

Doğalgaz Kombine Çevrim Santrallerinin Diğer Elektrik Üretim Merkezleriyle Karşılaştırılması

Yrd. Doç. Dr. Adnan Kakilli (Kakilli@marmara.edu.tr)

Yrd. Doç. Dr. Caner Aküner (Akuner@marmara.edu.tr)

Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü

Dünya nüfusundaki artışa paralel olarak artan enerji tüketimi, mevcut enerji kaynaklarının hızla tükenmesine ve yanma sonucu oluşan kirlenmelerin çevre üzerindeki etkisinin giderek önemli seviyelere ulaşmasına neden olmaktadır. Türkiye’de elektrik genel enerji talebi hızla artmaktadır. Bu durum ekonomik krizlere, enerji tasarrufu gayretlerine ve çevreyi temiz tutma duyarlılığına rağmen geçerliliğini korumaktadır.

Enerji sektöründe temel amaç, artan nüfusun ve gelişen ekonominin enerji ihtiyaçlarının sürekli, kesintisiz bir şekilde, mümkün olan en düşük maliyetlerle ve çevreye en az zarar verecek biçimde karşılanabilmesidir.

Elektrik üretim merkezleri tesis edilirken bu kriter göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu çalışmada doğalgaz kombine çevrim santrallerinin çalışması hakkında kısaca bilgi verildikten sonra diğer üretim merkezleriyle çevre kriterleri açısından karşılaştırılması yapılmıştır.

Kombine çevrimlerde birincil olarak elektrik üretimi sağlanmakla birlikte, istenirse çevrimden ara buhar alınarak santral, birleşik ısı-güç sistemi olarak da çalıştırılabilir. Bu özelliği ile kombine çevrimler, ısı-güç üretiminde günümüzde var olan en verimli yöntem konumundadır.

1. Giriş

Enerjinin temini çağımızın temel problemlerinden biridir. Gelişen teknoloji, enerji ihtiyacını arttırmış ve enerji sorununu gündeme getirmiştir. Gelişmişliğin bir ölçüsü olarak kabul edilen enerji genel olarak petrol, kömür, doğal gaz gibi fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Enerjiye olan yoğun talep artışı da çevre kirliliğini artırmaktadır. Bu sebeple enerji ihtiyacının rasgele karşılanmasından ziyade, kullanılacak enerji kaynağının kirlilik oluşturmayan kaynaklardan sağlanması önem kazanmaktadır. Fosil yakıtlardan petrol ve kö-

mürün kullanımı doğalgaza göre daha eski olup; yanma sonucu yarattıkları kirlilikler uzun yıllardan beri bilinmektedir. Genel olarak yakıt içerisindeki safsızlıklardan oluşan yanma ürünleri ve tam yanmanın gerçekleşmediği durumlarda meydana gelen katı partiküller ve ara oksidasyon ürünlerine ilaveten özellikle katı yakıtlardaki kalıntı ve doğal radyo aktivite kirlilik kömür ve petrol kullanımını kısıtlamaktadır.

2. Doğalgaz Kombine Çevrim Santralleri

Türkiye’de Doğalgaz Kombine Çevrim Santralleri ilk olarak 1993 yılında kurulmaya başlanmıştır. Doğalgaz Kombine Çevrim Santralleri’nde (DKÇS) yakıt olarak genelde doğalgaz kullanılmaktadır. Bunun yanında kojenerasyon santralleri Likit petrol gazı (LPG), fuel-oil, nafta ve bunların kombinasyonu motorin, kok, kömür, atık ısı, jeotermal enerji ve hidrolik enerji ile de çalıştırılmaktadır.

Bir DKÇS’ de bulunması gere-

ken kısımlar ve bunların birbirleriyle olan ilişkisi aşağıda açıklanmıştır.

Kombine Çevrim terimi, esas itibariyle gaz türbin çevrimi ve buhar çevriminin bir sistem içine alınarak birbirini tamamlayıcı şekilde çalıştırılmasını ifade etmekte olup, genel prensibi; gazın türbin çevriminden çıkan egzost gazlarının yüksek dereceli ısısının su/buhar çevriminde kullanılarak ek bir enerji üretiminin sağlanmasına dayanmaktadır. Kombine çevrimlerde birincil olarak elektrik üretimi sağlanmakla birlikte, istenirse çevrimden ara buhar alınarak santiral, birleşik ısı-güç (kojenereasyon) sistemi olarak da çalıştırılabilir. Bu özelliği ile kombine çevrimler, ısı-güç üretiminde günümüzde var olan en verimli yöntem konumundadır.

2.1 Kombine Çevrimin Çalışma Prensibi

Atmosferden alınan hava, bir filtre sisteminden geçirildikten sonra gaz türbininin kompresör kısmına girer ve burada sıkıştırılarak yanma odasına iletilir. Yanma odasına püskürtülerek verilen yakıt da bu sıkıştırılmış hava ile karışarak yanar. Burada oluşan yüksek basınçlı sıcak gazlar gaz türbini kanatlarından geçerek türbini döndürür ve türbine bağlı generatörden elektrik enerjisi üretilir. Gaz türbininden çıkan sıcak atık gazlar (400-600°C) bir egzost kanalıyla atık ısı kazanına iletilir. Egzost gazları ısılarını burada su/buhar çevrimine transfer ederek soğur ve daha sonra kazan bacasından at-

Rezerv yeri	% Bileşimi					
	Metan	Etan	Bütan	Diğer	CO2	N2
İngiltere(K. Denizi)	83,8	6,0	2,0	1,0	1,7	4,5
Azerbaycan (Bakü)	87,7	5,8	-	-	-	0,8
ABD (Kansas)	76,8	3,9	2,6	2,0	0,6	13,0
ABD (Teksas)	91,0	4,5	1,8	1,1	0,8	0,7
Almanya (Emslannd)	79,0	5,0	1,7	1,0	1,2	4,3
Hollanda	70,0	4,6	1,0	0,4	0,4	21,5
Cezayir	63,3	11,3	6,4	4,1	7,2	7,3
Tunus	66,0	17,3	9,7	5,5	1,5	-
Arjantin	95,0	4,0	-	-	-	1,0
Kanada	86,9	9,2	2,8	0,4	-	0,5
S.Arabistan	56,2	19,0	14,3	5,9	2,7	-
Venezuela	76,7	6,8	6,7	3,3	3,7	-

Tablo 1. Kaynaklarına göre doğalgazın kimyasal bileşimi [3]

mosfere atılırlar. Atık ısı kazanında üretilerek türbine verilen buhar, türbin kademelerinde genişler ve böylece termik enerji mekanik enerjiye dönüşmüş olur. Türbinin tahrik edilmesiyle de türbine bağlı generatörden elektrik enerjisi üretilir [1].

2.2 Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali Yakıt Türleri

Doğalgaz santrallerinde yakıt olarak ağırlıklı doğalgaz kullanılmaktadır. Bunun yanında yedek yakıt olarak Nafta ve fuel oil yakıtta kullanılmaktadır. Fuel-oil doğalgaz'dan naftaya geçiş amacıyla kullanılmaktadır. Nafta yakıtı kullanıldığında verim düşmekle birlikte maliyet de yüksektir.

2.2.1 Doğalgaz

Gerek fiziksel özelliklerinin yanma için oldukça elverişli olması ve gerekse kimyasal bileşiminde toksisite yaratacak maddelerin bulunmaması doğalgaz kullanımının en önemli tercih sebebidir. Doğalgaz diğer fosil yakıt

türlerinde olduğu gibi milyonlarca yıl önce toprak altında kalan bitki ve hayvan artıklarının basınç ve ısı etkisiyle değişime uğraması ile bugün karşımıza enerji kaynağı olarak çıkan hafif hidrokarbonlar karışımıdır.

Doğalgazın özellikleri rezerve göre değişmektedir. Renksiz, kokusuz ve yüksek kalorili olan doğalgazın yoğunluğu 0,6-0,8 kg/m³ arasında olup havaya göre daha hafiftir. Doğalgazın kendisinin herhangi bir zehirleyici özelliği bulunmamaktadır. Ancak, kapalı ortamlardaki gaz kaçağı oksijen oranını azaltacağından boğulmaya yol açabilir. Doğalgazın kimyasal bileşeni Tablo.2'.de verilmiştir.

Doğalgaz içerisindeki % C miktarı diğer yakıtlara göre genel olarak daha düşük, %H miktarı ise daha yüksektir. Bu özellik parlak, akkor bir alevle yanma yerine mavi ve mat bir alevle yanmasına sebep olur. Bu durum ayrıca radyasyon sebebiyle

BİLEŞENLER	% BİLEŞİM
METAN	97,87
ETAN	0,89
PROPAN	0,21
n-BUTAN	0,04
Iso-BUTAN	0,03
Iso-PENTAN	0,010
Neo-PENTAN	0,007
HEKZAN	0,010
KARBONDİOKSİT	0,08
AZOT	0,82

Tablo 2. Türkiye doğalgaz analizi [4]

olan ısı transferini azaltır. Hidrojen yüzdesinin yüksek olması, yanma sonucu oluşan su buharının baca gazındaki oranını diğer yakıtlara göre 2-3 kat artırmaktadır. Baca gazı sıcaklığı, yanma gazlarının çiylenme noktasına kadar düşürülebileceğinden doğal gazlı sistemlerde daha düşük baca gazı sıcaklığına ulaşılması mümkündür.

Ayrıca, bir kaç proses dışında yanma için gerekli hava miktarının daha az olması, baca gazı sıcaklığının düşmesini sağlamaktadır. Dolayısıyla baca gazı ile atılan ısının önemli bir kısmı kazanılarak verimde artış görülmektedir. Yanma sonucu oluşan su buharı ile yakıtın alt ısı değeri, üst ısı değerine göre yaklaşık % 4 oranında daha düşük olup, bu fark diğer yakıtlara göre oldukça fazladır.

YAKIT EMİSYONLARI	KÖMÜR %1 Kükürt, %10 küll	FUEL-OİL%1 Kükürt	DOĞAL GAZ
Partikül madde (kg)	100,0	1,8	0,1-0,3
Kükürt Oksitler (kg)	29,2	20,0	-
Karbon Monoksit (kg)	1,5	0,7	0,3
Azot Oksitler (kg)	11,5	8,2	2,3-4,3
Hidrokarbonlar (kg)	1,5	0,1	-

Tablo 3. Bir ton petrol eşdeğeri yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan emisyonlar[5]

2.2.2 Fuel – Oil

Doğalgaz santrallerinde kullanılan fuel-oil genellikle doğalgazdan naftaya geçiş amacıyla ve ana yakıt olarak da kullanılmaktadır. Fuel-oil alternatif yakıtlar içerisinde naftadan sonra en uygun olanıdır. Sürekli olarak gaz türbininde kullanıma uygun değildir. Kullanılan fuel-oil'in sülfür içeriği % 1.5 min. Dolayısıyla hali hazırda sülfür emisyonları (SO_x) yüksektir. Dizel yakıtın üstün tarafları; daha yüksek elektrik verimi, daha iyi kısmi yük verimi ve doğalgaz hattının varlığından bağımsız olmasıdır. Sakıncaları ise; SO₂ emisyonu, baca gazı çığ noktasının yüksek olması ve yüksek yatırım maliyeti. Çeşitli yakıtların emisyon değerleri Tablo 4. de verilmiştir.

3. Kömür Yakıtlı Termik Santraller (Linyit + Taş kömürü)

Bu tür termik santrallerde fosil kökenli yakıt olarak adlandırılan taşkömürü ve linyit gibi yakıtlar kullanılmaktadır. Bu fosil kökenli yakıtların üretim ve iletimi aşamasında toprak ve su kirliliği, tarım toprağı gibi çevre problemleri ile karşılaşmakta, ayrıca fosil kökenli yakıtların elektrik enerjisi üretimi amacı ile termik

santrallerde yakılması sonucu çevreye kattıkları olumsuz etkiler küçümsenemeyecek boyutlardadır. Bu neden ile olumsuz çevreye etkileri bakımından, elektrik enerjisi üretim tesisleri içerisinde en etkili santral grubu termik santralleridir.

Termik santrallerde elektrik enerjisi üretimi amacı ile kullanılan fosil kökenli yakıtlardan yanma reaksiyonu sonucu ortaya çıkan fosil yakıt emisyonları, birincil ve ikincil kirleticiler olmak üzere iki grup altında incelenmektedir. Birincil kirleticiler CO_x, NO_x, SO_x, PbO_x, TSP hidrokarbonlar iken, yanma dışı reaksiyonlar ve güneşin uv ışınları ile ikincil kirleticilere dönüşmektedirler. Bu grupta aerosollar, aldehytler, olefinler, PAH, nitrosamin, oksidantlar vb. kirleticiler bulunmaktadır. Birincil ve ikincil kirleticilerin bazıları sera etkisi oluşturmakta ve iklim değişikliğine neden olmakta, bazıları biyosferi zehirlemektedir. PAH bileşikleri ve halojenli yakıtlardan çıkan PCDD/PCDF (dioksin ve furan) türü yanma ürünleri ise, kanserojen maddeler olarak bilinmektedir. Radyoaktif elementler, kül yığınlarının yağmur suları ile ekstraksiyonu sonucunda çevre sularına karışarak kirliliğe neden olur. Atık ısının doğaya olan etkisi. Soğutma suyuyla çevre sularının ısısının yükselmesi. Çevre nem miktarının yükselmesi.

Ülkemizdeki fosil yakıtlı termik santrallerin çevre-etki-değerlendirmesi açısından yapılan etütler; termik santrallerin birbirine

çok yakın ve birbirinin çevre etki sahası içine inşa edildiğini, turizm ve tarım potansiyeli yüksek alanlarda yer aldıklarını, yanma sonucu oluşan kirleticilerin yayılmasını engelleyici önlemlerin başlangıçta alınmadığını, baca desülfürizasyon tesislerinin yeni yapılmakta olduğunu, ünite sayısı artırılan ve/veya yeni inşa edilen santrallerde akışkan yatak gibi yeni yakma yöntemlerinden yararlanılmadığını, santral işletme aşamasında besleyen kömürlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin santralin kazan-ocak tasarım değerleri ile uyummadığını göstermektedir [6].

4. Elektrik Santral Yakıtlarının Çevresel Etkileri

4.1 Doğalgazın Çevreye Etkileri

Doğalgaz içerisinde serbest kükürt yoktur. Dolayısıyla, doğalgazdan kaynaklanan oldukça korozif ve toksit bir kirletici olan kükürt oksitler meydana gelmez. Doğalgazda tam yanma kolaylıkla sağlandığında kurum, iş gibi katı partiküller ve ara oksidasyon ürünleri oluşmaz. Ayrıca sistemlerin daha uzun süre ile temiz kalmasını sağlar sık sık temizleme gerektirmez.

Katı ve sıvı yakıtlarda kül olduğu halde doğalgazda kül yoktur. Kül, çevre kirliliğini yaratması yanında yanma sistemlerinin ısı transfer yüzeylerini kaplayarak ısı aktarımına engel olmakta ve verimi düşürmektedir. Sonuç olarak doğalgaz, bazı risklerine rağmen diğer fosil yakıtlara göre çevre kirliliği yönünden oldukça temiz bir yakıttır. Doğalgaz kul-



lanımıyla aynı zamanda doğal dengenin korunmasına katkı sağlanmış olacaktır [3].

4.2. Azot Oksitler ve Çevreye Olan Etkileri (NO_x)

Fosil yakıtların yakılması sonucu oluşan azot oksitler yakma sistemlerinin sıcaklığı $1300^\circ C$ yi geçerse birincil olarak besleme havasındaki moleküler azottan kaynaklanır. Yakıtta kimyasal olarak bağlı olan azot da toplam azot oksit yayımına katkıda bulunur ve yakma havasındaki moleküler azota kıyasla oksijen ile daha kolay tepkimeye girer.

Yakıtların yanma ürünü olan azot oksitlerin derişimi en yüksek iki bileşeni azot monoksit ve azot dioksit dir. Güç santrallerinin baca gazındaki azot oksitlerin yaklaşık %95 ini azot monoksit, %5' ini ise azot dioksit oluşturmaktadır. Azot monoksit, atmosferdeki oksijenle tepkimeye

girek azot dioksiti oluşturur. Azot oksitleri de su ile tepkimeye girerek asit oluştururlar. Bu oksitlerin atmosferde ortalama kalma süreleri yaklaşık bir haftadır; büyük bir kısmı asit veya nitratlar halinde çökerek kirliliğe neden olur. Azot dioksit en önemli akciğer tahriş edicisidir ve akciğer dokularının sertleşip kırılganlaşmasına neden olarak, akciğer kanseri ve anfizem (karaciğer şişkinliği) gibi çok tehlikeli hastalıklara yol açabilir. Ayrıca kandaki hemoglobinin birleşerek kanın oksijen taşıma kapasitesini düşürür.

4.3. Kükürt Oksitler ve Çevreye Olan Etkileri (SO_x)

Özel tedbirler alınmadığı takdirde fosil yakıtların yakılması sonucu oluşan kükürt oksitlerin miktarı, yakıtın yanar kükürt içeriği ile doğru orantılıdır. Kükürt içeriği diğer fosil yakıtlara oranla genelde daha yüksek olan kö-



mürün yakılması sonucu önemli ölçüde kükürt oksit yayını olmaktadır. Yakıtlar yanarken içerdikleri kükürtlü bileşikler de yanar. Kükürdün yüksek sıcaklıklarda kararlı olan bileşiği kükürt dioksit'dir; ancak az miktarda kükürt trioksit de oluşur.

SO₂'nin havada kalış süresinin zile 4 gün olabileceği ve bu sürede 1000 km yol alabileceği bilinmektedir. Bu nedenle SO₂ kirliliği, uluslar arası bir boyut kazanır. Atmosferde bir dereceye kadar stabil olan SO₂ redükleyici ya da oksitleyici bir yapı gösterir. Kükürt oksitler su ile birleşerek sülfürik asit oluşturur. Suda ki çözünürlükleri yüksek olduğu için yağmur damlacıkları ile birleşerek asit yağmurları olarak yeryüzüne ulaşırlar.

4.4. Karbon Oksitler ve Çevreye Olan Etkileri (CO_x)

Karbon monoksit, yakıtların kısmi yanma ürünüdür ve atmosferdeki oksijen ile birleşerek

karbon dioksit'e dönüşür. Yanma maksimum verimle tam olarak gerçekleştirilirse karbon monoksit yayını minimuma indirilebilir. Karbon monoksit insanı ölüme götürebilen bir gazdır; başağrısı, görme netliğinde azalma adaleler arası koordinasyon eksikliği ve kandaki oksijen derişiminde azalma gibi sağlık sorunları yaratır.

Atmosferdeki karbondioksit'in derişiminin artması, yaptığı sera etkisi ve oksijen derişimini düşürmesi nedenleriyle istenmez. Atmosferdeki karbondioksit güneş ışınlarının yeryüzüne ulaşmasına izin verirken, yeryüzünden yansıyan ışınları tutar ve yeryüzünün ısınmasına, atmosferin ise soğumasına neden olur. Karbondioksit gazının bu etkisi "sera etkisi" olarak bilinmektedir. Bu değişikliklerden bazıları, iklim kuşaklarının değişmesi, ortalama bölgesel hava sıcaklıklarında artış, deniz seviyelerinin yükselmesi, yağmur ve kar yağış

düzeyinin değişmesi ve şiddetli fırtınalar şeklinde sıralanabilir.

4.5 Partiküller ve Çevreye Olan Etkileri

Kömür ve Fuel-oil yakılması sonucu baca gazlarıyla yayılan taneceklerin çoğu inorganik yapıdadır ve yakıtın içerdiği mineralerden kaynaklanır. Kömür yakılmadan önceki öğütmenin derecesi ve yakmanın tipi baca gazlarındaki tanecek dağılımını etkiler. Atmosfere taşınan küçük tanecekler boyutlarına göre teneffüs edilebilir ve edilemez şeklinde sınıflandırılır. Yanma sonucu oluşan ve yakıcıda kalan kül ve ergimiş kül ise hava kirlitici olarak değil, toprak ve su kirlitici olarak düşünülür. Genellikle, tanecek boyutu 15 mm'den küçük olan ve uzun süre atmosferde kalan tanecekler solum ile vücuda girer. Kömür yakılan sistemlerdeki taneceklerin %35'i 3mm'den küçüktür ve ortalama tanecek çapı da 4.9 mm civarındadır. Fuel-oil yakılan sistemlerden yayılan taneceklerin ise % 77,5'i 3 µm'den küçüktür ve ortalama tanecek çapı 0,38 µm'dir [7].

4.6. Hidroelektrik Santraller

Bu santraller elektrik üretiminin yanı sıra sulama suyu, taşkın kontrolü ve içme suyu amaçlı olarak kurulmaktadır. Bunların çevresel etkileri ise;

Gerek enerji amaçlı, gerekse çok amaçlı hidroelektrik santrallerin, taşkın koruma, çevre ziraatini geliştirme, balıkçılığı geliştirme, ağaçlandırma ve çevrenin estetik kalitesini yükseltme gibi olumlu

etkileri vardır.

Yeni bir barajın yapımı sonucu oluşan baraj gölünün yüksekliğinin artması ve suyunun azalması, yapılan çeşitli etütlere göre, nehir sulanındaki canlı yaşantısına ters etki yapmaktadır, doğal manzarayı bozmaktadır ve çok büyük alanların sular altında kalmasıyla verimli topraklar yok olur . Baraj rezervuarının oluşturulması, nehir akış paterninde, hidrolojik rejimde değişikliğe yol açmakta, bunun sonucu nehrin fiziksel ve biyolojik açıdan değişimine sebep olmaktadır. Ayrıca rezervuarda su tutulması sonucu, baraj gölündeki suyun basıncının yer yapısında değişikliğe yol açtığı ve bunun sonucu depremlere neden olduğu da görülmüştür.

Doğal şartlarda yararlanabilme olanağı düşük düzeyde bulunan, bazen zararlara bile sebep olabilen akarsu akımlarını zaman içinde nitelik ve nicelik yönünden düzenleyerek yararlarını artırma gayesiyle barajlar kurulur. Ayrıca bunlar enerji üretimine yönelik tasarlanabilirler, genelde, taşkın kontrolü, sulama suyu temini gibi amaçlara yönelik çok geniş düşünülmektedir. Bölgenin iklimini etkiler ve ekolojik dengenin bozulmasına neden olur [8].

4.7. Nükleer Santraller

Nükleer reaktörler uranyum atomlarının parçalanmasından meydana gelen ısıdan elde edilen su buharından alternatif akım jeneratörleri yardımı ile elektrik enerjisi üreten santrallerdir.

Santral Tipi	Kuruluş Maliyet USD	Birim Maliyet USD
Hidrolik sant. (baraj göv. bağlı olarak değişir)	750 – 1200	0,0050
Linyit sant.	1600	0,0250
İthal Kömür sant.	1450	0,0350
Doğalgaz sant.	680	0,0300
Nükleer sant.	3500	0,0750
Rüzgar sant.	1450	0,0450

Tablo 4. Santrallerin kilowatt başına ilk kuruluş ve Birim maliyetleri [2]

Nükleer santraller sağladıkları büyük enerjinin yanında bazı sorunları da beraberinde meydana getirmektedir. Bunlar :

- Çevre kirlenmesi,
- İşletme güçlüğü,
- Aşırı üretim maliyeti,
- Kazalar ve güvenlik sorunları,
- Her kademede çok iyi eğitilmiş personel sorunu,
- Radyoaktif atıkların depolanması,
- Isısal kirlenme vb. gibi sorunlar,

Reaktörün kurulu bulunduğu deniz kıyı şeridi, sürekli biçimde, zayıf miktarda da olsa klorlanmaktadır. Hiç şüphe yoktur ki yukarıda sayılan sorunların içerisinde en ciddi olanı ve insanlık için en büyük problem nükleer santrallerden herhangi bir kaza ile alfa, beta ve gamma ışınlarının çevreye yayılması olmaktadır ki buna da radyasyon diyoruz [9].

Nükleer santrallerde günümüze kadar iki büyük kaza olmuştur. ABD’ de 1979 senesinde meydana gelmiş Three miles Island reaktörü kazası ile 1986 yılında Sovyetler birliğinde meydana gelen Chernobyl reaktörü kazasıdır.

Radyasyonun canlı üzerine et-

kisi temelde onun hücre yaşamı üzerine etkisine dayanır. Radyasyon, hücre protolazmasında iyonlaşma yapar molekülleri parçalar ve bunlarda biyokimyasal reaksiyonları etkiler. Dolayısıyla sonuçta da hücrenin ölümü veya görevinin çarpıtılması ortaya çıkmaktadır. Yüksek radyasyon dozlarıyla çok sayıda hücrenin aniden ölmesi vücut sağlığında ciddi sorunlar meydana getirir.

4.8. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisinden ekonomik olarak yararlanmak, rüzgarın yön, sıklık ve hızının belirli seviyelerde olmasına bağlıdır. Rüzgarın hızı yükseklikle, gücü ise, hızının kübü ile orantılı olarak artar. Sağlayacağı enerji, gücüne ve estiği süreye bağlıdır.

İçinde bulunduğumuz yüzyılda ve gelecek yıllarda çevre dostu ve yenilenebilir enerji kaynakları büyük önem arz etmektedir. Rüzgar enerjisi de bu kaynakların başında gelmektedir. Günümüzün büyük güçlü rüzgar santralleri elektrik şebekesine bağlı ve birden fazla türbin içeren rüzgar çiftlikleri biçimindedir. Rüzgar santralının ana yapı elemanı, aerogeneratör de denilen rüzgar türbinidir. Bir rüzgar türbini, çevredeki engellerin rüzgarı ke-

semeyeceği yükseklikte bir kule ile bunun üzerine yerleştirilmiş bir gövde (ya da tekne) ve rotordan oluşur. Rüzgarın kinetik enerjisi rotorda mekanik enerjiye çevrilir. Rotor milinin devir hareketi hızlandırılarak, gövdedeki jeneratöre aktarılır.

Rüzgar enerjisi günümüzde gerek kırsal kesimde elektrik enerjisinin yerel üretim-tüketim amacıyla gerekse enterkonnekte sistemi beslemek amacıyla elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Enterkonnekte sistemin ulaşmadığı uzak yerleşim merkezlerinde, kırsal alanlarda, adalarda, ormanlık ve dağlık bölgelerde kurulmuş iletişim birimlerinde, yangın gözetleme kulelerinde ve çiftliklerinde, dağ evlerinde ve deniz feneri gibi elektrik enerjisine ihtiyaç duyulan yerlerde rüzgar enerjisinden yararlanılmaktadır.

Rüzgar türbininin CO_x, NO_x ve SO_x ile uçucu kül atımını engellemek gibi yararları vardır. Rüzgarın temiz kaynak olması, olumsuz çevre etkilerinin hiç bulunmaması demek değildir. Rüzgar tarlalarının geniş alan istemesi bir sorun gibi gözükmez. Tek türbin açısından bakıldığında alan gereksinimi 700-1000 m²/MW düzeyindedir.

Ancak, rüzgar tarlalarında türbinlerin kapsadığı gerçek alan, tarla toplam alanının % 1-1,2'si kadardır. Türbinlerin aralarında yetiştiricilik yapılabildiğinden, arazi kaybı söz konusu değildir. Türbinlerin haberleşmede parazit oluşturması ise 2-3 km'lik



alanla sınırlı kalmaktadır. Rüzgar çiftliği içerisindeki ses, geliştirilmiş türbinlerin bulunduğu ortamda bile 85 dB düzeyindedir. Araba içerisindeki gürültü ise 80-90 dB kadardır

5. Sonuç ve Öneriler

Çeşitli santrallerin kilowatt başına kuruluş ve birim maliyetleri Tablo 4'de verilmiştir.

Yukarıda verilen maliyetler ve çevresel etkiler göz önünde bulundurularak kısa dönem ihtiyacın karşılanmasında kayıplar düşürülüp, santrallerin verimliliğinin artırılması planlanmaktadır. Bu dönemde doğalgaz santrallerinin sayısı artırılıp nükleer santral üzerine çalışmalar yapılması planlanmaktadır. İlerleyen yıllarda oluşacak açıklar için ise jeotermal, güneş ve rüzgar enerjisi kullanarak oluşturulacak santrallerin kurulması planlanmaktadır. Fakat şu anda tesis ve üretim maliyeti düşük olan kuruluş süreleri 1-2 yıl olan doğalgaz santralleri kurulmaktadır [2].

Yakıtların çevre kirliliği yaratmadan kullanımını sağlayacak temel yaklaşımlar şu şekilde sıralanabilir.

- Yakıtların verimli kullanımı ile toplam kirletici emisyon miktarlarının azaltılması,

- Kirletici özelliği az olan yakıtların kullanılması veya yakıt hazırlama tekniği ile yakıtların çevre ile uyumlu hale getirilmesi,
- Uygun yakma sistemleri ve teknolojileri ile hava kirleticilerin yanma odasında tutulması,
- Hava kirleticilerinin baca çıkışı öncesinde baca gazlarından arıtılması,
- Hava kalitesini koruyacak tarzda emisyon dağılımının sağlanması gerekmektedir.

Kaynaklar

- [1] Türkiye 6. Enerji Kongresi Teknik Oturum Tebliğleri Cilt1 "Kombine Çevrim Yüksek Verim "
- [2] Elektrik Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu Raporu 12 Aralık 1999
- [3] Türkiye 6. Enerji Kongresi Teknik Oturum Tebliğleri Cilt3 "Doğalgaz ve Çevre"
- [4] TEAŞ Bursa Ovaakça KÇS Eğitim Notları
- [5] HÜRKAL, Doğalgaz Dergisi Sayı 47 ANKARA
- [6] "21. Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi" TÜSİAD Aralık 1998 Yayın no:TÜSİAD-D198-12/239. IST
- [7] Ersoy.A, Meriçboynu, Küçükbayrak.S, İTÜ Kimya Metalurji Fakültesi Termodinamik ve Enerji Teknolojisi ABD.
- [8] Yılmaz Ö "Hidroelektrik Enerjinin Çevresel Açından Diğer Enerji Sistemleriyle Karşılaştırılması Türkiye 6. Enerji Kongresi Tebliğleri 1994 İZMİR
- [9] Göksel S. A. Nükleer Santrallerin Çevresel Etkileri ve Kamu Sağlığı, Türkiye Nükleer Enerji Planlaması Seminer Tebliğleri 2-4 Kasım 1981 Ankara