüzden çok az yer kaplarlar. Cihaza sadece kalorifer ve kullanma sıcak suyu boru bağlantısı yapılır. Dolayısı ile tesisi kolaydır. Bu cihazların avantajları özetlenirse:

- Ucuz cihazlardır. İlk yatırım maliyeti diğer çözümlere göre önemli ölçüde düşüktür.
- Hem ısıtma, hem de sıcak suyu temini aynı zamanda mümkündür.
- Az yer kaplarlar. Montajı kolaydır.
- Sirkülasyon pompası ve kapalı genleşme tankı kendi üzerindedir.

Bu cihazların dezavantajları ise;

- Genellikle ömürleri 3-5 yıl gibi kısadır.
- Bakım giderleri genellikle fazladır. Her ısıtma mevsimi sonunda baz parça değişikliklerine ihtiyaç gösterebilir.
- Kapasiteleri sınırlıdır (genellikle 20.000-25.000 kcal).
- Verimleri daha düşüktür. Katalog değeri olarak kombi verimi % 88 mertebesinde iken, Buderus villa kaloriferlerinde % 92'dir. Düşük yerlerde aradaki bu fark daha da açılmaktadır.
- Gelişmiş ve dış hava kompanseasyonlu bir otomatik kontrol sistemi kullanılmaz. Dolayısıyla villa kaloriferlerine göre daha az konforlu ve kontrol sistemi olarak daha basittir.
- Basit bir sistem olduğundan emniyet önlemleri de daha basittir. Kat kaloriferlerindeki çift kontrol valfi, alev iyonizasyonlu emniyet düzeni gibi önlemler genellikle bulunmamaktadır. Duvar tipi kombi cihazların ilk bakışta en önemli avantajlarından biri ucuz olmalarıdır. Ancak ömür faktörünü gözönüne alan daha dikkatli bir ekonomik analizle kombi cihazların işletme ve bakım giderleriyle birlikte en pahalı çözüm olduğu görülebilir. Öte yandan mevcut apartmanlar kombi cihazlarla ısıtılmak istendiğinde, bütün bina ısıtılmadığından ısı kaybı artacaktır. Bunu önlemek üzere tavan, döşeme ve komşu duvarların yalıtımı gerekir. Aksi halde bazı dairelerde ısı kaybı ve yakıt sarfiyatı daha fazla olabilecektir.

Sonuç olarak, kombi cihazların ekonomik düşüncelerden çok, özellikle yer sorunu nedeniyle tercih edildiği söylenebilir. Mevcut küçük apartman daireleri doğalgazlı kat kaloriferleri uygulamalarında duvar tipi kombi cihazlar en iyi teknik çözümü oluşturmaktadır.

## GAZ KONTROL HATTINDAKİ ELEMANLAR

**a- Küresel Vana:** Gaz hattına giren gazı elle kesmek için kullanılır. Doğalgazda kullanılmaya uygun vanalar olmalıdır.

**b- Filtre:** Gaz borularından gelebilecek toz vs. pisliklerin hassas kontrol vanalarına zarar vermemeleri için hattın başında kullanılır. Filtreler kaset içinde yıkanabilir, sentetik, üç kat malzemedir yapılır. Filtre kapağının üzerinde diferansiyel manometre veya presostat bağlamak için iki adet ölçü nipeli bulunur.



**c) Manometreler:** Değişik kademelerde basıncı görebilmemize yarar. Özellikle basınç regülatöründen önce ve sonra konulur.

**d) Basınç otomatığı (Presostat):** Tesisattaki gaz basıncı brülörün çalışabileceği minimum basınç değerlerinin altına düşünce selenoid vanaya kumanda ederek gaz beslemesini keser. Büyük sistemlerde aynı zamanda üst basıncı kontrol eden ayrı bir basınç otomatığı daha kullanılabilir.

**e) Basınç regülatörü:** Şebeke basıncını brülörde gerekli sabit bölme basıncına düşürür. Girişteki basınç ne kadar değişirse değişsin, regülatör çıkışında sabit bir değer elde edilir. Bu brülörün düzgün çalışması için şarttır. Çıkış basıncı isteğe göre ayarlanabilir. Basınç regülatörü, aynı zamanda, kullanılacak doğalgaz debisini de ayarlar.

**f) Manyetik Ventil (Solenoid vanalar):** Gaz kontrol hattının sonunda manyetik vanalar kullanılır. Bu vanalar brülör durunça gazı kesen, çalışmaya başlayınca da açan ana elemanlardır ve kesin sızdırmaz olmalıdır.

Manyetik vanaların çeşitli tipleri vardır. Ancak bütün tipler hızla kapanmalıdır (1 saniyenin altında). Açma süreleri ise hızlı veya yavaş olabilir. Ayrıca manyetik vanaların tek veya çift olması söz konusudur. Solenoid vanalar normalde kapalı ve yay geri dönüşlü olmalıdır. Avrupa'da bu vanalar voltajdaki % 10 değişiminde çalışacak şekilde üretilmektedir. Ancak Türkiye şartlarında bu tolerans daha geniş olmalı ve magnet 150 volta kadar çekebilmelidir. Kontrol hattında Alman normlarında 300 000 kcal/h gücün üzerinde iki adet manyetik vana kullanılması zorunludur. Ancak bu sınıra varmadan da iki adet vana kullanımı tavsiye edilir. Sadece sistem emniyeti artırılmış olur. Oransal kontrollü hatlarda ise motorlu vana kullanılır ve elektronik veya pnömatik kontrollü geçen gaz debisi ayarlanabilmektedir. Bu durumda aynı zamanda hava debisi de uygun olarak ayrı motorlu klapelerle kontrol edilir.

**g) Kombine manyetik ventiller:** Daha önce de sözü edildiği gibi küçük tesislerde güz kontrol hattı elemanları yerine kombine manyetik ventil kullanılır. Bu cihaz basınç regülatörü, emniyet ventili ve manyetik kumanda vanasını birlikte içerir.

### ***Büyük Sistemlerde Gaz Kontrol Hattındaki İlave Elemanlar***

**a- Gaz kaçak kontrollü:**Büyük tesislerde manyetik veya motorlu vanaların sızdırmazlığını otomatik olarak test eden cihazlara gaz kaçak kontrolü adı verilir. Bunlar basınç veya vakum prensibine göre çalışır ve iki manyetik valf arasına bağlanırlar. Eğer kaçak varsa (30 lt/h'dan fazla) yakma sistemini durdurur ve alarm verirler.

**b- Gaz emniyet kapama ventili:** Regülatörden sonra gaz basıncının ayarlanan değerinin üzerine çıkması halinde bu vana kapanır.

**c- Yaylı Emniyet vanası**

**d- Pilot brülör hattı:** Bazı büyük brülörlerde kazan içinde sürekli bir pilot alevin yanması istendiğinde bu hat teşkil eder.

## **5.7 DİĞER ISITICILARIN DOĞALGAZA ADAPTASYONU**

Diğer yakıtlar (kömür, motorin, fuel-oil, LPG) çalışmakta olan ısıtıcıların doğalgaz geldiğinde, doğalgazla çalışır hale gelmeleri mümkündür.

Şofbenlerde gaz kısmı üzerindeki bazı parçaların (enjektör-meme, gaz ventili) değiştirilmesi ile doğalgaza adaptasyonu kolayca gerçekleştirilebilir.

Kat kaloriferi ve kalorifer kazanlarında ise sıvı yakıtlılar yalnızca uygun gaz brülörü ile teçhiz edilmelidir. Katı yakıtlı kazanların da doğalgaza dönüşümü mümkündür, yanma odalarında gerçekleştirilebilecek değişiklikler ve uygun doğalgaz brülörleri ile bu adaptasyon sağlanabilecektir.

Şofbenlerdeki adaptasyonlar günümüz koşullarında cüzi bir miktar ücret karşılığı bir servis hizmeti getirmektedir. Kazanlarda yukarıda anlatılan adaptasyon ise maliyet optimizasyonu yapılmasını

gerektirmektedir. Burada kazanın ömrü değişiklik için gerekli brülör ve yanma odası değişikliği maliyetleri vs. gözönüne alınmalıdır.

### **3.6. DOĞALGAZLI ISITMA SİSTEMLERİNDE YAKIT EKONOMİSİ VE KONFOR SİSTEMLERİ**

Bilindiği üzere her geçen gün daha da artan yakıt giderleri, ısıtma sistemlerinde ekonomik çözümlere gidilmesini zorunlu kılmaktadır.

Isınmada yakıt tüketimini azaltmak en ucuz ve en iyi şekilde ısınmak, öncelikle doğru ve yüksek verimli sistem seçimi ile başlar. Genelde ihmal edilen veya gereken önem verilmeden kurulan sistemin işletilmesi ve yakıt ekonomisi sağlayan otomatik kontrol sistemleriyle donatılması en az sistem seçimi kadar önemlidir.

Yapılan araştırmalar işletilmesi tamamıyla insan unsuruna bırakılan ısıtma sistemlerinde, otomatik kontrol elemanları kullanılması halinde yakıttan azami tasarrufun sağlandığını ortaya çıkarmıştır.

#### **Isı Sistemlerinin Modernizasyonu ile Enerji Tasarrufu**

Doğalgaz doğru uygulama bulabildiği kadar sağlıklı, güvenli, yüksek verimli, ekonomik bir enerji kaynağı ve çevre dostu bir yakıttır. Uygulamaları, klima, soğutma ve havalandırma sistemlerinde olduğu gibi mühendislik birikimi gerektirmektedir.

Mevcut ısıtma sistemlerinin doğalgaza dönüşümünde, deneyimsiz kişilerin yaptığı yetersiz teknik etüt ve yanlış uygulamalar neticesinde bir dizi mühendislik hataları yapılmaktadır. Sistem seçimlerinde ve uygulamada yapılan hatalar yakıt sarfiyatlarının artmasına neden olmaktadır. Ayrıca kullanıcıların eksik bilgilendirilmesi, yanlış sistem seçimi diğer yakıtlarda olduğu gibi doğalgazın da ekonomik kullanılmamasına neden olmaktadır.

Isıtma sistemlerinin kuruluş aşamasında, geçmişte yapılan hatalar, doğalgaz uygulamaları esnasında düzeltilmeli hataların tekrarlanmasına özen gösterilmelidir. Bu amaçla, doğalgaz dönüşümünden önce mevcut ısıtma sistemlerinin modernizasyonu amacıyla aşağıdaki hususların yerine getirilmesi gerekmektedir.

a- Mevcut ısıtma sisteminin ciddi bir teknik etüdü yapılmalıdır. Mevcut ısıtma sisteminin doğalgaza dönüştürülmesi amacıyla, cihaz seçimi ve projelendirme işleminden önce sistemin kurulacağı mahalde ciddi bir teknik etüt yapılarak mahal koşullarının uygunluğu, baca özellikleri, havalandırma koşulları, mevcut ısıtma cihazlarının ekonomikliği tespit edilmelidir.

Konusunda deneyimli uzman teknik elemanlar tarafından yapılacak teknik etüde göre hazırlanacak proje ile emniyetli, konforlu ve ekonomik bir sistem kurulması sağlanacaktır.

b- Isıtma sistemleri için en uygun olan cihazlar seçilmelidir. Eski tip ve gerektiğinden daha büyük seçilmiş kazanlar, gereksiz enerji kaybına neden olur. Kazan veya kat kaloriferleri değişimi yapılırken, cihaz kapasiteleri yeni tespit edilen ısı ihtiyacına göre seçilmeli, işletme kayıpları azaltılmalıdır.

c- Isıl verimleri yüksek olan cihazlar tercih edilmelidir. Yeni cihaz seçimi yapılırken sistemde en yüksek ısıl verimi verecek kazan veya kat kaloriferleri seçilmelidir. Yüksek kazan suyu ve baca çıkış sıcaklıklarına sahip, eski teknolojiye göre üretilen kazanlar yerine, yoğunlaşma oluşmayacak değerlerde düşük kazan suyu ve bacak sıcaklıklarında çalışabilen sistemler tercih edilmelidir.

d- Bina ısı kayıpları iyi bir yalıtımla azaltılmalı, özgül ve ısı kayıpları düşürülmelidir. Bina veya konutun ısı izolasyonu uygun hale getirilerek, gereksiz ısı kayıplarının azaltılması amacıyla gerekli önlemler alınmalıdır. Binanın veya konutun ısı kayıpları DIN 4701' e uygun olmalıdır.

e- Baca kayıplarının azaltılmalıdır. Baca kesit hesapları DIN 4705 Kısım I' e göre, projelendirme DIN 18160' e göre yapılarak bacalar uygun kesite daraltılmalı ve izole edilmelidir. Eski kazan sistemleride baca ve kazan kayıpları oldukça yüksek, kazanın işletme verimi oldukça düşüktür. Doğalgaza uygun yeni ısıtma sistemlerinde ise, daha düşük yanma havasına ihtiyaç duyulmakta ve daha yüksek CO<sub>2</sub> değerlerine daha düşük atık gaz çıkış sıcaklıklarına ulaşılabilmektedir.

Bunun neticesinde de baca kayıpları azaltılmakta, ısıl verimlilik artmaktadır. Ayrıca, yanma havasının optimum düzeyde tutulması sonucunda bacagazı debisi düşmekte ve baca gazlarının yoğuşma noktası yükselmektedir.

f) Havalandırma kayıpları asgariye indirilmelidir.

g) Sistemi işletmeye almadan önce, cihazların yanma ayarları kontrol edilmeli ve baca gazı analizleri yapılmalıdır.

h) Yakıt ekonomisi sağlayan otomatik kontrol sistemleri kullanılmalıdır. Yanma verimini ve sistemin sayesinde, daha az yakıtla aynı ısı üretilebilmektedir. Otomatik kontrol sistemlerine yapılan ilave ödeme, işletme maliyetlerinin azaltılmasıyla sağlanan tasarrufa kısa süre içerisinde kendini amorti edebilmektedir.

## **Enerji Tasarrufu, Konfor ve Kontrol Sistemleri**

Doğalgazlı ısıtma sistemlerinde kullanılan ve yakıt tasarrufu işletme kolaylığı ile konfor sağlayan otomatik kontrol elemanları aşağıda verilmiştir.

### **Termostatik Radyatör Vanaları**

Radyatör grupları üzerine monte edilen termostatik vanaların düz ve köşe tipleri vardır. Termostatik vana, üzerindeki hassas termostat grubu ile ortam sıcaklığındaki değişiklikleri algılayarak, istenilen oda sıcaklığını temin edecek miktarda suyun radyatörden geçmesini sağlar.

Termostatik vanalar sayesinde, bina ve konut içerisindeki mahaller gerektiği kadar ısıtıldığından % 10 - % 20 arasında yakıt tasarrufu sağlanabilmektedir.

5-30 °C arasında ayarlanabilen termostatik vanalar aynı zamanda sistemi donmaya karşı korur.

#### *2.2. Oda Termostatları*

Mahallin arzu edilen sabit bir sıcaklık değerinde tutulmasını temin eden bir otomatik kontrol elemanıdır. Sıcaklığın kontrol edilmesi istenilen mahale monte edilir ve cihaza bir kablo ile irtibatlandırılır. 5 ile 3 °C arasında ayarlanabilen 24 ve 220 volt devrelere takılabilen ısıtma, soğutma ve ısıtma-soğutma amaçlı muhtelif tipleri mevcuttur.

Isıtma, soğutma ve ısıtma-soğutma amaçlı çalışan cihazlarla birlikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Doğalgazlı kat kaloriferleri ile ısıtılan apartman dairelerinde, tek katlı, dubleks ve tripleks konutlarda kullanımı her geçen gün daha da yaygınlaşmaktadır.

Sıcaklık kontrolü cihaz yanına gitmeden mahalden yapılabildiğinden kullanıcıya büyük bir işletme kolaylığı sağlayarak, konforlu ısınmayı temin eder ve yakıttan tasarruf sağlar.

## **Zaman Saatler (Timer)**

Isıtma sistemlerinin istenilen zaman aralıklarda otomatik olarak çalışmasını veya durmasını sağlayan bir konfor kontrol elemanıdır.

Zaman saatleri, doğalgazla çalışan kat kaloriferleri, kazan ve brülör kontrol panoları üzerine takılarak cihazların değişik zaman aralıklarında devreye girip çıkmasını sağlar. Rezervli, rezervesiz, elektronik ve mekanik çok değişik tip ve modelleri de mevcuttur. Mekanik modellerde günün 24 saatinde 15 dakika aralıklarla, elektronik modellerde ise, 7 çalıştırma, 7 durdurma olmak üzere haftalık ve günlük toplam 14 program yapılabilmektedir.

## **Programlama saati**

Isıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinde sıcaklık kontrolü için kullanılır. Oda termostadı ve zaman saati fonksiyonlarını bünyesinde toplayan bir otomatik kontrol elemanıdır.

Haftalık ve haftanın yedi günü için ayrı ayrı program yapma imkanı sağlar. Ayrıca düştüğünde ısıtma sistemini otomatik olarak çalıştırarak, tesisatı donmaya karşı korur. Likit kristalli dijital ekranlı, pille çalışan modelleri vardır. 3-29 C arasında sıcaklık ayar ve kontrol olanağı sağlar. Programlama saatiyle, haftalık ve haftanın her günü için ayrı program dışında cihazın kullanılması gerektiğinde günlük özel bir program da uygulanabilir. Isıtma sistemlerinde program saati kullanılması durumunda yakıttan % 10-15 tasarruf sağlanabilmektedir.

## **5.8.TÜRKİYE'DE DOĞALGAZ UYGULAMALARININ GELİŞİMİ VE KURUMLAŞMA ÖNERİLERİ**

Bu bildiriye, Türkiye'de doğalgaz sektörünün gelişimi özlü bir biçimde değerlendirilmekte, mevcut durumun bir çözümlenmesi yapılmakta, yaşanan olumsuzluklar tesbit edilmekte ve bu olumsuzlukları aşarak sektörün sağlıklı bir gelişimine olanak verecek işleyiş ve örgütlenme için öneriler yer almaktadır.

## **TÜRKİYE'DE DOĞALGAZ SEKTÖRÜNÜN GELİŞİMİ VE MEVCUT DURUMU**

Ülkemizde doğalgazla ilgili çalışmaların geçmişi incelendiğinde, konuyla ilgili ilk çalışmaların, 1983 yılında BOTAŞ Genel Müdürlüğü'nce yapılan "Doğalgaz Talep ve Temin" konulu tartışma olduğunu görmekteyiz. Bu çalışmayı, Eylül 1984'de Sovyetler Birliği ile doğalgaz alımını öngören çerçeve anlaşmasının imzalanması, 1986' da ise BOTAŞ' la Sovyet Soyuz Eksport Kuruluşu'nun 25 yıllık süreli, 1990'lı yıllar içinde yılda 5-6 milyar m<sup>3</sup>'e ulaşması öngörülen doğalgaz ithalatını konu alan ticari anlaşmanın imzalanması izlemiştir.

Doğalgaz teminine yönelik bu ilk girişimi, ithalatın fiilen yapılabilmesini temin amacıyla, Bulgaristan sınırında Malkoçlar'dan başlayarak Hamitabat-Ambarlı güzergahını izleyen, Marmara Denizi'ni önce Ambarlı-Pendik arasında geçen, daha sonra Pendik-İzmit üzerinden Muallim mevkiine ulaşan, İzmit Körfezi'ni Muallim-Hersek bağlantısıyla geçip, Gemlik-Bursa, Bozüyük-Eskişehir üzerinden Ankara'ya varan 842 km'lik boru hattının inşaatı izlemiştir. 1988 yılı sonbaharı itibariyle, doğalgaz, güzergah üstünde bulunan yerleşim birimlerinin potansiyel kullanımına hazır hale getirilmiştir. Bu ana hattın inşaatıyla birlikte, 1988 yılında Ankara'da EGO Genel Müdürlüğü'nce, İstanbul'da İGDAŞ Genel Müdürlüğü'nce, bu kentlerin kent içi doğalgaz şebekelerinin yapımı amacıyla uluslar arası ihalelere çıkmıştır. Kredili olarak çıkılan bu ihalelerin değerlendirilmesi sonucunda, Ankara'da danışman firma olarak British Gas, müteahhit firma olarak da İngiliz AMEC firması ile Türk Kutlutaş ortak girişimi, İstanbul'da ise danışman firma olarak Fransız Sofregas firması, müteahhit olarak da Fransız SAE firması ile Türk Alarko Ortak Girişimi görevlendirilmiştir.

Türkiye’de kentsel düzeyde doğalgaz kullanımını amaçlayan bu kentsel dönüşüm projesi yapım sürecinde büyük farklılıklar göstermiştir. Ankara projesi esas olarak mevcut havagazı şebekesinin rehabilitasyonu ve takviyesini esas almıştır. İstanbul’da ise mevcut havagazı şebekesinin “rantabl olmadığı” gerekçesiyle islahından vazgeçilmiş ve tamamen yeni bir dağıtım şebekesi inşaatı esas alınmıştır. İki proje arasında diğer önemli bir fark ise Ankara’da gazın dağıtımının sektörler itibarı ile yapılması, şebeke yapımı biten mahallelere gaz verilmesi sonucu, yapım çalışmalarına başlanmasından kısa bir süre sonra da doğalgaz kullanılmaya başlanmışken, İstanbul’da semtlere gaz verilebilmesi için bütün şebekenin yapımının bitmesi beklenmiştir. İki proje arasında diğer bir temel farklılık da Ankara Projesi’nde İngiliz standart ve uygulama kurallarının, İstanbul Projesi’nde ise Fransız standart ve uygulama kurallarının esas alınması olmuştur.

**Tablo-5.1.** Türkiye’de doğalgaz kullanan konut sayısı ve hedeflenen rakamlar

Kent	Mevcut Kullanıcı Sayısı	Süren ve Planlanan Çalışmalarla Doğalgaz Kullanacak Konut Sayısı
Ankara	170.000	50.000+150.000
İstanbul	305.000	500.000+700.000
Bursa	39.000	81.000
İzmit	-	60.000
Eskişehir	-	60.000
Toplam	514.000	751.000+850.000

Ankara ve İstanbul kentsel dönüşüm projelerini, Bursa kentsel dönüşüm projesi izlenmiştir. BOTAŞ’ca çıkılan ihaleyi, İtalyan Bonatti-Alarko Ortak Girişim kazanmış, yapım sürecinde, İtalgaz danışman, Bonaati kreditor, Alarko mühendislik hizmetleri ve malzeme temini, Akfen ise yapımcı müteahhit olarak faaliyet göstermiştir. Ankara ve İstanbul’da, yukarıda sözü edilen ihaleler kapsamındaki işler sonuçlandırıldıktan sonra, EGO ve İGDAŞ doğalgaz şebekelerinin yaygınlaştırma çalışmalarını kendi özkaynaklarıyla sürdürmüşlerdir.

Bugün, Ankara’da 170.000. konutta doğalgaz kullanılmaktadır. EGO’nun özkaynaklarıyla finanse ettiği bir yatırımla, yeni hat ve servis hatları yapımı öngörülmekte ve 50.000 konuta daha doğalgazın ulaştırılması amaçlanmaktadır. Ankara’da ihalesi birkaç yıl önce sonuçlandırılmasına karşın, finansman problemleri nedeniyle başlanamayan 113 milyon dolar tutarlı projeye, 1996 yılında başlanılmıştır. Atilla Doğan firması, bu proje için Kanada’dan kredi temin etmiştir ve gerekli malzeme Kanada’dan temin çalışmaları sürmektedir. Bu projeye 150.000. konuta daha doğalgazın ulaştırılması öngörülmektedir. İstanbul’da hâlâ gaz kullanan 305.000 aboneye, sözleşme yapmış olan ve halen gaz bekleyen 245.000 abone eklenecektir. Mevcut şebeke ve bu şebekenin genişletilmesi ile 800.000 aboneye ulaşması hedeflenmektedir. İGDAŞ, yeni yapacağı fizibilite çalışmaları ile 700.000 yeni aboneye daha gazı götürmeyi öngören yatırım çalışmalarını da planlamaktadır. Bursa’da halen 39.000 konutta gaz kullanılmakta, 62.000 aboneye daha gazı bağlanacak çalışmalar sürmektedir. Yapım çalışmaları süren mevcut proje kapsamında toplam 120.000 konuta daha gaz verilmesi planlanmaktadır.

Tablo-1

Kullanım Alanı	Toplam Tüketim İçindeki Payı
Elektrik enerjisi üretim için termik santrallerde	% 52.9
Gübre sanayinde	% 11.7
Sanayi kuruluşlarında enerji kaynağı olarak	% 19.9
Ankara’da konut ve ticari sektörde	% 7.8
İstanbul’da konut ve ticari sektörde	% 6.9
Bursa’da konut ve ticari sektörde	% 0.8

Eskişehir’de, BOTAS’ın özkaynaklarıyla finanse ettiği 11.5 milyon dolar tutarlı yatırımla, müteahhit Epsilon firması eliyle iki yıl içinde 60.000 konuta doğalgaz ulaştırmayı hedefleyen çalışma başlamıştır.

İzmit’te ise bir belediye kuruluşu olan İZGAZ, Yap-İşlet-Devret sistemiyle, Fransız SAE-Sofregas Ortak Girişimi 120 milyon dolar tutarla İzmit’in gaz dağıtım şebekesi yapımı ve konutların doğalgaz dönüşümü işini vermiştir. Bu çalışmayla 60.000 konut doğalgazon ulaştırılması öngörülmektedir.

Bugün, Türkiye’de doğalgaz kullanan konut sayısı ve hedeflenen rakamlar Tablo-1’ de verilmiştir.

Kuşkusuz, doğalgaz yalnızca konutlarda kullanılmamaktadır. Doğalgaz halen TEK Trakya Kombine Çevrim Santrali’nde, Ambarlı Termik Santrali’nde elektrik enerjisi üretimi amacıyla kullanılmakta, gübre tesislerinde gübre üretim girdisi olarak değerlendirilmektedir. Bundan da öte doğalgaz iletim hattı boyunca yer alan yüzlerce fabrikada, ısı ve enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır.

Doğalgazın sektörel kullanım önceliklerine bakıldığında, 1994 yılında, doğalgaz tüketiminin yarısından fazlasının elektrik enerjisi üretiminde gerçekleştiğini görmekteyiz.

Halen Türkiye’de doğalgazın ithali, iletimi, dağıtım ve satışından BOTAS sorumludur. Ankara ve İstanbul’da ise kentsel dağıtım ve dönüşüm projeleri birer belediye kuruluşu olan EGO ve İGDAŞ tarafından yürütülmektedir. Bursa’da gerek devam eden yatırım çalışmaları, gerekse mevcut şebekenin işletmesi ve gaz satışı BOTAS tarafından gerçekleştirilmektedir.

Yürürlükte olan ve 2.2.1990 tarihli Resmi Gazete’de yayınlanan 397 sayılı KHK’ye göre; bundan böyle kentsel doğalgaz yatırımları sadece BOTAS tarafından gerçekleştirilecek ve kurulacak sistemlerin işletme, BOTAS ,belediye, özel ve tüzel kişilerin ortak olacağı şirketlerce yapılacaktır.

Ancak, KHK’nin öngördüğü ve ortakların hisse payları Bakanlar Kurulu’nca onaylanacak olan kentsel doğalgaz şirketlerinden, bugüne değin yalnızca İzmit’te İZGAZ kurulmuştur. İZGAZ tipik bir belediye şirketi olup, BOTAS’ın ortaklığı mevcut değildir. Bu durum karşısında, Bursa ve Eskişehir Kentsel Dağıtım ve Dönüşüm Projeleri BOTAS Genel Müdürlüğü eliyle gerçekleştirilmektedir.

Doğalgaz sektörünün gelişimi kuşkusuz yukarıda anlatılan süreçle sınırlı değildir.

Doğalgaz temininde kaynak çeşitlenmesi amacıyla, Cezayir’den sıvı olarak tankerle ithal edilen doğalgazı tekrar gaz haline dönüştürülüp, mevcut dağıtım şebekesine iletmek üzere kurulan Marmara Ereğlisi Sıvı Gez Terminali devreye girmiştir.

Marmara Ereğlisi LNG santrali için Cezayir’den ithal edilen gaz miktarının 4 milyar m<sup>3</sup>/yıl’a çıkarılması için Cezayir’le görüşmeler sürmektedir. Öte yandan, Cezayir’in yanısıra, Katar, Nijerya, Umman, Abudabi, Avustralya’dan sıvı doğalgaz ithali için görüşmeler sürmektedir. Nitekim Avustralya’dan 225 milyon m<sup>3</sup> doğalgaz temin bağlantısı yapılmıştır.

Mevcut boru hattının İzmit-Köseköy-Düzce üzerinden Karadeniz Ereğlisi’ne uzatılmasını öngören 20 milyar dolarlık çalışması, müteahhit Atilla Doğan firmasınınca sonuçlandırılmak üzeredir.

Mevcut hattın Bursa-Karacabey üzerinden Çan’a uzatacak 7 milyar dolar tutarlı hattın yapım çalışmaları ise STFA-Enerkom firmasınınca sürdürülmektedir. Bursa-Çan hattının Karacabey ‘den İzmir’e ve Aliğa’ya, Ankara’dan Kayseri ve konya bağlantılarını da içerecek biçimde Adana’ya uzatılmasını öngören projelerin mühendislik çalışmaları sonuçlandırılmış, ihale evrakı hazırlanmıştır.

Öte yandan Marmara’da doğalgazla çalışacak her bir 500 MW kapasiteli iki enerji santralinin yapım çalışmaları sürmektedir. TEAŞ Genel Müdürlüğü ise Mudanya’da 1700 MW kapasiteli ve doğalgaza

dayalı bir santralin yapımı için çıktığı uluslar arası ihalede, teklifleri değerlendirmektedir. Ankara’ da ise 1000 MW kapasiteli ve doğalgaza dayalı bir santralin, yerli yabancı ortaklı özel bir kuruluş eliyle, yapımı planlanmaktadır. Bursa’da Sönmez Koç gruplarınca 180 MW kapasiteli bir tesisin yapımı için ihaleye çıkmıştır. İstanbul ve Esenyurt’da Doğa Enerji Şirketi 180 MW kapasiteli bir tesisin yapım çalışmalarını sürdürmektedir. Ayrıca çok sayıda sanayi kuruluşu da doğalgazı kullanan birleşik ısı enerji üretimi tesisleri kurmaya yönelmektedir.

Doğalgaza dayalı bu yatırımları, bundan böyle doğalgaz tüketiminde önceliğin elektrik enerjisi üretimine verileceği izlenimini vermektedir. Planlanan ve süren bu yatırımlar, doğalgaz arzının çok ivedi olarak artırılması ve çeşitlendirilmesi gereğinin altını çizmektedir.

2000 yılında 19.9 milyar m<sup>3</sup>, 2010 yılında 30.6 milyar m<sup>3</sup> olan doğalgaz talep tahminleri, doğalgaz ithalatının artırılmasının zorunlu olduğunu ortaya koymaktadır. Rusya’ dan yapılan ithalatın kademeli olarak 8 milyar ve 10.5 milyar m<sup>3</sup> artırılmasını öngören anlaşmaların yürürlüğe girme sürecinin hızlandırılması gerekmektedir.

İran’dan ve Türk Cumhuriyetlerinden tesis edilecek boru hatlarıyla gaz teminine yönelik çalışmaları kapsamlı mühendislik etüdüleri gerektirmektedir. Boru hatlarının yapımı ise yüksek tutarlı finansman kaynaklarının teminine bağlıdır. Bu çalışmaların yakın vadede sonuçlandırılacağını düşünmek pek gerçekçi olmayacaktır.

Doğalgaz ve Türkiye’de uygulamaları hakkındaki bu genel bilgilerin sonunda “Doğalgazın bugünkü geldiği noktada Türkiye’nin gündeminde önemli bir yer tuttuğunu söyleme” yanlış olmayacaktır kanısındayız.

Bizce 1983 yılından beri Türkiye gündeminde olan doğalgazın kendi gündemini belirleyen cümle ise “Türkiye’nin tüm kamu ve özel kurum-kuruluşları açısından doğalgaza hazırlıksız yakalandığıdır”. Türkiye, doğalgaza hazırlıksız yakalanmıştır ve hala hazırlığını tamamlayamamıştır diyoruz.

Çünkü Türkiye’de halen doğalgazdan tek başına sorumlu bir kuruluş mevcut değildir. BOTAŞ, kendi misyonunu doğalgazın ithalatından, iletiminden, satışından sorumlu kuruluş olarak tariflendirmektedir. 350 ve 397 sayılı KHK’ler, kentsel dağıtım projelerinde, EGO ve İGDAŞ’ı veri kabul etmekte, diğer illerde ise yerey dağıtım şirketlerinin kurulmasını öngörmektedir.

Doğalgazın mevcut durumda ithalat; dağıtım ve satışından BOTAŞ yetkili görülmekte ise de Ankara ve İstanbul’da projelendirme, dağıtım ve satıştan EGO ve İGDAŞ sorumlu bulunmaktadır. Bu kuruluşlar projelerini gerçekleştirmek için kendi standartlarını ve şartnamelerini uygulamaya koymuşlardır.

Ankara’da doğalgaz dönüşüm işi yapan firmalar veya mühendisler EGO şartname, yönetmelik ve esaslarına göre; İstanbul’da yaşayanlar İGDAŞ şartname ve yönetmeliklerine; Bursa’da BOTAŞ şartname ve yönetmeliklerine; İstanbul dışında sanayi dönüşümü yapanlar BOTAŞ esaslarına göre; İstanbul’da sanayi dönüşümü yapanlar İGDAŞ esaslarına ve böyle devam ettiği müddetçe yarın İzmit’tekiler başka yönetmelik ve esaslarına göre proje yapacak, tesisatlar farklı yönetmelik, esas ve standartlarına göre istenecektir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın hazırlık çalışmalarını büyük aralıklarla yıllardır sürdürdüğü ve ulusal düzeyde geçerli olmasını öngördüğü Doğalgaz İç Tesisat Yönetmeliği hazır olduğu halde bir türlü yayınlanmamaktadır.

22 Mayıs 1991’de Sanayi ve Ticaret Bakanlığı’na Resmi Gazete’de yayımlanmış olan Doğalgaz Bina İç Tesisatı Projelendirme ve Uygulama Kuralları başlıklı TS 7363 resmi zorunluluk haline

getirilmiş ise de değişik kentlerdeki uygulamalar bu standart ile çeliştiği ve standart mevcut biçimiyle bir dizi eksiklik içerdiği için, çok kez uygulanamamaktadır.

Tüketicilerin doğalgaz konusunda bilgilendirilmesine yönelik çalışmalar, yerel gaz kuruluşlarının yaptığı çalışmaları ile TMMOB'ne bağlı Odalarca düzenlenen toplantılar ve çoğu halka ücretsiz olarak dağıtılan broşür ve "Tüketicinin Korunması ve Bilgilendirilmesine" yönelik düzenlenen panel vb. etkinliklerle sınırlı kalmıştır.

Türkiye'de mevcut parçalı yapıyı veri kabul edersek, bu durumda mevcut kurumlar arasında eşgüdümü sağlayacak bir üst örgütlenme, örneği Türkiye Doğalgaz Enstitüsü veya Doğalgaz Sürekli Komitesi gibi bir yapılanma mutlaka sağlanmalıdır. Bu üst örgütlenme, mutlaka özerk ve federatif bir yapıda olmalıdır. Bu örgütlenmenin Genel Kurulunda BOTAŞ, TSE, Yerel Gaz Kuruluşları, TMMOB ve ilgili Odaları ile doğalgazın kullanıldığı ve yakında kullanacağı kentlerin Sanayi Odaları, Ticaret Odaları ile üniversitelerin ilgili bölümleri temsil edilmelidir.

Genel Kurulca seçilecek ve içinde BOTAŞ, EGO, İGDAŞ, İZGAZ vb. yerel gaz kuruluşları, TSE, TMMOB ve özel sektörün mesleki kuruluşların, mutlaka temsil edilecekleri bir yönetim kurulu, dönem içinde çalışmalarını sürdürmelidir. Bu kuruluşun bağımsız sekreteryası ve gelir kaynakları olmalıdır.

Bir yandan böylesi bir örgütlenmenin oluşturulması için çaba harcanırken diğer yandan mevcut uygulamalar arasında da eşgüdüm sağlamaya gayret gösterilmelidir.

Bu amaca yönelik olarak; önerilerimiz aşağıda verilmiştir.

## 5.9.ÖNERİLER

- 1- Ulusal düzeyde geçerli olacak "Doğalgaz İç Tesisat Yönetmeliği" yayımlanarak yürürlüğe konulmalıdır.
- 2- Ulusal düzeyde kurulması öngörülen "Türkiye Doğalgaz Enstitüsü" veya "Doğalgaz Sürekli Komitesi" türü örgütlenmenin gerçekleştirilmesinin ön adımı olarak, bu mantık ve yapıdaki alt örgütlenmeler bugünden ilgili gaz kuruluşlarının öncülüğünde oluşturulmalıdır.
- 3- Doğalgazla ilgili kurumlar, çalışmalarında şeffaflaşmalı, bilgilerin genelleştirilmesi, herkesçe erişilebilir ve kullanılabilir olması sağlanmalıdır.
- 4- Mevcut yasalara göre "Mühendislerin mühendislik faaliyetleri ile ilgili sorumlu tek kuruluş TMMOB' dir." Mühendisler ve mimarlar mesleklerini icra edebilmek için branşlarına göre ilgili mühendislik odalarına kaydolmak zorundadır. Mühendis ve mimarların mesleklerini ifa etmek için oluşturdukları mühendislik ve mimarlık büro ve şirketler de ilgili mühendis mimar odasına kayıtlı olmak zorundadır.

Hal böyleyken, son örneği ETKB' nin İç Tesisat Yönetmeliği tartışmalarında gözlenen; mühendis odalarına ve onların üst örgütü TMMOB'u dışlayan ve yasal zorunluluk olan mühendislerin ilgili mühendis odasına kaydolması yerine, doğalgaz alanında faaliyet gösterebilmek için ilgili Bakanlık ve gaz kuruluşlarından yetki belgesi almaları gerektiğini savunan yanlış anlayışlar terkedilmelidir. Mühendislerin bu kuruluşlara karşı yükümlülükleri; faaliyetlerini bildirim, projelerini onaylatmak şeklinde olmalıdır. Gaz tesisatı işlerinde, Mimarlık ve Mühendislik Hizmetleri Şartnamesinde de belirtildiği gibi hizmetin makine mühendislerince gerçekleştirilmesi gereği kabul edilmelidir.

5. Proje denetimine yönelik olarak BOTAŞ ve Yerel Gaz Kuruluşları ile TMMOB Makine Mühendisleri Odası arasında protokol yapılmalıdır. Böylece, projelerin Odaya kayıtlı büro şirketler ile bu şirketlerde çalışan, kanunen proje yapma yetkisine sahip mühendislerce yapılıp yapılmadığı hususu, Makine Mühendisleri Odasıyla denetlenebilmelidir.



6. BOTAŞ ve İGDAŞ tarafından hazırlanmış olan “Endüstriyel Tesislerde Doğalgaza Geçiş” konulu el kitapları, ilgili kuruluşların katılımıyla zenginleştirilmeli ve birer referans metin haline getirilmelidir.
7. Üniversitelerin doğalgaza daha yoğun ilgi göstermeleri sağlanmalıdır. Üniversitelerin Petrol Mühendisliği bölümlerinin adını Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği olarak değiştirmeleri yerine Gaz Mühendisliği ve Tesisat Mühendisliğini, bir alt disiplin olarak eğitim programlarına almaları sağlanmalıdır.
8. EGO ve İGDAŞ’ ın doğalgaz tesisatçısı yetiştirmek için açmış olduğu kursların benzerleri diğer gaz kuruluşlarında da açılmalıdır. Bir adım atmalı, başlangıçta pilot bölümler halinde de olsa, öncelikle doğalgazın kullanıldığı kentlerdeki endüstri meslek liselerinde doğalgaz tesisatçılığı bölümü açılmalıdır. Uludağ Üniversitesi Doğalgaz Meslek Yüksek Okulu olumlu bir örnektir, bu örnekler daha da yaygınlaştırılmalıdır.
9. Yürürlükte olan 397 sayılı KHK mevcut biçimiyle yetersiz ve işlevsizdir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’na hazırlanan ve “özelleştirme” gerekçesiyle doğalgaz satışında BOTAŞ önceliğini kaldırmayı öngören, yasa tasarısı ile ilgili kesimlerin bilgisine sunulmalı, tartışmasına açılmalıdır.  
Yapılması gereken, 397 sayılı KHK’nin yerel doğalgaz dağıtım şirketlerinin kuruluşlarının usul ve esaslarını ortaya koyan, Ulusal Gaz Enstitüsü’nün kuruluş ve görev alanlarını da belirleyen zenginleştirilmiş bir içerikle yenilmesinin sağlanmasıdır.
10. İthal edilen ve dışa bağımlı bir enerji kaynağı olan doğalgazın sektörel kullanım öncelikleri tartışmaya açılmalıdır. “Çevre kirliliğini azaltma” misyonu da olan doğalgazın kentsel düzeyde kullanımına yönelik çalışmalara ağırlık verilmelidir. Çok sayıda uluslararası firmanın doğalgaza dayalı enerji santralleri kurma girişimleri anlamlıdır. Bu anlamda da ulusal düzeyde tartışmalar yapılacak, stratejiyi belirleyecek Doğalgaz Enstitüsü’nün ve bu Enstitünün alt kollarının bir an önce çalışmaya başlaması zorunludur.
11. Doğalgazla ilgili uluslararası yapım ihalelerinde temel alınması gereken anlayış, “Kreditör ülkenin malzeme ve uygulama standartları” değil, Türkiye’ye gerekli ve uygun olan malzeme ve uygulama standartları olmalıdır.
12. Aynı şekilde, kentsel dönüşüm ihalelerinde, müteahhit firmanın sorumluluğu, doğalgaz dağıtım şebekesinin yapımıyla sınırlı olmalı, bina iç tesisatlarının yapımı ve cihaz temini yurt içinden yerli kuruluşlar eliyle karşılanmalıdır.
13. Çıkkılan ve çıkılacak bütün ulusal ve uluslararası ihalelerde, ihtiyaç duyulan malzemelerden, yurt içinde imal edilen ve ulusal-uluslararası standartlara uygun olan ürünlerin yurt içinden karşılanması esas olmalıdır.
14. Tüketicinin bilinçlendirilmesine ve korunmasına yönelik çalışmalar, panel, seminer, yayın danışma büroları tesisi vb. yaygınlaştırılmalı, uygulamada güvenliğin sağlanması esas olmalıdır. Enerji tasarrufu sağlayacak yöntemler hakkında tüketiciler bilgilendirilmelidir.
15. Doğalgaz sektöründe sigorta uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır.

## 6. JEOTERMAL ENERJİ

Jeotermal enerji doğal bir enerji türüdür. Yenilenebilen bu enerjinin oluşumunda kullanılan ısı kaynağı yer kabuğunun derinliklerindeki mağmadır. Yer yuvarlağının iç kısmına doğru yerin sıcaklığı artar. Yaklaşık 1 °C lik sıcaklık artışı için düşey olarak yer kabuğu içinde inilmesi gereken derinliğin m olarak derinliğine jeotermi derecesi denir. Jeotermi derecesi için genellikle 30-35 m’lik iç sıcaklık basamakları esas alınır. Yer kabuğunun derinliklerinde bulunan ısı enerjisi yüklü yağmur sularının sondajla yeryüzüne çıkarılarak insanlara yararlı bir duruma getirilmesine jeotermal enerji elde etmek denir.

Yerkabuğunda oluşan sıcaklığın başlıca iki kaynağı vardır. Birincisi yer kabuğu içine girmiş bulunan ve yer yüzüne doğru yükselen magma ile birlikte taşınıp yayılan sıcaklıktır. İkincisi ise, yer sıcaklığı ya da jeotermi denilen ve kabuk içinde derinlere doğru inildikçe artan, yerin kendi sıcaklığıdır. Bunun değeri ise 1100-1200 °C yi bulur.

Kuşkusuz yerin merkezine kadar bu sıcaklık değeri daha da yükselir. Yeryüzünden yaklaşık 6370 km' lik bir derinlik gösteren iç çekirdekte bu değer 3000-5000 °C' ye ulaştığı tahmin edilmektedir. Bu açıklamalardan da anlaşılıyor ki jeotermal enerjinin orijini jeotermi ve magmadan gelen sıcaklıktır. Yer kabuğu içinde magmatik faaliyet son bulduğu zaman magma giderek soğur. Soğuma binlerce yıl devam eder ve yavaş yavaş meydana gelir. Soğuma sırasında bazı gazlarla birlikte, doğal buharda oluşur. Gazlar ve buhar yer kabuğu içinde kırık hatları veya volkanik bölgelerin derinliklerindeki çatlak ve yarıklardan geçerek yüzeye, sıcak kaynak suları gayzerler ve doğal buhar şeklinde ulaşır.

Doğal buharın elektrik enerjisi üretiminde, diğer sıcak suların ise ısıtma işlerinde ekonomik olarak kullanılmalrı mümkün olmuştur. Doğal buhar ve diğer sıcak suların yani termal kaynakların kökeni büyük ölçüde yüzeyden yer altına sızan sulardır. Az bir kısmı ise juvenil sular (magnetik) olabilir. Bu grup sular genellikle volkanizma hareketleri sırasında magmadan ayrılan gazların yoğunlaşması sonucu oluşan sıcak su buhar karışımı ve buhar şeklinde (doğal buhar) sulardır.

Bu enerji direkt olarak yerin kendi ısısından elde edilebilir. Jeotermal kelimesi yer anlamına gelen "jeo" ve ısı anlamına gelen "termal" kelimelerinin birleşiminden oluşmuştur. Bu enerji yer kabuğunun kilometrelerce derinliğindeki erimiş kayalardan oluşan mağmanın ısısından oluşur. Magmadan yükselen ısı ile, jeotermal rezervuarlar olarak bilinen yer altı su havuzları ısınır. Hatta bazen su kaynatarak buhar oluşturabilir. Bunlar yeryüzüne çıkacak bir yer bulunduğu su veya kaynar bir şekilde gayzerlerden dışarıya çıkarlar. Bunlar kaplıcalar olarak bilinirler.

Yüzyıllardır insanlar bu suları banyo yapma veya mutfaklarında kullanırlar. Ancak bugünkü teknoloji ile artık bunların kendiliğinden yeryüzüne çıkmasını beklemek yerine jeotermal rezervuarların oldukları yerlere sondaj yaparak enerji açığa çıkarılabilmektedir.

Jeotermal enerji ülkemiz için önemli bir yenilenebilir kaynaktır. Türkiye jeotermal potansiyel açısından dünyanın yedinci ülkesidir, muhtemel jeotermal potansiyelin kullanımının getirebileceği ekonomik kazanım 9 milyar\$/yıl'dır. Yüzey sıcaklığı 40 °C nin üzerinde 140 jeotermal saha mevcuttur. Ancak, bunlardan sadece dört tanesi elektrik üretimine uygundur. Bu sahalardan Denizli-Sarayköy'de 20.4 MW kurulu elektrik gücünde bir santral mevcuttur. Diğer üç sahada da elektrik santralleri kurulmalıdır. Ayrıca, bu sahalarda elektrik üretimine entegre olarak, merkezi ısıtma vb. jeotermal uygulamalar gerçekleştirilmelidir.

Geri kalan sahaların ısıtma amaçlı olarak ve düşük sıcaklıkta ısı enerjisi gerektiren uygulamalarda değerlendirilmesi teşvik edilmelidir. Türkiye'nin teorik jeotermal toplam kapasitesi 31500 MW<sub>t</sub> dir ve bunun eşdeğeri de 5 milyon konuttur. Ancak, bu muhtemel bir değer olup, hedef olarak bir milyon konut öngörülebilir. Jeotermal enerjinin çevre dostu karakterde kullanılması için tüm dünyada yasalarla zorunlu hale getirilmiş olan reenjeksiyon (akışkanı yeraltına geri verme) tekniğinin uygulanması, hel rezervuar parametrelerinin korunması hem de jeotermal suyun çevreye zarar vermemesi için şarttır.

Jeotermal kaynakların gelişmiş teknoloji ile yüksek verimli ve entegre kullanılmalrına yönelik Ar-Ge çalışmaları artırılmalıdır. Özellikle, jeotermal enerjinin elektrik enerjisine dönüşüm verimini artıran (çift buharlaştırmalı sistemler) ve düşük sıcaklıktaki jeotermal akışkanlardan elektrik üretimine imkan sağlayan yeni teknolojiler (İkili Çevrim Teknolojileri) üzerinde durulmalıdır. Bugün dünyada yaygın olarak kullanılan bu teknolojiler ülkemiz santrallerinde da mutlaka uygulanmalıdır. Ayrıca, sıcak kuru kaya (hot dry rock) jeotermal olanakları da araştırılmalıdır.

**Avantajları :**Çok yüksek verimlidir ve direkt olarak elde edilebildiği için maliyeti düşük iyi bir güç kaynağıdır.

**Dezavantajları :** Yeraltından çıkarılan tüketilen kısmın, aynı oranda, kısa süreçte tekrar oluşması mümkün olmamaktadır. Ayrıca bu kaynaklardan elde edilen su genellikle aşındırıcı ve kirlilik yaratıcı minareller de içermektedir.

### **Jeotermal Enerjiden Yararlanma Alanları**

- Elektrik enerjisi üretimi.
- Konutların ısıtılması.
- Tarım seralarının ısıtılması.
- Yüzme havuzları, kaplıcalar ve hamamlar gibi sıhhi tesislerin ısıtılması.
- Kimyasal madde üretimi.
- Kağıt endüstrisi.
- Tekstil endüstrisi.
- Hayvancılık

şeklindedir.

Dünya da insanlığın sürekli olarak artan enerji ihtiyacını mümkün olduğunca çevreyi kirletmeyen enerji kaynakları (güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji gibi) ile karşılamak için yapılan araştırmalar için her geçen gün artmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ve enerji imkanları kısıtlı olan ülkelerin bu tür kaynaklardan bir kısmına önem vermesi tabiidir. Endüstrisi hızla gelişen ülkemizin enerji ekonomisi açısından böyle yeni ve temiz enerji kaynaklarına önem vermesi gerekmektedir. Ülkemizde bu alandaki etüd ve araştırmaların tam anlamıyla yapılabilmesi için yatırımlara ihtiyaç vardır.

## **7. HİDROLİK ENERJİ**

Hidrolik enerji, Türkiye'nin kullanılabilir en önemli yenilenebilir enerji kaynağını oluşturmaktadır. Gelişmiş ülkelerin potansiyellerini büyük ölçüde değerlendirmiş olmalarına karşı, Türkiye'de işletmeye açılan tesislerle söz konusu potansiyelin ancak % 29'luk bölümü hizmete sunulmuş durumdadır. Önümüzdeki 25 yıl içerisinde, bu potansiyelin tamamının kullanılmasını sağlayacak projelerin hızlandırılması gereklidir. Özellikle Çoruh, Dicle ve Harşit havzalarındaki önemli enerji üretim kapasitesine sahip hidroelektrik projelere gereken önem verilmelidir. Ayrıca bugün için ekonomik görülmeyen teknik potansiyelin büyük kısmının da ekonomik potansiyel karakteri kazanması ihtimalinin yeniden değerlendirilmesi üzerinde durulmalıdır.

Bugünkü durumu ile hidroelektrik santrallerin finans sorunu, karar verici mercilerin katılımı ile üst düzeyde çözülmesi gerekli bir sorundur. 2000' li yıllarda potansiyel bir elektrik enerjisi sıkıntısının gündemde olduğu günümüz Türkiye'si için bunun önemi ortadadır. "Yap-İşlet-Devret (BOT)" modeli için hukuksal alt yapı bir an önce oluşturulmalıdır.

Bu hukuksal düzenlemelerin yapılması belirli bir süre alacağından, kısa dönemde hidrolik enerji üretiminde devlet payının aşağıya çekilmesinin zor olacağı görülmektedir. Bir enerji darboğazına girilmemesi için, devletin yatırım bütçesinden hidroelektrik enerji üretimine ayrılan payların artırılması zorunludur.

Büyük güçlü hidroelektrik santral uygulamaları, literatürde klasik yenilenebilir enerji üretimleri arasında yer alırken, küçük hidroelektrik santraller yoluyla üretilen enerji yeni ve yenilenebilir enerjiler kapsamına sokulmaktadır; ancak ülkemizde bu kaynaktan bugüne kadar yararlanılmamıştır. Güçleri 10 MW' ın altında kalan ve çoğunlukla birkaç MW'ı aşmayan bu tür imkanların değerlendirilmesi de önem arz etmektedir. Bütünü ile yerli teknoloji kullanılarak değerlendirilebilecek bu tür imkanlar için, organizasyon ve yasal mevzuat düzenlemeleri yapılması gereklidir. Bu

santrallerin, suların değişik amaçlı kullanımları ile entegre biçimde kurulmaları sağlanmalıdır. Ayrıca, kooperatiflerin bu tür santraller kurmalarına ve elektriği üretim ve dağıtım kuruluşlarına satmalarına imkan tanıyan bir yasay düzenleme de düşünölmelidir.

**Avantajları :** Hidrolik santraller sayesinde üretilen enerjinin maliyeti düşüktür ve kirlilik oluşturmaz. Aynı zamanda yüksek verimlidir (% 80).

**Dezavantajları :** Barajlar, çevrelerindeki bölgenin ekolojisini değiştirir. Örneğin, barajlarda toplanan su her zaman için, nehirlerden akan durumda olan suya göre daha soğuktur ve bu durum bazen balık ölümlerine neden olur. Barajlardan dolayı, nehirlerdeki su seviyesi doğal ortamından daha aşığıda veya yukarıda olduğunda nehir çevresindeki bitki gelişimini olumsuz etkiler.

## **Hidrolik Kaynaklar ve Türkiye**

Türkiye'nin işletilbilir su gücü, 122,4 milyar kwh kadar hesaplanmaktadır. Bunun şimdilik önemli bir kısmı henüz işletmeye açılmış değildir. 1995 yılı itibariyle 36,7 milyar kwh dolayına çıkmış olan üretim yoluyla ölkemiz ancak bu potansiyelin % 29,5 ' ini değerlendirmiştir. Bu da 275 adet hidroelektrik santralden elde edilmektedir.

Henüz su gücünün çok az kısmı değerlendirilmiş olmakla birlikte, bu alanda geçmiş yıllara göre önemli gelişmeler vardır. Örneğin 1960' da yaklaşık 1 milyar kwh olan su gücü elektriği, 1995 de 36,7 milyar kwh olup, 1960-1995 devresinde yani 35 yılda yaklaşık 36 katından fazla bir artış göstermiştir. Türkiye elektrik enerjisi üretimi giderek artmaktadır. 1940 yılı toplam üretimi yaklaşık 397 milyon kwh ve 1950 yılı üretimi ise yine yaklaşık 790 milyon kwh idi. Bir yandan yeni termik ve hidroelektrik santrallerin devreye girmesi, bir yandan da ölkemiz ihtiyacının hızla artması, ölkemiz yıllık elektrik enerjisinin üretiminin artışını teşvik etmiştir. Hiç şüphe yok ki, bundan sonra da teşvik edecektir.

Elektrik enerjisi, santrallerden yani elektrik üretim fabrikalarından, tüketim merkezlerine, yüksek gerilim hatları denilen enerji nakil hatlarıyla nakledilirler.

Ölkemiz genelinde bütün üretim ve tüketim merkezlerini birbirine bağlayan hatlar sistemine enterkonnekte sistem denir. Bu hatların uzunluğu ile orantılı diyebileceğimiz şekilde, yüksek gerilim hatlarında enerji kaybolur. Taşıyıcı hatların uzunluğuna, ormanlık sahadan geçip geğmediğine ve hatların eski veya yeni olup olmayışına göre değişmesine rağmen, enterkonnekte sistemdeki elektrik kaybı yaklaşık % 10 ila % 20 arasında değişir. Bunun anlamı şudur: Örneğin 1995 Türkiye enterkonnekte sisteminde elektrik enerjisi üretimi yaklaşık 87 milyar kwh idi. Türkiye enterkonnekte sisteminde % 10 kayıp meydana geldiği kabul edilirse demek ki Türkiye' nin 1995 net elektrik enerjisi üretimi yaklaşık 78,3 milyar kwh kadardı.

Toplam üretim giderek artmakla birlikte ölkemiz ihtiyacını karşılayacak düzeyde değildir. Bu nedenle de ölkemiz zaman zaman komşu ölkelerden elektrik enerjisi satın almaktadır. Türkiye elektrik üretiminin % 60' a yakını termik kaynaklardan elde etmektedir. Oysa sadece işletilbilir su gücü 122,4 milyar kwh olup, 1995 yılı itibariyle bu potansiyelin sadece % 29,5 ' li değerlendirilebilmiştir. Türkiye elektrik enerjisi üretiminin büyük bir çoğunluğu sanayi ve konutlarda tüketilmektedir.

## **8. HİDROJEN**

### **8.1 Giriş**

Fosil kökenli yakıtların teknolojisinin gelişmesi ve aşırı kullanım sonucu hızla tükenmesi, araştırmacıları alternatif yakıt arayışına itmiştir. Sudan elde edilebilirliği sayesinde sonsuz bir enerji kaynağı olan hidrojen günümüz teknolojisi ile motorlu taşıtlarda yakıt olarak kullanılabilme sınırına

gelmiştir. Hidrojenin çevre dostu olması ve geleneksel yakıtlara göre avantajlarının bulunması, yakın gelecekte en gözde enerji kaynağı olmasını sağlamaktadır. Bir takım işletim problemleri bulunsa da yapılacak çalışmalarla bu problemler giderilebilir.

Hidrojenin en belirgin özelliği Oksijenle çabuk reaksiyona girmesidir. Bu özelliği ile hidrojen doğal bir reaktiftir. Düz cam üretiminde, elektronik mikroçip üretiminde de olduğu gibi Oksijenin temizlenmesi için azot atmosferlerine Hidrojen verilir.

Hidrojen birincil olarak petrokimya sektöründe ham petrolün desülfirizasyon ve hidrokraking işlemleriyle rafine edilerek daha hafif türevlerinin elde edilmesinde kullanılır. Ayrıca, kimya endüstrisinde büyük miktarlarda üretim işlemlerinde aktif bileşen olarak tüketilmektedir. Düz cam üretiminde ve metallerin ısı işlemlerinde koruyucu ve reaktif atmosfer bileşeni olarak, enerji santralleri ekipmanlarının soğutulmasında, yenilenebilir bitkisel yağlarının katılaştırılması amaçlarıyla ve roket yakıt karışımlarında Hidrojen kullanım alanı bulmaktadır.

Çevre kirliliğine sebep olan önemli etkenlerden birisi de içten yanmalı motorlardan kaynaklanan egzoz emisyonlarıdır. Fosil kaynaklı yakıtların aşırı kullanımı sonucu azalması ve artan çevre kirliliği, çevre bilincine uygun ve yenilenebilir alternatif yakıtların araştırılmasını gündeme getirmiştir. Araştırılacak alternatif yakıtın içten yanmalı motorun performansını fazla düşürmemesi ve egzoz emisyonlarını olumlu yönde etkilemesi gerekmektedir. Ayrıca bu yakıtın elde edilebilirliği, maliyetinin düşük olması, kullanılabilirliği, bulunabilirliği ve motorda fazla değişiklik gerektirmeden kullanılması da önem taşımaktadır. Yüksek verim, çevre sorunları ve fosil yakıt rezervlerinin azalması gibi sorunlar 21.yy enerji tercihinin elektrik ve hidrojenle yana olması sonucunu doğurmaktadır. Bu iki alternatif yakıt birbirine dönüştürülebilmektedir. Ayrıca hidrojen elektrikten daha iyi depolanabilmekte ve uzun mesafelere taşınabilmektedir. Bu özelliği hidrojenin uçaklar ve motorlu taşıtlar içinde yakıt olarak kullanılabilmesini sağlamaktadır

Elektroliz ile sudan elde edilebilmesi, fiziksel ve kimyasal özellikleri, benzine göre motordan daha yüksek güç elde etme imkanı sağlaması ve çevreye olumlu etkileri hidrojeni önemli bir alternatif yakıt durumuna getirmektedir. Motor yakıtı olarak hidrojen kullanımı 1920'li yıllarda başlamış ve günümüze kadar yapılan çalışmalarla hidrojen kullanım sınırına ulaşmıştır. Uygulamanın yaygınlaştırılmasının önündeki engeller; ekonomik faktörler ve mevcut enerji sistemleri ile geleneksel motorların demodeleşmesinin getirebileceği sakıncalardır. Ancak çevresel koşullar bir an önce kullanımın başlamasını zorunlu kılmaktadır.

## 8.1. HİDROJEN HAKKINDA GENEL BİLGİ ve KULLANIM ALANLARI

Renksiz, yanıcı bir gazdır. Diğer kimyasallarla çabuk reaksiyona girer. Fiziksel özellikleri şu şekildedir:

Moleküler Ağırlık	2,016
Kaynama Noktası (1 atm)	-252.87 °C
Yoğunluk,sıvı (b.pt)	0.071 kg/l
Spesifik Isı (b.pt)	3.41 J/gm °C
Yoğunluk,gaz (b.pt.,1 atm)(15 C, 1 atm)	0.0852 kg/m <sup>3</sup>
Isıl kapasite	14.32 Joule/kg K
Spesifik ağırlık,gaz (Hava:1)	0.07
Kritik Sıcaklık	-239.9 °C
Kritik Basınç	12.8 atm

Kullanıldığı yerler:

Rafineride desülfirizasyon ve hidrokraking işlemlerinde  
Düz cam üretiminde  
Işıl işlemlerde koruyucu ve reaktif atmosfer bileşeni olarak  
Enerji santral ekipmanlarının soğutulmasında  
Bitkisel yağların katılaştırılmasında  
Roket yakıt karışımlarında

## 8.2. YAKIT KAREKTERİSTİKLERİ

Atomik sembolü “H” olan hidrojenin atom ağırlığı 1,00797, atom sayısı 1 olan en basit ve en hafif elementtir. Hidrojen doğada en çok bulunan element olmasına rağmen, hafifliği sebebi ile atmosfere yükselip orada serbest kaldığından, yeryüzünde serbest halde çok az bulunur. Görünmez ve kokusuz bir gaz olan hidrojene yer yüzünde diğer elementlerle bileşik yapmış halde rastlanır. 0 °C'deki yoğunluğu 0,08987 g/lt ve havaya göre özgül ağırlığı 0,0695'dir. Hidrojenin yanma ısısı oldukça yüksektir ve zehirli etkisi yoktur. Yanma sonucunda ise sadece su buharı meydana gelir. Aynı ağırlıktaki benzine göre sıvı hidrojenin enerjisi 2,75 kat daha fazladır. Hidrojen çok amaçlı bir yakıttır. Hava yada oksijen ile birlikte yakılarak ısıtma amaçlı olarak kullanılabilir. Motor yada gaz türbiniyle bir jeneratörü tahrik ederek veya yakıt pili olarak kullanılmasıyla yüksek bir verim ile elektrik üretilebilir. Taşıtlarda; basınç altında, sıvı halde ve metal hidrid şeklinde depo edilerek motor yakıtı olarak yararlanılır. Kimya endüstrisinde ham madde olarak kullanılır. Hidrojen sahip olduğu birim enerji başına üretilmesi en ucuz sentetik yakıttır. Sentetik yakıt sisteminde 1Gj'lük enerji 18,65\$'a mal olurken, solar enerji ile üretilen hidrojen 13,02\$'a mal olmaktadır. Ayrıca çevreyi hemen hemen hiç kirlilemez ve sentetik yakıtlar (metanol, amonyak vb.) içerisinde en temiz olanıdır.

Hidrojeni geleneksel olmayan birincil enerji kaynakları ile karşılaştırdığımızda şu farklı üstünlükleri görürüz; kolay taşınabilir, tükenmezdir, yenilenebilir, depolanması mümkündür, ekonomik şekilde üretilebilir, en az kirlilik oluşturmaz, birincil enerji kaynaklarına bağımlı değildir, üretiminde en uygun bileşik çok bol olan sudur, hidrojenin yüksek alevlenme hızı ve geniş tutuşma aralığı, hafifliği ve yakıt olarak ideal özellikleri nedeniyle hidrojen taşıtlar için iyi bir yakıttır.

Hidrojen motorlarının ısı verimi benzin –yakıt karışımını olandan en az %15 yüksek olmalıdır, sıkıştırma oranı artırılarak kullanılmaya müsade eden 106 RON ‘ un petrol oktan oranından hidrojenin yüksek olması en çok istenendir. Bununla birlikte ön-ateşleme çok geniş yanabilirliği yüzünden hidrojen ile en çok olasıdır. Bir hidrojen yakıtlı motordaki güç, petrol karışımı dan daha yüksek veya daha düşük olabilir: büyük faktör hidrojenin silindirler içinde tanıştırılan formudur.

Gazlı yakıt endüksiyon –dış karışım , ortam sıcaklığında havanın önemli bir miktarı yerine geçer, belki %50 nin üzerindeki katı güç azaltmalarına sebep olur neyse ki kriyojenik hidrojenin direkt enjeksiyon – iç karışım %15-20 kadar çıkış gücünü artıracaktır.

Çok zayıf işlem,(ve kontrolsüz NO<sub>x</sub> yayımını azaltacak ) sürülebilirlik ve gücün giderinde verimi artıracaktır. Aşırı doldurma zayıf yanan hidrojen motorunda kayıp güç için dengelemenin bir metodudur. Hidrojen petrol den daha da çok hassas ön ateşlemelidir, ateşleme zamanı ve yakıtın dikkatli kontrolünü gerektirir. Ortam sıcaklığında desteklendiği zaman hidrojen ile yüksek motor yüklerinde önemli olarak yanma odası sıcaklığı artabilir. Su enjeksiyonu, genellikle tam yükde ve ön ateşlemesiz,düzgün hareketliliği (ve %50 kadar NO<sub>x</sub> yayımı azalabilir) ve soğutmaya sağlamak için gereklidir. Hidrojenin enerji yoğunluğu petrolden ve sıkıştırılarak depolanan dan daha düşüktür, konvansiyonel yakıtlar için olandan daha ağır tanklar ve çok büyük hacimli sıvı yada hidrit şekil gerektirir. Temel enerji eşdeğerliği , hacmi 3,000 kez iken hidrojenin ağırlığı petrolünkinin 0,37 katıdır. Stokiyometrik hava /yakıt oranında , örneğin hidrojen hacmi toplam karışımın %28 ‘dir, neyseki petrol %1,7 dir.

## 8.3. EMNİYET AÇISINDAN

Potansiyel emniyet problemlerine rağmen , hidrojen tam olarak tehlikeli bir yakıt olarak göz önüne alınmaz. Yakıt sızıntısı olayında ( eğer sınırlandırılmassa ) hidrojen çok yavaş olarak buharlaşan petrol ile mukayesede çok hızlıca yayılacaktır. Hidrojen ayrıca toksit içermez ve kanser yapmaz. Hidrit formda depolamada, çoğunluk yakıt sızıntıları olmayabilir.

LH<sub>2</sub> ile temas -253 C nin çok düşük sıcaklıkları yüzünden yaşama dokularını yok eder , bu nedenle ciddi kriyojenik yanmalar basınçlandırılmış yakıt sistemlerinden kaçan hidrojen ile temastan doğmaktadır. Belirli bir problem LH<sub>2</sub> nin kullanımı ile birleşmesinden buharlaşma kaybıdır. Sıvı ısındığı zaman depolama tankında hava deliği olmalı ki gazdaki buharlaşma kaybı serbest kalsın. Eğer bir alevle temasta bulunulursa petrol buharlaşması yada metanın asit konsantrasyonundan patlama için en çok olasılığı yüzünden patlama yada ateşin yüksek riski sınırlandırılmış uzaydaki buharlaşma kaybını meydana getirir. Bu aşırı derecede geniş yanabilirlik limitleri %4 ile 74 yüzünden ( metanın yanabilirlik limitleri %5- 15 ile mukayese ) gerçek olarak havadaki hidrojenin her konsantrasyonu patlama için muhtemeldir.

#### 8.4. FEEDSTOCKS

Hidrojen biomass , dogal gaz , benzin , kömür ve suyu içeren feedstocksın geniş bir kaynağından imal edilir. Hidrojen hem hidrojen hem de karbondioksit üreten steam reforming işleminde dogal gazdan üretilebilir. Alternatif olarak dogal gaz , karbon ve hidrojen içinde kaçak olarak katalizörün için de bulunarak ısıtılabilir. Kömür yada bio-kütle ; Karbondioksit ve hidrojenin oluşturulması , yüksek basınç ve sıcaklık altında buharı ile birleştirilmesiyle gazlaştırılabilir. Suyun elektrolizi yada yüksek sıcaklıkta buharın elektrolizi hidrojen meydana getirmek için geniş enerji ( elektrik ) girdilerine gerek duyar. Fotoliz olarak isimlendirilen bir teknik , hidrojen ve oksijen içinde yarı su için hafif kimyasal klorofil tip ile kullanılır.

Yaygın olarak , Dogal gazın steam reforming'i en ucuz üretim metodudur. Kömür gazlaştırma hidrojen üretimi için tamamen ticari olmaya en yakın olanı olabilir bununla birlikte diğer sistemler örneğin Lurgi gazlaştırma ( dogal gazdan metanolün üretimi için ) tamamen ticari ve sentez gaz üretimi – karbondioksit ve hidrojenin birleşimidir.

Çoğunluk, en iyi –uzun dönem üretim işleminin suyun elektrolizi olduğunda hem fikirdir. Bu işlem gelişimin yaygın durumudur; çok verimsiz ( örneğin , en az verimliden tekrar şarj edilebilir akülerden uzak ) ve evrensel kirliliğe eklemeksizin işlem için elektrik yenilenebilir, fosil olmayan enerji kaynakları örneğin solar, hidroelektrik yada bio-kütle kullanımını meydana getirmeye ihtiyaç duyacaktır. Nükleer gücün kullanımı uzun dönemde şimdilik tartışılır ölçüde hesaba katılmaktadır.

#### 8.5. ALT YAPI

Teorik olarak , kesin ayarlamalar ile , dogal gaz boru hattı şebeke varlığında doğalgaz ve hidrojen karışımları yada mermiler saf hidrojenin nakli için mümkündür. Pratikte , bununla birlikte bu görünüş yüksek olarak pratik edilebilir olarak mümkün değildir özellikle boruların aşınması yada çatlama içinde sızıntı hidrojene meyil verebilir. En çok olası olan ayrılan bir dağıtım şebekesi hem boru hatlarının hem de tankerlerin kullanımına ihtiyaç duyabilir. Diğer bir durumda bu hidrojenin dağıtımının maliyeti için sağlam olarak eklenebilir. Uygun bir boru hattı alt yapısının yokluğunda, hidrojen dağıtımının verimliliği manasında sıvı formdur. Sıvı hidrojenin depolanması ve güvenli kullanımı geniş olarak uzay programlarında ilerlemeler yüzünden, özellikle USA da bir teknik standart ilerlemesine uzanır. Geniş vakumlu- yalıtılmış tanklar USA da büyük numaralarda vardır ve LH<sub>2</sub> düzenli esaslarla kargo gemilerde, yol ve ray tankerlerinde taşınır .

Yakıt ikmalinin amacı için , tamamen otomatikleşmiş yakıt ikmal teçhizatı geliştirildi ve test edildi ve uzmansız kullanım için emniyet göz önüne alındı. 150 litre LH<sub>2</sub> tankının yakıt ikmal (daima soğuk ) 3<sup>1/2</sup> ile 4<sup>1/2</sup> dakikada mümkündür. Hidrit depolama ile ,%90 max hidrojen için yakıt ikmal kapasitesi

10 dakikada, %95'i 20 dakikada ve %100 yaklaşık 45 dakikada (elektronik Dünya + Wireless World ,1991) başarılabilir.

## 8.6. TAŞIT DEĞİŞTİRMELERİ

Değiştirilmiş benzin ve dizel (tutuşurma yardımı ile ) motorları hidrojen operasyonu için uygun olduğunu gösterir. Erken Daimler Benz araştırmaları benzin motorları ile kullandı. Çifte yakıt sistemi ki hidrojen boşta çalıştırıldı ve benzinin küçük bölümü artırıldı, artan yükte farklı olarak enjekte edildi- %100 tam güçte %100 benzin için . Bununla birlikte dizel çifte yakıt işlemi ayrıca mümkündür, çok az bilgi performansı için uygundur. Pek çok hidrojen araştırmaları, lakin hem benzin hem dizel motorlarında tek yakıt sistemine sahiptir.

Memnun edici motor işlemini sağlamak için ve geri tepmeyi bastırmak için giriş manifoldu içindeki, çok noktalı enjeksiyon genellikle tercih edilir, via mekanik olarak, hidrolik olarak yada elektromekanik olarak enjektörler çalıştırılır. Gazlı hidrojenin geniş hacmi yüzünden gerektirdiği (sıvı yakıttan ) yakıt enjeksiyon lüleleri (yada enjekte edilemeyen karışık birim ) çeşitli delikler ile kullanılmalı. Özel bileşenler doğru karışım oranını sağlamak için dizayn edilmeli- hidrojen gazlı formda ortam sıcaklığında desteklenebilir yada kriyojenik hidrojen olarak enjekte edilmeli (yüksek basınçta direkt silindire enjeksiyon yada düşük basınçta gaz yolu enjeksiyonu ). Eğer hidrojen yakıtı ortam sıcaklığında kullanılıyorsa sıvı olarak hidrojen depolama , buharlaştırma birimine gerekliliği motor soğutucuları tarafından ısıtılır.

Var olan hidrit depolama sistemleri çok hacimli olmalı .Çünkü ağırlık tarafından hidrojenin sadece % bir kaçı depolanabilir. Pek çok materyal için, hidrojenin ağırlığı sadece depo tankının toplam ağırlığının %0.5 ile 2 de depolanır, Bununla birlikte magnezyum sistemi ağırlık tarafından %3.6 sı mümkün olduğu kadar çok depolanacak Bu yüksek depolama oranında daha fazla rakip hidrit temel sistemi yapılabilir.

Fakat pek çok alternatif metal –hidrit sistemler daha da yüksek basınç ihtiyacını gözönüne alabilir. Onları şarj etmek için ve daha yüksek sıcaklık işlemleri ki yalnız egzost ısıtmasını sağlamak için çok yüksek olabilir. Peschko , petrolün 25 kg (36 litre ) eşdeğerli enerji depolama için yakıt ihtiyaçlarının kütlelerini gösterir, birlikte ihtiyaçlar ile hacim ve tam depolama sistemi hem LH<sub>2</sub> hemde hidrit depolamanın bir şekli için ağırlık (Demir-Titanyum hidrit ağırlık tarafından % 1.75 in hidrojen kapasitesi ile ) tablo -1 de gösterilmiştir.

Fuel/storage system	Fuel mass/kg	Storage tank volume/litres	Storage tank weight/kg
Petrol	25	36.2	42
Liquid hydrogen (LH <sub>2</sub> )	9.5	136	64.5
FeTiH <sub>2</sub> (hydride)	8.5	99	860

Tablo -1. Implications of hydrogen storage relative to petrol

Hidrit depolama tekniğinde ilerlemeler eşdeğerli taşıt dizileri için (Demir-Titanyum için petrolün 20 katı ) yaygın olarak kabul edilemez tank ağırlığında önemli etkilere sahip olabilir. Magnezyum hidrit sistem daha erken nakledilebilir( ağırlık tarafından ) demir- titanyumun ki iki kez hidrojen kapasitesi ile Tablo-1 de depolama tankı ağırlığı yarıya bölmeyi gösterir. Eğer %7 hidrojen kapasitesi sonuç olarak mümkünse Tank ağırlığı 1 çeyrek civarında olabilir.

Hidrit depolamada ikinci olasılık methylcyclohexane, sıvı hidrit , bir hidrojen kaynağı olarak kullanılabilir..Hidrit normal sıcaklıklar ve basınçlarda sabittir, bu nedenle sadece extra şartlı taşıtlarda yapılır bir katalitik hidrojen giderme birimi olan , artık dönüştürme (toluen ) için bir pompa ve hidrojen çekildikten sonra onu içeren bir tank şeklindedir. Buna rağmen sistem çok fazla hacimli ve ağır arabalar, otobüsler ve kamyonlar için pratik olabilir.Pek çok araştırma ve geliştirme İsviçrede Dizel Motor Araştırma ve Mühendislik Şirketi (DERECO ) tarafından uygulandı. 1984 den beri birkaç kamyon methylcyclohexanella çalıştırıldı buna rağmen deneysel hidrojen giderme birimleri, 300



km taşıt alanları için gerekli yakıtın 500 kg ve 750 kg ağırlığında dır.. Kriyojenik sistemler petrol depolama sistemlerinden daha ağır hesaba katılmayabilir. Bu nedenle taşıt performansının kötü olduğu beklenmez. Ek olarak küresel yada tankların silindirik şeklini taşıt dizaynlarında bütünlemek zor olabilir, buna rağmen bir kere şekilli tankın gelişimi olasıdır. Pek çok LH<sub>2</sub> tankı taşıtların gelişimi için uygun 50 ile 60 kg'lık bir kütle ve yaklaşık 150 litre kapasiteye sahiptir.

## 8.7 MOTOR YAKITI OLARAK HİDROJEN

Uzunca bir süreden beri hidrojenin motorlarda yakıt olarak kullanılma imkanları araştırılmaktadır. Günümüzde yakıt seçiminde ölçüt olarak alınan ulaştırma yakıtı olma özelliği, çok yönlü kullanıma uygunluk, kullanım verimi, çevresel uygunluk, emniyet ve maliyet açısından yapılan değerlendirmeler hidrojen lehine sonuç vermektedir. 1970'lerde hidrojenin alternatif motor yakıtı olarak kullanılması yeniden gündeme gelmiştir. Egzoz emisyon değerlerinin düşük olması, petrole olan bağımlılığı azaltması hidrojenin uzun yıllar önceden tespit edilmiş olan avantajlarıdır. Bu önemli özelliklerinin yanında hidrojeni üstün bir alternatif yakıt yapan özellikler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir

Yakıt	Hidrojen	Metan	Propan	Benzin	Metanol
Kendi kendine tutuşma sıcaklığı ( <sup>0</sup> C)	585	540	510	440	385
Min. Tutuşma enerjisi (MJ)	0.02	0.28	0.25	0.25	
Tutuşma aralığı (%hacim )	4-75	5-15	2.2-9.5	1.3-7.1	6.7-3.6
Max. Laminer alev hızı (cm/s)	270	38	40	30	
Difüzyon katsayısı (cm <sup>2</sup> /s)	0.63	0.2		0.08	

Hidrojenin kendi kendine tutuşma sıcaklığı yüksek olmasına rağmen, hidrojen-hava karışımlarının tutuşturulabilmesi için gerekli enerji miktarı düşüktür. Tutuşma aralığının geniş olması, hidrojenin daha geniş karışım aralığında düzgün yanmasını sağlar ve yanma sonucunda daha az kirletici oluşur. Benzin motorları ise stokiometrik orana daha yakın oranlarda yada zengin karışım oranlarında çalıştırılmak zorunda olduklarından egzoz gazlarında önemli miktarda azot oksit (NO<sub>x</sub>), karbonmonoksit (CO) ve yanmamış hidrokarbon (HC)'lar oluşur. Hidrojen motorları, maksimum yanma sıcaklığını azaltacak biçimde fakir karışım ile çalıştırılabilirler. Böylece daha az NO<sub>x</sub> oluşurken, HC ve CO emisyonları oluşmaz. Alev hızının yüksek olması ise Otto motorlarında ideale yakın bir yanmanın oluşmasını sağlayarak, ısı verimi artırır. Geniş tutuşma aralığı sayesinde, gaz keleşine gerek kalmadığından, karışımın silindirlere kısılmadan gönderilmesi sonucu pompalama kayıpları azaltılmış olur.

Hidrojenin yüksek sıkıştırma oranlarında, fakir karışım ile yanabilmesi yakıt tüketimini azalttığı gibi, yanma sonucu oluşan maksimum sıcaklığı da azaltır. Yanma sonucu partikül madde oluşmadığından bujiler kirlenmez. Alev parlaklığının düşük olması, diğer karbon esaslı yakıtlara göre radyasyon yolu ile olan ısı kaybını azaltacağından daha yüksek verim sağlar.

Hidrojenin alev hızının yüksek olması, buji kıvılcımından sonra karışımın başka noktalardan tutuşma (detenasyon) ihtimalini azaltır. Bu durum sıkıştırma oranının artırılmasını sağlayacağından motorun gücü de artar.

### Buji ile Ateşlemeli Motorun Hidrojen Motoruna Dönüştürülmesi

Yakıt besleme sistemleri açısından hidrojen motorları 4 kategoriye ayrılmaktadır. Karbürasyon, emme manifolduna püskürtme, emme supabının arkasına püskürtme ve doğrudan silindir içine püskürtmedir. Hidrojen ile hava karışımı, sırasıyla dahili ve harici olarak adlandırabileceğimiz yöntemlerle motorun yanma odası içerisinde veya motorun emme manifoldunda hazırlanmaktadır. Harici karışım hazırlama yönteminde, basit bir gaz karıştırıcı içerisinde düşük basınçlarda hava ile karıştırılması veya hidrojenin yine düşük basınçlarda motorun emme manifolduna sürekli veya kesikli olarak gönderilmesi mümkündür. Kesikli olarak yakıt gönderme durumunda, dizel ilkesi ile çalışan motorlardaki gibi yüke

göre karışım ayarı yapılabilir. Bu durumda karbüratördeki gaz keleşi ortadan kalkacağı için motorun kısılma kayıpları da kaldırılacak ve hacimsel verim dolayısıyla motorun maksimum gücü artacaktır.

## 8.8. İÇTEN YANMALI MOTORLARDA HİDROJEN KULLANIMI

Hidrojenin içten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanılması konusunda bir çok çalışma yapılmaktadır. Fakat bu çalışmalarda benzine göre tasarlanmış olan motorlar kullanılmaktadır ve bu motorlar hidrojen kullanıma imkan sağlayacak şekilde modifiye edilmişlerdir. Hidrojenin içten yanmalı motorlarda kullanılmasına ilişkin yapılan ilk incelemelerde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Bazı küçük değişikliklerle benzin motorları hidrojen ile çalışır duruma getirilebilirler. Isıl verimleri benzin motorunkine yakındır.
- Stokiyometrik çalışma şartlarında hidrojen motorunda yüksek miktarda NO<sub>x</sub> oluşur. Fakat silindirlere gönderilen karışım fakirleştirilerek NO<sub>x</sub> oluşumu azaltılabilir.
- Benzin motorundan hidrojen motoruna çevrilmiş motorda, stokiyometrik hidrojen-hava karışımında %20 güç kaybı meydana gelir.
- Karbüratörlü motorlarda emme manifoldundaki alev tepmesi önemli bir problemdir.

Hidrojen motorunun bu dezavantajları, onun benzin motoru ile rekabet etme şansını azaltmaktadır. Fakat günümüze kadar yapılan çalışmalar ile bu problemler çözülerek, hidrojenin motor verimine ve hava kirliliğinin azaltılmasına olan katkıları görülmüştür. Hidrojenin sıkıştırma oranı yüksek olan motorlarda kullanılması ile de sebep olduğu güç kaybı azaltılabilir. Ayrıca aşırı doldurma uygulanarak ilave güç sağlanabilir. Sıkıştırma oranının artırılması ve fakir karışım ile hidrojen motorunun ısıl veriminde, benzinli motora göre %25'lik bir artış sağlanabilir. Fakir karışım ile alev tepmesi önemli miktarda azaltılır.

Akaryakıt motorlarında görülen buhar tıkaçı, soğuk yüzeylerde yoğuşma, yeterince buharlaşmama gibi sorunlar hidrojen motorlarında yoktur. Hidrojen motorları 20,13 °K' de (-253°C) ilk harekete geçerken bile sorun çıkarmaz.

## 8.9.Hidrojenin depolanması

Hidrojenin kimyasal ve fiziksel özelliğinden kaynaklanan problemlerden dolayı depolanma sorunları ortaya çıkmaktadır. Hidrojenin depolanmasında üç ana yöntem vardır; yüksek basınçlı gaz şeklinde, kroyojenik (aşırı soğutulmuş) sıvı haldeki depolama; bu durumda hidrojen genellikle alçak basınçlıdır ve metal-hidrit şeklinde depolanmasıdır.

Hidrojenin yakıt tankının doldurulmasında bir gecikme söz konusudur. Hidrojen gazının depoya doldurulması bugünkü benzinli taşıtlardaki deponun dolum süresinden oldukça yavaştır. Örneğin 90 km'lik bir yol için gerekli hidrojen, bugünkü yöntemlerle ancak 10 dakikada doldurulmaktadır. Araştırmaların büyük bir kısmı bu sorun üzerine yoğunlaşmıştır.

### 8.9.1. Hidrojenin basınçlı gaz olarak depolanması

Depolanma ve taşıma çevre sıcaklığında yapılabilir. Yüksek basınçtan dolayı depo içerisinde sıvı hale geçen kısmın enerji kaybı söz konusu değildir. Hidrojen gaz silindirlerinde en çok aynı yolla CNG olarak ama çok yüksek bir basınçta tipik olarak 70 Mpa ( 700 bar yada 10000 psi ) sıkıştırılabilir ve depolanabilir.

Büyük hacimli depo gerektirir. Taşınması esnasında güçlükler ortaya çıkar.

### 8.9.2. Hidrojenin sıvı olarak depolanması

Sıvı hidrojen bilinen yakıtlar içerisinde kaynama noktasındaki yoğunluğu en küçük ve özgül itme kuvvetinin en yüksek olması sebebiyle roketler, süpersonik ve hipersonik uzay araçlarında yakıt olarak kullanılır.

Hidrojenin sıvı halde depolanmasının birtakım yararları ve zararları vardır; Ağırlık olarak nispeten hafif bir depolama şeklidir. Hidrojen yakıtı, sıvı hidrojen pompası yardımı ile silindire direkt olarak püskürtülebilir. Eğer gaz silindire ölü hacmin tam merkezinden püskürtülürse sıkıştırma oranı dizel motorlarınkine yakın bir değere çıkartılabilir.  $NO_x$  emisyonlarında azalma sağlanır. Sıvılaştırma için gerekli enerji büyüktür. Hidrojenin gaz halden sıvı hale geçerken bir kısmı buharlaşır ve bu sebeple faz değişiminin hızlı bir şekilde gerçekleşmesi gerekmektedir. Sıvı hidrojen deposunun herhangi bir zarara uğraması durumunda, hidrojen aniden buharlaşacağı için diğer sıvı yakıtlar gibi sıvı halde çevreye yayılması söz konusu değildir. Sıvı hidrojen ( $LH_2$ ), hacimli olmaya eğilimli olan kriyojenik kaplarda depolanır. Havadan çok daha hafif olan hidrojen derhal yükselerek, yanıcı bir karışım meydana getirmeyecektir.

### 8.9.3. Hidrojenin taşıtlarda metal hidrid şeklinde depolanması

Alternatif olarak hidrojen ısıtıldığı zaman gazı serbest kalan sabit bileşimler, katı olan hidrit formda metallere sınırlandırılabilir.

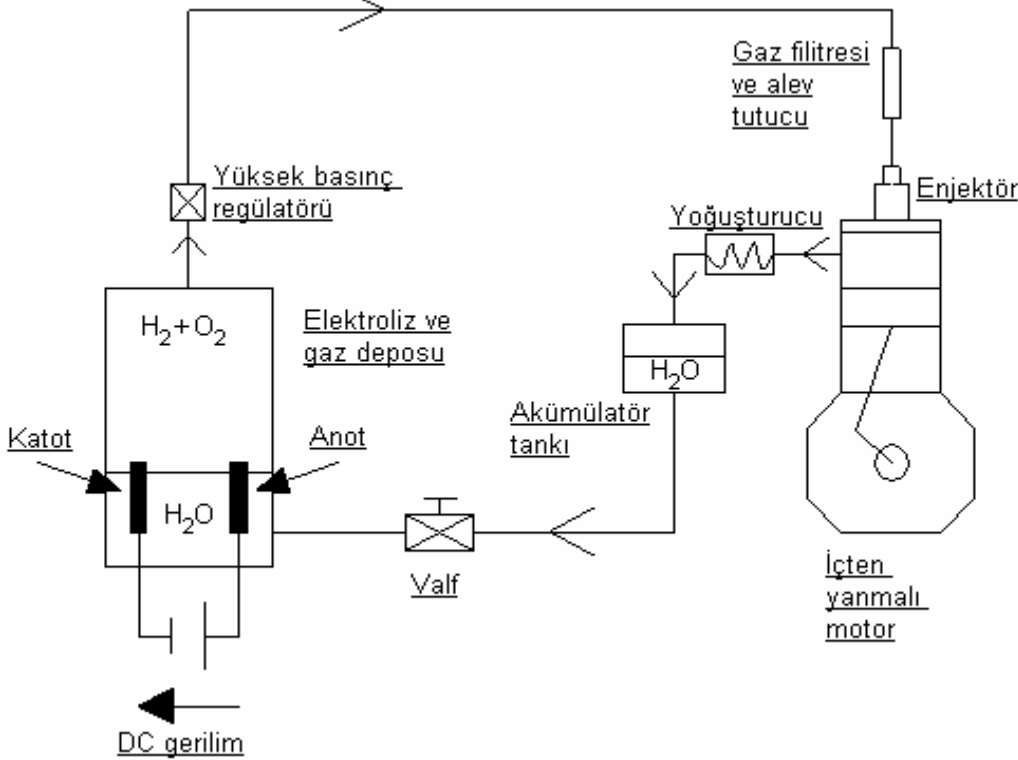
Hidridler, bir tank içinde hidrojen gazının metal alaşım parçacıkları ile bileşik oluşturmuş şekilde depolanmasıdır. Hafif kütleli metal hidridler tercih edilmektedir. Hidridlere ısı verildiğinde hidrojen serbest kalmaktadır. Hidrid oluşturan metaller ve alaşımlar, bir süngerin suyu absorblaması gibi hidrojeni absorbe eder. Bir başka deyişle, bunlar hidrojeni çok yoğun bir şekilde depolayabilirler. Gaz hidrojen katı metallerin kafes şeklindeki iç yapılarına nüfuz edecek kristal yapının çeşitli yerlerine bağlanır.

### 8.10 Hidrojenin Motorlarda Yakılması ve İşletim Problemleri

Hidrojen yakıtlı motorlarda yanma açısından ortaya çıkan en önemli iki sorun, geri tutuşma ve erken ateşleme olaylarıdır. Yanma odasına gönderilen yakıt hava karışımının silindire girmeden önce tutuşması sonucunda motorun emme manifoldu içinde geriye doğru alevin ilerlemesi geri tutuşma olarak tanımlanmaktadır. Bu olay emme sistemi elamanlarını tahrip etmekte ve emniyet açısından sorun oluşturmaktadır. Yanma odasına gönderilen karışımın bujide kıvılcım çakmadan önce sıcak odaklar tarafından tutuşturularak yanmayı istenilenden önce başlatması da erken tutuşma olarak tanımlanmaktadır. Hidrojenin tutuşma enerjisinin düşük olması bu iki sorunu ortaya çıkarmaktadır. Geri tutuşma hava fazlalık kat sayısının ( $\lambda$ ) 2 ila 3 arasında olduğu durumlarda oluşmaktadır. Hidrojenin yakıt olarak kullanılabilmesi için bu sorunların ortadan kaldırılması gerekir.

Geride tutuşmanın sebeplerinden biri benzin ile kıyaslandığında hidrojenin tutuşturulabilmesi için daha düşük iyonlaşma enerjisine ihtiyaç duymasındır. Dolayısıyla hidrojen yakıtlı motorlarda buji kıvılcımından sonra ateşleme sisteminde kalan artık enerji miktarı daha fazla olur. Egzoz zamanı genişleme periyodundan sonra silindir içi basıncının atmosfer basıncına yakın olduğu durumlarda, sistemdeki artık enerji bujide kıvılcım oluşmasına sebep olur. Kıvılcımın oluştuğu nokta çevrimden çevrime farklılık gösterir. Eğer buji kıvılcımı emme zamanında oluşursa, diğer bazı etkenlerle birlikte geri tutuşmaya sebep olur. Artık enerji oluşumunu önlemek için ateşleme sistemi modifiye edilmelidir. Yüksek yük altında, yanma odasındaki sıcak noktalar karışımın erken ateşlenmesine sebep olur. Hidrojenin tutuşma enerjisinin düşük olması nedeniyle; yanma odasındaki sıcak noktalar, supap bindirmesinde sıcak egzoz gazları, çok fakir karışımlarda yanma hızlarının düşük olması nedeni ile yanma süresinin artması sonucu yanan gazlarla yeni karışımın teması, motor yağından gelen sıcak partiküller, yanmayı istenilenden önce başlatabilmektedir. Bu amaçla yanma odası sıcaklığının düşürülmesi gerekmektedir. Bunun için; Karışımın bir miktar fakirleştirilmesi, egzoz gazları resirkülasyonu (EGR), yanma odasına su püskürtülmesi, supap bindirmesi süresinin azaltılması, giriş havasının sıvı hidrojen kullanımı sonucu soğutulması gibi çeşitli yöntemler uygulanabilir. Ancak karışıma EGR uygulanması veya gönderilen hidrojenin azaltılması sonucu fakirleştirilmesi çevrimden çevrime olan farklılıkları artıracak ve motorun düzenli çalışmasını önleyecektir. Ayrıca EGR sonucu ortalama efektif basınçta düşecektir. Hidrojen yakıtlı motorlarda hava-yakıt oranı 0,8 olduğunda egzoz gazları içindeki  $NO_x$  miktarı maksimum olur.  $NO_x$  oluşumunu azaltmak için hidrojene saf oksijen ilave

edilmelidir. Bu durum ise sisteme daha karmaşık hale getirir ve taşıt ağırlığını artırır. Bu sorunun çözümü için kullanılan yöntemlerden biri; taşıt üzerinde suyu elektroliz ederek, açığa çıkan hidrojen ve oksijenin basınç altında depo edilmesidir. Aşağıdaki şekilde böyle bir sistem görülmektedir.



**Şekil 3.1. Sıfır emisyonlu motor sistemi şeması**

Hidrojen-hava karışımı içindeki su buharı yanma sıcaklığını azaltacağından maksimum basıncın, dolayısıyla gücün azalmasına sebep olur. Bunun için karışım içindeki su buharı bir yoğuşturucudan geçirilerek su deposuna geri döndürülür. Yanma odası içinde bırakılan su buharı miktarı ayarlanarak yanma hızı ve vuruşu oluşumu kontrol edilebilir.

### 8.11 Buji ile Ateşlemeli Motorlara Hidrojen Takviyesi ve Egzoz Gazları Emisyonu

Benzin motoruna hidrojen takviyesi ile yanmamış hidrokarbon emisyonları azaltılarak ısıl verim iyileştirilir. Hidrojen takviyesi yapılan Otto motorlarında küçük bir ön yanma odası mevcuttur. Yanma odası bujinin yerine yerleştirilmiştir. Bu ön yanma odası içinde hidrojen enjektörü ile buji vardır. Esas yakıt ise (benzin, metanol, propan vs.) emme portlarındaki enjektörlerden püskürtülerek silindirlere gönderilir. Hidrojen takviyesi ile esas yanma odası içinde yakılan hidrokarbon esaslı yakıtların çok fakir karışım oranlarında düzgün bir şekilde yakılması sağlanır. Böylece ısıl verim artırılarak, azot oksit emisyonları önemli derecede azaltılır.

Hidrojenin hava ile yanmasının sonucu da, yakıtta karbon bulunmaması nedeni ile yanma ürünleri arasında CO, CO<sub>2</sub>, HC'ler mevcut olmayacak, sadece motorun yağlama yağının yanması nedeni ile oluşan HC'ler egzoz gazları arasında bulunacaktır. Ayrıca yüksek yanma sıcaklıkları nedeniyle havanın kimyasal reaksiyonu sonucu azot oksitler oluşacaktır.

Hidrojenin yanma ürünü su buharıdır ve sınırlı maksimum sıcaklıklardaki NO<sub>x</sub> emisyonları ihmal edilebilir. Nitekim hidrojenle çalışan bir içten yanmalı motor, günümüz taşıt motorlarından çok daha az NO<sub>x</sub> emisyonuna neden olmaktadır.

### 8.12 EMİSYON PERFORMANSI

#### -Taşıt Egzost Emisyonu

Bütün yakıtlar gibi hidrojen –yakıtlı motorlardan, motor verimi, performansı ve emisyonlar birbirine bağlıdır ve bir özelliğin maksimumluğu bir diğerini artırabilir veya azaltabilir. Hidrojen basit olduğu için (karbon içermez), yanması esnasında üretilen CO<sub>2</sub>, CO yada HC emisyonu içermez, her yağlama yağı yada yanma esnasında ki gaz kirliliği hariç. Ana yanma ürünü , su buharı olarak atmosfer içinde yayılan sudur. Genelde, benzer seviyelerde NO<sub>x</sub> emisyonlarını muhafaza etmek mümkün olması gerekir yada altında bunlar egzoz son işlem gaz ile yeniden dolaşımli egzoz gazın kullanımı bir katalizör donatılı petrol araçlarından , özellikle hidrojen çok zayıf karışımlarda yanabilir klasik yakıtlar ile motorların işlem karakteristikleri tespit edilirler kriyojenik direk silindir yakıt enjeksiyonu düşük kirlilik yanma başarısı için en geniş potansiyel teklif edilir. Welch ve Wallace söylediler ki bir direkt enjeksiyonlu motor , yanan hidrojen için değiştirilir, dizel yakıtlı çeviriden NO<sub>x</sub> 'in daha düşük seviyelerde yayabilir. Buna rağmen enjeksiyon zamanı önemlidir ve en uygun şekilde doğru olarak getirilmezse daha yüksek NO<sub>x</sub> emisyonlarını görmek mümkün olabilir.

Yaşam çevrim emisyonları hidrojen üretiminden ( ve kullanım- çok küçük buna rağmen) hayat çevrim emisyonları DeLuchi et al tarafından kuruldu. Onların analizine göre hidrojen üretimi uzun dönem feedstock olarak kömürü kullandı ve sonuçta Taşıtlar hidrit formda hidrojen depolama kullanıyor greenhouse gaz ( GHG ) yayımları petrol yakan taşıtlardan %100 daha fazla üretilebilir ve ki LH<sub>2</sub> kullanılarak , GHG yayımları % 143 daha yüksek olabilir. Hidrojen şekillendirme işleminde kömür gazlaştırma önemli enerji kullanır. (Bu yüzden CO<sub>2</sub> yayımları üreten ) ve ayrıca kendi başına işlemin bir ürünü olarak CO<sub>2</sub> yayar, hatta geniş nitelikler işlem enerji desteklenmesinden üretilir.

### **-Yakıt Üretimi ve Dağıtımı**

Günümüzde ,Avrupada hidrojen için piyasa hemen hemen hiç yoktur, Almanyada şimdiki fiyatlar 3-5 kez daha yüksek olan Avrupa ve USA arasında fiyat karşılaştırması tarafından parlak nokta olarak ,Avrupalı uzay projeleri Ariane gibi ,gelecekte bu hesaba katılmış olarak indirgemek için beklenir. Hidrojen için fiyatlar geniş US'da uzay programları için sıvılaştırılmış bitkiler üretilir, günlük 30 ton üretimi ,yaygın olarak galon başına 0,80\$ dir.

### **-Taşıt değişiklikleri**

Sadece hidrojenle çalışan taşıtlar prototip geliştirme taşıtları ilerlemiş taşıtların önemli sayılarından önce olası bir kaç yılda test edildi ve daha sonra değiştirme fiyatları çok yüksek olacak. Bu yüzden hidrojen yakıtlı taşıtların fiyatını tahmin etmek çok zordur.

## **8.13 HİDROJENİN TARİHİ GELİŞİMİ**

1970'lerin başından beri , LH<sub>2</sub> test araçlarının sayısı gelişti ve test edildi, en çok USA da, Japonyada ve Almanyada 1979 da ilk Avrupalı LH<sub>2</sub> yolcu arabası – bir 520 BMW gösterildi. Sonra BMW hidrojen test araçları 735i ve745i içerdi, Deutsche Forschungsanstalt für Luft und Raumfahrt (DFLR )of stuttgart ile birleşmede geliştirildi. 1986 da direkt silindir hidrojen enjeksiyon ile ilk Avrupalı taşıt olan BMW 754i sergilendi. (-233 ile –253 ° C ) soğuk hidrojen için özel kriyojenik enjektörler ve LH<sub>2</sub> pompa bu uygulama için geliştirilmiş olmalı. Daimler Benz 5 dağıtıcı kamyon ve 5 yolcu arabasını içeren 1985 den beri Berlinde fleet testlerin de hidrit depolama çalışmaları olan hidrojen yakıtlı taşıtlar araştırdı. Geniş depolama hacmi gerekliliği yüzünden bu araçların işlem sıraları tipik olarak 60-120 km düşüktür. Detroitte US Motor showda 1991 Ocakta Şirket geleceğin direkt yakıtlı hidrojen prototipi üretti-F100.

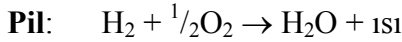
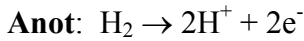
USA daki Billings Enerji Araştırma Şirketi 1970'ler boyunca hidrojen –yakıtlı taşıtlar içinde araştırma uyguladı ve düzenli yolcu taşıtları için demir –tityum hidritte hidrojen depolamayı kullanan şehir otobüslerini değiştirdi.

Kanada da ORTECH ve Toronto Üniversitesi direkt enjeksiyonlu dizel motoru gösterdi, ayrıca NO<sub>x</sub> in daha düşük seviyelerde yayar ve (aşırı ısı probleminin oluşmasına rağmen ) dizel yakıtlı çeviri den daha yüksek güç çıkışı üretilebilir.

Japonyada ,Musashi Teknoloji enstitüsü 1970 den beri hidrojen-yakıtlı yolcu arabası araştırması yaptı . Özellikle 2 stroklu benzin motorları ve dizel motorlarında ( 2 ve 4 strok ) direkt silindir hidrojen enjeksiyon ile ısıtma bujisi ateşleme yardımı ile Mazda Motor Şirketi hidrojen ile ön ateşleme problemleri ve geri tepmeyi önlemek için pistonlu motorlarda daha iyi olduğu iddia edilen bir hidrojen yakıtlı döner motor gösterdi ve ortam sıcaklığında kötü olarak zarar görmüş olmayan gazlı hidrojen kullanımından güç azaltmadan PSA (Peugeot-Citroen ) Fransada hidrojen kullanmayı araştırdı , hidritlerde depolanan , 1970'ler boyunca taşıt yakıtı olarak ve 1981 de USA da 505 Peugeot'un yaygın testi ile sonuçlandırıldı. 1990'larda hidrojene ilgi Renault ve PSA olarak momentum toplamı olarak görünür, Fransız Atomik Enerji Komisyonu ile işbirliğinde, yakıt enjeksiyon sistemleri ve (1970lerin sonuna doğru ) hidrit teknolojisinin geliştirilmesiyle kullanımı yeniden değerlendirildi. Avustralyada ,Melbourne Üniversitesi ikili yakıt hidrojen işlemi için bir dizel motor değiştirildi, dizel yakıtın pilot enjeksiyonu tarafından ateşleme başlandı. Dizelin %90'ından daha fazla yerine konabilir ve konvansiyonel motorlardan yaklaşık % 15 daha yüksek termal verimler başarıldı. Güç çıkışı korundu yada iyileştirildi.

## 8.14 YAKIT PİLLERİNİN TEMELLERİ

Bir yakıt pili kimyasal bağ enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren elektro-kimyasal bir aygıttır. Yakıtı güce çevirmede bir içten yanmalı motordan iki yada üç kat daha fazla verime sahiptir. Bir yakıt pili yakıt ve havanın oksijenini kullanarak elektrik, su ve ısı üretir. Hidrojen yakıt olarak kullanıldığında tek emisyon sudur. Hidrojeni Yakıt olarak kullanan bir Yakıt pilinde gerçekleşen anot, Katot ve toplam pil reaksiyonları şöyle açıklanabilir:



### YAKIT PİLİ ÇEŞİTLERİ

Polimer membran yakıt pilleri (PEFC)

Alkali yakıt pilleri (AFC)

Erimiş karbonat yakıt pilleri (MCFC)

Fosforik asit yakıt pilleri (PAFC)

Katı oksit yakıt pilleri (SOFC)

Direkt metanol yakıt pilleri (DMFC)

Bir yakıt pili prosesinden maksimum elde edilebilir voltajın tahmini prodesteki reaktantların ilk yapıları ile ( $H_2 + \frac{1}{2}O_2$ ) ve son yapıları ( $H_2O$ ) arasındaki enerji farklarının değerlendirilmesini içerir. Bu tür değerlendirmeler bir kimyasal prodeste yapının termodinamik fonksiyonlarına dayanır, öncelikle Gibbs serbest enerji. Standart sıcaklık ve basınçta  $H_2$ /Hava yakıt pili reaksiyonu için maksimum pil voltajı ( $\Delta E$ ) şu denklemlerle hesaplanır:

$$\Delta E = -\Delta G/n F$$

bu denklemde  $\Delta G$ ; reaksiyon için Gibbs serbest enerjisini n; her mol hidrojen başına elektronların mol sayısını, F; Faraday sabitini, 96487 coulombs (j/s).

1 atm sabit basınçta her mol hidrojen başına yakıt pili prosesindeki serbest enerji değişimi reaksiyon sıcaklığından, ve reaksiyondaki entalpi ve entropi değişiminden hesaplanır. Eğer sıcaklık 25 °C alınırsa;

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = -285,800\text{J} - (298\text{K})(-163.2\text{J/K})$$

$$\Delta G = -237,200\text{J}$$

H<sub>2</sub>/Hava yakıt pili için 1 atm basınç ve 25 C (298 K) deki pil voltajı 1.23 V dur. Bu şöyle bulunur.

$$\Delta E = -\Delta G/n F$$

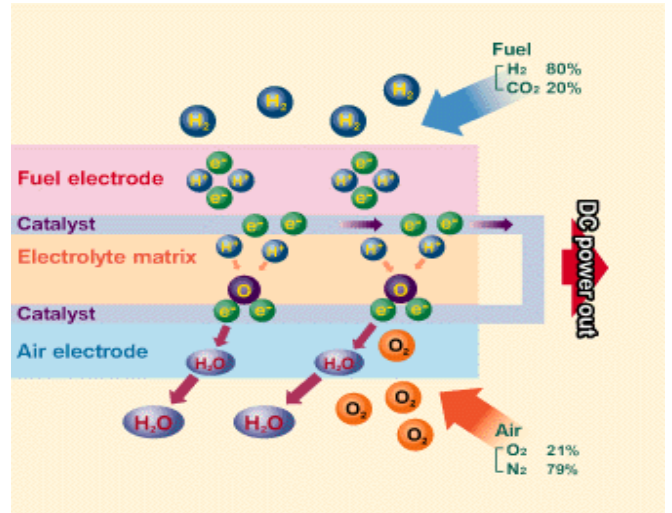
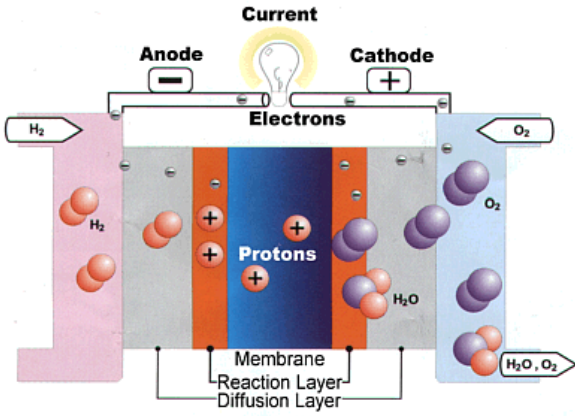
$$\Delta E = -(-237,200\text{J} / 2 \cdot 96,487\text{J/V})$$

$$\Delta E = 1.23\text{V}$$

## YAKIT PİLLERİNİN KULLANIM ALANLARI

Yakıt pilleri hareketli ve sabit sistemlerde güç kaynağı olarak kullanılmaktadır. Hareketli kaynaklar arasında otomobiller, otobüsler ve uzay araçları bulunmaktadır. Sabit kaynaklar arasında ise taşınabilir güç üniteleri, büyük binaların elektrik gücünün sağlanmasında (örneğin Los Angeles şehrinde bir yüksek binanın elektrik enerjisi alkali yakıt pili sistemiyle tamamen hidrojen enerjisi yakıt kullanılarak sağlanmaktadır) ve hızlı alış-veriş makinelerinin elektriğinin sağlanmasında kullanılmaktadır.

## BİR YAKIT PİLİNİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ



## 8.15 GÖRÜŞLER

Taşıtlara ilişkin yakıt olarak hidrojen kullanımı bakış noktasının kirlilik kontrolünde önem çekmektedir ve eğer hidrojen fosil olmayan yakıt kaynaklarından üretiliyse yavaş evrensel sıcaklık için gayretlerde yardım edilebilir. Bununla birlikte daha çok geliştirme çalışmaları ile ihtiyaç duyar, önce temel hidrojen sistemi pratik olabilir ve olası en ucuz sistem fosil tabanlı, dayanıklı negatif greenhouse vuruşlu olandır.

Diğer taraftan, eğer fotovoltaiik tabanlı elektrik üretimi başarılı olursa, güneş tabanlı hidrojen, neticede kömür tabanlı hidrojen ile pahalı rekabet edebilir. Önemli gelişmeler güneş elektrik üretiminde yapılabilir. Texas aletleri 30 cents de yaygın güneş güç değerleri ile 14 cents/kwh Güney Kalifornyada ,Edison'un evcil tarif oranı için daha yakın olduğu iddia edilir, Bununla birlikte solar güç diğer enerji kaynakları ile fiyatta yarışabilir. 21 ci yüzyıl öncesinin en son ikinci on yılına kadar almak için umulur.

## 8.16. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya nüfusunun hızla artması, mevcut enerji kaynaklarının yakın gelecekte yetersiz kalacak olması ve çevre kirliliğinin tehlikeli boyutlara ulaşması alternatif yakıtların önemini arttırmıştır. Bu durum araştırılacak alternatif yakıtların çevre dostu olmasını zorunlu kılmaktadır. Bu çalışma da incelenen hidrojen hem elde edilebilme potansiyeli hem de çevre dostu olması bakımından alternatif yakıtlar içinde önemli bir konumdadır. Yanma ve depolama ile ilişkin sorunların halledilmesi durumunda hidrojen önümüzdeki yıllarda rakipsiz bir içten yanmalı motor yakıtı olacaktır.

Elektroliz yoluyla sudan elde edilmesi hidrojenin sonsuz bir enerji kaynağı olduğunu göstermektedir. Yanma hızının ve kendi kendine tutuşma sıcaklığının yüksek olması buji ile ateşlemeli motorlardaki vuruntu ihtimalini azaltmaktadır. Tutuşma enerjisinin düşük olması ilk hareket kolaylığı sağlar. Hidrojenin içerisinde karbon bulunmamasından dolayı, egzoz emisyonları fosil yakıt kullanılan motorlara göre daha iyidir. Herhangi bir sebeple yakıt donanımında meydana gelen bir sızıntı durumunda hidrojenin uçuculuğunun çok yüksek olması nedeniyle hızla sistemden uzaklaşacağından herhangi bir tehlike oluşturmaz.

Hidrojenin içten yanmalı motorlarda kullanılabilmesi için geri tutuşma, erken ateşleme ve depolama problemlerinin çözülmesi gereklidir. Bu amaçla çalışmalar bu konular üzerinde yoğunlaşmalıdır.

## **9. BİODİZEL, BİOGAZ VE BİTKİSEL YAĞLAR**

### **9.1. GİRİŞ**

Yeryüzünde bilinen enerji kaynaklarının sınırlı olması ve çevre faktörleri, bu kaynakları daha ekonomik kullanmaya ve daha iyi yönetmeye yöneltmektedir. Özellikle fosil kökenli (petrol ve ürünlerinin) kaynakların yerini alabilecek yeni, çevreci ve yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılması ön plana çıkmıştır. Bitkisel yağlar ve alkol gibi yenilenebilir kaynaklı alternatif motor yakıtları, petrol ve ürünlerinin daha ucuz ve çok üretilmesi nedeniyle, petrol ile rekabet edememiştir.

Ancak, 1970'li yılların ortalarında yaşanan petrol krizi, petrol ürünlerinin piyasadan çekilmesine ve buna paralel olarak da fiyatının artmasına neden olmuştur. Dünya petrol rezervlerinin belirli bölgelerde toplanmış olması, siyasi ve ekonomik nedenlerden zaman zaman petrol krizleri yaşanmış ve günümüzde de yaşanmaya devam etmektedir.

Bütün bunların yanısıra petrolün belirli bir rezerve dayalı sonlu kaynak olması ve motor teknolojisinin de petrole bağımlı gelişmesi, mevcut motor teknolojisinde fazla bir değişiklik yapmadan, dizel yakıtına alternatif olacak yeni ve daha çevreci yakıtların araştırılarak ortaya çıkarılması zorunlu hale gelmiştir. Bu konuda özellikle, tarımsal potansiyeli yüksek olan ülkelerde bitkisel yağlar ön plana çıkmaktadır. Bitkisel yağların ve atıkları, motor yakıtı olarak kullanımı üzerinde, ülkemizde içinde bulunduğu çeşitli ülkelerde çok sayıda araştırma yapılmıştır. Araştırma sonuçları, bitkisel yağların ve atıklarının içten yanmalı motorlarda, motorin yerine kullanılacak özelliklere sahip olduklarını göstermiştir. Motor yakıtı olarak kullanılacak bitkisel yağların başlıcaları; kolza yağı, soya yağı, ayçiçek yağı, keten tohumu yağı, yer fıstığı yağı, pamuk tohumu yağı, aspir yağı ve bunların kullanılmış şekilleridir.

Bugün, bio-yakıtların kullanılması ile çevresel yararlar arttı. Bio-yakıtların çevresel faydalarına karşın, CO<sub>2</sub> kararsızlığı (bitkilerin büyümeleri süresince çok fazla CO<sub>2</sub> tüketmeleri) gözardı edilemez. Bazı çalışmalara göre CO<sub>2</sub> dengesi, asit yağmurları gözönüne alındığında olumsuz bir etken olmaktadır. Bir çok bitkisel yağ, doğrudan dizel yakıtların yerine kullanılabilir. Ancak bunların kullanımı sırasındaki tamamlanmamış yanma problemi ortaya çıkmaktadır. Ayrıca yağlama yağının sulanmasına, püskürtme nozullarının koklaşmasına, silindirlerin aşınmasına ve bitkisel yağların polimerleşmesi gibi problemler ortaya çıkabilmektedir. Soğuk havada çalışma, güvenilir olmayan ateşleme ve ateş almama, ısı veriminin azalması uzun dönem dizel yakıtların yerini alacak bitkisel yağların diğer olumsuz etkenleridir.

Bitkisel yağlardan, kimyasal değişimle daha üstün yakıtlar elde etmek mümkündür. İyi bilinen bir örnek yağlı etil asit içerisindeki dönüşüm işlemidir. En yaygın biodizel yakıt kolza metil esteri (RME)'dir. Burada, bitkisel yağların dizel motorlarda kullanılabilirliği ve kolza bitkisinin yakıt olarak kullanılmasından bahsedilecektir.

### **9.2. BİTKİSEL YAĞLAR**

Kolza tohumu, keten tohumu, pamuk, ayçiçeği, biber, yer fıstığı, hindistan cevizi, hurma ve diğerler bitkisel yağlar, dizel motorlarda aday alternatif yakıtlardır.



Bugün, bio-yakıtların kullanılması ile çevresel yararlar arttı. Bio-yakıtların çevresel faydalarına karşın, CO<sub>2</sub> kararsızlığı (bitkilerin büyümeleri süresince çok fazla CO<sub>2</sub> tüketmeleri) gözardı edilemez.

Bazı çalışmalara göre CO<sub>2</sub> dengesi, asit yağmurları gözönüne alındığında olumsuz bir etken olmaktadır. Bir çok bitkisel yağ, doğrudan dizel yakıtların yerine kullanılabilir. Ancak bunların kullanımı sırasındaki tamamlanmamış yanma problemi ortaya çıkmaktadır. Ayrıca yağlama yağının sulanmasına, püskürtme nozullarının koklaşmasına, silindirlerin aşınmasına ve bitkisel yağların polimerleşmesi gibi problemler ortaya çıkabilmektedir. Soğuk havada çalışma, güvenilir olmayan ateşleme ve ateş almama, ısıl verimin azalması uzun dönem dizel yakıtların yerini alacak bitkisel yağların diğer olumsuz etkenleridir.

Bitkisel yağlardan, kimyasal değişimle daha üstün yakıtlar elde etmek mümkündür. İyi bilinen bir örnek yağlı etil asit içersindeki dönüşüm işlemidir. En yaygın biodizel yakıt kolza metil esteri (RME)'dir.

### 9.2.1. TÜRKİYE'NİN BİTKİSEL YAĞ POTANSİYELİ

Ülkemizde bitkisel yağlar halen yemeklik yağ olarak tüketildiğinden, ekiliş ve üretim miktarları bu alana cevap verecek düzeydedir. Bitkisel yağların ve atıklarının motor yakıtı olarak kullanılabilir duruma gelmesiyle, bu alandaki üretimin artırılma olasılığı mevcuttur. Ayrıca Güneydoğu Anadolu (GAP) projesinin faaliyete geçmesiyle 1.7 milyon hektar alan sulanır hale gelecektir. GAP bölgesinde yetiştirilecek bitkiler içerisinde, yağ bitkileri yönünden de önemli bir potansiyel olacaktır. Yağ bitkilerinin ekiliş alanları, yağ oranları, üretim verimleri ve üretim miktarları aşağıdaki tabloda verilmektedir.

**Tablo 1.**Türkiye'nin Bitkisel Yağ Potansiyeli.

Yağ Bitkisinin Adı	Ekiliş Alanı(ha)	Yağ Oranı(%)	Üretim Verimi(kg/ha)	Üretim Miktarı(ton)
Yer Fıstığı	32000	35-55	2563	82000
Soya	31000	13-25	2419	75000
Kolza	10	40-45	1000	10
Aspir	74	9-28	878	65
Ayçiçeği	560000	40-50	1607	900000
Susam	68000	45-59	412	28000
Haşhaş	29681	44-50	369	10948
Pamuk Toh.	7217123	16-24	1653	1193286
Mısır	515000	17-18	3689	1900000
Türkiye Toplamı	1959738	-	-	4189929

#### Atık Bitkisel Yağ Metil Esterin Elde Edilmesi

1. Bitkisel yağ ön işleme tabi tutulur.
2. Metanol ve katalizör ile ön karıştırma.
3. Reaksiyon Basamağı.
4. Faz ayırma işlemi. (Ticari amaçlı Gliserin)
5. Yıkama.
6. Biodizel Elde Edilmesi.

## 9.2.2. DÜNYA BİTKİSEL YAĞ POTASİYELİ

1998/99 sezonunda dünya bitkisel yağ üretiminin 77,62 milyon ton, tüketiminin ise 76,88 milyon ton olarak gerçekleştiği 1999/2000 sezonu için ise bu rakamların %5 oranında artacağı öngörülmektedir. Soya, palm, kolza ve ayçiçek yağları dünya bitkisel yağ üretimi ve tüketimindeki %83'lük payları ile en önemli yere sahip olan ürünlerdir.

Üretim	1995/96	1996/97	1997/98	1998/99	1999/00
Soya	20,15	20,65	22,86	23,62	24,13
Palm	16,25	17,73	17,07	19,27	20,60
Ayçiçek	8,95	8,62	8,33	9,08	9,30
Kolza	11,28	10,84	11,32	12,20	13,37
Pamuk	4,15	3,87	3,76	3,63	3,79
Yerfıstığı	4,15	4,50	4,17	4,44	4,65
Hindistancevizi	3,15	3,72	3,41	2,97	3,47
Palm çekirdeği	2,12	2,26	2,26	2,41	2,58
<b>Toplam</b>	<b>70,20</b>	<b>72,19</b>	<b>73,18</b>	<b>77,62</b>	<b>81,89</b>
Tüketim					
Soya	19,70	20,61	22,55	23,54	23,89
Palm	15,71	17,18	17,36	18,73	20,41
Ayçiçek	8,61	8,90	8,37	9,05	9,26
Kolza	11,09	10,92	10,97	12,01	13,09
Pamuk	4,10	3,82	3,77	3,73	3,79
Yerfıstığı	4,12	4,51	4,16	4,42	4,60
Hindistancevizi	3,18	3,44	3,34	3,04	3,42
Palm çekirdeği	2,03	2,21	2,16	2,36	2,45
<b>Toplam</b>	<b>68,54</b>	<b>71,59</b>	<b>72,68</b>	<b>76,88</b>	<b>80,91</b>

**Tablo 2.** Dünya Bitkisel Yağ Üretim/Tüketim Miktarları (Milyon Ton).

## 9.2.3. KOLZA YAĞININ DİZEL MOTORLARDA KULLANILMASININ ARAŞTIRILMASI

**Kolza Bitkisi,** Kolza, ilkbaharda çiçek açan ve yağ bitkileri içerisinde hasada en erken gelen bitkilerdendir. Uzun gün bitkisi olup kışlık ve yazlık olarak yetiştirilebilir. Yazlıklar 100-120, kışlıklar 120-150 günde hasada gelir. Ekseri yağ bitkisi sıcak iklimde yetişir ve kışlık ekinleri pek azdır. Kolzanın kışlık olarak ekilebilmesi ekim ve hasat dönemindeki iş dağılımına uygun bir çalışma imkanı sağlar. Kolza tohumu küçük, yuvarlak ve kaygan olduğundan ekimden önce iyi bir tohum yatağı ister. Kışlık ekimlerde hububat hasadı dipten yapılarak gölge tavı kaçırılmadan tarlanın anızı bozulur. Eylül ayı başında dipkazan, çizer veya kazayağı ile toprak dipten işlenerek kabartılır.

## 9.2.4. Türkiye’de Kolza Metil Ester Üretimi

Yurdumuzda üretilen bitkisel ve hayvansal yağlar tüketimini karşılayacak düzeyde değildir. Yemeklik yağ üretiminde bitkisel yağların önemi çok daha fazla olmasına rağmen yağ bitkilerinin hasat ve harman işlerinin zor olması ve maliyetteki yükselmeler nedeniyle ekiliş alanları yeterli olmaktadır. Bu bakımdan tohumlarında %38-50 oranında yağ bulunan, tarımı son derece kolay, kolza bitkisinin gereken ilgiyi görmesiyle ülkemizde yağ açığının kapatılmasına önemli oranda katkıda bulunulabilir.

Türkiye bugün, yılda 500 bin ton bitkisel yağ ithal eden bir ülke durumundadır. Nüfus artışına bağlı olarak artan yağ ihtiyacının karşılanabilmesi için yağ üretiminin artırılması zorunludur. Kolza, bitkisel yağ açığının kapatılmasında önemli rol oynayacak bir yağ bitkisidir. Kolza küspesi %67 oranında protein ihtiva etmesi nedeniyle aynı zamanda hayvan yemi için iyi bir hammadDEDİR. Kolza tohumu hiçbir işlem görmeden besi rasyonuna %10, kanatlı rasyonuna %20 oranında katılarak doğrudan besi materyali olarak kullanılabilir. Aynı zamanda nisan ayından hasada kadarki 4 aylık dönem boyunca çiçekliliğini muhafaza etmesi nedeniyle iyi bir bal bitkisidir.

Dünyada, yaklaşık 220 milyon hektar alanda ekimi yapılan kolzanın anavatanı Anadoludur. Ülkemiz arazilerinde çok yaygın olarak görülen hardal bitkisi, kolzanın yabancı formudur. Son yıllarda gelişmiş ülkelerdeki ekimi ve üretimi devamlı artan kolza, 1970'li yıllarda ülkemiz çiftçisi tarafından üretimi yapılmış bir bitkidir. Ancak 1977 yılında Sağlık Bakanlığının yaptığı kontroller sonucu insan sağlığı için zararlı olduğu bilinen erüsik asit muhtevesanın %5 sınırını aştığının görülmesiyle kolza ekimine yasak getirilmiştir. Bununla beraber koza bitkisinin ekonomik ve tarımsal önemi yanısıra yağ bileşiminin kalitesine ilave bazı gelişmiş ülkelerde yapılan çalışmalar sonucu erüsik asitten arındırılmış yeni çeşitler üretilerek geçtiğimiz yıllar içerisinde kanola adıyla piyasaya sürülmüştür.

Avrupa'da kolza yağının kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalarda, kolza metil esterinin dizel yakıtına göre aşağıdaki üstünlüklere sahip olduğu belirtilmiştir.

1. Kolza yağından elde edilen yakıtın enerji değerinin yeterli miktarda olmaktadır.
2. Yakıtın yanma sonucu açığa çıkan atık gazların atmosfere olan etkisi yönünden olumlu sonuçlar verdiğini ve %15-30 oranında daha az zararlı gaz açığa çıkarmaktadır.
3. Biodizelin zehirsizdir ve toprakta hızlı bir şekilde indirgenmektedir.
4. Biodizelin dolumu sırasında depodan zararlı gaz açığa çıkmamaktadır.
5. Biodizelin iyi bir yağlama kabiliyetine sahiptir ve böylece yüksek derecede motor aşınmasını engellemektedir.
6. Biodizelin yanması sırasında çevreye atılan zararlı gazlar, dizel yakıtına göre; %15 daha az CO, %27 daha az HC, sadece %5 daha fazla NO<sub>x</sub>, %22 daha az partikül, %50 daha az ısı ve %10 daha düşük ısı değeri, buna karşın ortalama yakıt tüketiminin yaklaşık olarak dizelden %3 fazla olduğu belirtilmiştir.

#### **9.4. BİODİZEL**

Biodizel yerli bir üretilmektedir. Biodizel yenilenebilir bir yakıttır, bitkisel yağlardan ve artık restoran yağlarından üretilir. Biodizel güvenlidir, bakterilerle ayrışabilir, hava kirletici partikül maddeler, karbon monoksit ve hidrokarbon gibi kirleticileri azaltır. %20 biodizel ile %80 petrole dayanan normal dizel yakıt karışımı (B20) dizel motorlarda değişiklik yapılmadan kullanılabilir. Biodizel hiçbir katkı yapmadan saf biçimde (B100) de kullanılabilir. Fakat biodizel saf olarak kullanıldığı zaman performans problemleri ve bakımdan kaçınmak için motorda değişikliklerin yapılması gerekebilir. Biodizel (yağlı asit alkali ester) yeni ve kullanılmış bitkisel ve hayvansal yağlar gibi yenilenebilir kaynaklardan doğal olarak yapıldığından dizel yerine temiz yanan bir yakıttır. Biodizel aynen normal dizel yakıtlar gibi ateşlemeli motorlarda kullanılabilir. %20 biodizel karışımı hemen hemen bütün dizel ekipmanları ile kullanılabilir ve bir çok depolama ve dağıtım ekipmanı ile uyumludur. Düşük miktardaki karışımlarda (%20 ve daha az) motorda herhangi bir değişikliğe gerek yoktur. Yüksek miktardaki karışımlar, hatta saf biodizel (%100 biodizel veya B100) 1994 yılından beri yapılan bir çok motorda kullanılabilir.

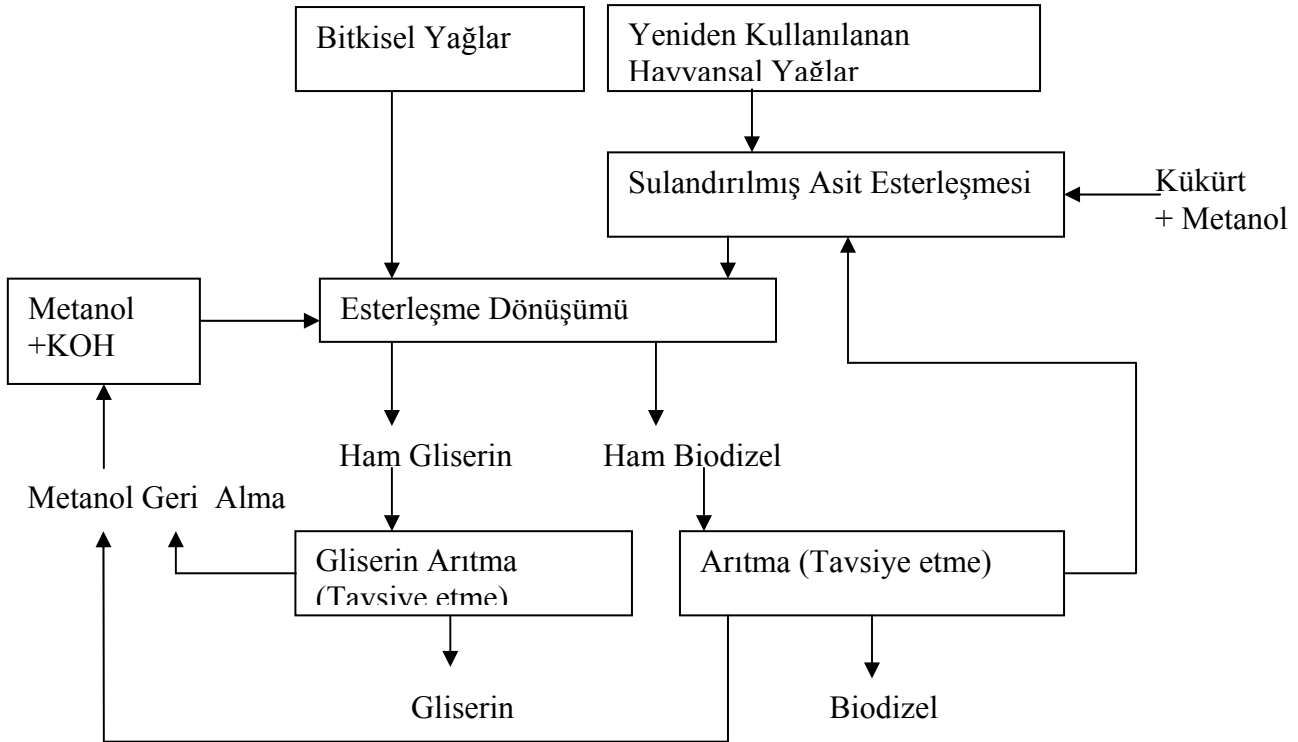
Geleneksel dizel motorda biodizelin kullanımı yanmamış hidrokarbonlar, karbon monoksit, PAH (polycyclic aromatic hydrocarbons), n-PAH (nitrated polycyclic aromatic hydrocarbons) ve partikül madde emisyonlarını önemli miktarda azaltmaktadır. Buradaki emisyonlardaki azalma; dizel yakıt miktarı arttıkça (dolayısıyla biodizel miktarı azaldıkça) artmaktadır. En iyi azalma saf biodizelde (B100) görülmektedir.

Biodizel kullanımı ile partikül maddelerde katı karbon parçaları azalır, (biodizel de yanma daha fazla tamamlandığından oksijen CO<sub>2</sub>'e dönüşür) kükürt bileşikleri 24 ppm'den daha azdır, buna karşın çözülebilir maddeler veya hidrokarbonlar artar yada aynı miktarda kalırlar. Bundan dolayı, biodizel katalizatör (buradaki katalizatör dizeldeki çözülebilir parçaları azaltır, fakat katı karbon parçalarını değiştirmez), egzoz gazlarının yeniden dolaşımı gibi yeni teknolojilerle daha iyi çalışır. Azot oksit emisyonu (NOx) yakıttaki biodizelin konsantrasyonu ile artmaktadır. Biodizelin fiziksel özellikleri geleneksel dizel yakıtı çok benzerdir. Buna rağmen, emisyon özellikleri dizel yakıttan daha iyidir. Biodizelin fiziksel özellikleri Tablo 3'de verilmiştir. Biodizelin üretim şeması aşağıda verilmiştir.

**Tablo 3.** Biodizelin Fiziksel Özellikleri.

Özgül Ağırlığı	0.87 ~ 0.89
Kinematik Vizkozitesi @ 40°C	3.7 ~ 5.8
Setan Sayısı	46 ~ 70
Üst Isıl Değeri (btu/lb)	16,928 ~ 17,996
Kükürt Oranı %	0.0 ~ 0.0024
Karışım Sıcaklığı °C	-11 ~ 16
Akma Sıcaklığı °C	-15 ~ 3
İyot Sayısı	60 ~ 135
Alt Isıl Değeri (btu/lb)	15,700 ~ 16,735

Şekil: Biodizelin üretim aşamaları



#### 9.4.1. EMİSYON PERFORMANSI

Yakıt çok az kükürt içerdiğinden dolayı SO<sub>2</sub> (kükürt dioksit) emisyonu bakımından kolza metil ester'nin taşıtlarda kullanılmasının önemli yararları olduğu belirtilmektedir. Egzoz emisyon

sonuçları; motor çalışma şartlarına ve kullanıma bağlı olarak önemli değişiklikler göstermektedir. Bu faktörler, egzoz emisyon oranlarında büyük farklılıklara neden olmaktadır.

Pachter ve Hohl emisyon performanslarını belirlemek için yaptıkları testlerde ECER49-13 motor testini kullandılar. Onların yaptıkları test sonuçlarından kolza metil ester'in kullanılması ile HC emisyonu dizel yakıttan %50 daha düşük olduğu, NO<sub>x</sub> emisyonunun önemsiz miktarda yüksek olduğu ve CO emisyonunun önemsiz miktarda düşük olduğunu tespit etmişlerdir.

Emisyon oranlarındaki değişimle motor ortalama efektif basıncı (mep) dikkat edilmesi gereken parametrelerdir. Kolza metil esterde (RME) ve dizel yakıtlarda HC emisyonu; NO<sub>x</sub> ve CO emisyonundan daha fazla gözönüne alınır. Bu göstermektedirki; taşıt çevrimleri, egzoz emisyon özelliklerini belirlemede önemli bir rol oynamaktadır.

Yapılan çalışmalarda, kolza metil ester ve soya metil ester (SME)'in kullanımı ile egzoz emisyon test sonuçlarını dizel bir motor için (DDC 6V-92TAC iki stroklu otobüs motoru) düşük kükürtlü (%0.05) dizel motoru US EPA'ya göre test edilmesi ile elde edilen sonuçlar. Tablo 4'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.** Kolza ve Soya metil ester'in US EPA' ya göre Egzoz Emisyon Sonuçları.

<b>Egzoz Emisyonları</b>	<b>Dizel (%0.05 Kükürt)</b>	<b>RME (% Dizel Emisyonlar)</b>	<b>SME (% Dizel Emisyonlar)</b>	<b>SME Metanol Katalizatörlü</b>	<b>SME Dizel Katalizatörlü</b>
<b>NO<sub>x</sub></b>	4.840	5.614 (116)	5.787 (120)	50677 (117)	5.728 (118)
<b>HC</b>	0.437	0.093 (21)	0.116 (27)	-	0.068 (16)
<b>CO</b>	1.507	0.811 (54)	0.873 (58)	0.141 (9)	0.874 (58)
<b>Partiküller</b>	0.227	0.164 (72)	0.152 (67)	0.054 (24)	0.062 (27)
<b>CO<sub>2</sub></b>	758.1	775.5 (102)	791.3(104)	805.9 (106)	794.0 (105)

NO<sub>x</sub> emisyonu, kolza metil ester dizel yakıttan 1/5 oranında daha yüksektir. HC ve partikül emisyonu, kolza metil ester'de değişik oranlarda daha düşüktür. Dizel motorlu bir yolcu motorunda (Peugeot XUD-9)'de kullanılması halinde CO emisyon değeri daha yüksektir, daha güçlü motorlarda bunun tersi durum vardır.

İsviçre federal Malzeme ve Araştırma Laboratuvarı 12 lt. 18 kw. gücünde, 6 silindirli Mercedes-Benz Marka dizel motoru; normal dizel yakıtı kullanarak, düşük kükürtlü (%0.06) kullanarak ve Avusturya ve İtalya üretimi RME yakıtı kullanarak ECE -R49 test yöntemine göre test etmeye çalışmıştır.

Test sonuçlarından, kolza metil ester'in özgül yakıt tüketiminin normal dizel yakıt'tan yaklaşık %12 daha yüksek olduğunu ve motor gücündeki düşmenin %1.8-7.5 arasında olduğunu ortaya koymuştur. Normal dizel yakıtı göre; RME yakıtının ürettiği egzoz emisyonları CO %33 daha düşük, NO<sub>x</sub> %12 daha yüksektir, HC ve partikül madde %5 daha yüksektir. Oksidatörlü katalizör filtre birleşimiyle; normal dizel yakıtı göre CO emisyonu %80 azaltılabilir, NO<sub>x</sub> emisyonu değişmez, HC emisyonu %75 daha az ve partiküller %90 daha az olmaktadır.

Avusturya'da 2,3 lt turboşarjlı DI dizel motorda RME ve dizel yakıt kullanılması ile elde edilen egzoz emisyon sonuçları Şekil 1.'de verilmektedir.

## **RME' NİN AVANTAJLARI**

Dizel yakıt performansı ile karşılaştırıldığında, daha iyi tutuşma özelliğine (setan sayısı oranı) sahiptir. Dizel yakıt ile karışımı mümkündür. Eğer vuruntu varsa, yakıt tüketimi artar.

## RME' NİN DEZAVANTAJLARI

Dizel yakıttan daha az ısı değere sahiptir. Bu yüksek vizkozitesiyle kısmen dengelenebilir. Dizelden daha yüksek vizkoziteye sahiptir. Soğutma filtre plug noktası daha yüksektir. Motor yağının sulanması ve giriş valfinde karbon birikmesi sürekli problemdir. Bazı lastik ve polimerli bileşikler için uygun değildir.

## RME' NİN EMİSYON PERFORMANSI

**Hafif taşıtlarda:** NO<sub>x</sub> emisyonu %20 civarında, HC emisyonu %20-30 civarındadır. CO emisyonu değişkendir. Partikül maddeler %20-40 civarındadır.

**Ağır taşıtlarda :** NO<sub>x</sub> emisyonu %20' nin üzerindedir. HC emisyonları %20-75 arasındadır. CO emisyonu %10-50 oranında ve partiküller %5-40 arasındadır.

## 9.4.2. BİODİZEL ENDÜSTRİSİ

Dünyadaki biodizel endüstrisi çok hızlı bir şekilde büyümektedir. Ülkemizde ise; bazı Üniversitelerde (Uludağ Üniv.) bu konu ile ilgili araştırmalar yapılmaktadır. Amerikada biodizel üreten yedi tane firma vardır. Biodizelin çoğu okul servis araçlarında ve toplu ulaşım araçları gibi geniş müşteri kitlelerine B20 olarak satılmaktadır. Bir çok ülkede biodizel yakıtı mevcut değildir. Buda biodizelin kullanımının yaygınlaşmasını engellemektedir. Diğer bir engel ise; biodizelin pahalı olmasıdır. Biodizelin galonu (3.785 lt) Amerika'da vergi hariç 1.5-2.25 \$ satılmaktadır. Bu miktara %50 vergi oranı ilave edildiği zaman fiyat artmakta ve buda halkın B20'yi tercih etmemesine neden olmaktadır. Amerika Enerji Bakanlığı gelecek 5 yıl içerisinde biodizelin galon fiyatının 1\$ altına düşürmek için çalışmalar yapmaktadır. Amerikada biodizel yakıtı için yakıt standardı oluşturulmuştur. Biodizelin standardı ASTM PS 121'dir. Biodizelin Özellikleri Tablo 5'de verilmektedir.

**Tablo 5.** Biodizelin Özellikleri.

Yakıt Özellikleri	Dizel (Motorin)	Biodizel
Yakıt Standardı	ASTM D975	ASTM PS 121
Yakıt Bileşimi	C10-C21 HC	C12-C22 FAME
Alt Isıl Değer	130.250	120.910
Kinematik Vizkozite 40 °C	1.3-4.1	1.9-6.0
Özgül Ağırlık kg/lt 60 °F	0.85	0.88
Yoğunluk lb/gal 15 °C	7.079	7.328
Su ppm ağırlık olarak	161	%0.5 max.
Karbon,% ağırlık olarak	87	77
Oksijen,% ağırlık olarak	0	11
Sülfür % Ağırlık	0.05 max.	0
Kaynama Noktası °C	188-343	182-338
Parlama Noktası °C	60-80	100-170
Atomizasyon Noktası °C	-15+5	-3+12
Sıvılaşma Noktası °C	-35--15	-15+16
Setan Sayısı	40-55	48-60
Ateşleme Sıcaklığı °C	316	
Hava/yakıt oranı	15	13.8
BOCLE Scuff, gram	3.600	>7.000
HFRR, microns	685	314

## 9.4 BİYOGAZ ENERJİSİ

Çiftlik gübresi yani hayvan gübresi başta olmak üzere, çeşitli organik artıkların (bitkisel artıklar, deniz ve kara yosunları, özel olarak yerleştirilen bazı bitkiler gibi) oksijensiz bir ortamda fermantasyona uğratılması sonucu elde edilen yanıcı gaz karışımına **biyogaz** denir. Metan gazı CH<sub>4</sub> organik kökenli kaynaklara dayanan bu enerji üretim yöntemlerinde temel enerji kaynağı organik kökenli artık ve atıklardır. Bunlar değişik amaçlarla değerlendirilmiş olabilirler. Örneğin ot ve saman artıkları, kent ve çöpleri tarla ürün artıkları hayvan besisi artıkları çiftlik hayvancılığının küçük ve büyükbaş hayvan dışkıları vb. olabilecekleri gibi bizzat bu amaçla yerleştirilen bazı bitkiler (yeşil gübre) ve deniz yosunları (alg, diyamolit) ya da karayosunları (likenler) olabilirler. Bunlardan belli bir miktarı tekniğine uygun olarak inşa edilmiş havasız bir depoda toplanarak depolanırsa belli aşamalarda kimyasal tepkimelerin oluşması ve yanıcı gaz karışımının açığa çıkması mümkün olmaktadır. Bu nedenle de dönüştürülmüş enerji üretmek için yararlanılan bu gibi organik kökenli maddelere genel bir terimle **biyomas** ve bunlardan elde edilen enerjiye ise **biyomas enerjisi** adı verilmektedir. Terimi oluşturan biyo canlı, mas (maas) ise kütle veya yığın, başka bir ifade ile enerji elde edilecek tesise enerji maddesinin yığılıp depo edilmesi gibi anlamlara gelmektedir. Dolayısıyla da bu gibi organik kökenli artıklardan elde edilen enerjiye **biyomas enerjisi** denir.

Bununla birlikte bu konuda dilimizde genellikle biyogaz (canlı gaz) terimi kullanılmaktadır. Gazın, canlısı veya cansız olamayacağı için terim olarak ya organik gaz ya da biyomas enerji kaynağı şeklinde ifade edilmesi uygun olacaktır.

Sözü edilen enerji kaynağı, bu güne kadar ki uygulamalardan anlaşıldığına göre, hayli ekonomik bir kaynaktır. Örneğin bir ton biyomas maddesinin havasız bir ortamda fermente edilmesi sonucu, 1.2 varil petrol eşdeğeri bir enerjinin elde edilebileceği hesaplanmıştır. Öte yandan biyomas kaynaklardan elde edilen yanıcı gaz karışımının m<sup>3</sup> 'ü başına % 40 ila % 70 oranında metan gazı, % 30 ila %55 oranında karbondioksit ve diğer oranların ise azot, hidrojen ve hidrojen sülfür gibi maddelerden oluştuğu anlaşılmıştır.

### **Biyomas Enerjisinin Geçmişteki Önemi ve Bugünkü Yararlanma Alanları**

Biyomas enerji kaynaklarının en önemlisi, tahmin edilebileceği üzere hayvan gübresi kaynağıdır. Bu kaynağın yakıt olarak kullanılmaya başlanması her halde insanın yerleşik düzene geçmesiyle birlikte başlar. Ancak hiç şüphe yok ki bu konuda belli bir tarih ve belge göstermek pek mümkün değildir. Ancak hayvan gübresinden tezek yapımı ve bunun yakıt olarak kullanılması, elbette yüzyıllar öncesinden başlanmıştır.

Birçok ülkede köylü nüfus, bugün de ısıtma, ısınma ve pişirmede bu kaynaktan geniş ölçüde yararlanır. Asya, Avrupa ve Güney Amerika ülkelerinde, ormandan yoksun otsu bitki formasyonu bölgeleri yani step toplulukları, günümüzde de en güvenilir ısınma ve pişirme işleri hayvan gübresinden yapılan tezekten sağlanmaktadır.

Özellikle iç bölgeler köy ve hatta bazı kent yerleşmelerinde tezek yapımı ve yakıt olarak kullanılması eski çağa kadar gerilere götürebilir. Bu bakımdan tezeği geleneksel yakıtlar veya enerji kaynaklarının kullanılışı en eski olanlardan biri olarak kabul etmenin kuşkusuz hiçbir sakıncası yoktur.

## 9.6. SONUÇLAR

Yapılan çalışmalardan, Biodizel yakıtından elde edilen efektif moment ve güç değerlerinin bir miktar düşük çıkması, yakıtın ısıl değerinin dizel yakıtının ısıl değerine göre düşük olması ile açıklanabilir.

Biodizel kullanılması ile elde edilen is emisyon değerleri, dizel yakıtına göre düşük yüklerde daha düşük çıkmıştır. Değerlerin düşük olmasının nedeni, biodizel yakıtı içerisindeki oksijen fazlalığından kaynaklanmaktadır. Silindir içerisine enjekte edilen yakıttaki oksijen fazlalığından kaynaklanmaktadır. Silindir içerisine gönderilen yakıttaki oksijen fazlalığı, yakıtın dizel yakıtına göre daha iyi yanmasını sağlar. Bunun sonucu olarak, dışarıya atılan gazlar daha az olur. Ayrıca biodizel atıkları, bitkisel kaynaklı olduğu için doğaya zarar vermeksizin, bitkiler tarafından enzimlenerek tekrar kullanılır.

Atık yağ metil esterlerin (biodizel) dizel yakıtına alternatif olarak kullanılabilceği, kullanıldığı takdirde motor performansında önemli bir değişim olmayacağı ve emisyonların düşeceği tespit edilmiştir.Ülkemizin içerisinde bulunduğu durum da dikkate alındığında, bu tür alternatif yakıtların kullanımının ciddi ekonomik katkı sağlayacağı bilinmelidir

Biodizel yakıtının yurdumuzda kullanılmasıyla, çevre kirliliğinin çözümünde katkı sağlanacak, Türkiye'nin petrole olan ihtiyacı bakımından dışa bağımlılıktan kurtulmasına yardımcı olacaktır.

Atık bitkisel yağların ülkemizde alternatif yakıt olarak kullanımının mümkün olabileceği, ülke ekonomisine ve çevreye büyük katkı sağlayacağı söylenebilir.