

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZİK ANABİLİM DALI

MUĞLA BÖLGESİ TERMİK SANTRALLARININ
KARŞILAŞTIRMALI RADYOLOJİK RİSK ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EKREM ÇAĞRI KORBA

HAZİRAN 2013

MUĞLA

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEZ ONAYI

EKREM ÇAĞRI KORBA tarafından hazırlanan **MUĞLA BÖLGESİ TERMİK SANTRALLARININ KARŞILAŞTIRMALI RADYOLOJİK RİSK ANALİZİ** başlıklı tezinin, 07/06/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Fizik Anabilim Dalı'nda yüksek lisans derecesi için gerekli şartları sağladığı oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

TEZ SINAV JURİSİ

Prof. Dr. Tayfun BÜKE (**Jüri Başkanı, Danışman**)

Enerji Anabilim Dalı, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Yrd. Doç. Dr. Cahit KARANFİL (**Üye**)

Fizik Anabilim Dalı, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Yrd. Doç. Dr. Bedri KURTULUŞ (**Üye**)

Jeoloji Anabilim Dalı, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

İmza:

İmza:

ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞI ONAYI

Prof. Dr. Arif NESRULLAZADE

Fizik Ana Bilim Dalı Başkanı,

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Prof. Dr. Tayfun BÜKE

Danışman, Enerji Anabilim Dalı,

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

İmza:

Savunma Tarihi: 07/06/2013

Tez çalışmalarım sırasında elde ettiğim ve sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgelerin tarafımdan bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde edildiğini; akademik ve bilimsel etik kurallarına uygun olduğunu beyan ederim. Ayrıca, akademik ve bilimsel etik kuralları gereği bu tez çalışması sırasında elde edilmemiş başkalarına ait tüm orijinal bilgi ve sonuçlara atıf yapıldığını da beyan ederim.

Ekrem ağrı KORBA

07/06/2013

ÖZET
MUĞLA BÖLGESİ TERMİK SANTRALLARININ KARŞILAŞTIRMALI
RADYOLOJİK RİSK ANALİZİ

Ekrem Çağrı KORBA

Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Tayfun BÜKE

Haziran 2013, 103 sayfa

Termik santrallarda kullanılan linyitte, doğal radyoizotoplar ve bunların ürünleri bulunur. Yüksek sıcaklıklarda yakılan linyit kömürünün bileşiminde bulunan uranyum ve diğer radyoizotoplar zenginleşmiş olarak küle geçer. Santralların elektro-filtrelerinin verimine bağlı olarak, bir miktar uçucu kül atmosfere yayılarak radyoaktif kirliliğe neden olur. Bu santrallarda yakılan linyitlerdeki radyoizotop konsantrasyonlarının belirlenmesine ve santralların çevreye yaydığı radyoizotoplar nedeniyle insanların aldığı radyasyon dozlarına odaklanan çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Literatürde, bu çalışmanın konusunu oluşturan Muğla Bölgesinde bulunan Yatağan (3x210 MW), Yeniköy (2x210 MW) ve Kemerköy (3x210 MW) termik santrallarının her biri için radyolojik risk hesabı yapan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmanın literatürde yer alan çalışmalardan farkı, 3 termik santralin aynı anda modellenmesi sonucu radyoaktif kirlilik ve radyoaktif kirliliğin neden olduğu radyolojik risklerinin bütünlük olarak ele alınmasıdır. Bu sonuçlara dayanılarak Muğla bölgesinin sağlıklı bir radyolojik risk analizi yapılacaktır.

Düşük seviyeli radyoaktivite ölçümlerindeki hata payı oldukça yüksektir. Bu nedenle bu tez çalışmasında bugüne kadar gerçekleştirilmiş ve literatürde verilen her santrala ait uçucu kül örneklerinde ve dip küllerinde ölçülmüş radyoizotop (U-238, Th-232, Ra-226, K-40) aktivitelerinin ortalamaları radyoaktif debiyi oluşturacaktır.

Muğla Bölgesi termik santrallarında uranyum-toryum konsantrasyonlu linyit yakılması nedeniyle santralların yarattığı radyoaktif kirlilik hakkında çeşitli spekülasyonlar yapılmaktadır. Bu konuda şimdiye kadar yapılan kısıtlı çalışmalar sorunu tüm boyutlarıyla ele alma konusunda yetersiz kalmaktadır. Bu tez çalışmasıyla sorunun tüm boyutları ile karşılaştırılmalı olarak ortaya konulmuş olacaktır. Böylece yetersiz bilimsel verilerden kaynaklanan spekülasyonların da önüne geçilebilecektir.

Radyoaktif uçucu küllerin santral bacasından çevreye yayılması sonucu, Muğla bölgesinde bulunan, Yatağan, Yeniköy ve Kemerköy termik santrallarından kaynaklanan radyoaktif kirlilik ve radyoaktif kirliliğin neden olduğu radyolojik riskler, uluslararası boyutta kullanılan çevresel radyasyon kodu CAP88-PC bilgisayar programı ile hesaplanmıştır.

Yapılan hesaplamalarda, en yüksek maksimum bütün vücut etkin doz değerine sahip olan santral, Yatağan Termik Santrali olup, bu değer 2.7×10^{-4} mSv/yıl'dır. Kollektif etkin doz değerleri hesabında da yine Yatağan Termik Santrali en yüksek değere sahip olup bu değer de 2.2 kişi mSv/yıl'dır.

Bu sonuçlara göre; üç termik santralin 30 km yarıçaplı bir bölgeyi kapsayacak şekilde, yaşayan halk için hesaplanan kollektif etkin doz ve bütün vücut etkin doz değerleri, Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu tarafından belirtilen kriterlerin oldukça altında olduğu görülmektedir.

Bunlara ek olarak, üç termik santral için taranan alanların kesişim bölgeleri belirlenip, bu bölgelerde yaşayan halkın maruz kaldığı doz değerleri hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama sonucu, en yüksek bütün vücut etkin doz değerine sahip olan kesişim bölgesinin, Yatağan ve Yeniköy santralleri arasında kalan Yeşilköy yerleşim yerinin olduğu belirlenmiştir. Bu değer, 2.3×10^{-4} mSv/yıl olarak hesaplanmıştır.

Bu sonuca göre ise; Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu'nun belirlediği, genel toplum üyesi kişiler için izin verilen maksimum 5 mSv/yıl'lık bütün vücut etkin doz değerinin oldukça altında olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Linyit, uçucu kül, radyoaktivite, radyolojik risk, linyit santralleri, CAP88-PC bilgisayar kodu.

ABSTRACT
COMPARATIVE RADIOLOGICAL RISK ANALYSIS OF POWER PLANTS
İN MUĞLA REGION

Ekrem Çağrı KORBA

Master of Science (M.Sc.)

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Physics

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Tayfun BÜKE

June 2013, 103 pages

Lignite, like most materials found in nature, contains trace quantities of naturally occurring radionuclides. In the production of electrical power, lignite is burned; uranium and other radioisotopes become concentrated and enriched in the ash. The escaped flaying ash is released to the atmosphere, depending on the efficiency of the plants emission control equipment. In the literature, there are some studies about the radioisotope determination and radiological risk assessment calculation from all type coal-fired power plant and also Yatağan (3x210 MW), Yeniköy (2x210 MW) and Kemerköy (3x210 MW) power plants. The scope of this project differs from the studies in the literature is that the radioisotope emissions will be released from 3 power plants at the same time. In this study, reliable radiological risk assesment will be released since all the radioactivity sources will be taken into consideration in Mugla region.

The experimental error is high specially in low level radioactivity measurements. Therefore, literature is reviewed for the measured specific radioisotopes (U-238, Th-232, Ra-226, K-40) in the flying and slag ashen of the three power plants and the average of the measured radioactivity levels are used as radioaoactive sources.

Radiological effects of Mugla region power plants have caused several speculations since they started to operate. Speculations will be ended by this study becaue of it contains all dimensions of the environmental effects of power plants in Mugla region.

Radioactivity levels due to three power plants and the radiological risks of those levels around the Mugla region were carried out by the computer code CAP88-PC.

In the calculations, the highest value of the maximum effective dose of whole-body plant, which is Yatağan Power Plant, this value is 2.7×10^{-4} mSv / year. Collective effective dose values with the highest value in the account is still Yatağan Power Plant, this value is 2.2 persons in mSv / year.

According to these results, three power plants to cover an area of 30 km radius, for the inhabitants of the collective effective dose and the whole body effective dose calculated values below the criteria specified by the International Commission on Radiation Protection is observed.

In addition, the scanned areas of intersection for the three power plant zones identified and radiation doses received by the people living in those regions are calculated. The result of the calculation, with the highest value of the intersection of whole-body effective dose, between Yatağan and Yeniköy power plants residential area was determined as Yesilköy. This value, was determined as 2.3×10^{-4} mSv/year.

The International Commission on Radiation Protection, a member of the general public who whole-body effective dose is determined by the maximum allowable value of 5 mSv / year. The value that we found is fairly below this value.

Keywords: Lignite, flying ash, radioactivity, radiological risk, lignite fired power plants, CAP88-PC computer code.

ÖNSÖZ

Bu tezin yazımında, Prof. Dr. Tayfun BÜKE' ye çalışmalar sırasında göstermiş olduğu kolaylıklar, bilimsel bir çalışmanın ve düşünmenin temellerini öğrettiği için teşekkürü bir borç bilir, tezin ana hatlarının belirlenmesinde değerli katkılarını esirgemediği için şükranlarımı sunarım.

Ayrıca çalışmamın tüm aşamalarında sabırla beni destekleyen sevgili arkadaşım Çınar ÖZDEN' e, dayım Sezai BEKGÖZ' e, değerli annem Dilek KORBA, babam Ayhan KORBA ve kardeşim Barış KORBA' ya minnettar olduğumu belirtmek isterim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1. Radyasyon Ölçüm Birimleri	4
2.1.2. Aktivite birimi	4
2.1.3. Işınlanma doz birimi	5
2.1.4. Soğurulan doz birimi	5
2.1.5. Biyolojik doz birimi.....	5
2.2. Doğal Radyasyon Kaynakları	7
2.3.1. Canlı hücre yapısı	9
2.3.2. Radyasyonların hücre üzerindeki etkileri	10
2.4. Radyasyonun Organ ve Dokular Üzerindeki Etkileri	11
2.5. Temel Radyasyon Korunması Ve Standartları	14
2.6. Türkiye Linyitlerinin Doğal Radyoizotop İçeriği.....	17
2.7. Kömür Yakıtlı Santrallardan Kaynaklanan Doğal Radyonüklidlerin Çevresel Etkileri	20
2.8. Modern Kömür Yakıtlı Termik Santraldan Havaya Rutin Olarak Tahliye Edilen Gazların Radyolojik Etkisi	23
2.9. Muğla Bölgesi Termik Santrallarının Genel Özellikleri.....	26
2.9.1. Yatağan termik santrali.....	26
2.9.3. Kemerköy termik santrali	28
3. MATERYAL VE YÖNTEM	30
3.1. Cap88-PC Bilgisayar Kodunun Tanıtımı.....	30
3.2. CAP88-PC Programının İçeriği	31
3.2.1. Açıklayıcı bilgiler	32
3.2.2. Nüfus bilgileri	32
3.2.3. Meteorolojik bilgiler	34
3.2.4. Kaynak bilgileri	34
3.2.5. Tarımsal bilgiler.....	35

3.2.6. Radyoizotop bilgileri ve özellikleri	35
3.2.7. Radyoaktif debi.....	35
3.3. Duman Yükselmesi Hesabı.....	36
3.4. Etkin Baca Yüksekliğinde Duman Bulutunun Atmosferde Yayılması	38
3.5. Çeşitli Hava Koşullarında Birim Zamanda Yer Seviyesinde Radyoaktivite Birikimi.....	40
3.6. Radyoaktif Duman Bulutunun Tükenmesi	41
3.7. Dağılım Katsayıları.....	43
3.8. Radyasyon Dozu ve Risk Hesabı.....	45
4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR	49
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	70
KAYNAKLAR	74
EKLER.....	80
EK A. Kemerköy Termik Santralı Kişisel Bütün Vücut Etkin Dozu (mSv/yıl).....	80
EK B. Kemerköy Termik Santralı Kollektif Etkin Dozu (kişi.mSv/yıl)	82
EK C. Yatağan Termik Santralı Kişisel Bütün Vücut Etkin Dozu (mSv/yıl).....	84
EK D. Yatağan Termik Santralı Kollektif Etkin Dozu (kişi.mSv/yıl).....	86
EK E. Yeniköy Termik Santralı Kişisel Bütün Vücut Etkin Dozu (mSv/yıl)	88
EK F. Yeniköy Termik Santralı Kollektif Etkin Dozu (kişi.mSv/yıl)	90
EK G. Termik Santralların 30 km Yarıçap İçerisinde Kesişim Bölgeleri	92
EK H. Termik Santralların Kesişim Bölgelerindeki Toplam Doz Değerleri.....	97
EK I. Duyarlılık Analizi (Verilerde pozitif yönde %10'luk bir değişime göre, etkin doz değişiklikleri)	102
ÖZGEÇMİŞ	103

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Çeşitli radyasyonlar için kalite faktörleri.....	6
Çizelge 2.2. Doğal radyasyon ortalama değerleri	8
Çizelge 2.3. Ani olarak alınan radyasyon dozunun bütün vücut üzerindeki etkileri .	13
Çizelge 2.4. Maksimum izin verilen doz sınırları (Anonim, 1991)	15
Çizelge 2.5. Yıllık vücuda alınmasına izin verilen radyoizotop miktarları	16
Çizelge 2.6. Türkiye’de elektrik enerjisi üreten kömür yakıtlı termik santraller	19
Çizelge 2.7. Kömür içeriğindeki doğal radyonüklidlerin hesaplanmış değerleri (Health Physics, 1984).....	21
Çizelge 2.8. Kömür yakıtlı santrallerden çevreye yayılan doğal radyonüklid oranları	21
Çizelge 2.9. Yatağan termik santralının genel özellikleri (Anonim, 2006)	27
Çizelge 2.10. Yeniköy termik santralının genel özellikleri (Anonim, 2006).....	28
Çizelge 2.11. Kemerköy termik santralının genel özellikleri (Anonim, 2006).....	29
Çizelge 3.1. Rüzgâr yönlerinin açısal değişimleri	33
Çizelge 3.2. Pasquill atmosferik kararlılık sınıfları	43
Çizelge 3.3. Günlük kararlılık sınıflandırılması (Cember, 1983)	44
Çizelge 3.4. Güneş ışınlarının yeryüzüne ulaşma şekilleri (Turner, 1969).....	44
Çizelge 3.5. Atmosferik kararlılık sınıflarına göre dağılım katsayıları (Gifford, 1976).....	45
Çizelge 3.6. İnsan vücudunu temsil eden organlar ve ağırlık yüzdeleri (Cember, 1983)	47
Çizelge 4.1. Kemerköy Termik Santrali Hesaplarında Kullanılan Giriş Verileri	52
Çizelge 4.2. Yatağan Termik Santrali Hesaplarında Kullanılan Giriş Verileri.....	53
Çizelge 4.3. Yeniköy Termik Santrali Hesaplarında Kullanılan Giriş Verileri	54
Çizelge 4.4. Kemerköy Termik Santrali Nüfus Dağılımı	56

Çizelge 4.5. Yatağan Termik Santrali Nüfus Dağılımı	58
Çizelge 4.6. Yeniköy Termik Santrali Nüfus Dağılımı.....	62
Çizelge 4.7. Yer Kabuğunun Oluşumundan Beri Bulunan Radyonüklitler (Anonim, 2008).....	65
Çizelge 4.8. U-238 Radyoizotopunun Bozunum Zinciri	65
Çizelge 4.9. Th-226 Radyoizotopunun Bozunum Zinciri.....	66
Çizelge 4.10. Rüzgâr Yönlerine Göre Esme Sayıları.....	67
Çizelge 4.11. Rüzgâr Yönlerine Göre Esme Yüzdeleri	67
Çizelge 4.12. Meteorolojik Veriler	68

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. İyonize radyasyon tarafından meydana gelen kanserli hücre	12
Şekil 3.1. Cap88-Pc ana menü seçenekleri	31
Şekil 3.2. Cap88-Pc bilgisayar kodunun ekran kontrol menüsü	32
Şekil 3.3. CAP88-PC bilgisayar programının ızgara yapısı.....	34
Şekil 3.4. Etkin baca yüksekliği	36
Şekil 4.1. Üç termik santral için 30 km yarıçaplı taranan bölgeler.....	55

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A_i	Kül örneklerinde ölçülen aktiviteler
C	Atık gaz içindeki kirletici konsantrasyonu
C_m	Atık gaz içindeki kirletici konsantrasyonunun maksimum değeri
D	Baca çıkışı iç çapı
D_o	Baca ağzının çapı
DF_{ij}	Doz çevirme faktörü
E_{ij}	Işınlanma hızı
g	Yerçekimi ivmesi
H	Etkin baca yüksekliği
K_j	Birim çevirme faktörü
L	Santral kullanma faktörü
m	Toz emisyon debisi
n	x, y ve z yönündeki mesafe
$P(k)$	Radyasyona maruz kalan kişi sayısı
Q	Bacadan çıkan radyoaktif debi
Q^1	Belirli bir süre sonrası yüzeydeki radyoaktif debi
Q^H	Baca gazının birim zamandaki enerjisi
R_d	Kuru havalarda yer seviyesinde radyoaktivite birikimi
R_s	Yağışlı havalarda yer seviyesindeki radyoaktivite birikimi
RR	Yıllık yağış miktarı (cm/yıl)
t	Dumanın rüzgâr yönünde belirli bir x uzaklığına ulaşabilmesi için geçen zaman
T	Hava sıcaklığı
$\sigma T/\sigma_z$	Dikey sıcaklık gradyanı
r	Atmosferin adyabatik sapma oranı
u	Rüzgâr hızı
v	Baca gazı çıkış hızı
V_d	Birim hızı
V_g	Yer çekimine bağlı hız
x	Rüzgâr yönündeki mesafe

X	z yüksekliğinde havadaki radyoaktif konsantrasyon
z	Baca üzerindeki yükseklik
σ_y	Yatay dağılım katsayısı
σ_z	Düşey dağılım katsayısı
λ_r	İlgili radyoizotopa ait etkin bozunum sabiti
N	Kuzey önü
NNW	Kuzey-Kuzeybatı yönü
NW	Kuzeybatı yönü
WNW	Batı-Kuzeybatı yönü
W	Batı yönü
WSW	Batı-Güneybatı yönü
SW	Güneybatı yönü
SSW	Güney-Güneybatı yönü
S	Güney yönü
SSE	Güney-Güneydoğu yönü
SE	Güneydoğu yönü
ESE	Doğu-Güneydoğu yönü
E	Doğu yönü
ENE	Doğu-Kuzeydoğu yönü
NE	Kuzeydoğu yönü
NNE	Kuzey-Kuzeydoğu yönü
ICRP	Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu

1. GİRİŞ

İnsanlar asırlardan bu yana doğal radyasyon kaynaklarından iyonlaştırıcı radyasyonların etkilerine maruz kaldıkları halde, bunlardan önemli bir zarar görüp görmedikleri bugün bile kesin olarak bilinmemektedir (Pentreath, 2002; Holm, 2004). Konu ile ilgili ulusal ve uluslararası kuruluşlar, insanın uzun süreli, bir defada alabileceği maksimum radyasyon doz sınırlarını, çeşitli maddeler içerisindeki izin verilen maksimum konsantrasyonları ve söz konusu bu maksimum konsantrasyonların insanlar tarafından alınması durumunda kişinin kısa ve uzun zaman süreçlerinde karşılaşılabileceği tehlikeleri düzenli olarak yayınlamaktadır (Cember, 1983; Anonim, 1991; Lee ve Martin, 2002; Jones vd., 2003; Tuğrul ve Yaşar, 2005).

Değişik ortamlar için radyoaktivite ölçümü ve radyoaktiviteden kaynaklanan radyolojik risklere ilişkin birçok çalışma bulunmaktadır. Çeşitli radyoizotopların insan üzerindeki etkileri birbirlerinden farklı olduğundan havada, tarımsal topraklarda, içme ve yeraltı sularında bulunan doğal ve yapay radyoizotop konsantrasyonları farklı yöntemler kullanılarak belirlenmiştir (Tuğrul ve Tuncer, 1992; Tuğrul vd., 2001; Akyıl vd., 2002; Aslani vd., 2003; Gaffney vd., 2004; Aslani vd., 2005).

Alfa aktif U-238 serisi, 14 basamakta 8 alfa, 6 beta bozunumu ile kararlı Pb-206'da son bulurken, Th-232 serisi ise 6 alfa, 4 beta yayınlayarak kararlı Pb-208'de son bulur. Th-232 radyoizotopunun %70'i kemiklerde, %4'ü akciğerlerde depolanmakta, %16'lık kısmı ise başta karaciğer ve pankreas olmak üzere vücuda dağılmaktadır. Bu nedenle Th-232 radyoizotopu, vücuda alınmasından yıllar sonra kemik kanseri, çeşitli karaciğer hastalıkları ve pankreas kanser riskini arttırmaktadır. Ayrıca Th-232 radyoizotopuna maruz kalan kişilerde akciğer hastalıkları riski de artmaktadır.

U-238 radyoizotopu vücuda solunum veya sindirim yolu ile havadan, sudan ve topraktan alınır. Vücuda alınan uranyumun sistemik tutulumu %20 kemiklerde, %10 böbreklerde ve %10 diğer organlarda olmakta, %60'ı ise göreceli olarak hızlı bir

biçimde idrar yoluyla vücuttan atılmaktadır. U-238'in, fiziksel yarı ömrünün çok uzun olması nedeniyle etkin yarı ömrü biyolojik yarı ömrü ile hemen hemen aynıdır. Uranyumun vücuttan atılması yıllar alabilmektedir.

Çeşitli çalışmalarda, Uranyum ve Toryum serilerinde bulunan radyoizotopların değişik ortamlardaki konsantrasyonları ve bu konsantrasyonların, insanlar üzerindeki doz etkileri, bu dozların yaratacağı radyolojik riskler hesaplanarak yorumlanmıştır (Fresquez vd., 2002; Bleise, 2003; Durante ve Mariagabriellas, 2003; Martin, 2003; Kim vd., 2004; Russel ve Kathren, 2004; Shiraishi vd., 2004).

Radyoaktivitenin nokta kaynaktan veya bir alandan çevreye yayılması, atmosferik yayılım Gaussian bulut modeli kullanılarak geliştirilen bilgisayar kodları ile hesaplanabilmektedir. Kurulan modeller etkin baca yüksekliğinin, radyoaktif duman bulutunun zamana bağlı değişiminin, değişik atmosferik, coğrafik durumların ve dağılım katsayılarında meydana gelecek değişimlerin, hesaplanan radyoizotop konsantrasyonlarına etkisini içermektedir ve bilgisayar programlarının kütüphanelerinde bulunan radyoizotop sayıları programların kullanılabilirliğinin bir ölçütü olmaktadır (Jennings ve Kuhlman, 1997; Pollanen vd., 1997). Söz konusu radyolojik risk analizleri linyit kullanan termik santraller içinde gerçekleştirilmektedir (Nakaoka vd., 1983; Papastefanou ve Charalambous, 1983; Smith vd., 2001; Büke, 2003; Büke, 2003; Barlas ve Büke 2005; Zeevaert vd., 2006; Papastefanou, 2010).

Linyit kullanan termik santrallerin çeşitli şartlar altında çevrelerinde yaratacakları radyoaktif kirlilik ve bu radyoaktif kirliliğin radyolojik etkileri, gauss dağılım modelini kullanarak belli bir bölge için, radyoaktif bulutun atmosferde yayılımını, nüfus yoğunluklarını, iklim koşullarını, bölgenin coğrafi durumunu göz önüne alarak, radyoaktif çevrede yaşayan halkın karşılaşabileceği radyolojik riskleri hesaplayan CAP88-PC (Clean Air Act Assessment Package) bilgisayar kodu kullanılmaktadır (Parks, 1992).

Muğla bölgesinde yer alan Yatağan (3x210 MW), Yeniköy (2x210 MW) ve Kemerköy (3x210 MW) gücünde üç adet termik santrale ait uçucu kül ile birlikte santral bacalarından çevreye yayılan ve kül dağlarında depolan dip küllerinde çeşitli ölçüm teknikleri kullanılarak, çeşitli çalışmalarda doğal radyoizotop aktiviteleri belirlenmiştir (Eral, 1987; Anonim, 1994; Ayçık ve Ercan, 1997; Ayçık ve Ercan

1998; Varinlioğlu vd., 1998; Akyüz vd., 1999; Özdoğan ve Öztürk 2004; Ayçık vd., 2004; Çam vd., 2006; Anonim, 2009).

Bu çalışmada Muğla bölgesinde bulunan Yatağan (3x210 MW), Yeniköy (2x210 MW) ve Kemerköy (3x210 MW) linyit santrallerinde uranyum-toryum konsantrasyonlu linyit yakılması sonucu santral bacalarından çevreye yayılacak olan radyoizotopların, santral çevrelerinde oluşabilecek radyoaktif kirliliğin saptanması ve bu kirliliğin getireceği radyolojik risklerin belirlenmesi ile halk sağlığını doğrudan ilgilendiren önemli bir soruna çözüm getirilmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmada, CAP88-PC bilgisayar programı kullanılarak, santrallerin bacalarından çevreye yayılan radyoizotop (U-238, Th-232, Ra-226, K-40) emisyonları ele alınacak ve santrallerin Muğla bölgesi üzerindeki etkileri birbirleri ile karşılaştırılacaktır. Bu kapsamda, Muğla bölgesinin geniş bir radyoaktif veri tabanı oluşturulacak ve bu radyoaktif kirlilik sonucunda bölge insanının maruz kalabileceği radyolojik riskler de hesaplanacaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Radyasyon Ölçüm Birimleri

1928 yılında radyasyonun ölçülmesinde uluslararası standartların oluşmasına uygun bir birimin ortaya çıkmasıyla radyasyon miktarını ölçme yöntemlerini sağlıklı bir şekilde kurabilmek mümkün olmuştur (Göksel, 1973).

Yıllar boyunca radyasyon ölçülmesinde kullanılan terimler çeşitli değişikliklere uğramış, yeni birimler ortaya çıkmış ve bazıları da artık eski popüleritesini kaybederek kullanılmaz olmuştur. 1973 yılında Uluslararası birim sisteminin kurulması üzerine, Uluslararası Radyasyon Birimleri ve Ölçme Komisyonu (ICRU) yeni radyasyon birimlerini belirtmiştir. 1976 yılında yürürlüğe giren yeni radyasyon birimleri 1986 yılından bu yana kullanılmaktadır (Aybers ve Bayülken, 1992).

Uluslararası düzeyde kabul gören eski ve yeni radyasyon ölçüm birimleri bu bölümde tanıtılacaktır.

2.1.2. Aktivite birimi

Becquerel (Bq) radyoaktif madde miktarı birimi olup, saniyede 1 bozunum meydana getiren herhangi bir radyoaktif madde miktarı olarak tanımlanmaktadır.

Radyoaktivite bulunduğunda, bilinen tek radyoaktif madde olan radyumun 1 gramının birim zamandaki bozunum sayısı 1 Ci (Curie) olarak tanımlanmış olup, bu birim saniyede 3.7×10^{10} bozunum meydana getiren herhangi bir radyoaktif madde miktarıdır (Göksel, 1973).

Curie ile Becquerel arasındaki dönüşüm aşağıdaki gibidir (Aybers ve Bayülken, 1992).

$$1 \text{ Bq} = 2,7 \times 10^{-11} \text{ Ci}$$

Curie, Becquerel'e göre çok daha büyük bir birim olduğundan, Becquerel doğal ve çevre radyoaktivitesinin ölçülmesinde uygun kullanıma sahip bir birim durumundadır.

2.1.3. Işınlanma doz birimi

Tanım olarak, normal şartlarda 1 cm³ hava içinde 1 e.s.b.'lik pozitif veya negatif elektrik yükü taşıyan iyonlar meydana getiren radyasyon miktarıdır. Işınlama dozu; belirli bir yerdeki radyasyon akısının, o yerdeki havada iyonizasyon meydana getirme özelliğine dayanan ölçü olup birimi "Roentgen" (R)'dir (Göksel, 1973; Aybers ve Bayülken, 1992).

ICRU ışınlama dozu birimi için yeni bir tanım getirmemiş olup ışınlama hızı birimi olarak (R/saat) kullanılmaktadır.

2.1.4. Soğurulan doz birimi

Standart bir madde olarak normal şartlardaki hava için ışınlama doz birimi tanımlandığından, ışınlama dozu, radyasyon demeti hakkında bilgi vermektedir.

Soğurulan enerjiyi herhangi bir ortamda ölçebilmek için, her çeşit radyasyon ve madde içinde soğurulan doz birimi olarak ICRU tarafından başlangıçta "rad" kullanılmıştır. "Rad" 1 gram madde içinde 100 erg'lik enerji soğurulması meydana getiren herhangi bir radyasyon dozudur.

ICRU tarafından yeni birim olarak günümüzde "rad" yerine "Gray (Gy) " kullanılmakta olup iki birim arasında aşağıdaki gibi bir ilişki vardır.

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$$

Yapılan tanıma göre "Gray" ışınlanan maddenin birim kütlesine 1 Joule'lük enerji veren radyasyon miktarıdır (Aybers ve Bayülken, 1992).

2.1.5. Biyolojik doz birimi

Bir önceki başlıkta tanımlanan soğurulan doz birimi, canlı dokular için de kullanılabilir. Ancak radyasyonun canlı dokular üzerinde meydana

getirebileceği biyolojik etkiler, radyasyonların tiplerine ve enerjilerine bağlıdır. Bunların yanı sıra, canlı doku içinde meydana gelen zarar yol boyunca kaybettikleri enerji ile de ilgilidir.

Bu nedenle, “Relatif Biyolojik Etkinlik” (RBE) katsayısı değişik radyasyon tiplerini belirleyebilmek için tanımlanmıştır. Bu değerler deneysel olarak belirlendikten sonra soğurulan radyasyonların canlı üzerinde meydana getireceği biyolojik eşdeğer doz (ED) aşağıdaki ifadeden hesaplanır (Aybers ve Bayülken, 1992).

$$ED = (\text{Soğurulan Doz}) \times RBE \quad (2.1)$$

Denklem (2.1)’de verilen biyolojik eşdeğer doz, soğurulan dozla relatif biyolojik katsayısının çarpımına eşit olup birimi Rem’dir. Fakat biyolojik deneylerden elde edilen RBE değerleri, genellikle tam sayılar olmadığından, Denklem (2.1)’deki RBE katsayısı yerine, tam sayılara çevrilmiş Çizelge 2.1.’de değişik radyasyonlar için verilen Kalite Faktörleri (KF) kullanılır (Aybers ve Bayülken, 1992).

Çizelge 2.1. Çeşitli radyasyonlar için kalite faktörleri

Radyasyon Türü	Kalite Faktörü (KF)
X ve gama ışınları, Maksimum Enerjileri 0.03 MeV’den büyük beta parçacıkları	1
Maksimum Enerjileri 0.03 MeV’ten küçük Beta parçacıkları	1.7
Maksimum Enerjileri 1 KeV’tan küçük Beta parçacıkları	2
Enerjileri 10 MeV’e kadar olan Nötronlar ve protonlar	10
Doğal alfa parçacıkları	10
Ağır çekirdekler	20

Günümüzde, ICRU tarafından “Rem” yerine “Sievert (Sv)” kullanılmakta olup 100 rem, 1 Sv’e eşittir (Aybers ve Bayülken, 1992).

2.2. Doğal Radyasyon Kaynakları

Vücudun hem dışında bulunan kaynaklardan hem de içinde doğal olarak var olan radyoaktif maddelerden, doğal radyasyonlar meydana gelmektedir.

Başlıca iç radyasyon kaynakları ise potasyum ve radyum iken, başlıca dış doğal radyasyon kaynakları; kozmik ışınlar ve yeryüzü ile yapı malzemelerinden yayınlanan gama ışınlarıdır.

Kozmik ışınlar yüksek enerjili parçacıklar olup bunların arasında pozitif ve negatif yüklü olanlar bulunduğu gibi yüksüz parçacıklar da bulunmaktadır. Genel olarak bunlar; protonlar, nötronlar ve elektronlarla birlikte kütlesi protonunkinin iki katı ile onda biri arasında değişim gösteren diğer parçacıklardan meydana gelmektedir. Kozmik ışınların başlangıçtaki enerjileri binlerce MeV mertebesinde olmasına rağmen bu enerjinin büyük bir kısmı, atmosfer içinden geçerken soğurulmaktadır (Göksel, 1973).

Yüklü parçacıklardan meydana gelen kozmik ışınların çoğu dünyanın manyetik alanında sapar ve bunun sonucu olarak şiddeti ekvatorunda minimum olurken kutuplara doğru gidildikçe artar. Atmosferde meydana gelen soğurulma oldukça fazla olup, 1500 m yükseklikteki doz şiddeti deniz yüzeyindeki iki katı büyüklüğündedir.

Toprak, kayalar ve linyit kömürü içinde değişik oranlarda uranyum ve toryum ile bunların bozunum ürünleri bulunmaktadır. Granit, ortalamanın oldukça üstünde uranyum ve toryum içermektedir. Yapı malzemeleri genellikle yeryüzünden sağlanması sebebiyle bu radyoaktif malzemeleri içermektedir ve bunlar dış radyasyonlara karşı bir miktar zırhlama etkisi meydana getirmektedir. Buna rağmen, genellikle, bu gibi malzemelerden yapılan binalar içindeki radyasyon seviyesinin dış radyasyon seviyesinden daha fazla olduğu görülmektedir.

Tuğla ve betondan inşa edilmiş bir bina içindeki ortalama radyasyon dozu, granit bir yapı içindeki doz şiddetine göre daha azdır (Göksel, 1973). Ayrıca doğal radyasyon seviyesini arttıran diğer bir etken de yüksek konsantrasyonlu uranyum içeren kömürlerin kullanılması sonucu elde edilen küllerin, çimento üretiminde katkı malzemesi olarak kullanılmasıdır.

Uranyum ve toryum bozunum zincirinde meydana gelen gaz ürünler olan radon ve toron, bir miktar hava içine yayılırlar. Radon havada önemli bir konsantrasyon getirmeye yetecek oranda yayınlanabilmesine rağmen, yarı ömrünün çok kısa olmasından dolayı toron fazla önemli bir etkiye sahip değildir. Sıva ve diğer yapı malzemelerinden yayınlanan radon nedeniyle bina içi radon konsantrasyonları, dış radon konsantrasyonlarından genellikle yüksektir.

Doğal radyoaktivitenin bir kısmı da yağmur suları tarafından çözülerek topraktan ırmaklara, denizlere taşınmakta ve dolayısıyla içme sularına da karışmaktadır.

Radyoaktif bir potasyum radyoizotopu olan K-40, doğal potasyum içinde yaklaşık %0.012 oranında bulunmaktadır. İnsan vücudunda toplam miktarı yaklaşık 140 g olan potasyum, vücudun her tarafına dağılmıştır (Göksel, 1973).

İnsanlar hayatları boyunca, yukarıda belirtilen doğal radyasyonlara devamlı bir şekilde maruz kalırlar. Bir insanın bir yılda doğal radyasyon kaynaklarından ortalama olarak aldığı radyasyon dozları Çizelge 2.2.'de gösterilen şekildedir (Heper, 1982; Aybers ve Bayülken, 1992).

Çizelge 2.2. Doğal radyasyon ortalama değerleri

Radyasyon Türü			Radyasyon Dozu (mSv/yıl)
Dış Kaynaklar			
Kozmik		Işınlar	0.45
Yerel	γ	Işınları	0.60
Toplam			1.05
İç Kaynaklar			
K-40			0.17
Ağır		Elementler	0.07
Granit			0.01
Toplam			0.25
Genel Toplam			1.30

2.3. Radyasyonun Biyolojik Etkileri

2.3.1. Canlı hücre yapısı

Vücudumuz şekil ve görevleri gereği bütün biyolojik dokuları da oluşturan çok sayıda hücreden meydana gelmiştir. Bir insan vücudunda çapları 3 μ ile 10 μ arasında değişen yaklaşık 4×10^{13} hücre bulunmaktadır. 10 μ 'luk çapa sahip tipik bir hücre genelde sudan ibaret protoplazmadan oluşmuş olup yaklaşık 1 μ kalınlığındaki hücre zar ile çevrilidir. Zarın içinde bulunan hücre “sitoplazma” ve “çekirdek” diye adlandırılan iki ana kısımdan meydana gelmiştir (Göksel, 1973; Aybers ve Bayülken, 1992).

Kalıtım malzemesini meydana getiren “kromatin” maddesi hücrenin temelini oluşturan çekirdek içinde bulunur. Çekirdeğin hemen yanında ise, bölünme sırasında büyük önem taşıyan ve üzerinde iki tane “santriyol” bulunan bir “sentrozom” vardır. Görevleri hücrelerin metabolizması ile ilgili olan ve çubuk şeklinde sitoplazma içinde bulunan binlerce parçaya “mitokondria” adı verilmektedir. Sitoplazmada; mitokondrialardan başka metabolizmada kullanılan “enzimler”, inorganik tuzlar, karbonhidratlar, proteinler gibi çözülmüş besin maddeleri bulunmaktadır.

Sitoplazmanın, hücre zarından içeri giren maddelerin atomlarından, moleküllerin oluştuğu ve enerji üretilen kısım olduğu bilinmektedir. Çekirdeğin görevinin ise, hücre bölünmesi yardımıyla kendisiyle tamamen aynı yeni bir hücrenin meydana gelmesini sağlamak olduğu kabul edilmektedir. Yaklaşık 10 μ 'luk çapa sahip bir hücre içerisinde yaklaşık 10^{14} atom, yani milyonlarca molekül bulunmaktadır.

Kromozomlar; bir insan hücresinde 46 adet olup, “mitoz” denilen hücre bölünmesi sırasında çekirdek içindeki kromatin maddesinin ipliksi parçalara ayrışmasından meydana gelmektedir. İnsan vücudunu oluşturan bütün hücreler “zigot” denilen ve babadan gelen sperm ile anneden gelen yumurtanın birleşmesinden oluşan tek bir hücrenin bölünmesi ile meydana gelmektedir. Her yumurta üzerinde 23'er adet kromozom bulunmasıyla beraber, kişinin gelişim süresi boyunca hücreler birbirlerinden farklılaşır ve vücuttaki özel görevlerini yapacak duruma gelerek bireyin, deri, kemik, kas ve sinir hücrelerini oluştururlar.

Hücrenin bölünmesi sırasında sentrozom ikiye ayrılır ve her bir parça çekirdeğin birer ucuna gider. Kromozomların uzunlukları boyunca ikiye bölünmesinden oluşan ve “kromatid” adı verilen parçalarda birer sentrozoma gidecek şekilde ayrılırlar ve sonunda sitoplazmada bölünerek birbirinin aynı iki hücre oluşur.

Hücrenin genetik malzemesi kromatin olup, genetik bilgiler kromozom içinde bulunan genler tarafından taşınmaktadır ve bir kromozom içinde binlerce gen bulunmaktadır.

Bölünme yokken DNA kompleks molekülleri halinde bulunan, sadece bölünme sırasında faaliyet gösteren kromatin, protein sentezini kontrol eder. Daha önceleri genlerin tek tek kalıtım özelliklerini temsil ettikleri düşünülürken, şimdi ise genlerin DNA molekülünün bir parçası olup protein sentezini kontrol eden kısım olduğu bilinmekle beraber, kromozom değişikliği ile ortaya çıkan kalıtım özelliklerini ifade eden gen tabiri hala kullanılmakta olup bu olaya “gen mutasyonu” adı verilmektedir (Göksel, 1973; Aybers ve Bayülken, 1992).

2.3.2. Radyasyonların hücre üzerindeki etkileri

Doğrudan ve dolaylı olmak üzere iyonlaştırıcı radyasyonların hücre üzerindeki etkileri iki türdür. Doğrudan etkide radyasyon hücre moleküllerinin bölünmesine neden olurken, dolaylı etkide ise iyonlaşma yoluyla çok aktif olan oksil (O) ve hidroksil (OH) gibi radikalleri oluşturarak, bunların zararlı kimyasal reaksiyon meydana getirmelerine sebep olabilirler.

Hücre içinde iyonlaştırıcı radyasyonların yutulmalarından meydana gelen birincil olay iyonizasyondur. Bunun sonucunda oluşan iyonlaştırıcı parçacıkların yolu üstünde aktif radikaller, kırılma ve büyük moleküllerin parçalanması gibi olaylar meydana gelirken, dolaylı etkide oluşacak son değişimler, iyonizasyon ile başlatılmış olsa da doğrudan iyonizasyondan meydana gelmez. Hücrenin protoplazması içinde meydana gelen kimyasal değişiklikler ise protein moleküllerinin denatüre edilmesi, enzimlerin tahribi, hücre metabolizmasının bozulması, aktif radikallerin ve toksik moleküllerin oluşması gibi zararlı olaylara neden olur.

Doğrudan iyonizasyon veya sonradan meydana gelen kimyasal etkiler sonucu olarak kromozom içindeki DNA moleküllerinin bozulması, protein sentezinin iyi yapılamamasına neden olacağı gibi, gen mutasyonuna da yol açabilir.

Kromozom iplikçığının bir veya birkaç yerinden kopması durumunda aşağıda belirtilen üç ayrı sonuç açığa çıkabilir:

1-) Hiçbir değişiklik görülmeden, parçalar aynı biçimde birleşir.

2-) Kopan parçalar birleşmez ve hücre ölür.

3-) Kopan parçalar değişik bir şekilde birleşir ve yeni kromozom düzenlemesi oluşur. Bölünme sonunda da bu yeni kimlik yavru hücrelere yansır.

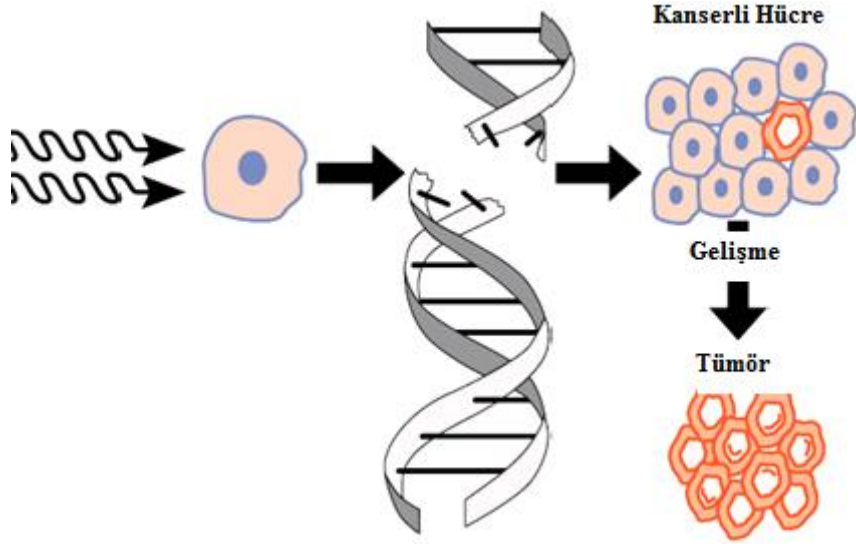
Genellikle kısırlık; mutasyon bir üretim hücresinde meydana geldiğinde ortaya çıkar.

Eğer babadan gelen spermler, annenin yumurtalıkları ile birleşebiliyorsa değişik kimlik doğacak çocuklara yansır. Bu yüzden radyasyonların genetik etkileri çok önemlidir ve üreme organlarının ışınlaması tehlikelidir.

Kanser, hücrenin kontrol dışı hızla üremesi olarak tanımlanmakta ve hücrede normal olarak bulunan bir virüsün bu üremeye neden olduğu düşünülmektedir. Kanser yapıcı adı verilen bazı maddeler ile radyasyonun, normalde pasif halde bulunan bu virüsü aktif hale getirdiği düşünülmekte olup, bu olay gecikmiş olarak yavru hücrelerde de oluşabilir (Göksel, 1973; Aybers ve Bayülken, 1992).

2.4. Radyasyonun Organ ve Dokular Üzerindeki Etkileri

Radyoaktif kirleticiler özellikle insan, hayvan ve bitki sağlığına olumsuz etkiler yaparak çevreyi ve ekolojik dengeyi bozmaktadır. Ayrıca radyasyon, canlılarda genetik değişiklere de yol açmaktadır. Radyasyonun etkisi; cins, yaş ve organlara göre değişmektedir. Özellikle göz en fazla etkilenen organ olup, görme zayıflığı, katarakt ve göz uyumunun yavaşlamasına sebep olmaktadır. Deri ise, radyasyona karşı daha dayanıklıdır. Radyasyonun zararları genellikle zamanla ortaya çıkan bir etki olup, ani etki ancak atom bombalarının yol açtığı ölümler ve yüksek radyasyondaki yanmalar şeklinde kendini göstermektedir.



Şekil 2.1. İyonize radyasyon tarafından meydana gelen kanserli hücre

Şekil 2.1’de gösterildiği gibi iyonlaşabilen elektromanyetik radyasyonlar, hücrenin materyali olan DNA’yı parçalayacak kadar enerji taşımaktadır. DNA’nın zarar görmesi ise hücreleri öldürmektedir. Bunun sonucunda doku zarar görür. DNA’da çok az bir zedelenme, kansere yol açabilecek kalıcı değişiklere sebep olur.

Işınlanan organ ve dokuların radyasyona karşı duyarlılıkları ve bunların vücutta gördükleri fonksiyonlara bağlı olarak, radyasyon etkilerine karşı tepkiler görülür.

Beyin dâhil olmak üzere bütün sinir dokusu ve kalp dâhil olmak üzere bütün kas dokusu genel olarak radyasyona karşı oldukça dirençlidirler. Öyle ki, bu dokulara ölümcül dozlar verilmesinden sonra ufak kanamalar dışında önemli etkiler görülmemiştir.

Radyasyonun bir doku veya organ üzerindeki etkisi, dokunun veya organın meydana getirdiği ürünlerin (hormonlar, özel hücreler, enzimler v.b.) artmasına veya azalmasına, dokunun veya organın büyümesinde aksaklıklara ya da ölümüne neden olabilir.

Hücreler bölünme aşamasında aktif halde iken radyasyona karşı duyarlılıkları fazladır. Büyümedeki aksaklıklar veya kusurlar, hücre bölünmesini kontrol eden faktörlerin değişmesinden ileri gelmekte ve tümörlerin oluşmasına sebep olmaktadır.

Doku ölümü ise, hücredeki kümülatif radyasyon hasarı veya ışınlama sırasında meydana gelen onarılamayan hasarlardan ileri gelmektedir.

Radyasyon sebebiyle zarar gören bir doku, tamamen tahrip olmamış ise, ışınlamadan hemen sonra onarılma olayı başlayacaktır. Onarılma sırasında, normal hücre fonksiyonları geçici olarak duracak ve ölen hücreleri yenilemek üzere hücreler hızla çoğalacaklardır.

İnsanların radyasyona maruz kalmalarını akut ve kronik ışınlama olmak üzere iki bölüm altında incelemek mümkündür.

Akut ışınlama, kaza hali sayılabilecek durumlarda kısa bir süre içinde alınan yüksek dozlar olarak tanımlanırken, kronik ışınlama ise uzun süre içinde alınan dozlar olarak tanımlanmaktadır. Akut ışınlamada; bir insanın bütün vücudunun yüksek radyasyona maruz kalması durumundaki etkiler kişiden kişiye göre değişik olacaktır.

Akut ışınlama sonucunda, radyasyonun bir insanın bütün vücudu üzerinde meydana getirebileceği genel etkiler, özet olarak Çizelge 2.3'deki gibidir (Aybers ve Bayülken, 1992).

Çizelge 2.3. Ani olarak alınan radyasyon dozunun bütün vücut üzerindeki etkileri

Doz (Sv)	Olası Klinik Etkiler
0–0.5	Gözlenebilir hiçbir klinik etki yok
0.5–1.0	Kan tablosunda hafif değişiklik
1.0–2.0	%5 ile %50 oranında, 3 saat içinde kusma, halsizlik, iştahsızlık. Kan tablosunda orta derecede değişiklik. Birkaç hafta içerisinde iyileşme
2.0–6.0	3 Sv'den daha fazla doz alanların hepsinde 2 saat içinde kusma. Kan tablosunda önemli değişiklik, kansızlık ve enfeksiyon hali, 2 hafta sonra saç dökülmesi, 1 ay ile 1 yıl arasında %20 ile %100 oranında iyileşme
6.0–10.0	1 saat içinde kusma, kan tablosunda önemli değişme, kansızlık, enfeksiyon, saç dökülmesi 2 ay içerisinde %80 ile %100 ölüm. Sağ kalanların iyileşmesi uzun zaman alacaktır.

Kronik ışınlamada ise alınan dozların etkileri aşağıda belirtildiği gibi dört ayrı grupta toplanabilir. Aşağıda belirtilen etkiler, alınan dozun büyüklüğü oranında da artışlar gösterebilmektedir (Göksel, 1973).

- 1-) Kanser meydana gelmesi
- 2-) Doğal ömrün kısalması
- 3-) Embriyo ve genel gelişmesi üzerindeki etkiler
- 4-)Doğurganlık üzerindeki etkilerdir.

Yukarıda da belirtilen radyasyonun olumsuz etkileri dışında olumlu etkileri de var olup, hala araştırılmaya devam edilmektedir. Olumlu etkilerine birkaç örnek verecek olursak; kanser tedavisinde hasta hücreleri öldürmeleri, yıpranmış hücreleri yok ederek yenilenmelerini sağlamaları, sertleşmiş ve kireçlenmiş hücrelerin (kronik romatizma) radyasyonun hafif etkisiyle kaplıcalarda iyileştirilmeleri gibi etkilerinden bahsedebiliriz.

2.5. Temel Radyasyon Korunması Ve Standartları

Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICRP)'nin önerileri doğrultusunda, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Kanunu'nun 4'üncü maddesinin (d) bendine dayanılarak; iyonlaştırıcı radyasyon ışınlamalarına karşı kişilerin ve çevrenin radyasyon güvenliğini sağlamak amacıyla; ulusal radyasyon güvenliği yönetmeliği hazırlanmıştır (Anonim, 2000).

Yönetmeliğin içeriğinde, radyasyon güvenliğinin sağlanmasını gerektiren her türlü tesis ve radyasyon kaynağının zararlı etkilerinden kişileri ve çevreyi korumak için alınması gereken her türlü tedbiri ve yapılması gereken faaliyetlerle ilgili hususları kapsamaktadır.

Radyasyon görevlilerini, radyasyondan koruyabilmek amacıyla doz sınırlama sistemi yönetmeliğin 7. Maddesinde tanımlamaktadır. Bu sistemin, uygulamaların gerekliliği, radyasyon korunmasının optimizasyonu ve doz sınırlaması olmak üzere üç temel ilkesi vardır. Bunlar şu şekildedir;

Uygulamaların gerekliliği: Işınlanmanın zararlı sonuçları göz önünde bulundurularak, net bir fayda sağlamayan hiçbir radyasyon uygulamasına izin verilemez.

Optimizasyon: Radyasyona maruz kalmaya sebep olan uygulamalarda, olası tüm ışınlamalar için bireysel dozların büyüklüğü, ışınlanacak kişilerin sayısı, ekonomik ve sosyal faktörler göz önünde bulundurularak mümkün olan en düşük dozun alınması sağlanır.

Doz sınırlaması: Tıbbi ışınlamalar hariç, izin verilen tüm ışınlamaların neden olduğu ilgili organ veya dokudaki eşdeğer doz ve etkin doz, bu Yönetmeliğin 10 uncu maddesinde belirtilen yıllık doz sınırlarını aşamaz.

Radyasyon Güvenliği Yönetmeliğinin 10. Maddesinde, “Yıllık doz sınırları sağlığa zarar vermeyecek şekilde ICRP standartlarına uygun olarak; radyasyon görevlisi ve toplum üyesi kişiler için ayrı ayrı belirtilmektedir. Yıllık toplam doz aynı yıl içindeki dış ışınlama ile iç ışınlamadan alınan dozların toplamıdır.

Kişilerin, denetim altındaki kaynaklar ve uygulamaları nedeniyle bu sınırların üzerinde radyasyon dozuna maruz kalmalarına izin verilemez ve bu sınırlara tıbbi ışınlamalar ve doğal radyasyon nedeniyle maruz kalınacak dozlar dâhil edilemez” denilmekte olup maksimum izin verilen doz sınırları Çizelge 2.4’deki gibidir.

Çizelge 2.4. Maksimum izin verilen doz sınırları (Anonim, 1991)

İşınlanan Kimse	İzin Verilen Maksimum Doz (mSv/yıl)
Radyasyon Görevlisi	
Bütün Vücut Etkin Dozu	50
Organlar İçin Eşdeğer Doz	
El, ayak, deri	500
Göz merceği	150
Toplum Üyesi Kişiler	
Bütün Vücut Etkin Dozu	5
Organlar İçin Eşdeğer Doz	
El, ayak, deri	50
Göz merceği	15

Çizelge 2.4'den görüldüğü gibi radyasyondan daha çabuk etkilenebileceği düşünülen ve kritik grup olarak nitelenen hamile kadınları, bebek ve çocukları da kapsayan toplum üyesi kişiler için maksimum izin verilen doz sınırı, radyasyon görevlileri için belirlenen doz sınır değerlerinin 1/10'una eşittir. 18 yaşında küçükler, Çizelge 2.4'de verilen yıllık vücut etkin dozunun beş katından fazla radyasyon dozu almış ve çocuk doğurma çağındaki radyasyon görevlileri özel bir durum için planlanmış ışınlamalarda çalıştırılmazlar.

Her bir radyoizotopun solunum veya ağız yoluyla insan vücuduna alınmaları durumunda yaratabileceği etkiler birbirinden farklıdır. 40 saatlik çalışma haftası esasına dayalı olarak, görev gereği ışınlamalar için radyoizotopların vücuda yıllık alınma sınır değerleri de (ALI-Annual Limit on Intake) cinsinden söz konusu yönetmelikte tüm radyoizotoplar için verilenlerden bazı radyoizotoplara ait değerler Çizelge 2.5'deki gibidir. Bu radyoizotoplardan halk için ALI değerleri Çizelge 2.5'de verilen değerlerin 1/10'u, 1 yaşına kadar bebekler için ise 1/100'ü olarak uygulanması gerekmektedir.

Çizelge 2.5. Yıllık vücuda alınmasına izin verilen radyoizotop miktarları

Radyoizotop	Sınıfı	Solunum Yoluyla (Bq)	Ağız Yoluyla (Bq)
U-238	Günlük	9×10^4	8×10^5
	Haftalık	1×10^4	3×10^6
	Yıllık	6×10^2	---
U-234	Günlük	8×10^4	7×10^5
	Haftalık	1×10^4	3×10^6
	Yıllık	6×10^2	---
Th-230	Haftalık	4×10^2	3×10^5
	Yıllık	4×10^2	---
Ra-226	Haftalık	9×10^3	9×10^4
Po-210	Günlük	2×10^4	9×10^4
	Haftalık	1×10^4	---
Th-232	Haftalık	9×10^1	5×10^4
	Yıllık	9×10^1	---
K-40	Günlük	6×10^6	4×10^6

Radyoizotoplar, vücuda havadan solunum yoluyla, sudan ağız yoluyla alınabileceklerinden her radyoizotop için hava ve suda bulunması izin verilen maksimum konsantrasyonlar da belirlenmiştir. U-238 radyoizotopunun 40 saatlik çalışma haftası için hava ve sudaki maksimum izin verilen konsantrasyonları sırasıyla 2.59×10^{-3} Bq/L, 3.7×10^{-4} Bq/L'dir.

Buna ek olarak, ICRP radyasyon görevlileri için alınmasına izin verilen toplam vücut dozunun aşağıdaki ifadede hesaplanabileceğini belirtmiştir (Aybers ve Bayülken, 1992).

$$D = 50(N - 18) \quad (2.2)$$

Denklem (2.2)'de D (mSv) cinsinden toplam etkin dozu, N ise yıl cinsinden yaşı göstermektedir ve 18 yaşında işe başladığı kabul edilen bir radyasyon görevlisi N yıl sonra alabileceği radyasyon etkin dozunu yukarıdaki ifadede hesaplayabilir.

2.6. Türkiye Linyitlerinin Doğal Radyoizotop İçeriği

“Kömür; karbon, hidrojen ve oksijen gibi elementlerin bileşiminden oluşmuş yanabilen ve oluşumuna göre linyit, bitümlü (taş kömür), altbitümlü ve antrasit tipleri olan tortul organik bir kayadır” (Anonim, 2006). “Türkiye'nin yaklaşık 1,4 Gton taş kömür ve dünya linyit rezervinin %2'sine karşılık gelen toplam 8,4 Gton linyit rezervi bulunmaktadır” (Anonim, 2006).

Linyit üretimi, yılda ortalama 65 Mton olup ve bunun yaklaşık %83'ü termik santrallarda kullanılmaktadır. Bir yılda üretilen taş kömürü 2,3 Mton seviyesinde olup, sanayi tüketimini bile karşılamaya yeterli değildir. “Türkiye'deki linyit yüksek oranda kül, toz, kükürt (%2'den daha büyük) ve su içerir. Rezervin yaklaşık %70'ni, ısı değeri 2500 kcal/kg altında olan düşük kaliteli linyit oluşturmaktadır” (Anonim, 2006).

“Türkiye kömürlerindeki ortalama uranyum ve toryum derişimi, sırasıyla, 12,5 mg/kg ve 6,6 mg/kg iken dünya kömürlerindeki ortalama uranyum ve toryum derişimi, sırasıyla, 2 mg/kg ve 4 mg/kg'dır” (Anonim, 2002).

Türkiye’de elektrik enerjisine olan talep, son on yılın ortalamasına göre, her geçen yıl yaklaşık olarak %7-8 oranında artmaktadır. Bu talep, termik (taş kömürü, linyit, petrol ve doğal gaz yakıtlı), rüzgâr, hidrolik ve jeotermal olan birincil enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. “Türkiye’nin 2010 yılı sonunda kurulu gücü; % 65,3 termik, % 32,1 hidrolik ve % 2,6’sı rüzgâr ve jeotermal olmak üzere toplam 48.591 MW’dır” (Anonim, 2010).

Elektrik Üretim Anonim Şirketi 2010 yılı sonu itibarıyla, 19 adet termik, 106 adet hidrolik santral bulunmaktadır. Kurulu gücümüzün 12.525 MW’ını termik, 11.678 MW’ını hidrolik santral oluşturmak üzere toplam 24.203 MW’dır.

Elektrik Üretim Anonim Şirketi’nin elektrik üretimi, termik santrallarda 54.155 GWh, hidrolik santrallarda 41.377 GWh olmak üzere toplam 95.532 GWh’dır. Elektrik Üretim Anonim Şirketi bu üretim miktarı ile ülkemizin toplam elektrik üretiminin yaklaşık % 45,2’sini karşılamıştır (Anonim, 2010). “2010 yılı sonu itibarıyla üretimimizin kaynaklara göre dağılımı kömür % 34,7, doğal gaz % 22,0, hidrolik % 43,2, sıvı yakıt % 0,1 olarak gerçekleşmiştir” (Anonim, 2010).

Dünyada toplam elektrik üretiminin %39’u, kömür yakıtlı termik santrallardan karşılanmakta iken Türkiye’de ise EÜAŞ tarafından sağlanan kurulu gücün yaklaşık üçte biri (%32,7) ve toplam kurulu gücün ise yaklaşık dörtte biri (%24), Çizelge 2.6’da verilen aktif durumdaki 3’ü taşkömürü 12’si linyit kömürü ile çalışan 15 adet termik santraldan karşılanmaktadır (Anonim, 2009).

“Bu santrallarda, elektrik enerjisi üretmek için toz haline getirilmiş yaklaşık 55,5 Mton kömürün çok yüksek sıcaklıkta (1400°C-1700 °C) yakılması sonucunda, çeşitli atıklar (veya yan ürünler) meydana gelmektedir” (Anonim, 2009).

Çizelge 2.6. Türkiye’de elektrik enerjisi üreten kömür yakıtlı termik santraller

Termik santraller	Birim sayısı x Kurulu güç kapasitesi (MW)	Yakıt tipi	Yakıt kapasitesi (ton/h)
Yatağan	3 x 210	Linyit	3 x 235
Afşin-Elbistan A	4 x 340	Linyit	4 x 559
Afşin-Elbistan B	4 x 360	Linyit	-
Yeniköy	2 x 210	Linyit	2 x 303
Kemerköy	3 x 210	Linyit	2 x 342
Seyitömer	4 x 150	Linyit	4 x 189
Soma A	2 x 22	Linyit	2 x 21
Soma B	6 x 165	Linyit	6 x 236
Tunçbilek A	2 x 32 + 1 x 65	Linyit	82,3
Tunçbilek B	2 x 150	Linyit	2 x 145
Çayırhan	2 x 150 + 2 x 160	Linyit	4 x 152
Kangal	2 x 150 + 1 x 157	Linyit	3 x 243
Orhaneli	1 x 210	Linyit	1 x 188
Çatalağzı	2 x 150	Taş kömürü	2 x 97
Çan	2 x 160	Linyit	-
Çolakoğlu 2	1 x 190	Taş kömürü	-
Sugözü	2 x 650	İthal kömür	-

Atıklar; yanma süresince kömürdeki mevcut minerallerin büyük bir kısmının erimesi ile oluşan, kazanların dibinde biriken kazan altı cürufu, kazan dibi külü (veya taban külü), gazlar ile birlikte bacaya taşınan daha hafif olan uçucu kül (UK), kükürt oksitler (SO_2 , az miktarda SO_3), azot oksitler (NO , NO_2) ve baca gazı temizleme sürecinde meydana gelen jips (yapay alçı) olarak sayılabilir. Kömür yakıtlı termik santrallarda elde edilen külün %80’ini UK, %20’sini ise kazan dibi külü oluşturmaktadır (Anonim, 2009).

“Kömürün yanmayan mineralinde bulunan doğal radyonüklitler, gazlar ve uçucu mineraller hariç taban külü ve uçucu kül arasında paylaşılır”. Yanma sürecinde doğal radyonüklitler, kömürdeki organik bileşenlerin uzaklaşması ile külde daha yoğun olarak bulunmaktadır. Böylece, küldeki doğal radyoaktivite, kömüre göre daha büyük olmaktadır (Anonim, 1993).

“Türkiye’deki kömür yakıtlı termik santrallardan yılda yaklaşık 15 Mton uçucu kül atık olarak elde edilmekte iken, bu miktar ABD’de 45 Mton ve Hindistan’da ise 50 Mton civarındadır” (Anonim, 2009).

Uçucu küllerin biriktirilmesi veya atılması; tarım ürünleri, hava ve su kalitesi açısından arzu edilmeyen çevre problemlerine yol açmaktadır. Atık sahalarında veya depolarda biriktirilen UK’ler, toprağın kirlenmesine ve içerdiği ağır metaller (Fe,

Mn, Co, Cu, Zn, Pb, Po, U ve Th) zamanla toprakta süzülerek veya yağmur suyu ile taşınarak taban sularının kirlenmesine yol açmaktadır. Ayrıca kül depolarındaki gözenekli ortamdan sızarak havaya ulaşan radon (^{222}Rn) gazı da ayrı bir çevresel problem oluşturmaktadır. Zamanının büyük bir kısmını ev ve işyeri gibi kapalı mekanlarda geçiren insanların iç ve dış olmak üzere iki farklı şekilde ışınlanmasına, UK'lerde ve UK katkılı yapı malzemelerinde doğal olarak bulunan radyonüklitler sebep olmaktadır. Bu tür malzemelerden yayınlanan gama radyasyonu, doğrudan dış ışınlamaya sebep olmaktadır. Ancak bu malzemelerden serbest kalarak solunum yoluyla vücuda girebilen radon, toron ve bunların yarılanma süreleri kısa olan bozunum ürünleri tarafından yayınlanan alfa ve beta ışınları ise iç ışınlamaya katkı sağlamaktadır.

2.7. Kömür Yakıtlı Santrallardan Kaynaklanan Doğal Radyonüklidlerin Çevresel Etkileri

Mevcut uluslararası enerji sorunları göz önünde bulundurulduğunda, kömürle çalışan elektrik santrallarının önemi göz önüne alınarak, son yıllarda Japonya'daki termik santrallar üzerine çeşitli çalışmalar vardır. Çalışmaların ilk adımı olarak, Japonya'daki kömür yakıtlı santrallarda istihdam edilmek üzere kullanılan yerli ve yabancı 28 çeşit kömürdeki doğal radyonüklid konsantrasyonları incelenmiş ve doğal radyonüklidlerin kütle dengesi açıklanmıştır. Çizelge 2.7'de, kömürde mevcut olan doğal radyonüklidlerin hesaplanmış değerleri, Çizelge 2.8'de ise kömür yakıtlı santrallardan çevreye yayılan doğal radyonüklidlerin oranları verilmiştir.

28 çeşit yerli ve yabancı kömürler incelendiğinde, radyonüklid içeriğinin; U:1.0 ppm, Th:3.3 ppm, ve ^{40}K :2300 ppm'den oluştuğu gözlenmiştir. Örnekler farklı türde kömür içermesine rağmen U ve Th içeriği arasında iyi bir korelasyon vardır. 1000-MW ve 250-MW santral modellerinin her birinden tahmin edilen doğal radyonüklidin salım hızı 2-104 pCi/sec aralığındadır (Nakaoka vd., 1983).

Çizelge 2.7. Kömür içeriğindeki doğal radyonüklidlerin hesaplanmış değerleri (Health Physics, 1984)

Kömür içeriği		Kömürdeki radyoaktivite		Uçucu küldeki radyoaktivite		
Element	(ppm)	Bozunma zinciri	(pCi/g)	1.Durum	2.Durum	3.Durum
U	1.0	U-238	0.334	2.85	3.34	3.34
		U-235	0.0152	0.130	0.152	0.152
Th	3.3	Th-232	0.360	3.08	3.60	3.60
K	2300	K-40	1.95	16.7	19.5	19.5

Çizelge 2.8. Kömür yakıtlı santrallardan çevreye yayılan doğal radyonüklid oranları

Doğal radyonüklidler		Oranlar (pCi/sec)		
		1.Durum	2.Durum	3.Durum
U-238 bozunum zincirleri	Rn-222	3.46×10^4	3.46×10^4	8.87×10^3
	Po-218, Pb-214, Po-214, Pb-210, Po-210	3.46×10^3	3.46×10^3	8.87×10^2
	Diğerleri (U-238, Th-234, vb.)	6.89×10^1	8.35×10^1	3.83×10^1
U-235 bozunum zincirleri	Rn-219	1.57×10^3	1.57×10^3	4.04×10^2
	Po-215, Pb-211, Po-211, Pb-207	1.57×10^2	1.57×10^2	4.04×10^1
	Diğerleri (U-235, Th-231, vb.)	3.14×10^{10}	3.80×10^0	1.74×10^0
Th-232 bozunum zincirleri	Rn-220	3.73×10^4	3.73×10^4	9.56×10^3
	Po-216, Pb-212, Po-212, Pb-208	3.73×10^3	3.73×10^3	9.56×10^2
	Diğerleri (Th-232, Ra-228, vb.)	7.44×10^1	9.00×10^1	4.13×10^1
K-40	K-40	4.04×10^2	4.88×10^2	2.23×10^2

Yukarıdaki sonuçlara göre konsantrasyonlar, çevredeki konsantrasyon ile karşılaştırıldığında çok küçük olduğundan kömür yakıtlı enerji tesislerinden kaynaklanan doğal radyonüklidlerin çevresel etkileri ihmal edilebilir olduğu kabul edilmiştir (Nakaoka vd., 1983) .

Yapılan çalışmalar sonucunda; her ne kadar çevresel etkilerin ihmal edilebilir olduğu kabul edilse de, çevreye verilebilecek olası etkiler aşağıdaki şekilde verilebilir.

Termik santral küllerinin toplandığı alanda oluşan Radon gazı havaya ulaşmaktadır. Küllerin üzeri toprakla örtülse bile oluşan Radon gazı toprağın gözeneklerinden geçerek havaya karışmakta, yaklaşık 4 gün içerisinde Polonyum'a ve aktif Kurşuna dönüşebilmektedir. Bu nedenle kül yığınları çevreye radyoaktif madde yaymaktadır.

Bacadan atılan maddelerin içerisinde en önemli olan radyoaktif madde Uranyum maddesidir. Termik santrallar soğutma, buhar elde etme ve temizleme gibi çeşitli amaçlarla su kullanmakta ve tüm bu işlemler sonucunda tonlarca atık su oluşturmaktadırlar. Atık sular ne kadar işlemde geçirilirse geçirilsin çevre kirliliğine yol açmaktadır. Çünkü sonuç olarak bu sular ya toprağa ve yer altı sularına ya da bir şekilde denize ulaşmaktadır.

Termik santrallar çevreye verdiği zararlar; hava, su ve toprak başlıkları altında toplanabilir. Belirtilen başlıklar altında, zararlardan kısaca aşağıda bahsedilmiştir.

Havayı ele alırsak, yeryüzüne yakın seviyelerde oluşan ozon insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Azot oksitlerin bulunduğu civarda kısa süreli bulunma solunum şikâyetlerine, uzun süreli bulunma ise akciğerlerde kalıcı hasarlara neden olmaktadır. Partiküller madde tanecikleri bronşite, anfiyem ve damar hastalıklarına bağlı olarak ölümlere neden olmaktadır. Kurşun kan hücrelerinin gelişmesini ve olgunlaşmasını engellemekte, kanda ve idrarda birikerek sağlığı olumsuz yönde etkilemektedir. Karbonmonoksit (CO)'in ise, kandaki hemoglobin ile birleşerek oksijen taşınmasını aksattığı bilinmektedir. Bununla birlikte kükürt dioksit (SO₂)'in, üst solunum yollarında keskin, nefes almayı engelleyici ve tahriş edici etkileri vardır. Özellikle duman akciğerden alveollere kadar girerek olumsuz etki yapmaktadır. Kronik kalp hastalığı olan kişilerin hastalıklarının alevlenmesinde artış, kanser insidansında artış ve erken ölüm insidansında artışa neden olmaktadır.

Suyun kirliliği ele alındığında ise termik santrallar azımsanmayacak roller üstlenmektedir. Termik santrallarda buhar üretme, soğutma ve temizleme işlemleri için önemli miktarda su kullanılmaktadır. Termik santrallarda tüketilen soğutma sularının santralin makinelerine zarar vermelerini engellemek amacıyla, kullanılmadan önce çeşitli kimyasal işlemlerden geçirilmektedir. Ancak bu işlem atık suların Demir(II) Sülfat bakımından zenginleşmesine neden olmaktadır. Yakma işlemi sonucunda termik santrallarda, önemli miktarda yüksek basınç ve sıcaklığa sahip buhar üretilmekte ve elektrik üretiminde bu buhar kullanılmaktadır. Buharın tribünleri çevirmesinden sonraki sıcaklığı da oldukça yüksektir. Termik santrallarda atık olarak çıkan ısının yaklaşık %15'i baca gazı içinde, %85'i ise su ile dış ortama bırakılmaktadır.

Atık suların tekrar kaynağa döndürülmesi bu kaynakta kirliliğin artmasına neden olmaktadır. Olumsuz etkilerinden bir diğeri de yakma sonucunda veya baca gazı desülfürizasyon tesislerinden çıkan küllerin su kaynakları üzerinde yarattığı kirlenmedir.

Linyitlerin yakılmasıyla söz konusu radyoaktif maddeler baca gazları arasında partikül halinde veya kazandan çıkan diğer küllerle birlikte atılmaktadır. Afşin-Elbistan linyitleri üzerinde yapılan araştırmada Uranyum, Potasyum, Radium ve Toryum gibi seçilmiş radyonüklidlerin belirlenen yoğunlukları, literatürde yer alan kömürlerin ve dünya kabuğunun ortalama değerinin çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu elementler sadece yüzey ve yer altı sularını kirletmemekte, aynı zamanda toprağın kirlenmesine de neden olmaktadır.

Toprak, su ve havanın kirlenmesiyle birlikte insanlar doğrudan ya da dolaylı yollardan (yiyecek, içecek vb.) risk altında olup, geri dönülemez sonuçlara maruz kalabilir.

2.8. Modern Kömür Yakıtlı Termik Santraldan Havaya Rutin Olarak Tahliye Edilen Gazların Radyolojik Etkisi

Termik santrallardan havaya rutin olarak salınan kirleticilerin miktarları,

- Yakılan yakıt miktarıyla, yakıtın fiziksel ve kimyasal özellikleri ve ısı değerine,
- Yakma tesisinin karakteristikleriyle, çalıştırma şekli ve çıkış noktasına yerleştirilen kirlenmeyi kontrol eden araçların niteliğine bağlıdır (Müezzinoğlu, 2000).

Kömürle çalışan tesislere giren kömürün %1-5 kükürt ve %20-30 kadar küle sahip olabileceği ve bunlardan meydana gelecek SO_2 'nin tamamen, külün de %50-90 kadarının bacadan atılabileceği bir santralin bir yılda on binlerce ton kömür yakılabileceği düşünülürse, santralların havayı kirletme potansiyelinin ne kadar tehlikeli boyutlara ulaşabileceği ortaya çıkar (Müezzinoğlu, 2000).

500 Mw'lık %40 verimle çalışan bir kömür santralini göz önüne alacak olursak; 2500 kcal/kg'lık %3 S ve %8 kül içeren bir kömürü yakan ve külün %80'ini baca gazıyla birlikte havaya atan bir tesis ise, bundan saatte 26 ton SO₂ ve 6.9 ton partikülün havaya bırakılacağı hesaplanabilir. Bu durumda baca girişine %99 verimle çalışan bir elektrostatik filtre konup, yanma sırasında oluşan küllerin sadece %1'i havaya bırakılmış olsa bile saatte 69 kg uçucu külün havaya atılacağı ortaya çıkar (Müezzinoğlu, 2000).

Havaya atılan diğer bir önemli kirletici de azot oksitlerdir. Azot oksitler yakıt içeriğindeki azotlu maddelerden çok, yüksek sıcaklıkta yakma tesisinde kullanılan fazla havanın azot ve oksijeninden birleşerek meydana gelirler. Azot oksit emisyonlarını azaltmak için reaktördeki yanma sıcaklığını düşürmek istenirse bu durumda tesisin ısı verimi düşeceği ve yakıtın kısmi distilasyon ve tam yanmama ürünleri olan yanmamış hidrokarbonlar ve karbon monoksit artacağı için enerji kayıpları görülür. Bu yüzden azot oksit salınımlarının kontrolü çok zor bir sorundur (Müezzinoğlu, 2000).

2006 yılında Belçika'da bulunan Langerlo Termik Santral'dan havaya rutin olarak tahliye edilen gazların çevreye verdiği radyolojik etkiler değerlendirilmiştir. İlk olarak tahliye edilen kömür ve uçucu külün doğal radyoaktivite içeriği ölçülmüştür. Gauss dağılım modeli kullanılarak havadaki Ra-226 konsantrasyonunun (4,5 nBq/m³) maksimum yıllık değerleri (1,5 mBq/m²) ve toplam çökeltme hesaplanmıştır (Th. Zeevaert vd., 2006).

Belçika'da, elektrik üreticileri ve Belçika makamları arasında imzalanan anlaşma çerçevesinde, SO₂, NO_x ve diğer parçacıkların havaya tahliyesini sınırlamak amacıyla elektrik üreten tesislerde tedbirler alınmıştır. İlk kömür yakıtlı elektrik santrali, 250 MW gücünde iki ayrı yakma ünitesinden oluşan, bir baca gazı arıtma sistemi, elektrostatik toz filtre üniteleri yanında bir denitrifikasyon birimi ve bir kükürt giderme ünitesiyle birlikte kurulmuştur.

Kömürde bulunan doğal radyonüklid üyelerinin çoğunluğunu U-238 ve Th-232 bozunum zincirleri oluşturur ve bunların radyonüklid ailesi ile dengede olduğu kabul edilir. U-235 zinciri gözardı edilmiştir, çünkü diğer radyonüklitlerin yanında bu izotopun doğal uranyum katkısı yok denecek kadar azdır. Ayrıca, hemostatik kontrolü altında olan insan vücudunda da K-40 alımı göz ardı edilmiştir. 1999 yılında kömür yakıtlı santralda, Ra-226 ve Th-232 konsantrasyonları yüksek çözünürlüklü gama spektroskopisi ile Paridaens ve Vanmarcke tarafından ölçülmüştür.

Yanma sırasında, radyonüklidler, elementlerin dalgalanmasına bağlı olarak bir gaz faz ve bir katı faz arasında bölünür. Kömürün orijinal ağırlığı ve radon dışındaki neredeyse tüm radyoaktivitenin %10 ile %15'ini katı faz, dip külü (% 15) ve uçucu kül (% 85) oluşturmaktadır. Bacadan tahliye edilen uçucu kül ve radyum içeriği Lucas yöntemi ile yine Paridaens ve Vanmarcke tarafından iki kez ölçülmüştür. İlk örnekleme sırasında, kâğıt filtrelelere göre daha büyük bir radyum içeriğe sahip olduğunu, cam elyaf filtreler ikinci sırasında kâğıt filtreler kullanılmış ve küller yakalanarak incelenmiştir. Uçucu kül ortalama radyum içeriği 700 Bq / kg olarak alınmıştır.

Yapılan araştırmalar, atmosferik dağılım modeli kullanılarak hesaplanmıştır. Geçmiş dönemlerde de gösterildiği gibi kaliteli kömür ve normal bir hava filtrasyon sistemi sayesinde bireysel etkin doz 10 μ Sv/y altında olduğu kanıtlanmıştır. Langerlo'da kırsal alanda, deşarj esnasında yüksek doz etkisi üreten radyonüklit, büyük oranda maruz kalan gıda ürünlerinin üzerine doğrudan depolanması ile (ve daha az ölçüde Pb-210) Po-210 olduğu gösterilmiştir (Th. Zeevaert vd., 2006).

2.9. Muğla Bölgesi Termik Santrallerinin Genel Özellikleri

Türkiye’de 2011 yılında termik santrallerimiz için 62.044 GWh üretim öngörülmüştür. Toplam 19 adet termik santral ile yapılan çalışmalar sonucu; linyitle çalışanlarda 33.996 GWh, doğal gazla çalışanlarda 19.359 GWh, taş kömürü ile çalışanlarda 2.004 GWh ve fuel-oil ile çalışanlarda 0.103 GWh olmak üzere toplam 55.462 GWh üretim gerçekleştirilmiştir (Anonim, 2011).

Bu santrallerin verilen değerlere göre yakılan ana yakıt miktarları ise; 55.558.265 ton linyit, 1.700.458 ton taş kömürü, 27.098 ton fuel-oil ve 4.117.420.000 Sm³ doğal gaz’dır. 2011 yılı ölçümlerine göre termik santrallerin Türkiye üretimine katkısı (229,4 milyar kWh) %24,2’dir (Anonim, 2011).

Muğla bölgesinde Yatağan, Yeniköy ve Kemerköy olmak üzere 3 adet termik santraller bulunmaktadır. Aşağıda bu üç termik santralin genel özellikleri verilmiştir.

2.9.1. Yatağan termik santrali

1975 yılında yatırım programına alınan Yatağan Termik Santrali’nin, enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla 1977 yılında inşaatına başlanmıştır (Anonim, 2006). Santral, Muğla’nın Yatağan ilçesine 3 km uzaklıkta 1.163.000 m²’lik bir alana kurulmuştur.

Yatağan Termik Santralinde kullanılan kömür, Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) Genel Müdürlüğü’ne bağlı Güney Ege Linyit İşletmeleri (GELİ) tarafından çıkarılır. Ülkemizin en önemli kömür havzalarından biri olan Muğla yöresinde, 800 milyon ton kullanılabilir kömür var olduğu TKİ ve MTA (Maden Tetkik ve Arama) tarafından belirtilmiştir (Anonim, 2006). Yatağan Termik Santrali, yöredeki Turgut, Tınaz, Bayır ve Bağyaka linyit yataklarından beslenmektedir (Anonim, 2006). Santralda; birinci ünite 20.10.1982, ikinci ünite 15.06.1983 ve üçüncü ünite ise 18.12.1984 yılında devreye girmiştir. Ünitelerin geçici kabul tarihlerinden sonraki kesin tarihleri ise sırasıyla; 21.04.1984, 09.11.1984 ve 25.04.1986’dır.

Santralin bir günlük kömür ihtiyacı ortalama 18.000 ton olup, yanma işlemi sonucunda 5.000 ton uçucu kül ve dip külü atık olarak çıkmaktadır (Anonim, 2006).

Santralin sahip olduğu elektro-filtreler %99,2 verimle çalışmakta olup, yanma sonucu açığa çıkan küller 2 km uzaklıktaki kül stok sahasında depolanmaktadır (Anonim, 2006). Yatağan Termik Santralının genel özellikleri Çizelge 2.9’da verilmiştir.

Çizelge 2.9. Yatağan termik santralının genel özellikleri (Anonim, 2006)

Temel Karakteristikler	1. Ünite	2. Ünite	3. Ünite
Çalışma kapasitesi (MW)	210	210	210
İlk çalışma tarihi	1984	1984	1986
Toplam kömür tüketimi (ton/saat)	230	230	230
Kömürün kalori değeri (kcal/kg)	1943	1955	1906
Kül oranı (%)	22,6	23,2	23,2
Nem içeriği (%)	38,8	38,3	39,1
Uçucu külde yanabilen madde (%)	0,14	0,11	0,17
Dip külünde yanabilen madde (%)	2,48	2,64	4,78
Elektro-filtre verimi (%)	99,4	99,4	99,4
Baca yüksekliği (m)	120	120	120
SO ₂ emisyonu (g/s)	553,42	683,25	951,81
NO ₂ emisyonu (g/s)	394,4	467,24	381,97
Partikül emisyonu (PM ₁₀) (kg/saat)	42,48	84,60	84,60

2.9.2. Yeniköy termik santrali

1978 yılında enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla yatırım programına alınmıştır. “Yeniköy Termik Santrali, düşük kalorili 65 milyon ton işletilebilir rezervli Sekköy ve 84 milyon ton işletilebilir rezervli İkizköy (Ekizköy) linyit yataklarından enerji üretimi amacıyla tesis edilmiştir” (Anonim, 2006).

Yeniköy Termik Santralının yer tespitinde; kömür rezervlerine yakınlık, kül atma sahasına yakınlık, rüzgâr yönü, su kaynaklarına yakınlık ve zemin şartları önemli rol oynamıştır (Anonim, 2013). Santral “1600-2400 kcal/kg değerinde yılda 3.400.000 ton linyit kömürü yakma kapasitesine sahiptir” (Anonim, 2013).

Dereköy su kaynağı ile Geyik Barajı, santral için gerekli kullanma ve katma suyunu temin etmektedir. Yakılan linyit kömürüyle santralda yılda 2,7 milyar kWh elektrik üretimi yapılabilmektedir. “Üretilen elektrik enerjisi 154 ve 380 kV’luk enerji nakil hatları ile enterkonnekte sisteme verilmektedir” (Anonim, 2013). Yakma işlemi

sonucunda açığa çıkan atık kül, taşıyıcı bantlarla termik santrale 1 km uzaklıktaki kül depolama sahasına atılmaktadır (Anonim, 2013). Çizelge 2.10’da, Yeniköy Termik Santralının genel özellikleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.10. Yeniköy termik santralının genel özellikleri (Anonim, 2006)

Temel Karakteristikler	1. Ünite	2. Ünite
Çalışma kapasitesi (MW)	210	210
İlk çalışma tarihi	1986	1987
Toplam kömür tüketimi (ton/saat)	246	232
Kömürün kalori değeri (kcal/kg)	1585	1606
Kül oranı (%)	32,2	34,7
Nem içeriği (%)	29,6	27,5
Uçucu madde (%)	22,8	22,2
CaO (%)	15,7	14,7
Uçucu külde CaO (%)	16,1	12,7
Uçucu külde yanmamış madde (%)	0,60	0,45
Dip külünde yanmamış madde (%)	16,9	6,8
Elektro-filtre verimi (%)	99,4	99,4
Baca yüksekliği (m)	200	200
SO ₂ emisyonu (kg/saat)	348	348
NO ₂ emisyonu (kg/saat)	144	144
Partikül emisyonu (PM ₁₀) (kg/saat)	0,50	0,50

Santralda tek baca mevcut olup, yukarıda verilen bilgiler Ekim 2003 ve Mart 2004 ayları arasında yakılan kömür, açığa çıkan uçucu kül ve dip külünde yapılan kimyasal ve fiziksel analiz sonuçlarına göre verilmiştir (Anonim, 2006).

2.9.3. Kemerköy termik santrali

Kemerköy Termik Santrali 3x210 MW gücünde olup Polonya Elektrik firması tarafından inşa edilmiştir. Santralin 1. Ünitesi Ağustos 1989, 2. Ünitesi Aralık 1989 ve 3. Ünitesi ise Haziran 1990 tarihlerinde işletmeye alınmıştır (Anonim, 2006).

Santralin bulunduğu yöredeki suyun az olması nedeniyle, üniteler için gerekli olan soğutma suyu denizden karşılanmakta ve bu özelliği ile ülkemizde bulunan diğer termik santrallardan ayrılmaktadır. Ayrıca, santralda tek baca mevcut olup 320 metre baca yüksekliği ile ülkemizdeki termik santrallar içerisinde en yüksek baca özelliğine de sahiptir. “Alınan özel teknik önlemlerle (baca gazı çıkış hızı arttırılarak) etkin baca yüksekliği arttırılmıştır” (Anonim, 2006).

Termik santralin günlük ihtiyacı olan yaklaşık 18.000 ton kömürü, 12 km uzaklıktaki Türkiye Kömür İşletmelerine ait Hüsamlar Ocağından temin etmektedir. Baca gazlarının kükürt oksitlerden arındırılması amacına yönelik desülfürizasyon sistemine (FGD) sahip olup, elektro-statik filtre sistemi %99,4 verimle çalışmaktadır (Anonim, 2006).

Santral kazanından çıkan kül su ile karıştırılmak suretiyle kül barajında çöktürülerek, çevreye yayılması ve toz oluşumunun önlenmesi amaçlanmıştır (Anonim, 2006). Kemerköy Termik Santrali kurulduğu günden bugüne kadar 57.542.115 ton kömür kullanılarak 38.965.811.395 kWh enerji üretmiştir (Anonim, 2013). Kemerköy Termik Santralının genel özellikleri Çizelge 2.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.11. Kemerköy termik santralının genel özellikleri (Anonim, 2006)

Temel Karakteristikler	1. Ünite	2. Ünite	3. Ünite
Çalışma kapasitesi (MW)	210	210	210
İlk çalışma tarihi	1993	1994	1995
Toplam kömür tüketimi (ton/saat)	239	234	232
Kömürün kalori değeri (kcal/kg)	1695	1686	1718
Kül oranı (%)	31,1	30,4	29,7
Nem içeriği (%)	31,9	32,8	33,2
Yanabilen kükürt (%)	1,78	1,53	1,85
Uçucu külde yanmamış madde (%)	0,10	0,10	0,11
Dip külünde yanmamış madde (%)	10,9	14,8	16,5
Elektro-filtre verimi (%)	99,4	99,4	99,4
Baca yüksekliği (m)	300	300	300
SO ₂ emisyonu (kg/saat)	112,5	112,5	112,5
NO ₂ emisyonu (kg/saat)	84,46	84,46	84,46
Partikül emisyonu (PM ₁₀) (kg/saat)	0,83	0,83	0,83

3. MATERYAL VE YÖNTEM

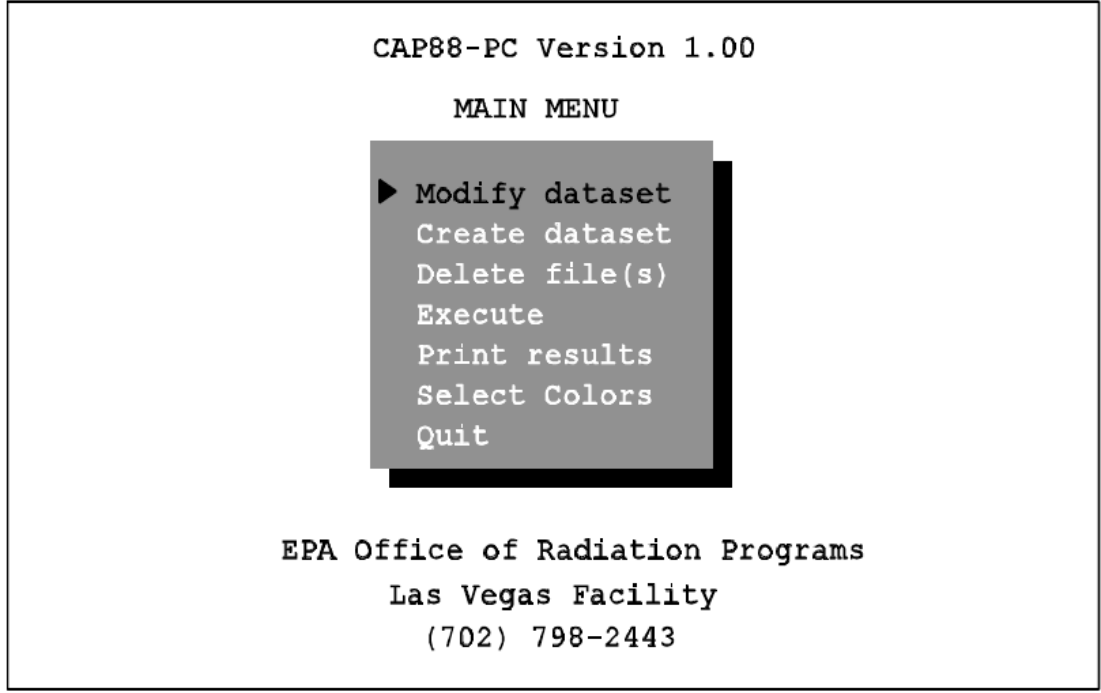
3.1. Cap88-PC Bilgisayar Kodunun Tanıtımı

CAP88-PC (Clean Air Act Assessment Package) bilgisayar kodu, radyoizotopların atmosferde yayılarak meydana getirebileceği doz ve risk hesaplarını yapan, bilgisayar ve veri tabanlarını içeren programlar dizisinden oluşmaktadır. Program yazılımında mevcut olan kolaylaştırıcı sembolik programlama dili aracılığıyla bir giriş dosyası oluşturularak, değerlendirmeler mümkün kılınmaktadır.

Bu bilgisayar kodu Gaussian dağılım modelini kullanarak, maksimum altı kaynaktan yayılan radyoizotopların atmosferdeki dağılımlarını incelemektedir (Anonim, 1992). Programda noktasal veya alansal kaynak olmak üzere iki tip seçeneğe olanak sağlanmakta olup 80 km yarıçaplı bir dairesel bölge için 16 rüzgâr yönünde, yerel hava koşulları, bölgenin coğrafi durumu ve yerleşim yerlerinin nüfus yoğunlukları göz önüne alınarak; herhangi bir ortamdaki radyoizotop konsantrasyonları ve bu konsantrasyonların bölge halkı üzerinde neden olabileceği radyasyon dozlarını ve radyolojik riskleri hesaplamaktadır.

Bunlara ek olarak program; havadaki radyoizotop konsantrasyonlarını, yiyeceklerdeki konsantrasyonları, yer yüzeyindeki depolanma oranlarını ve çalışmanın yapıldığı alandaki yiyeceklerin sindirimi ile insanların alabilecekleri radyasyon dozlarını da hesaplayabilmektedir.

CAP88-PC bilgisayar kodu, kütüphanesindeki toplam 265 radyoizotoptan, duman bulutu içerisinde radyoaktiviteye neden olan maksimum 36 radyoizotop kullanımına izin vermektedir. Ayrıca; programda, doz ve risk hesaplamaları sadece düşük kronik radyasyona maruz kalınan durumlar için uygulanır. Bunun nedeni, kullanılan sağlık etkileri ve dozimetrik verilerin düşük seviyeli kronik dozlar için geçerli olmasıdır. CAP88-PC bilgisayar kodu kısa vadeli (akut) veya yüksek seviyeli radyasyon dozları için tasarlanmamıştır (Parks, 1992). Şekil 3.1’de Cap88-Pc bilgisayar kodunun ana menü seçenekleri gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Cap88-Pc ana menü seçenekleri

3.2. CAP88-PC Programının İçeriği

Programın çalışması için gerekli olan giriş verileri belirli başlıklar altında toplanmaktadır. Bunlar; açıklayıcı, nüfus, meteorolojik, kaynak, tarımsal, radyoizotop, radyoaktif debi ve radyoizotop özelliklerine ait bilgilerdir. Aşağıda, programda mevcut olan bu sekiz başlık kısa bir şekilde açıklanacaktır. Şekil 3.2’de gösterilen menü aracılığıyla giriş verileri istenen başlık adı altında programa tanıtılabilmektedir.



Şekil 3.2. Cap88-Pc bilgisayar kodunun ekran kontrol menüsü

3.2.1. Açıklayıcı bilgiler

Burada; çalışmanın yapıldığı bölgenin belirtilmesi ve programın çalışmasında etkin olmayan, radyoaktivite hesaplarının hangi yıla ait olduğu, üzerinde çalışılan tesise ait adres bilgileri gibi, yapılan çalışmaya ait tanıtıcı bilgiler yer almaktadır.

Çalışmanın yapıldığı bölgenin programa tanıtılması ile bölgedeki et, süt ve sebze ekili alanlar programa tanıtılmaktadır. Fakat bunlarda programın çalışmasında etkin değildir.

3.2.2. Nüfus bilgileri

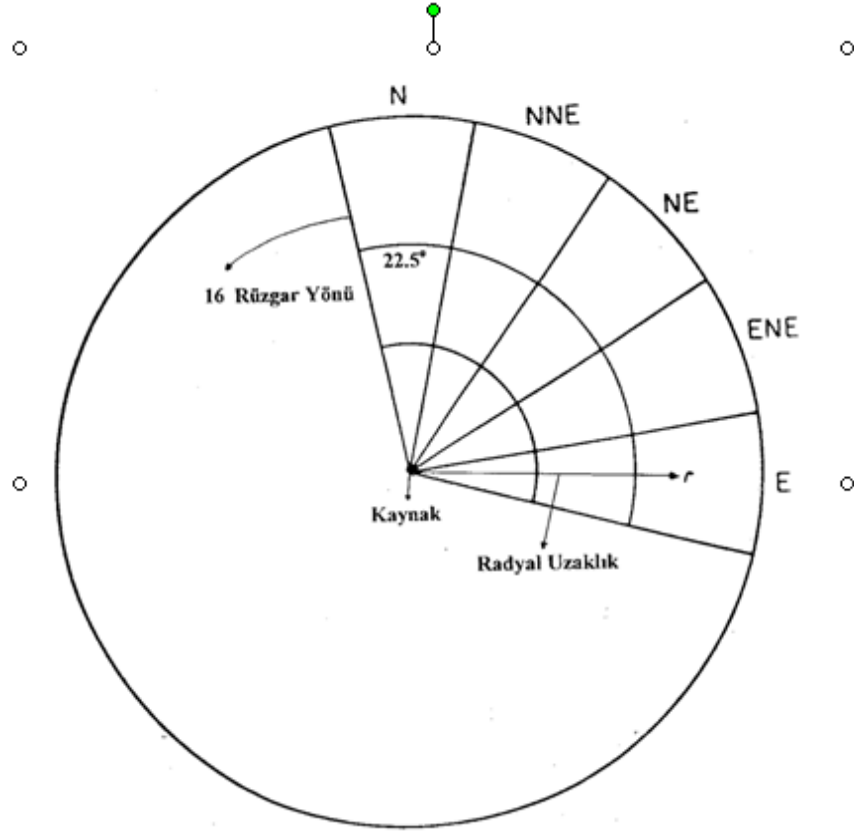
Daha önceden hazırlanmış bir dosya yardımı ile radyoaktivite hesaplarının yapıldığı bölgedeki nüfus dağılımı ve bölge içerisinde kalan yerleşim yerlerinin kaynağa olan uzaklıkları programa tanıtılır.

Program; 16 rüzgâr yönünün tersinde, dairesel bir ızgara yapısına sahiptir ve radyal doğrultuda yarıçapı 80 km'ye kadar olan, maksimum 20 ızgara aralığına bölünebilmektedir. Rüzgâr yönlerinin her biri 22.5°'lik bir açılık bölgeyi temsil etmektedir.

Programın kullandığı, rüzgâr yönlerinin açısal değişimleri Çizelge 3.1’de ve ızgara yapısı ise Şekil 3.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Rüzgâr yönlerinin açısal değişimleri

	Rüzgâr yönü	Açı değişimleri
1	N	348.75 - 11.25
2	NNE	11.25 – 33.75
3	NE	33.75 – 56.25
4	ENE	56.25 – 78.75
5	E	78.75 – 101.25
6	ESE	101.25 – 123.75
7	SE	123.75 – 146.25
8	SSE	146.25 – 168.75
9	S	168.75 – 191.25
10	SSW	191.25 – 213.75
11	SW	213.75 – 236.25
12	WSW	236.25 – 258.75
13	W	258.75 – 281.25
14	WNW	281.25 – 303.75
15	NW	303.75 – 326.25
16	NNW	326.25 – 348.75



Şekil 3.3. CAP88-PC bilgisayar programının ızgara yapısı

3.2.3. Meteorolojik bilgiler

Burada ise; 16 rüzgâr yönü için rüzgâr hızları ve bölgeye ait Pasquill kararlılık sınıfları, önceden hazırlanmış olan dosya vasıtasıyla programa tanıtılır.

Ayrıca; sırası ile bölgenin yıllık yağış miktarı, yıllık ortalama hava sıcaklığı ve troposferik karışım tabaka yüksekliği bu başlık altında programa giriş verisi olarak okutulur.

3.2.4. Kaynak bilgileri

Bu bölümde; kaynak tipi, kaynak sayısı, kaynak yüksekliği, kaynak çapı, duman yükselmesinin fiziksel modeli ve bu fiziksel modelle ilgili bilgiler programa girilmektedir.

Program kullanıcıya, noktasal veya alansal tipte olmak üzere; maksimum 6 adet kaynakla çalışma yapma seçeneği sunmaktadır. Ayrıca, duman yükselmesi için

kullanıcıya; fiziksel model olarak, momentum, yüzdürme kuvvetleri ve sabit seçenekleri sunulmaktadır.

Kurulan model birden çok kaynak içeriyorsa; her bir kaynağa ait yükseklik, çap ve kullanılan duman yükselmesi fiziksel modeliyle ilgili bilgiler her bir kaynak için ayrı ayrı belirtilmelidir.

3.2.5. Tarımsal bilgiler

Bu kısımda; yerel, kırsal, kentsel ve sabit olmak üzere dört değişik seçenek altında çalışma bölgeleri yer alır.

Belirtilen dört seçenek altında çalışılan yörenin sebze, süt ve et üretimleri ve tüketimlerine ait bilgiler girilir. Bunlara ek olarak km^2 'ye düşen süt ve et yoğunlukları ve sebze üretimine ayrılmış arazi oranları programa girilebilmektedir.

3.2.6. Radyoizotop bilgileri ve özellikleri

Radyoizotop bilgileri başlığı altında, duman bulutunda radyoaktiviteye sebep olan radyoizotoplar programa tanıtılır.

Program kullanıcıya, duman bulutu içerisinde radyoaktiviteye sebebiyet veren maksimum 36 radyoizotop kullanma izni vermektedir. Radyoizotopların, programa tanıtılması sırasında, ilgili radyoizotopun radyoaktif bozunum zincirindeki radyoizotopların da hesaba katılması imkânı kullanıcılara verilmektedir.

Radyoizotop özellikleri bölümünde ise tanımlanan her radyoizotop için radyoizotop çapı gibi fiziksel özellikler programa girilir. Her ne kadar bu değerler giriş verilerinde bulunsu da; program kendi kütüphanesinde her radyoizotop için bulunan sabit değerleri kullanmaktadır.

3.2.7. Radyoaktif debi

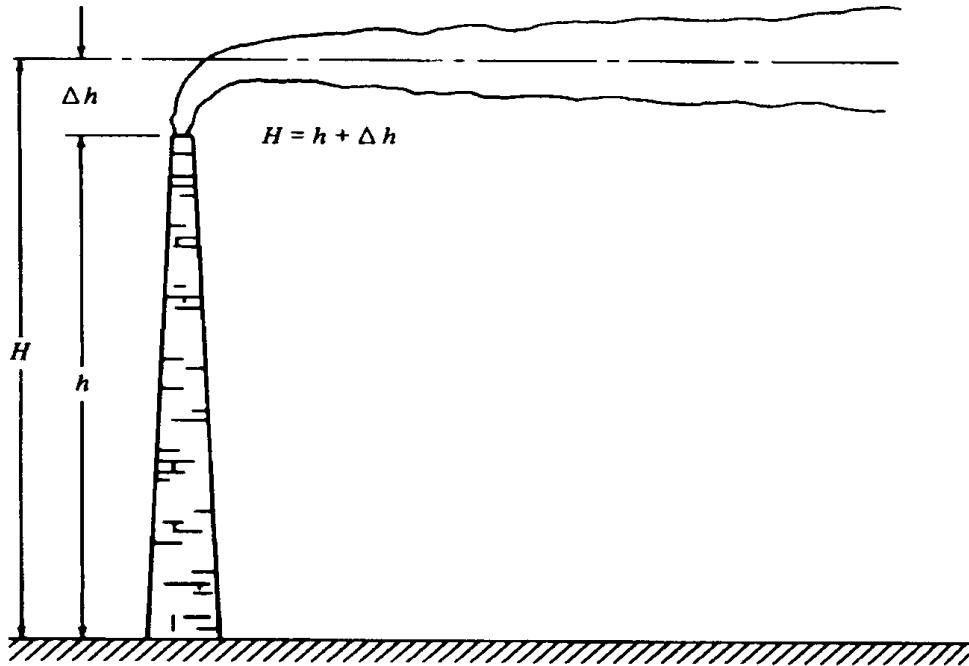
Bu başlık altında; kullanılan kaynak sayısı, her bir kaynağa ait ve radyoizotop listesinde tanımlanan her radyoizotop için radyoaktif debiler programa girilir.

3.3. Duman Yükselmesi Hesabı

Baca yoluyla dışarı atılan gazlar, içerdikleri momentum ve sıcaklıklarının karşılaştıkları ortamın sıcaklığının daha fazla olması nedeniyle meydana gelen yoğunluk farkıyla bir süre daha yükselmeye devam eder.

Gazların kimyasal yapıları ve kendi enerji durumları dışında, basınç, kararlılık, dış ortamdaki sıcaklık ve rüzgâr durumu gibi birtakım meteorolojik özelliklerine bağlı olarak değişim gösteren yükselme miktarına Δh , baca yüksekliğine h dersek, etkin baca yüksekliği (H), aşağıda verilen eşitlikten hesaplanır (Müezzinoğlu, 2000). Şekil 3.4’de etkin baca yüksekliği gösterilmiştir.

$$H = h + \Delta h \quad (3.1)$$



Şekil 3.4. Etkin baca yüksekliği

Etkin baca yüksekliği; ampirik bağıntılar, abaklar yardımıyla bulunabilir. Hava kirliliği yönetmeliği endüstriyel kaynaklı Δh 'ı bulmak için iki abak kullanır. Ampirik formüller; Holland, Carsos ve Moses, Concawe, Thomas ve Briggs formüllerini içerir.

CAP88-PC bilgisayar kodu, duman yükselmesi momentumları sayesinde yükselen gazlar için, aşağıda verilen Rupp denkleminde yararlanarak hesaplamaları yapar (Miller vd., 1986).

$$\Delta h = \frac{1.5 * v * D}{u} \quad (3.2)$$

v: Baca gazı çıkış hızı (m/s)

D: Baca çıkış ağzının iç çapı (m)

u: Rüzgâr hızı (m/s)

Program, yüzdürme kuvveti sayesinde yükselen gazlar için ise A, B, C ve D kararlılık sınıfları için duman yükselmesi, Denklem (3.3)'de verilen Briggs eşitliğinden yararlanmaktadır (Kuhlman ve Jennings, 1997).

$$\Delta h = \frac{1.6 * (3.7 * 10^{-5} * Q_H)^{1/3} x^{2/3}}{u} \quad (3.3)$$

Q_H : Baca gazının birim zamandaki enerjisi (cal/s)

x: Rüzgâr yönündeki mesafe (m)

u: Rüzgâr hızı (m/s)

Denklem (3.3), $x < 10h$ olduğu durumlarda geçerli olup, $x \geq 10h$ olduğu durumlarda, yüzdürme kuvvetleri sayesinde yükselen gazlar için duman yükselmesi aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$\Delta h = \frac{1.6 * (3.7 * 10^{-5} * Q_H)^{1/3} (10 * h)^{2/3}}{u} \quad (3.4)$$

E ve F kararlılık sınıfları için Denklem (3.3) ile verilen Briggs eşitliği program tarafından aşağıda verilen ifadede hesaplanmaktadır.

$$\Delta h = \begin{cases} \frac{1.6 * (3.7 * 10^{-5} * Q_H)^{1/3} x^{2/3}}{u} & , x = \frac{2.4 * u}{\sqrt{S}} \\ 2.9 * \left(\frac{(3.7 * 10^{-5} Q_H)}{u * S} \right)^{1/3} & , x > \frac{2.4 * u}{\sqrt{S}} \end{cases} \quad (3.5)$$

Bu denklemdeki kararlılık parametresi ise aşağıdaki eşitlikten hesaplanmaktadır.

$$S = \frac{g / T_a}{(\partial T_a / \partial z + 0.0098)} \quad (3.6)$$

g: Yer çekimi ivmesi (m/s²)

T_a : Hava sıcaklığı (K)

∂T_a / ∂z : Dikey sıcaklık gradyanı (K/m)

z: Bacanın üzerindeki yükseklik (m)

r: Atmosferik adyabatik sapma oranı (0.0098 K/m)

Pasquill E ve F kararlılık sınıfları için bilgisayar kodunda; dikey sıcaklık gradyanları için program kütüphanesinde bulunan sabit değerler kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak program kullanıcılara; duman yüksekliği hesabı için, ölçülebilen değerlerin giriş verisi olarak kullanılabildiği ve gerekli durumlarda sıfır seçilebileceği iki seçenek daha sunmaktadır.

3.4. Etkin Baca Yüksekliğinde Duman Bulutunun Atmosferde Yayılması

Birim zamanda birim alandan geçen gazın kütlesi (akı) belli yönde gazın konsantrasyonundaki değişimi (konsantrasyon gradyanı) ile azalır. Bu durum 1. Fick yasası olarak tanımlanır.

Türbülanslı ortamda noktasal kaynaktan çıkan bir kirleticinin zaman göre değişimi difüzyon katsayısına bağlı olarak konsantrasyon gradyanının ikinci dereceden türevi ile ilişkilidir. Bu durum 2. Fick yasası olarak tanımlanır.

Belirli bir bölgede geçerli dış hava kalitesi (imisyon) değerleriyle bu kaliteyi etkileyen kaynakların havaya boşalttıkları (emisyon) kirletici miktarları arasında

doğrudan bir bağıntı vardır. Bu bağıntı 2. Fick yasasından yola çıkarak homojen ve anizotropik yapıda, akış halindeki ortam için geliştirilmiş dispersiyon denkleminde meydana gelmiştir (Müezzinoğlu, 2000).

Belirli bir yükseklikten bırakılan bir sızıntı karşılaştığı ortamın havasından daha sıcak ise yükselecektir. Süper adyabatik durumda, hava adyabatik olarak soğuduğundan dolayı yükselmeye devam edeceğinden buna kararsız durum adı verilmektedir. Eğer gerçek sıcaklık profili, belirli bir yükseklikte azalacağına artarsa, buna enversiyon adı verilir (Müezzinoğlu, 2000).

Enversiyon halinde ise, yükselen hava daha sıcak tabakaya ulaşınca burada kalır. Bu olaya kararlı durum adı verilmektedir.

Kirlilik, yatay hava akımları ile yayılarak konsantrasyonu azaltır. Düşey hareketler en fazla kararsız atmosferde olup, yer yüzeyinin kirlenmesine neden olabilir. Kararlı atmosfer ise gazların yükselmesini önleyerek kirliliğin yer seviyesinde kalmasına neden olur (Öney, 1973; Aybers ve Bayülken, 1992).

Toprak zemin, kirliliği bir miktar da olsa yansıtmaktadır. Bu nedenle bir önceki andan kalan ve yerden yansıyan kirleticiler, ilk kez o noktaya ulaşmış kirleticilerle toplanarak daha yüksek değerlere ulaşmaktadır.

Radyoaktif bulut; etkin baca yüksekliğinde, rüzgârın etkisi ile x yönünde, u hızıyla hareket ederek, y ve z yönlerinde salınım yoluyla yayılacaktır. Bacadan çıkan radyoaktif bir bulutun yere bağlı konsantrasyon dağılımı, Denklem (3.7)'de verilen eşitlik ile hesaplanır (Parks ve Chaki, 2000).

$$\chi = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}} \left\{ e^{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}} + e^{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}} \right\} \quad (3.7)$$

χ : z yüksekliğinde havadaki radyoaktif konsantrasyon (Ci/m³)

Q : Bacadan çıkan radyoaktif debi (Ci/s)

σ_y : Yatay dağılım katsayısı (m)

σ_z : Düşey dağılım katsayısı (m)

u: Rüzgâr hızı (m/s)

Bu denklemde kullanılan düşey ve yatay dağılım katsayıları, Pasquill atmosferik kararlılık kategorilerine ve kaynaktan olan uzaklıklara bağlıdır. Ayrıca, Denklem (3.7)'de $y = 0$ ve $z = 0$ yapılarak, aşağıda da verilen yer seviyesindeki radyoaktif konsantrasyon denklemi, yani Denklem (3.8) elde edilir.

$$\chi = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z u} e^{-\frac{H^2}{2\sigma_z^2}} \quad (3.8)$$

3.5. Çeşitli Hava Koşullarında Birim Zamanda Yer Seviyesinde Radyoaktivite Birikimi

Hava koşullarının yağışlı ve yağışsız olmasına göre, yer seviyesinde birim zamanda radyoaktivite birikimi değişik ifadelerden hesaplanmaktadır (Parks, 1992).

Yer seviyesinde yağışsız (kuru) havalarda radyoaktivite birikimi R_d , yukarıda da verilen Denklem (3.7)'de geçen yer seviyesi radyoaktif konsantrasyonu χ 'in, V_d birikim hızı ile birlikte kullanılmasıyla birlikte aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$R_d = V_d X \quad (3.9)$$

R_d : Yer seviyesinde radyoaktivite birikimi ($\text{pCi}/\text{cm}^2/\text{s}$)

V_d : Birikim hızı (cm/s)

X : Yer seviyesindeki radyoaktif konsantrasyon (pCi/cm^3)

Denklemdeki birikim hızı, programın kendi içeriğinde yüklü bulunan sabit değerleri kullanmaktadır. Bu sabit değerler şunlardır:

$$V_d = \begin{cases} 3.5 * 10^{-2} & (\text{m}/\text{s}), \text{ iyod} \\ 1.8 * 10^{-3} & (\text{m}/\text{s}), \text{ partiküller} \\ 0 & , \text{ gazlar} \end{cases}$$

Yer seviyesinde yağışlı havalarda ise radyoaktivite birikimi R_s , RR yıllık yağış miktarı olmak üzere; Denklem (3.10)'dan hesaplanır.

$$R_s = \frac{Q * (RR * 1 * 10^{-7})}{0.397825 * u} \quad (3.10)$$

R_s : Yer seviyesindeki radyoaktivite birikimi (pCi/cm²s)

RR: Yıllık yağış miktarı (cm/yıl)

u: Rüzgâr hızı (m/s)

3.6. Radyoaktif Duman Bulutunun Tükenmesi

Yağışsız ve yağışlı hava durumlarına göre yüzeyde depolanan duman bulutu içerisindeki radyoizotoplar, bir taraftan da radyoaktif bozunum yolu ile radyoaktif bulut içerisinde zamana bağlı olarak azalacaktır. Radyoaktif buluttaki toplam radyoaktivitenin tükenmesi, bir üstte de belirtilen hava koşullarında yüzeydeki depolanmaya ve radyoaktif bozunum oranlarına bağlıdır (Slade, 1968; Öney, 1973).

Yüzeydeki radyoaktif debi yağışlı havalarda belirli bir zaman sonra, her x yönünde aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$\frac{Q^1}{Q} = e^{-\left(RR * 1 * 10^{-7}\right)t} \quad (3.11)$$

Q^1 : Belirli bir zaman sonra yüzeydeki radyoaktif debi (Ci/s)

Q: Başlangıçtaki radyoaktif debi (Ci/s)

t: Dumanın rüzgâr yönünde belirli bir x uzaklığına erişebilmesi için geçen zaman (s)

Yüzeydeki radyoaktif debi yağışsız havalarda ise Denklem (3.7)'de $z = 0$ yapılarak ve radyoaktif bulutun yüzeye doğru eğimi göz önüne alınarak, etkin baca yüksekliği H'tan $V_g x / u$ ifadesinin çıkarılması ile aşağıdaki ifade elde edilir (Van der Hoven, 1968).

$$\frac{Q^1}{Q} = \exp \left\{ - \frac{\sqrt{2/\pi} V_d}{u} \int_0^x \frac{\exp \left(- \frac{(H - V_g x / u)^2}{2\sigma_z^2} \right)}{\sigma_z} dx \right\} \quad (3.12)$$

V_d : Birikim hızı (m/s)

u : Rüzgâr hızı (m/s)

σ_z : Düşey dağılım katsayısı (m)

V_g : Yer çekimine bağlı hız (m/s)

H : Etkin baca yüksekliği (m)

x : Rüzgâr yönündeki uzaklık (m)

Denklem (3.12)'deki integral ifadesi, V_g yer çekimine bağlı hız olup sayısal integrasyon sonucu hesaplanır. İntegral işlemi sırasında düşey dağılım katsayısının değeri; bu ifadenin konum bağımlılığı göz önüne alınarak, Pasquill atmosferik kararlılık sınıfları için program kütüphanesinde var olan değerler kullanılarak hesaplanmaktadır.

Çeşitli baca yükseklikleri ve rüzgâr hızları için dağılım katsayıları Pasquill kararlılık sınıfları için program kütüphanesinde mevcuttur. Belirli bir x yönünde bir u rüzgâr hızına karşılık gelen dağılım katsayıları program kütüphanesinden çağırılmaktadır. Fakat istenilen dağılım katsayısının değeri program kütüphanesinde bulunan iki değer arasında kalıyor ise bu durumda program tarafından lineer interpolasyon yapılmaktadır. Radyoaktif bulut içerisinde radyoaktivite azalması, standart radyoaktif bozunum yasasına göre verilir.

$$\frac{Q^1}{Q} = e^{-\lambda_r t} \quad (3.13)$$

λ_r : İlgili radyoizotopa ait etkin bozunum sabiti

t : Dumanın ilerlemesi için gerekli olan zaman (s)

Üzerinde çalışılacak radyoizotoplara ait bu değerler program kütüphanesinden, programa aktarılabilmektedir.

3.7. Dağılım Katsayıları

Rüzgâr yönüne dik olan y ve z eksenlerinde hüzme dağılımı, Gauss fonksiyonları ile temsil edilebilir. Gauss dağılımının ortaya çıktığı iki eksendeki kirletici dağılımı, dispersiyon katsayıları olarak dile getirilen dağılım katsayıları ile temsil edilir.

Bu katsayılar; Gaussian hüzmenin boyutlarında meydana gelen difüzyonu, atmosferik kararlılık taşınma mesafesi ya da taşınma zamanının fonksiyonu şeklinde açıklayan parametrelerdir. Gerçekte uzunluk boyutundaki bu katsayılar hüzme konsantrasyon değişimlerinin rüzgâr yönüne düşey σ_z ve dik yöndeki σ_y standart sapmalarıdır.

Dağılım katsayıları, kaynaktan uzaklığa (x mesafesi) ve atmosferik kararlılık durumuna bağlı olarak değişmektedir. Pasquill, deneysel veriler üzerinde çalışmalar yaparak, atmosferik koşulları 7 ana grupta toplamıştır. Bu koşullar Çizelge 3.2’de gösterildiği gibidir (Aybers ve Bayülken; 1992).

Çizelge 3.2. Pasquill atmosferik kararlılık sınıfları

Kararlılık sınıfı	Atmosferik koşul
A	Çok Kararsız
B	Kararsız
C	Hafifçe Kararsız
D	Nötral
E	Hafifçe Kararlı
F	Kararlı
G	Çok Kararlı

Günün değişik zamanlarının, rüzgâr hızlarına göre hangi kararlılık sınıfını simgelediği Çizelge 3.3’de gösterilmiştir. Çizelge 3.3’de verilen sınıflama gündüz ve gece saatlerinde her tam saat için bulunup 8 saatlik değerlendirilmektedir. Ayrıca, gece ile gündüz, güneşin doğuş ve batışıyla tayin edilmekte, gece saati, güneşin doğuşundan sonraki tam saati de kapsamaktadır (Turner, 1969).

Çizelge 3.3. Günlük kararlılık sınıflandırılması (Cember, 1983)

	Gündüz (Güneş ışınlarının yüzeye ulaşmasına göre)			Gece	
Rüzgâr hızı (m/s)	Güçlü	Orta	Zayıf	Az bulutlu veya $\geq 4/8$ az bulutlu	$\leq 3/8$ bulut ile kaplı
<2	A	A-B	B	F	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Günlük kararlılık sınıflandırılması, güneş ışınlarının yeryüzüne erişimine bağlı olarak yapılabilmektedir. Çizelge 3.4’de ise güneş ışınlarının yeryüzüne ulaşma şekilleri verilmiştir.

Çizelge 3.4. Güneş ışınlarının yeryüzüne ulaşma şekilleri (Turner, 1969)

Hava bulutluluğu	Güneş ışınların yüzeye geliş açısı $>60^\circ$	$60^\circ \geq$ Güneş ışınların yüzeye geliş açısı $>35^\circ$	$35^\circ \geq$ Güneş ışınların yüzeye geliş açısı $>15^\circ$
Bulutsuz havalarda	Güçlü	Orta	Zayıf
5/8’den 7/8’e kadar orta bulutlulukta	Orta	Zayıf	Zayıf
5/8’den 1/8’e kadar az bulutlulukta	Zayıf	Zayıf	Zayıf

Düşey ve yatay dağılım katsayıları, Çizelge 3.2’de verilen atmosferik kararlılık sınıflarına göre, Çizelge 3.5’de verilen ifadelerden hesaplanmaktadır (Gifford, 1976; Miller vd., 1986).

Çizelge 3.5. Atmosferik kararlılık sınıflarına göre dağılım katsayıları (Gifford, 1976)

Pasquill Kararlılık Sınıfı	σ_y (m)	σ_z (m)
A	$0.22x(1+0.0001x)^{-1/2}$	$0.2x$
B	$0.16x(1+0.0001x)^{-1/2}$	$0.12x$
C	$0.11x(1+0.0001x)^{-1/2}$	$0.08x(1+0.0002x)^{-1/2}$
D	$0.08x(1+0.0001x)^{-1/2}$	$0.06x(1+0.0015x)^{-1/2}$
E	$0.06x(1+0.0001x)^{-1/2}$	$0.03x(1+0.0003x)^{-1}$
F	$0.04x(1+0.0001x)^{-1/2}$	$0.016x(1+0.0003x)^{-1}$
G	$(F-E)/2$	$(F-E)/2$

Bu çizelgedeki veriler, kaynaktan rüzgârın gittiği doğrultuda 100 m ile 10000 m arasındaki uzaklıklar için dağılım katsayılarını içermektedir.

Bunun dışında, dağılım katsayıları CAP88-PC bilgisayar programında üsler kanununa göre de verilmektedir.

$$\sigma_y = \frac{x^A}{C} \quad (3.14)$$

$$\sigma_y = \frac{x^D}{F} \quad (3.15)$$

Bu iki denklemde bulunan A,C,D ve F sabit katsayıları kararlılık sınıflarına ve etkin baca yüksekliklerine göre program kütüphanesinde mevcuttur.

3.8. Radyasyon Dozu ve Risk Hesabı

Risk kavramı, herhangi bir olay sonunda ortaya çıkabilecek istenmeyen bir netice için toplum ve kişilerin yükleneceği zarar ve kayıpların ölçüsü olarak ortaya çıkmıştır. İnsan etkinliklerinin tümünde kendisine zarar verebilecek bir tehlike olasılığı bulunmaktadır.

Risk olarak adlandırılan bu tehlike olasılığının kaynağı, çevremizde var olan doğal olaylar olabileceği gibi, çeşitli araç gereçlerde olabilir. Günlük hayatımızda riski sıfır olan hiçbir davranış ve olay yoktur.

Belirsizliklerden kaynaklanan, kişiye özgü korku hissine “subjektif risk”, geçmişte vuku bulmuş bazı olaylara ve çeşitli varsayımlara dayanılarak hesaplanmış kaza olasılıklarına ise “kantitatif risk” adı verilir.

Bir olayın riski kantitatif olarak aşağıda bulunan formül ile belirlenir (Aybers ve Bayülken, 1992).

$$\text{Risk}(\text{ölü/yıl}) = \text{Frekans}(\text{olay/yıl}) * \text{Şiddet}(\text{ölü/olay}) \quad (3.16)$$

Bu denklem kullanılarak ortalama kişisel risk ise aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$\text{Kişisel Risk}(\text{ölü /yıl.kişi}) = \frac{\text{Risk}}{\text{Nüfus}} \quad (3.17)$$

İnsanlarda düşük dozda radyasyonun sebep olduğu etkilerin, ışınlamadan uzun süre sonra ortaya çıktığı veya gelecek nesillere aktarıldığı kabul edilmektedir. Radyasyona karşı embriyo çok duyarlı olduğundan, olası radyasyon etkilerinin doğum öncesi meydana geldiği kabul edilmektedir.

İçten ve dıştan maruz kaldığımız radyoaktivite ne kadar büyük ise vücuda alınan radyasyon dozları da o kadar fazla olmaktadır. Radyoaktivite ile etkin radyasyon dozu arasındaki ilişki bir hayli karmaşıktır. Radyoaktiviteden eşdeğer organ dozlarına ve bu değerlerden yararlanarak, bütün vücut etkin dozunu belirlemek için birçok biyolojik ve fiziksel parametrenin bilinmesi gerekmektedir.

CAP88-PC bilgisayar programında; radyoaktif bulutun geçişi sırasında kontamine olmuş havanın solunması ve radyoaktif depozisyona uğramış gıda ürünlerinin yenilmesi ve içilmesi sonucu meydana gelecek iç ışınlamaya karşılık gelen radyasyon dozları ve bu dozların meydana getirebileceği genetik ve kanser riskleri,

“Oak Ridge Ulusal Laboratuvarı” (ORNL) ve ICRP tarafından uzun araştırmalar sonucunda belirlenen katsayılar kullanılarak hesaplanmaktadır (Anonim, 1989).

İnsan vücudunun herhangi bir organı için hesaplanan eşdeğer doz değerlerinden yola çıkarak, vücudun maruz kaldığı etkin doz program tarafından hesaplanmaktadır. İnsan vücudunun 7 organdan oluştuğu kabul edilerek, bütün vücut etkin dozu hesaplanır. Bu 7 organın vücuttaki ağırlık yüzdeleri Çizelge 3.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. İnsan vücudunu temsil eden organlar ve ağırlık yüzdeleri (Cember, 1983)

Organ	Ağırlık yüzdesi (%)
Üreme organları (gonadlar)	0.25
Göğüs	0.15
Kırmızı Kemik iliği	0.12
Ciğerler	0.12
Tiroid	0.03
Kemikler	0.03
Diğer organlar	0.30
Tüm vücut	1.00

Risk hesabında göz önüne alınan kanser türleri sırasıyla; lösemi, kemik, tiroid, göğüs, akciğer, mide, bağırsak, karaciğer, pankreas ve prostat olmak üzere 10 çeşittir.

Radyoaktif bulutun geçişi sırasında kontamine olmuş havanın solunması, ve radyoaktif depozisyona uğramış gıda ürünlerinin yenilmesi ve içilmesi sonucu meydana gelecek iç ışınlamaya ait yıllık insan vücudunun herhangi bir organ ve dokusuna karşılık gelen eşdeğer radyasyon dozu D_T (mSv/yıl); yukarıda belirtilen her bir geçiş yolu için ayrı ayrı aşağıdaki denklemden hesaplanır.

$$D_T = \frac{E_{ij}(k)DF_{ijl}K_j}{P(k)} \quad (3.18)$$

$E_{ij}(k)$: Işınlanma hızı (kişi.pCi/cm³)

DF_{ijl} : Doz çevirme faktörü (mrem/nCi.yıl/m³)

K_j : Birim çevirme faktörü (0.001 nCi/pCi . 1*10⁶ cm³/m³ .10⁻² mSv/mrem)

$P(k)$: Radyasyona maruz kalan kişi sayısı

Denklem (3.18)'den hesaplanan eşdeğer dozlardan ve Çizelge 3.6'da verilen organların ağırlık yüzdeleri kullanılarak bütün vücut etkin dozu aşağıdaki ifadedden hesaplanır.

$$D_E = \sum_T w_T D_T \quad (3.19)$$

w_T : İnsan vücudunu temsil eden organların ağırlık yüzdeleri

D_T :İnsan vücudunda herhangi bir organ için hesaplanmış eşdeğer doz

Bu denklem ile hesaplanan yıllık kişisel bütün vücut etkin dozu, genetik ve kanserden ölüm risk katsayıları ile çarpılarak genetik ve kanserden ölüm riskleri belirlenir.

4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Yapılan bu çalışmada, CAP88-PC bilgisayar programı yardımıyla; radyoaktif uçucu küllerin atmosfere dağılımını modelleyerek, Yatağan, Yeniköy ve Kemerköy Termik Santrallarının bulundukları ilçe sınırları içerisinde yaşayan halkın maruz kalabileceği bütün vücut etkin radyasyon dozları ve bu dozlar sonucu meydana gelebilecek radyolojik riskler hesaplanmıştır.

İncelenen üç termik santral için uygulanan modelde; radyoaktif debi miktarları ve cinsleri, santralların fiziksel büyüklükleri, atmosferik yayılma koşulları, yerleşim birimlerine uzaklıkları ve belirlenen yerleşim birimlerinde yaşayan halkın nüfusunu içeren giriş verileri Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6’da verilmektedir. Ayrıca santrallara ait toz emisyonlarının bacadan çıkış hızları daha önceden bilindiğinden ötürü duman yükselmesi hesabında, momentumları sayesinde yükselen gazlar için mevcut olan fiziksel model kullanılmıştır.

Yatağan, Kemerköy ve Yeniköy Termik Santrallarının civarındaki ilçeler için kullanılan giriş verilerinin verildiği çizelgelerde kişi başına düşen yıllık gıda tüketim değerleri birbirine çok yakın olduğundan her bölge için aynı değerler kullanılmıştır.

Şekil 3.4’de verilen ızgara yapısına göre; incelenen üç termik santrala göre en uzak yerleşim birimleri, radyal doğrultuda 30 km uzaklıktadır. Santralların içinde bulunduğu ilçeler göz önüne alınarak kurulan modelde; santrallara en uzak noktalar, 20 ızgara aralığında son ızgara noktaları olarak seçilmiştir. Kurulan bu modelde kullanılan diğer ızgara aralıkları ilçe sınırları içerisinde kalan yerleşim birimlerinin nüfus yoğunlukları göz önüne alınarak belirlenmiştir.

Termik santrallar merkez alınarak 30 km yarıçap içerisinde bulunan yerleşim birimleri ve bu yerleşim birimlerinin santrallara rüzgâr yönündeki uzaklık değerleri kullanılarak, program çalıştırılmasında gerekli olan nüfus bilgilerinin yer aldığı “POP” uzantılı dosyalar oluşturulmuştur.

Eğer “POP” uzantılı bir dosyada tanımlı olan uzaklık yerleşim biriminin gerçek uzaklığına karşılık gelmiyorsa, dosya içerisinde yer alan gerçek uzaklığa en yakın değer gerçek uzaklık olarak kullanılır. Ayrıca; CAP88-PC bilgisayar programı rüzgâr frekansları yerine rüzgâr hızlarını kullanmaya yönelik olduğundan program içerisinde rüzgâr frekanslarını, rüzgâr hızlarına çeviren GETWIND isimli bir ek program mevcut olmaktadır.

Radyoaktif debi; uçucu kül örneklerinde ölçülen alfa aktivitesi, santral bacalarından atmosfere verilen toz emisyon debisi ve santral kullanma faktörü ifadeleri kullanılarak Denklem (4.1)’de verilen eşitlikten hesaplanmaktadır.

$$Q_i = m A_i L \quad (4.1)$$

Q_i : Radyoaktif debi (Bq/yıl)

m : Toz emisyon debisi (kg/yıl)

A_i : Kül örneklerinde ölçülen aktiviteler (Bq/kg)

L : Santral kullanma faktörü (%)

Doğal radyoaktif ağır elementlere ait üç adet radyoaktif seriden biri olan U-238; 14 basamakta 8 alfa, 6 beta ve bunlarla birlikte gama ışınları ve nötrinolar yayınlayarak kararlı Pb-206’da son bulurken, Th-232 serisi ise 6 alfa, 4 beta yayınlayarak kararlı Pb-208’de son bulur (Anonim, 1975). U-238 ve Th-232 radyoizotoplarının radyoaktif bozunum zincirleri sırasıyla Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9’da verilmiştir. Bunlara ek olarak, yerkabuğunun oluşumundan beri bulunan radyonüklitlerin yarılanma süreleri ve doğada bulunma oranları Çizelge 4.7’de verilmiştir (Atakan, 2008).

Termik santralların sınırları içerisinde bulunduğu ilçelere ait yerleşim birimleri, yerleşim birimlerinin santrallara rüzgâr yönündeki uzaklıkları incelenen termik santrallar civarındaki ilçeler için sırasıyla Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6’da verilmiştir. Bu çizelgelerdeki değerler yardımıyla “POP” uzantılı dosyalar oluşturulmuş olup program, kentsel bölgeler için hesap yapma seçeneğinde çalıştırılmıştır.

Nüfus bilgilerinin bulunduğu dosyalarda 16 rüzgâr yönü için 20 radyal uzaklık bulunmaktadır. İlçe sınırları içerisinde kalan bir yerleşimin nüfusu rüzgâr yönüne ve

radyal uzaklığına göre nüfus bilgilerinin bulunduğu dosyada yer almaktadır. Ayrıca nüfus bilgilerinin bulunduğu dosyalarda ilgili ilçelerin enlem ve boylamlarını da yer almaktadır.

16 rüzgâr yönündeki, her atmosferik kararlılık sınıfı ve rüzgâr hızlarına karşılık gelen ve her ilçe için ayrı ayrı oluşturulan, rüzgâr frekansları dosyalarının, CAP88-PC bilgisayar programının yapısında bulunan GETWIND programı kullanılarak, “WND” uzantılı olarak elde edilen dosyalardaki değerlerdir.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden santral bölgeleri için 2010 yılına ait saatlik sıcaklık, bulutluluk, rüzgâr hızı ve yönü gibi değerler kullanılarak rüzgâr frekans değerleri hesaplanmıştır (Anonim, 2010). Hesaplanan değerler, Çizelge 4.10, Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.11’de verilen rüzgâr yönlerine göre, rüzgâr frekans değerlerinin, Pasquill kararlılık sınıflarına dağılımı Çizelge 3.3’te verilen tabloda belirtildiği gibi hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3 giriş verileri kullanılarak hesaplanan bütün vücut etkin radyasyon dozları ve kollektif etkin doz değerleri sırasıyla Ek A., Ek B., Ek C., Ek D., Ek E. ve Ek F.’deki gibidir.

Ek G.’de ise Yatağan, Kemerköy ve Yeniköy Termik Santralleri merkezde olmak koşuluyla taranan, 30 km yarıçaplı dairesel bir bölge içerisinde kesişen yerleşim birimleri ve bu yerleşim birimlerinin rüzgâr yönleri ile santrallara olan uzaklıkları verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kemerköy Termik Santrali Hesaplarında Kullanılan Giriş Verileri

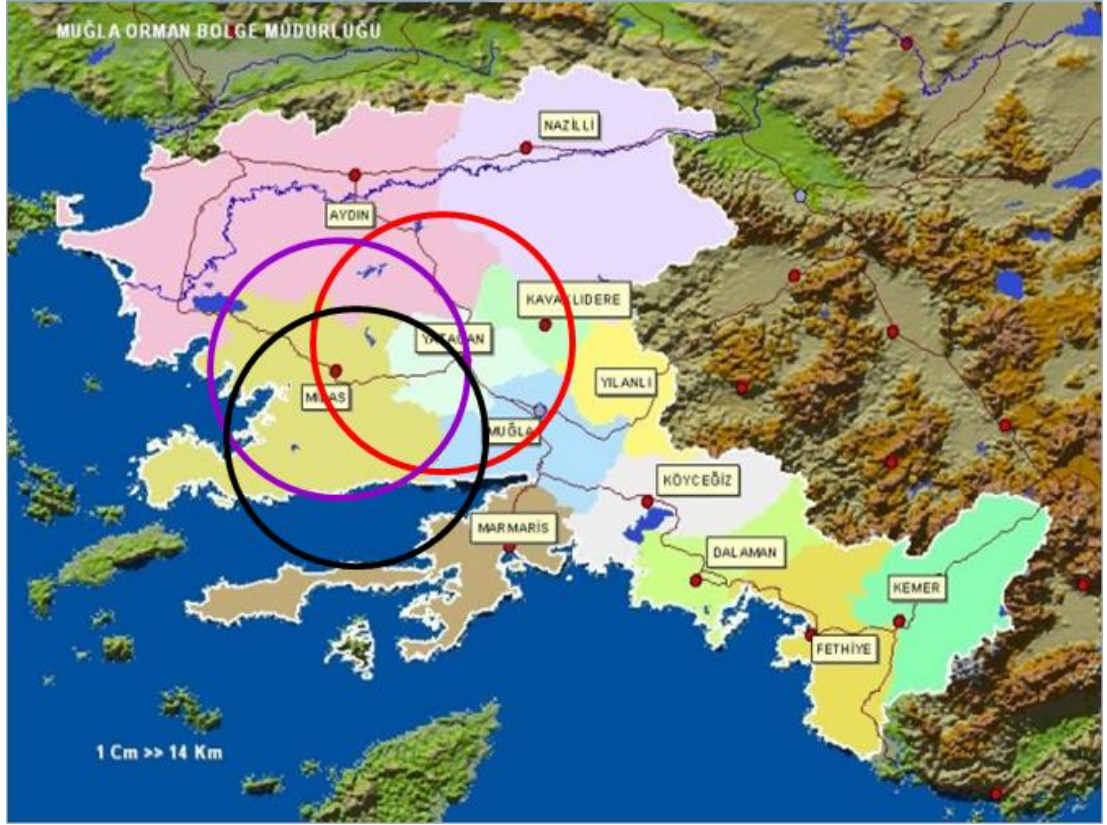
Hesapların yapıldığı uzaklıklar (m)	1000-2500-3500-4500-5500-6500-8000-10000 11500-12500-13500-14500-16300-18300- 20000 22000-24000-25500-27000-29000
Santral, merkezde olmak üzere 30 km yarıçapında bulunan yerleşim alanlarına ait nüfus dağılımlarının okunduğu dosya	KEMERKOY.POP
Santral, merkezde olmak üzere 30 km yarıçapında bulunan yerleşim alanlarına ait rüzgâr hızları	2010.WND
Santral, merkezde olmak üzere 30 km yarıçapında bulunan yerleşim alanlarına ait yıllık yağış miktarı (mm/yıl)	530.2
Santral, merkezde olmak üzere 30 km yarıçapında bulunan yerleşim alanlarına ait yıllık ortalama sıcaklık (°C)	16.5
Karışım yüksekliği (m)	448
Baca yüksekliği (m)	320
Bacanın çıkıştaki iç çapı (m)	20.5
Toz emisyonunun baca çıkış hızı (m/s)	22.5
Toz emisyon debisi (kg/saat)	0.83
Santral kullanma faktörü (%)	75
Uçucu külde ölçülen maksimum radyoaktivite U-238 (Bq/kg) Th-232 (Bq/kg) Ra-226 (Bq/kg) K-40 (Bq/kg)	980 30.0 723.6 249.0
Yıllık radyoaktivite debisi (MBq/yıl) U-238 Th-232 Ra-226 K-40	0.535 0.015 0.249 0.137
Radyoizotop listesi	U-238, Th-232, Ra-226, K-40
Kişi başına yıllık et tüketimi (kg/yıl)	22.9
Kişi başına yıllık sebze tüketimi (kg/yıl)	117
Kişi başına yıllık tahıl tüketimi (kg/yıl)	118
Kişi başına yıllık süt tüketimi (L/yıl)	6

Çizelge 4.2. Yatağan Termik Santrali Hesaplarında Kullanılan Giriş Verileri

Hesapların yapıldığı uzaklıklar (m)	1000-2500-3500-4500-5500-6500-8000-10000 11500-12500-13500-14500-16300-18300- 20000 22000-24000-25500-27000-29000
Santral, merkezde olmak üzere 30 km yarıçapında bulunan yerleşim alanlarına ait nüfus dağılımlarının okunduğu dosya	YATAGAN.POP
Santral, merkezde olmak üzere 30 km yarıçapında bulunan yerleşim alanlarına ait rüzgâr hızları	2010.WND
Santral, merkezde olmak üzere 30 km yarıçapında bulunan yerleşim alanlarına ait yıllık yağış miktarı (mm/yıl)	598.2
Santral, merkezde olmak üzere 30 km yarıçapında bulunan yerleşim alanlarına ait yıllık ortalama sıcaklık (°C)	16.5
Karışım yüksekliği (m)	384
Baca yüksekliği (m)	120
Bacanın çıkıştaki iç çapı (m)	5.8
Toz emisyonunun baca çıkış hızı (m/s)	16
Toz emisyon debisi (kg/saat)	211.68
Santral kullanma faktörü (%)	75
Uçucu külde ölçülen maksimum radyoaktivite U-238 (Bq/kg) Th-232 (Bq/kg) Ra-226 (Bq/kg) K-40 (Bq/kg)	375 115.7 389.3 585.1
Yıllık radyoaktivite debisi (MBq/yıl) U-238 Th-232 Ra-226 K-40	52.101 16.077 54.087 81.291
Radyoizotop listesi	U-238, Th-232, Ra-226, K-40
Kişi başına yıllık et tüketimi (kg/yıl)	22.9
Kişi başına yıllık sebze tüketimi (kg/yıl)	117
Kişi başına yıllık tahıl tüketimi (kg/yıl)	118
Kişi başına yıllık süt tüketimi (L/yıl)	6

Çizelge 4.3. Yeniköy Termik Santralı Hesaplarında Kullanılan Giriş Verileri

Hesapların yapıldığı uzaklıklar (m)	1000-2500-3500-4500-5500-6500-8000-10000 11500-12500-13500-14500-16300-18300- 20000 22000-24000-25500-27000-29000
Santral, merkezde olmak üzere 30 km yarıçapında bulunan yerleşim alanlarına ait nüfus dağılımlarının okunduğu dosya	YENIKOY.POP
Santral, merkezde olmak üzere 30 km yarıçapında bulunan yerleşim alanlarına ait rüzgâr hızları	2010.WND
Santral, merkezde olmak üzere 30 km yarıçapında bulunan yerleşim alanlarına ait yıllık yağış miktarı (mm/yıl)	559.1
Santral, merkezde olmak üzere yerleşim alanlarındaki yıllık ortalama sıcaklık (°C)	18.1
Karışım yüksekliği (m)	352
Baca yüksekliği (m)	206.75
Bacanın çıkıştaki iç çapı (m)	7.82
Toz emisyonunun baca çıkış hızı (m/s)	17.2
Toz emisyon debisi ((kg/saat)	0.50
Santral kullanma faktörü (%)	75
Uçucu külde ölçülen maksimum radyoaktivite U-238 (Bq/kg) Th-232 (Bq/kg) Ra-226 (Bq/kg) K-40 (Bq/kg)	1220 29.5 453.4 232.6
Yıllık radyoaktivite debisi (MBq/yıl) U-238 Th-232 Ra-226 K-40	0.401 0.011 0.149 0.007
Radyoizotop listesi	U-238, Th-232, Ra-226, K-40
Kişi başına yıllık et tüketimi (kg/yıl)	22.9
Kişi başına yıllık sebze tüketimi (kg/yıl)	117
Kişi başına yıllık tahıl tüketimi (kg/yıl)	118
Kişi başına yıllık süt tüketimi (L/yıl)	6



Şekil 4.1. Üç termik santral için 30 km yarıçaplı taranan bölgeler

Şekil 4.1’de üç termik santral için taranan bölgeler gösterilmiştir. Termik santrallar merkezde olmak üzere; kırmızı renk ile çizilmiş olan bölge Yatağan Termik Santralının, mor renk ile çizilmiş olan bölge Yeniköy Termik Santralının ve Siyah renk ile çizilmiş olan bölge ise Kemerköy Termik Santralının 30 km yarıçap için taradığı bölgeleri temsil etmektedir.

Çizelge 4.4. Kemerköy Termik Santralı Nüfus Dağılımı

Yerleşim birimi	Nüfus	Uzaklık (km)	Rüzgâr yönü
Bakırköy	768	6	N
Bağdamları	1378	13	N
Karacaagaç	125	14	N
Ekizköy	321	16	N
Kalınağıl	302	24	N
Tuzabat	494	29	N
Korucuk	284	29	N
Gürceğiz	167	4	NNW
Çamköy	801	19	NNW
Ulaş	270	21	NNW
Çamovalı	818	21	NNW
Ağaçlıhüyük	937	25	NNW
Baharlı	473	29	NNW
Beçin	4229	29	NNW
Menteş	710	30	NNW
Akçakaya	306	6	NW
Çiftlikköy	581	13	NW
Karacahisar	675	15	NW
Akyol	636	28	NW
Koru	1632	29	NW
Fesleğen	745	11	WNW
Demirciler	233	16	WNW
Yeniköy	732	21	WNW
Mumcular	3009	23	WNW
Tepecik	369	25	WNW
Dörttepe	1501	28	WNW
Güvercinlik	1240	30	WNW
Bozalan	452	7	W
Pınarlıbelen	958	27	W
Sazköy	628	27	W
Çiftlik	581	29	W
Türkevleri	844	1	WSW
Çökertme	382	10	WSW

Çizelge 4.4. (devam)

Gökbel	312	11	WSW
Mazıköy	118	15	WSW
.....			SW
.....			SSW
Emecik	883	30	S
.....			SSE
.....			SE
Karaca	617	28	ESE
Ören	2867	6	E
Alatepe	385	10	E
Kutlak	392	13	E
Kıran	715	27	E
Çamlıca	266	5	ENE
Dağpınar	549	15	ENE
Sarnıkköy	475	21	ENE
Bağyaka	408	26	ENE
Denizova	700	26	ENE
Derinkuyu	420	29	ENE
Yeniköy	260	30	ENE
Hüsamlar	129	5	NE
Pınarköy	515	8	NE
Kalem	562	11	NE
Çiftlikköy	473	28	NE
Çukuröz	266	29	NE
Çakıralan	217	8	NNE
Yoğunoluk	308	11	NNE
Çamlıca	419	23	NNE
Bencik	1821	28	NNE
Yayla	256	30	NNE

Çizelge 4.5. Yatağan Termik Santrali Nüfus Dağılımı

Yerleşim birimi	Nüfus	Uzaklık (km)	Rüzgâr yönü
Yava	225	8	N
Hisarardı	418	12	N
Kabalar	302	18	N
Söğütçük	128	18	N
Sarıköy	184	20	N
Eskiçine	786	23	N
Kırksakallar	340	23	N
Alabayır	651	24	N
Ovacık	581	24	N
Yeniköy	649	26	N
Yağcılar	315	28	N
Yeniköy	336	2	NNW
Hacıbayramlar	604	11	NNW
Akçaova	2670	21	NNW
Kadılar	195	23	NNW
Seferler	802	24	NNW
Hasanlar	122	25	NNW
Umur	727	25	NNW
Sağlık	195	26	NNW
Akdam	85	27	NNW
Kargı	402	27	NNW
Dereli	122	28	NNW
Bölüntü	318	29	NNW
Kabataş	502	30	NNW
Turgut	2065	8	NW
Kırıkköy	213	12	NW
Haciveliler	382	15	NW
Turgutlar	337	17	NW
Akkovanlık	1018	23	NW
Soğukoluk	593	27	NW
Mutluca	129	29	NW

Çizelge 4.5. (devam)

Yeşilbağcılar	1181	6	WNW
Zeytin	513	11	WNW
Gökgedikköyü	407	13	WNW
Katrancı	848	16	WNW
Çallı	396	20	WNW
Olukbaşı	140	22	WNW
Çamlıyurt	245	23	WNW
Ortaköy	725	25	WNW
Sarıkaya	295	29	WNW
Kayabaşı	239	19	W
Yusuŕça	86	23	W
Kırcağız	1460	27	W
Kargıcak	208	27	W
Kızılçayıkık	663	28	W
Milas	52522	29	W
Bahçeburun	630	30	W
Şahinler	626	1	WSW
Eskihisar	542	6	WSW
Köklük	461	9	WSW
Kozağaç	304	12	WSW
Kozağaç	452	17	WSW
Korucuk	284	17	WSW
Çamlıbelen	150	20	WSW
Tuzabat	494	20	WSW
Kalınağıl	302	22	WSW
Menteş	710	26	WSW
Aslanyaka	223	27	WSW
Beçin	4229	28	WSW
Kayadere	400	4	SW
Yayla	256	8	SW
Bencik	1821	10	SW
Karacaagaç	125	26	SW
Ulaş	270	27	SW

Çizelge 4.5. (devam)

Çamköy	801	28	SW
Ekizköy	321	28	SW
Bağdamları	1378	29	SW
Yeşilköy	185	6	SSW
Cazkırılar	567	7	SSW
Çamlıca	419	14	SSW
Yoğunoluk	308	27	SSW
Sekköy	49	28	SSW
Pınarköy	515	29	SSW
Dereköy	727	29	SSW
Çakıralan	217	29	SSW
Bağyaka	629	8	S
Zeytin	293	27	S
Dağpınar	549	27	S
Kalem	562	28	S
Kapubağ	310	3	SSE
Çaybükü	326	10	SSE
Çukuröz	266	11	SSE
Çırpı	262	15	SSE
Çiftlikköy	473	17	SSE
Meke	295	22	SSE
Yeniköy	260	23	SSE
Bağyaka	409	24	SSE
Denizova	700	27	SSE
Yenibağyaka	307	27	SSE
Derinkuyu	420	29	SSE
Sarıçköy	475	29	SSE
Bozüyük	1084	5	SE
Gökpınar	750	8	SE
Bahçeyaka	629	9	SE
Kafaca	1603	17	SE
Dağdibi	339	21	SE
Yeşilyurt	2594	22	SE

Çizelge 4.5. (devam)

Algı	444	25	SE
Yerkesik	2284	27	SE
Akkaya	1030	27	SE
Menteşe	2443	28	SE
Yenice	1217	30	SE
Gülağzı	895	30	SE
Doğanköy	214	30	SE
Bozarmut	2174	7	ESE
Yenikarakuyu	203	10	ESE
Akgedik	987	11	ESE
Bayır	3976	12	ESE
Paşapınarı	348	13	ESE
Salihpaşalar	562	16	ESE
Akçaova	1230	20	ESE
Kozağaç	304	21	ESE
Ekizce	315	21	ESE
Muğla	60066	27	ESE
Gülağzı	895	30	ESE
Alaşar	423	10	E
Deştin	587	14	E
Yatağan	18051	4	ENE
Madenler	1657	5	ENE
Doğanköy	214	7	ENE
Şerefköy	610	13	ENE
Esenköy	267	15	ENE
Kavaklıdere	2889	26	ENE
Kavakköy	648	11	NE
Elmacık	665	12	NE
Mesken	535	21	NE
Yukarıyayla	385	22	NE
Salkım	491	23	NE
Yeşilköy	261	26	NE
Güre	207	27	NE

Çizelge 4.5. (devam)

Çayboyu	1315	27	NE
Çamlıyurt	392	28	NE
Çavdır	360	29	NE
Derebağ	377	30	NE
Ortaköy	336	30	NE
Nebiköy	264	7	NNE
Kafacakplancık	885	9	NNE
Çakırlar	383	15	NNE
Kadıköy	620	17	NNE
Hacıpaşalar	381	20	NNE
Kurucuova	299	25	NNE
Topçam	776	27	NNE
Çamlıyurt	392	28	NNE

Çizelge 4.6. Yeniköy Termik Santralı Nüfus Dağılımı

Yerleşim birimi	Nüfus	Uzaklık (km)	Rüzgâr yönü
Kalınağıl	302	13	N
Korucuk	284	18	N
Tuzabat	494	18	N
Çallı	396	25	N
Kayabaşı	239	25	N
Kargıcak	208	27	N
Bağdamları	1378	1	NNW
Ekizköy	321	4	NNW
Çamköy	801	8	NNW
Ulaş	270	9	NNW
Beçin	4229	18	NNW
Menteş	710	19	NNW
Milas	52522	22	NNW
İçme	459	23	NNW
Kırcağız	1460	24	NNW

Çizelge 4.6. (devam)

Bahçeburun	636	28	NNW
Dibekdere	412	28	NNW
Kafaca	802	29	NNW
Çınarlı	177	30	NNW
Çamovalı	818	10	NW
Ağaçlıhüyük	937	15	NW
Bahçe	469	16	NW
Baharlı	473	18	NW
Koruköy	1632	19	NW
Savran	362	21	NW
Yaşyer	395	23	NW
Damlıboğaz	498	24	NW
Avşar	393	24	NW
Ovakışlacık	959	28	NW
Köşk	255	29	NW
Karakuyu	256	30	NW
Karacahisar	675	6	WNW
Alaçam	397	10	WNW
Gökçeler	293	13	WNW
Ekinbaharı	913	20	WNW
Akyol	636	20	WNW
Güllük	4270	27	WNW
Boğaziçi	1239	27	WNW
Kıyıkışlacık	1420	30	WNW
Karacahisar	675	6	W
Dörttepe	1501	21	W
Güvercinlik	1240	26	W
Çiftlikköy	581	6	WSW
Demirciler	233	12	WSW
Mumcular	3009	19	WSW
Çiftlik	581	30	WSW
Fesleğen	745	11	SW
Bozalan	452	12	SSW
Çökertme	382	16	SSW
Gökbil	312	16	SSW

Çizelge 4.6. (devam)

Mazıköy	1118	18	SSW
Akçakaya	306	8	S
Gürceğiz	167	7	SSE
Türkevleri	844	12	SSE
Hüsamlar	129	9	SE
Çamlıca	266	11	SE
Ören	2867	13	SE
Alatepe	385	16	SE
Sek	49	3	ESE
Çakıralan	217	5	ESE
Dere	331	7	ESE
Pınar	515	9	ESE
Kutlak	392	18	ESE
Zeytin	513	19	ESE
Sarnıç	475	23	ESE
Kıran	715	30	ESE
Bağyaka	408	26	E
Denizova	700	28	E
Yeniköy	260	29	E
Çukuröz	266	24	ENE
Çiftlikköy	473	26	ENE
Kapubağ	310	27	NE
Şahinler	626	28	NE
Bozüyük	1084	28	NE
Gökpınar	750	29	NE
Çamlıbelen	150	13	NNE
Bencik	1821	19	NNE
Yayla	256	21	NNE
Kozağaç	452	21	NNE
Yeşilbağcılar	1181	28	NNE
Turgut	2065	29	NNE
Gökgedikköyü	407	30	NNE

Çizelge 4.7. Yer Kabuğunun Oluşumundan Beri Bulunan Radyonüklitler (Anonim, 2008)

Nüklit	Simge	Yarılma süresi	Doğada oranları
Uranyum 235	^{235}U	$7,04 \times 10^8$ yıl	0,72% (Toplam doğal uranyumun)
Uranyum 238	^{238}U	$4,47 \times 10^9$ yıl	99,27% (genellikle kayalarda):0,5 - 4,7 ppm
Toryum 232	^{232}Th	$1,41 \times 10^{10}$ yıl	1,6 - 20 ppm genellikle kayalarda
Radyum 226	^{226}Ra	1600 yıl	Kireçtaşı:16 Bq/kg; kayalarda:48 Bq/kg
Radon 222	^{222}Rn	3,82 gün	ABD’de açık havada yıllık ortalama derişimi: 0,6 Bq/m ³ - 28 Bq/m ³
Potasyum 40	^{40}K	$1,28 \times 10^9$ yıl	Toprakta: 37-1100 Bq/kg (Yerkabuğunun %2’i potasyum, bunun da %0,01 K-40)

Çizelge 4.8. U-238 Radyoizotopunun Bozunum Zinciri

Element	Radyasyon türü	Yarı ömür	Bozunum ürünü
$_{92}\text{U}^{238}$	Alfa	$4.46 \cdot 10^9$ (yıl)	$_{90}\text{Th}^{234}$
$_{90}\text{Th}^{234}$	Beta	24.1 (gün)	$_{91}\text{Pa}^{234}$
$_{91}\text{Pa}^{234}$	Beta	1.17 (dakika)	$_{92}\text{U}^{234}$
$_{92}\text{U}^{234}$	Alfa	$2.47 \cdot 10^5$ (yıl)	$_{90}\text{Th}^{230}$
$_{90}\text{Th}^{230}$	Alfa	$8 \cdot 10^4$ (yıl)	$_{88}\text{Ra}^{226}$
$_{88}\text{Ra}^{226}$	Alfa	$1.602 \cdot 10^3$ (yıl)	$_{86}\text{Rn}^{222}$
$_{86}\text{Rn}^{222}$	Alfa	3.82 (gün)	$_{84}\text{Po}^{218}$
$_{84}\text{Po}^{218}$	Alfa	3.05 (dakika)	$_{82}\text{Pb}^{214}$

Çizelge 4.8. (devam)

$_{82}Pb^{214}$	Beta	27 (dakika)	$_{83}Bi^{214}$
$_{83}Bi^{214}$	Beta	19.7 (dakika)	$_{84}Po^{214}$
$_{84}Po^{214}$	Alfa	$1 \cdot 10^{-6}$ (saniye)	$_{82}Pb^{210}$
$_{82}Pb^{210}$	Beta	22.3 (yıl)	$_{83}Bi^{210}$
$_{83}Bi^{210}$	Beta	5.01 (gün)	$_{84}Po^{210}$
$_{84}Po^{210}$	Alfa	138.4 (gün)	$_{82}Pb^{206}$
$_{82}Pb^{206}$	Yok	Kararlı	Yok

Çizelge 4.9. Th-226 Radyoizotopunun Bozunum Zinciri

Element	Radyasyon türü	Yarı ömür	Bozunum ürünü
$_{90}Th^{232}$	Alfa	$1.41 \cdot 10^{10}$ (yıl)	$_{88}Ra^{228}$
$_{88}Ra^{228}$	Beta	5.75 (yıl)	$_{89}Ac^{228}$
$_{89}Ac^{228}$	Beta	6.15 (saat)	$_{90}Th^{228}$
$_{90}Th^{228}$	Alfa	1.9116 (yıl)	$_{88}Ra^{224}$
$_{88}Ra^{224}$	Alfa	3.66 (dakika)	$_{86}Rn^{220}$
$_{86}Rn^{220}$	Alfa	55.6 (saniye)	$_{84}Po^{216}$
$_{84}Po^{216}$	Alfa	0.145 (saniye)	$_{82}Pb^{212}$
$_{82}Pb^{212}$	Beta	10.64 (saat)	$_{83}Bi^{212}$
$_{83}Bi^{212}$	Alfa	60.55 (dakika)	$_{81}Tl^{208}$
$_{81}Tl^{208}$	Beta	3.053 (dakika)	$_{82}Pb^{208}$
$_{82}Pb^{208}$	Yok	Kararlı	Yok

Çizelge 4.10. Rüzgâr Yönlerine Göre Esme Sayıları

Rüzgâr yönü	Yatağan	Milas	Bodrum
N	665	1072	1484
NNE	832	846	1012
NE	195	630	268
ENE	236	478	112
E	148	546	349
ESE	672	279	137
SE	443	362	452
SSE	602	367	1086
S	324	960	533
SSW	236	775	108
SW	209	387	252
WSW	898	379	222
W	392	389	303
WNW	1182	260	302
NW	170	280	929
NNW	417	411	778
Toplam	7621	8421	8327

Çizelge 4.11. Rüzgâr Yönlerine Göre Esme Yüzdeleri

Rüzgâr yönü	Yatağan (%)	Milas (%)	Bodrum (%)
N	0,087	0,127	0,178
NNE	0,109	0,100	0,122
NE	0,026	0,075	0,032
ENE	0,031	0,057	0,013
E	0,019	0,065	0,042
ESE	0,088	0,033	0,016
SE	0,058	0,043	0,054
SSE	0,079	0,044	0,130
S	0,043	0,114	0,064
SSW	0,031	0,092	0,013
SW	0,027	0,046	0,030
WSW	0,118	0,045	0,027

Çizelge 4.11. (devam)

W	0,051	0,046	0,036
WNW	0,115	0,031	0,036
NW	0,022	0,033	0,112
NNW	0,055	0,049	0,093
Toplam	1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11’de verilen değerlerde; Kemerköy için (Milas+Bodrum/2) Milas ve Bodrum ilçelerinin aritmetik ortalamaları kullanılmıştır.

Çizelge 4.12. Meteorolojik Veriler

	Yatağan	Milas	Bodrum
Toplam yağış (mm/yıl)	598,2	559,1	501,3
Ortalama sıcaklık (°C)	16,5	18,1	18,7
Ortalama açık günlerin sayısı	137	192	232
Ortalama bulutlu günlerin sayısı	204	149	108
Ortalama kapalı günlerin sayısı	24	24	25
N yönünde rüzgârın ortalama hızı (m/s)	2,3	1,1	1,3
NNE yönünde rüzgârın ortalama hızı (m/s)	1,9	1	1,2
NE yönünde rüzgârın ortalama hızı (m/s)	1,7	0,7	0,7
ENE yönünde rüzgârın ortalama hızı (m/s)	0,6	0,5	1,1
E yönünde rüzgârın ortalama hızı (m/s)	0,4	0,4	1,3
ESE yönünde rüzgârın ortalama hızı (m/s)	0,5	0,4	1,3

Çizelge 4.12. (devam)

SE yönünde rüzgârın ortalama hızı (m/s)	1,2	0,5	1,6
SSE yönünde rüzgârın ortalama hızı (m/s)	1,3	0,7	1,6
S yönünde rüzgârın ortalama hızı (m/s)	2	1,2	1,5
SSW yönünde rüzgârın ortalama hızı (m/s)	0,9	1,5	1,5
SW yönünde rüzgârın ortalama hızı (m/s)	0,7	1,7	1,9
WSW yönünde rüzgârın ortalama hızı (m/s)	0,8	1,9	2
W yönünde rüzgârın ortalama hızı (m/s)	1,1	2	2,1
WNW yönünde rüzgârın ortalama hızı (m/s)	1	1,9	1,9
NW yönünde rüzgârın ortalama hızı (m/s)	1,4	1,5	2,5
NNW yönünde rüzgârın ortalama hızı (m/s)	1,3	1	1,7
Ortalama rüzgâr hızları (m/s)	1,2	1,1	1,6

Ek G.'deki yerleşim bölgeleri kullanılarak termik santrallardan etkilenen kesişim bölgelerine ait bütün vücut etkin doz değerleri hesaplanmış olup, Ek H.'de gösterilmiştir.

Ek I.'da, program giriş verileri üzerinde, pozitif yönde %10'luk bir artış göz önüne alınarak hesaplamalar tekrar edilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda etkin doz değişim oranları elde edilerek, program için duyarlılık analizi yapılmıştır.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada; Muğla yöresinde bulunan Yatağan, Yeniköy ve Kemerköy Termik Santrallerinin, daha önceki çalışmalarda belirlenen kül örneklerinin ölçüm sonuçları kullanılarak ve radyoaktif uçucu küllerin atmosfere yayılımını modelleyerek, olası radyoaktif kirliliğin bölgesel haritası çıkarılmıştır.

Bunlara ek olarak; santrallerin bulunduğu, yerleşim alanlarında yaşayan halk üzerindeki radyolojik riskler, her bir bölgenin; iklim koşulları, coğrafi durumu ve radyoaktif debinin bir nokta kaynaktan yayıldığı varsayımı ile CAP88-PC bilgisayar kodu kullanılarak her bölge için ayrı ayrı yapılan hesaplar sonucunda belirlenmiştir.

Radyoaktif debi; kül örneklerinde ölçülen toplam aktivitenin, U-238, K-40, Ra-226 ve Th-232 radyoizotoplarından kaynaklandığı, santrallerin yıllık çalışma kapasitelerinin %75 olduğu varsayımı ile, üç santralin toz konsantrasyon debileri, hesaplandıktan sonra CAP88-PC bilgisayar programında giriş verisi olarak kullanılmıştır.

Radyoaktif bulutun geçişi sırasında kontaminasyona uğrayan havanın solunması, yerde depozisyona uğrayan radyoaktif gıda maddelerinin yenilmesi ve içilmesi sonucu hesaplanan bütün vücut etkin dozu, kolektif etkin doz hesabında kullanılan U-238, K-40, Ra-226 ve Th-232 radyoizotoplarına ait konsantrasyonlar, Kemerköy, Yatağan ve Yeniköy Termik Santrallerini merkez alarak 30 km yarıçap içerisinde ilçe sınırları içinde kalan bölgelerde sırasıyla Ek A.-F.'deki gibidir.

Ek A.-F.'den görüleceği gibi Kemerköy, Yatağan ve Yeniköy Termik Santrali civarında yaşayan halk için hesaplanan doz değerleri ve radyolojik riskler, izin verilen maksimum doz değerlerinin hayli altındadır.

Bundan dolayı ilçe sınırları içerisinde nüfus yoğunluğu bulunan her bir bölge için hesaplanan değerlerin birbirleriyle karşılaştırılmasının yerine her bir ilçe için hesaplanan maksimum değerlerin yorumlarının yapılması ve hatta taranan 30 km yarıçaplı üç bölgenin, kesişim bölgelerinde bulunan yerleşim birimlerinin yorumlanması daha anlamlıdır.

Ek A., Ek C. ve Ek E.'den görüleceği gibi Kemerköy, Yatağan ve Yeniköy Termik Santrallerinin çalışması sonucu oluşan maksimum bütün vücut etkin dozları 2010 yılına göre sırasıyla; kuzey-kuzeybatı (NNW) yönünde ve 3500 m uzaklıkta 3.4×10^{-7} mSv/yıl, güney-güneybatı (SSW) yönünde ve 5500 m uzaklıkta 2.7×10^{-4} mSv/yıl ve güney (S) yönünde ve 8000 m uzaklıkta 8.5×10^{-7} mSv/yıl'dır. Bu değerler, Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICRP)'nin önerileri doğrultusunda, hazırlanan ulusal radyasyon güvenliği yönetmeliğinde belirtilen genel toplum üyesi kişiler için izin verilen maksimum 5 mSv/yıl'lık bütün vücut etkin dozunun (Anonim, 2000) $\%6.8 \times 10^{-6}$, $\%5.4 \times 10^{-3}$ ve $\%1.7 \times 10^{-5}$ 'ini oluşturmaktadır.

Kemerköy, Yatağan ve Yeniköy Termik Santrallerinin çalışması ile meydana gelen diğer bir sonuç ise kollektif etkin dozlar olup, bunların maksimum değerleri Ek B., Ek D. ve Ek F.'ye göre sırasıyla; kuzey-kuzeybatı (NNW) yönünde ve 29000 m uzaklıkta 7.2×10^{-4} kişi mSv/yıl, doğu-kuzeydoğu (ENE) yönünde ve 3500 m uzaklıkta 2.2 kişi mSv/yıl, kuzey-kuzeybatı (NNW) yönünde ve 22000 m uzaklıkta 1.0×10^{-2} kişi mSv/yıl'dır.

Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonuna göre 1 Sv bütün vücut etkin dozuna maruz kalmış, yaklaşık 100 kişiden 1'inde ikinci kuşağa kadar (çocuk, torun) genetik etki görülebileceği varsayımında bulunmaktadır (Anonim, 1991). Üç termik santralin 30 km yarıçaplı dairesel bir bölgeyi kapsayacak şekilde, yaşayan halk için hesaplanan kollektif etkin dozların, Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu tarafından belirtilen kriterlerin oldukça altında olduğu görülmektedir.

Ek G.'de de verilen üç termik santralin 30 km yarıçap içerisinde taranan bölgelerin kesişim bölgeleri belirlenmiş olup, bu kesişim bölgelerindeki yerleşim birimlerinde yaşayan halkın maruz kalabileceği bütün vücut etkin doz değerleri, etki altında kalınan termik santrallara göre toplamaları alınarak hesaplanmıştır.

Ek G.'den görüleceği gibi Kemerköy, Yatağan ve Yeniköy Termik Santrallerinin üçünün de etkisi altında kalan ve Ek A., Ek C. ve Ek E. yardımıyla, belirlenen yerleşim alanlarının maruz kalacağı maksimum bütün vücut etkin doz değerleri toplanarak, Ek H.'deki şekliyle elde edilmiştir.

Yukarıda bahsi geçen maksimum bütün vücut etkin doz değerleri içerisinde en yüksek doz değerine sahip olan yerleşim birimini irdelemek daha akılcı olacaktır. Bu

mantıktan yola çıkarak; Ek H.'de gösterilen, Yatağan Termik Santralına göre güney (S) yönünde 28 km uzaklıkta, Yeniköy Termik Santralına göre doğu-güneydoğu (ESE) yönünde 14 km uzaklıkta ve Kemerköy Termik Santralına göre kuzeydoğu (NE) yönünde 11 km uzaklıkta bulunan Kalem Köyü en yüksek doz değerine sahiptir. Kalem Köyünde yaşayan halk için, bütün vücut etkin doz değerinin 8.0×10^{-5} mSv/yıl olduğu Ek A., Ek C. ve Ek E. yardımıyla kolaylıkla görülebilir.

Yatağan ve Yeniköy Termik Santrallarının etkisi altında kalan bölgedeki en yüksek bütün vücut etkin doz değerine sahip olan yer ise Yeşilköy'dür. Yeşilköy; Yatağan Termik Santralına göre güney-güneybatı (SSW) yönünde 6 km uzaklıkta ve Yeniköy Termik Santralına göre kuzeydoğu (NE) yönünde 24 km uzaklıkta bulunmaktadır. Yeşilköy'de yaşayan halkın maruz kalabileceği bütün vücut etkin doz değeri ise 2.3×10^{-4} mSv/yıl'dır.

Kemerköy ve Yeniköy Termik Santrallarının etkisi altında kalan bölgedeki en yüksek bütün vücut etkin doz değerine sahip olan yer ise Ören Bucağında bulunan Akçakaya Köyüdür. Akçakaya; Yeniköy Termik Santralına göre güney (S) yönünde 8 km uzaklıkta ve Kemerköy Termik Santralına göre kuzeybatı (NW) yönünde 6 km uzaklıkta bulunmaktadır. Akçakaya köyünde yaşayan halkın maruz kalabileceği bütün vücut etkin doz değeri ise 8.5×10^{-7} mSv/yıl'dır.

Yatağan ve Kemerköy Termik Santrallarının kesişim bölgesinde kalan ve en yüksek bütün vücut etkin doz değerine sahip olan yer ise, Yatağan Termik Santralına göre güney (S) yönünde 28 km uzaklıkta, Yeniköy Termik Santralına göre doğu-güneydoğu (ESE) yönünde 14 km uzaklıkta ve Kemerköy Termik Santralına göre kuzeydoğu (NE) yönünde 11 km uzaklıkta bulunan Kalem Köyüdür. Kalem Köyünde yaşayan halk için, bütün vücut etkin doz değeri ise 8.0×10^{-5} mSv/yıl'dır.

Yukarıda verilen bütün vücut etkin doz değerleri, Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu'nun belirlediği, genel toplum üyesi kişiler için izin verilen maksimum 5 mSv/yıl'lık bütün vücut etkin doz değerinin oldukça altında olduğu görülmektedir.

Riskin sıfır olabileceği hiçbir olay ve davranışın olamayacağı ilkesinden yola çıkarak yapılan çalışmada, hesaplanan doz değerlerinin bir hayli düşük olduğu sonucuna varılmaktadır.

Bu çalışmada, daha önceden termik santrallardan temin edilen kl örneklerinde llen aktivitelere yola çıkılarak santralların çevresinde yaşayan halkın taşıyacağı radyolojik riskler hesaplanmıştır. Hesap sonuçları oldukça düşük seviyelerdedir. Buna rağmen istatistiksel ve epidemiyolojik çalışmalara göre, toplumda görülen kanser vakalarının belirli bir oranının iyonlaştırıcı radyasyonların sonucunda meydana geldiği belirtilmektedir. Bu nedenle radyoaktivitenin insan üzerindeki ölümcül etkileri düşünüldüğünde; santralların çevresinde rüzgâr yönü dikkate alınarak düzenli olarak radyasyon ölçümleri yapılmalı ve uçucu küllerin atmosfere kaçış debisi mutlaka bilinmelidir. Ayrıca santralların çevresinde düzenli olarak radyoaktivite ölçümleri yapılarak, çeşitli değişiklikler gözlenmesi durumunda, ilgililer tarafından gerekli önlemler alınmalıdır.

Bu çalışmada yapılan radyoaktivite ölçüm sonuçları kullanılarak, Yatağan, Yeniköy ve Kemerköy Termik Santrallarının çevresinde yaşayan halkın taşıdığı radyasyon risklerinin hesap sonuçları, gelecekte bu konu ile alakalı yapılabilecek diğer çalışmalar için bir kaynak olarak kullanılabilecek ve araştırmacılara kendi sonuçlarını karşılaştırma imkânı temin edecektir.

KAYNAKLAR

- Akyıl, S., Aslani, M.A.A., Gurboğa, G., Aytaş, Ş. ve Eral, M. (2002) Activity concentration of Radium-226 in agricultural soils, *J Radioanal Nucl Ch*, 254 (1): 9-14.
- Akyüz, T., Varinlioglu, A ve, Kose, A. (1999) Gamma isotopic analysis of the coals and ashes from coal fired power plants of Turkey, *Czech J Phys*, 49: 435-438.
- Anonim, *Reactor Safety Study: An Assessment of Accident Risks in U.S. Commercial Nuclear Power Plants*, NRC Report WASH-1400, NUREG-75/104, England, October-1975, 37s.
- Anonim, *Risk Assessment Methodology: Draft Environmental Impact Statement for Proposed NESHAPS for Radionuclides*, Protection Agency, Office of Radiation Programs, Washington, D.C. 20460, February 1989, Volume 1, Background Information Document, U.S. Environmental, EPA 520/1-89-005.
- Anonim, *International Commission on Radiological Protection 1990*, ICRP Publication 60, USA, 1991, 130s.
- Anonim, *1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, Report No. 60, International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press. Oxford, England, (1991), 12s.
- Anonim, *International Energy Agency*, IEA Publication, Hong Kong, 1993, 65s.
- Anonim, *Yatağan Termik Santralı Kül Örneklerinde Radioaktivite Ölçümleri*, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Ankara, 1994.
- Anonim, *Maden Tetkik ve Arama Faaliyet Raporu*, MTA Yayını, Ankara, 2002, 6s.
- Anonim, *Yatağan Termik Santralı Tanıtımı*, YEAS Yayını, Yatağan, 2006, 1s.
- Anonim, *Elektrik Üretim Yıllık Raporu*, EÜAŞ Yayını, Ankara, 2006, 67s.

- Anonim, *Elektrik Üretim Sektör Raporu*, EÜAŞ Yayını, Ankara, 2006, 107s.
- Anonim, *Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Yıllık Faaliyet Raporu*, TKİ Yayını, Ankara, 2006, 36s.
- Anonim, *Türkiye’de Kömür Yakıtlı Termik Santralardan Elde Edilen Uçucu Küllerin İnşaat Sektöründe Kullanılabilirliğinin Radyolojik Açıdan Değerlendirilmesi-Teknik Rapor-Rapor No: TAEA TR*, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Ankara, 2009-11, 81s.
- Anonim, *Elektrik Üretim Sektör Raporu*, EÜAŞ Yayını, Ankara, 2009, 14s.
- Anonim, *Elektrik Üretim Sektör Raporu*, EÜAŞ Yayını, Ankara, 2010, 16s.
- Anonim, *Muğla Bölgesi Yıllık İklim Koşulları*, MGM Yayını, Ankara, 2010, 1s.
- Anonim, *Elektrik Üretim Yıllık Raporu*, EÜAŞ Yayını, Ankara, 2011, 73s.
- Anonim, *Yeniköy Termik Santral Tanıtımı*, YEAŞ Yayını, Yatağan, 2013, 1s.
- Anonim, *Kemerköy Termik Santral Tanıtımı*, KEAŞ Yayını, Yatağan, 2013, 1s.
- Aslani, M.A.A., Aytaş, Ş., Akyıl, S., Yaprak, G., Yener, G. ve Eral, M. (2003) Activity concentration of Cesium-137 in agricultural soils, *J Radioanal Nucl Ch*, 65: 131-145.
- Aslani, M.A.A., Akyıl S., Aytaş, S., Gurboga, G. ve Eral, M. (2005) Activity concentration of Pb-210 (Po-210) in soils taken from cultivated lands, *Radiat Meas*, 39: 129-135.
- Atakan Y. (2008) Doğal Radyoaktivite, Doğal Radyasyon ve İnsanda Oluşturduğu Dozlar, *Tıbbi Jeoloji Sempozyumu*, 6-9 Şubat, Ankara, 51-62, 10s.
- Aybers, N. ve Bayülken A. (1992) *Nükleer Reaktörlerin Güvenliği*, İTÜ Yay., İstanbul, 200s.
- Ayçık, G. A. ve Ercan, A. (1997) Radioactivity measurements of coals and ashes from coal-fired power plants in the Southwestern Part of Turkey, *J Radioanal Nucl Ch*, 35: 23-35.

- Ayçık, G.A. ve Ercan, A. (1998) Off-line determination of ash content directly in coal samples via γ spectrometry, *Appl Spectrosc Rev*, 33(3): 237-251.
- Ayçık, G.A., Paul, M., Sandstrom, A. ve Paul, J. (2004) Leaching of radioactive isotopes from coal-ash, *Fourth ICNRP*, Almaty, Kazakhstan, 190-193s.
- Barlas, F. ve Büke, T. (2005) Radiation dose calculations at different atmospheric stability categories for Yatagan coal-fired power plant, *World Year of Physics 2005-Turkish Physical Society, 23rd, International Physics Congress*, Mugla, Turkey, 569-574s.
- Bleise, A., Danesi, P.R. ve Burkart, W. (2003) Properties, use and health effects of depleted uranium (DU): A general overview, *JER*, 64: 93-112.
- Büke, T. (2003) Dose assessment around the Yatagan coal-fired power plant due to gross alpha-radioactivity levels in flying ash, *J Radioanal Nucl Ch*, 256(2): 323-328.
- Büke, T. (2003) Dose assessment around Yeniköy Coal-fired Power Plant due to measured gross alpha radioactivity levels in flying ash of the plant, *Environmental Protection against Radioactive Pollution*, Kluwer Academic Publishers, 189-194s.
- Cember, H. (1983) *Introduction to Health Physics*, 2. Baskı, Pergamon Pres, New York, 519s.
- Chaki, P.E. ve Parks B. (2000) *CAP88-PC Version 2.0 Updated User's Guide*, The Boeing Company Santa Susana Field Laboratory Publication, England, 148s.
- Çam, F., Yaprak, G., Candan, O., Bayram, A., Onat, B., Tanıl, H. ve Mert, A. (2006) Batı Anadolu'daki Termik Santrallerin Çevresindeki Doğal Radyonüklid (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{210}Pb) Emisyonundan Kaynaklanan Radyoaktif Kirliliğin İncelenmesi ve Radyolojik Risk Tahmini, *TÜBİTAK Projesi*, Proje No: 103Y57, Ankara.
- Durante, M. ve Mariagabriella, P. (2003) Depleted uranium residual radiological risk assessment for Kosovo sites, *JER*, 64: 237-245.
- Eral, M. (1987) Termik Santral Artığı Baca Küllerinde Uranyum Konsantrasyonu Ölçümü ve Radyoaktif Çevreye Etkisi, *Çevre 87 Sempozyumu*, 26-28 Ekim 1987, İzmir.

- Fresquez, P.R., Hakonson-Hayes, A.C. ve Whicker, F.W. (2002) Assessing potential risks from exposure to natural uranium in well water, *JER*, 59: 29-40.
- Gaffney, J.S., Marley, N.A. ve Cunningham, M.M. (2004) Natural radionuclides in fine aerosols in the pittsburg area, *AtmEn*, 38: 3191-3200.
- Gifford, F.A., Jr., (1976) *Turbulent Diffusion-Typing Schemes: A review*, Nuclear Safety 17(1): 68-86,.
- Göksel, S.A. (1973) *Radyasyonların Biyolojik Etkileri ve Radyasyon Korunması*, İTÜ Yay., İstanbul, 399s.
- Heper, H. (1982) *Nükleer Santrallerin Çevre Üzerine Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 93s.
- Holm, S., L.E. (2004) A common Approach for Radiological Protection of Humans and the Environment, *JER*, 72:57-63.
- Jones, D., Domotor, S., Higley, K., Kocher, D. ve Bilyard, G. (2003) Principles and Issues in Radiological Ecological Risk Assessment, *JER*, 66: 19-39.
- Kim, Y., Park, H., Kim, J., Park, S., Cho, B., Sung ve Shin, D. (2004) Health risk assessment for uranium in Korean ground water, *JER*, 77: 77-85.
- Kuhlman, S.J. ve Jennings, A.A. (1997) An air pollution transport teaching module based on Gaussian Models 1.1, *IEMSs*, 12(2-3): 151-160.
- Lee, C. ve Martin, J.E. (2002) Principles of Radiological Health and Safety, *Wiley-Interscience*, New Jersey, 524s.
- Martin, P. (2003) Uranium and thorium series radionuclides in rainwater over several tropical storms, *JER*, 65: 1-18.
- Miller, C.W., Sjoreen, A.L., Begovich, C.L. ve Hermann, O.W. (1986) *ANEMOS: A Computer Code to Estimate Air Concentrations and Ground Deposition Rates for Atmospheric Nuclides Emitted from Multiple Operating Sources*, ORNL-5913.

- Müezzinoğlu, A. (2000) *Hava Kirlenmesi ve Kontrolünün Esasları*, Eylül Yayıncılık, İzmir, 292s.
- Nakaoka, A., Fukushima M. ve Takagi, S. (1983) Environmental effects of natural radionuclides from coal-fired power plants, *HPS*, 47(3): 407-416.
- Öney., S. (1973) *Reaktör Kazalarında Radyoaktif Baca Gazlarının Atmosfer Koşullarına Bağlı Difüzyonu ve Enversiyon Koşullarının İncelenmesi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 195s.
- Özdoğan Z.S. ve Öztürk, N. (2004) Preliminary analysis of natural radionuclides in selected Turkish power plant lignites, *J Radioanal Nucl Ch*, 259(22): 233-237.
- Papastefanou, C. ve Charalambous S. (1983) On the escaping radioactivity from coal power plants (CPP), *HPS*, 46(2): 293-302.
- Papastefanou C. (2010) Escaping radioactivity from coal-fired power plants (CPPs) due to coal burning and the associated hazards: a review, *J Radioanal Nucl Ch*, 101: 191-200.
- Parks, B.S. (1992) *Users Guide for CAP88-PC Version 1.0*. EPA, Las Vegas, 155s.
- Pentreath, R.J. (2002) Radiation Protection of People and the Environmental, A Common Approach, *JER*, 22: 45-56.
- Pollanen, R., Valkoma, I. ve Toivonen, H. (1997) Transport of radioactive particles from Chernobly accident, *AtmEn*, 31(21): 3575-3590.
- Russel, J.J. ve Kathren, R.L. (2004) Uranium deposition and retention in a ustur whole body case, *HPS*, 86(3): 273-284.
- Shiraishi, K., Kimura, S., Sahoo, S.K. ve Area, H. (2004) Dose Effect for Japanese Due to ²³²Th and ²³⁸U in imported drinking water, *HPS*, 86(3): 365-373.
- Slade, D.H. (1968) *Meteorology and Atomic Energy*, U.S. Atomic Energy Commission/Division of Technical Information, USAED TID-24190, 245s.

Smith, K.R., Crockett, G.M., Oatway, W.B., Harvey, M.P., Penfold, J.S. ve Mobbs, S.F. (2001) Radiological Impact on the UK Population of Industries Which Use or Produce Materials Containing Enhanced Levels of Naturally Occurring Radionuclides, *Part I: Coal-Fired Electricity Generation*, Report No: NRPB-R327, United Kingdom, Vol I: 80s.

T.C. Resmi Gazete, *Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği*, 23999, 2000, 1-18.

Tuğrul, B. ve Tuncer, S. Radioactivity levels in drinking water of west side of Turkey. *First Tatarstan Symposium on Energy, Environment and Economics*, (1992), Kazan-Tatarstan, 182s.

Tuğrul, A.B., Yılmaz, İ., Ataksor, B. ve Şahin, S. (2001) Evaluation of radioactivity levels for water resources in Bursa region. *International Symposium on Water Resources and Environmental Impact, Istanbul, Proc.*, 11-13 July, Vol: 97-106.

Tuğrul, A.B. ve Yaşar, D. (2005) A new approach for the calculation of critical organ dose in nuclear medicine applications, *Appl Radiat Isot*, 62: 405-410.

Turner, D.B. (1969) *Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates*, Air Pollution Control Administration, Cincinnati, Ohio, 192s.

Van der Hoven, I. (1968) *Deposition of Particles and Gasses*, Meteorology and Atomic Energy.

Varinlioğlu, A., Akyüz, T. ve Köse, A. (1998) The radioactivity measurement of Turkish lignites, *J Radioanal Nucl Ch*, 41(3): 381-387.

Zeevaert, T., Sweeck L. ve Vanmarcke, H. (2006) The radiological impact from airborne routine discharges of a modern coal fired power plant, *J Radioanal Nucl Ch*, 85(3): 1-22.

EKLER

EK A. Kemerköy Termik Santralı Kişisel Bütün Vücut Etkin Dozu (mSv/yıl)

	Radyal Doğrultuda Kaynağa Olan Uzaklık (m)						
Rüzgâr Yönü	1000	2500	3500	4500	5500	6500	8000
N	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.0E-07	0.0E+00	0.0E+00
NNW	0.0E+00	0.0E+00	3.4E-07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.1E-07	0.0E+00	0.0E+00
WNW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
W	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.0E-07	0.0E+00
WSW	1.8E-07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SSW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
S	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SSE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
ESE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
E	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.0E-07	0.0E+00	0.0E+00
ENE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.0E-07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.1E-07	0.0E+00	0.0E+00	1.6E-07
NNE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.8E-07
Rüzgâr Yönü	10000	11500	12500	13500	14500	16300	18300
N	0.0E+00	0.0E+00	1.8E-07	1.8E-07	0.0E+00	1.6E-07	0.0E+00
NNW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.5E-07
NW	0.0E+00	0.0E+00	1.5E-07	0.0E+00	1.4E-07	0.0E+00	0.0E+00
WNW	1.3E-07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.2E-07	0.0E+00
W	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
WSW	1.4E-07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-07	0.0E+00	0.0E+00
SW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SSW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
S	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SSE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00

EK A. (devam)

ESE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
E	1.5E-07	0.0E+00	1.4E-07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
ENE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-07	0.0E+00	0.0E+00
NE	1.5E-07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NNE	1.7E-07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Rüzgâr Yönü	20000	22000	24000	25500	27000	29000	
N	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-07	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-07	
NNW	1.5E-07	0.0E+00	1.4E-07	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-07	
NW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.2E-07	1.2E-07	
WNW	1.2E-07	1.2E-07	1.2E-07	0.0E+00	1.1E-07	1.1E-07	
W	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.2E-07	1.2E-07	
WSW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
SW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
SSW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
S	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.4E-07	
SSE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
SE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
ESE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.2E-07	0.0E+00	
E	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.2E-07	0.0E+00	
ENE	1.2E-07	0.0E+00	0.0E+00	1.2E-07	0.0E+00	1.2E-07	
NE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.2E-07	1.2E-07	
NNE	0.0E+00	1.3E-07	0.0E+00	0.0E+00	1.2E-07	1.2E-07	

EK B. Kemerköy Termik Santralı Kollektif Etkin Dozu (kişi.mSv/yıl)

	Radyal Doğrultuda Kaynağa Olan Uzaklık (m)						
Rüzgâr Yönü	1000	2500	3500	4500	5500	6500	8000
N	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-04	0.0E+00	0.0E+00
NNW	0.0E+00	0.0E+00	5.6E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.5E-05	0.0E+00	0.0E+00
WNW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
W	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	9.1E-05	0.0E+00
WSW	1.5E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SSW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
S	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SSE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
ESE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
E	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	5.6E-04	0.0E+00	0.0E+00
ENE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	5.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.7E-05	0.0E+00	0.0E+00	8.3E-05
NNE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.9E-05
Rüzgâr Yönü	10000	11500	12500	13500	14500	16300	18300
N	0.0E+00	0.0E+00	2.5E-04	2.2E-05	0.0E+00	5.2E-05	0.0E+00
NNW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.2E-04
NW	0.0E+00	0.0E+00	8.6E-05	0.0E+00	9.6E-05	0.0E+00	0.0E+00
WNW	1.0E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.8E-05	0.0E+00
W	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
WSW	1.0E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.5E-05	0.0E+00	0.0E+00
SW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SSW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
S	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SSE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
ESE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
E	5.9E-05	0.0E+00	5.6E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
ENE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.3E-05	0.0E+00	0.0E+00

EK B. (devam)

NE	8.3E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NNE	5.1E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Rüzgâr Yönü	20000	22000	24000	25500	27000	29000	
N	0.0E+00	0.0E+00	4.3E-05	0.0E+00	0.0E+00	1.0E-04	
NNW	1.6E-04	0.0E+00	1.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	7.2E-04	
NW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.8E-05	2.0E-04	
WNW	8.7E-05	3.5E-04	4.3E-05	0.0E+00	1.7E-04	1.4E-04	
W	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.0E-04	7.1E-05	
WSW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
SW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
SSW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
S	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.0E-04	
SSE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
SE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
ESE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.3E-05	0.0E+00	
E	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8.6E-05	0.0E+00	
ENE	5.9E-05	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	0.0E+00	8.0E-05	
NE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	5.6E-05	3.1E-05	
NNE	0.0E+00	5.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-04	3.1E-05	

EK C. Yatağan Termik Santral Kişisel Bütün Vücut Etkin Dozu (mSv/yıl)

	Radyal Doğrultuda Kaynağa Olan Uzaklık (m)						
Rüzgâr Yönü	1000	2500	3500	4500	5500	6500	8000
N	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.5E-05
NNW	1.4E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.0E-05
WNW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.6E-05	0.0E+00	0.0E+00
W	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
WSW	6.7E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.5E-05	0.0E+00	3.0E-05
SW	0.0E+00	0.0E+00	4.1E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.8E-05
SSW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.7E-04	2.3E-04	0.0E+00
S	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.5E-04
SSE	0.0E+00	8.0E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	2.7E-05
ESE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8.8E-05	0.0E+00
E	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.7E-05
ENE	0.0E+00	0.0E+00	1.2E-04	9.7E-05	0.0E+00	7.2E-05	0.0E+00
NE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NNE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.3E-05	3.0E-05
Rüzgâr Yönü	10000	11500	12500	13500	14500	16300	18300
N	0.0E+00	2.9E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.5E-05
NNW	4.1E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NW	0.0E+00	3.3E-05	0.0E+00	0.0E+00	3.0E-05	2.8E-05	0.0E+00
WNW	4.3E-05	0.0E+00	3.8E-05	0.0E+00	0.0E+00	3.3E-05	0.0E+00
W	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.2E-05
WSW	0.0E+00	2.6E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.4E-05	0.0E+00
SW	2.6E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SSW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.2E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
S	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SSE	3.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.9E-05	2.8E-05	0.0E+00
SE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-05	0.0E+00
ESE	6.2E-05	5.6E-05	5.2E-05	0.0E+00	0.0E+00	4.3E-05	0.0E+00
E	0.0E+00	0.0E+00	3.0E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
ENE	0.0E+00	0.0E+00	4.4E-05	0.0E+00	4.0E-05	0.0E+00	0.0E+00

EK C. (devam)

NE	2.7E-05	2.6E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NNE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.5E-05	2.4E-05	0.0E+00
Rüzgâr Yönü	20000	22000	24000	25500	27000	29000	
N	2.5E-05	2.4E-05	2.3E-05	0.0E+00	2.3E-05	0.0E+00	
NNW	2.9E-05	2.8E-05	2.7E-05	2.6E-05	2.6E-05	2.5E-05	
NW	0.0E+00	2.5E-05	0.0E+00	0.0E+00	2.4E-05	2.4E-05	
WNW	3.0E-05	2.9E-05	2.8E-05	0.0E+00	0.0E+00	2.6E-05	
W	0.0E+00	2.1E-05	0.0E+00	0.0E+00	2.1E-05	2.1E-05	
WSW	2.3E-05	2.3E-05	0.0E+00	2.2E-05	2.2E-05	0.0E+00	
SW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.2E-05	2.1E-05	2.1E-05	
SSW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.7E-05	6.4E-05	
S	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8.0E-05	
SSE	0.0E+00	2.5E-05	2.4E-05	0.0E+00	2.4E-05	2.3E-05	
SE	2.2E-05	2.2E-05	2.1E-05	0.0E+00	2.1E-05	2.1E-05	
ESE	3.8E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.2E-05	3.1E-05	
E	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
ENE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.0E-05	0.0E+00	0.0E+00	
NE	2.3E-05	2.2E-05	0.0E+00	2.2E-05	2.2E-05	2.1E-05	
NNE	2.3E-05	0.0E+00	2.2E-05	0.0E+00	2.2E-05	0.0E+00	

EK D. Yatağan Termik Santralı Kollektif Etkin Dozu (kişi.mSv/yıl)

	Radyal Doğrultuda Kaynağa Olan Uzaklık (m)						
Rüzgâr Yönü	1000	2500	3500	4500	5500	6500	8000
N	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.8E-03
NNW	4.8E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8.2E-02
WNW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.8E-02	0.0E+00	0.0E+00
W	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
WSW	4.2E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.9E-02	0.0E+00	1.4E-02
SW	0.0E+00	0.0E+00	1.6E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.3E-03
SSW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	5.0E-02	1.3E-01	0.0E+00
S	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.6E-01
SSE	0.0E+00	2.5E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.7E-02	0.0E+00	0.0E+00	3.8E-02
ESE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.9E-01	0.0E+00
E	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.6E-02
ENE	0.0E+00	0.0E+00	2.2E-00	1.6E-01	0.0E+00	1.5E-02	0.0E+00
NE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NNE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8.6E-03	2.7E-02
Rüzgâr Yönü	10000	11500	12500	13500	14500	16300	18300
N	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.1E-02
NNW	2.5E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NW	0.0E+00	7.0E-03	0.0E+00	0.0E+00	1.1E-02	9.5E-03	0.0E+00
WNW	2.2E-02	0.0E+00	1.5E-02	0.0E+00	0.0E+00	2.8E-02	0.0E+00
W	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	5.2E-03
WSW	0.0E+00	8.0E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.8E-02	0.0E+00
SW	4.8E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SSW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	5.0E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
S	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SSE	2.0E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.6E-03	1.3E-02	0.0E+00
SE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.7E-02	0.0E+00
ESE	7.4E-02	2.2E-01	1.8E-02	0.0E+00	0.0E+00	2.4E-02	0.0E+00
E	0.0E+00	0.0E+00	1.8E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
ENE	0.0E+00	0.0E+00	2.7E-02	0.0E+00	1.1E-02	0.0E+00	0.0E+00

EK D. (devam)

NE	1.7E-02	1.7E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NNE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	9.5E-03	1.5E-02	0.0E+00
Rüzgâr Yönü	20000	22000	24000	25500	27000	29000	
N	4.5E-03	2.7E-02	2.9E-02	0.0E+00	7.2E-03	0.0E+00	
NNW	7.7E-02	5.4E-03	4.4E-02	5.1E-03	1.6E-02	2.1E-02	
NW	0.0E+00	2.6E-02	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-02	3.0E-03	
WNW	1.2E-02	1.1E-02	2.0E-02	0.0E+00	0.0E+00	7.6E-03	
W	0.0E+00	1.8E-03	0.0E+00	0.0E+00	4.9E-02	1.1E-00	
WSW	1.5E-02	6.8E-03	0.0E+00	1.6E-02	9.7E-02	0.0E+00	
SW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.7E-03	3.0E-02	2.9E-02	
SSW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.4E-02	9.3E-02	
S	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.1E-01	
SSE	0.0E+00	1.4E-02	1.0E-02	0.0E+00	2.4E-02	2.1E-02	
SE	7.5E-03	5.6E-02	9.5E-03	0.0E+00	1.2E-01	4.9E-02	
ESE	7.0E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.9E-00	2.8E-02	
E	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
ENE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8.6E-02	0.0E+00	0.0E+00	
NE	1.2E-02	1.9E-02	0.0E+00	5.7E-03	4.1E-02	2.3E-02	
NNE	8.7E-03	0.0E+00	6.6E-03	0.0E+00	2.5E-02	0.0E+00	

EK E. Yeniköy Termik Santralı Kişisel Bütün Vücut Etkin Dozu (mSv/yıl)

	Radyal Doğrultuda Kaynağa Olan Uzaklık (m)						
Rüzgâr Yönü	1000	2500	3500	4500	5500	6500	8000
N	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NNW	5.2E-07	0.0E+00	7.3E-07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.7E-07
NW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
WNW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.1E-07	0.0E+00	0.0E+00
W	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.8E-07	0.0E+00	0.0E+00
WSW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.1E-07	0.0E+00	0.0E+00
SW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SSW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
S	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8.5E-07
SSE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.7E-07	0.0E+00
SE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.1E-07
ESE	0.0E+00	6.2E-07	0.0E+00	4.5E-07	0.0E+00	3.4E-07	3.0E-07
E	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
ENE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NNE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Rüzgâr Yönü	10000	11500	12500	13500	14500	16300	18300
N	0.0E+00	0.0E+00	5.2E-07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.7E-07
NNW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.1E-07
NW	3.1E-07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.4E-07	2.3E-07	2.1E-07
WNW	2.7E-07	0.0E+00	2.3E-07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
W	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
WSW	0.0E+00	3.4E-07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.4E-07
SW	6.4E-07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SSW	0.0E+00	8.3E-07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.0E-07	5.4E-07
S	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SSE	0.0E+00	3.1E-07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SE	2.7E-07	0.0E+00	2.3E-07	0.0E+00	0.0E+00	2.0E-07	0.0E+00
ESE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.9E-07
E	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
ENE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00

EK E. (devam)

NE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NNE	0.0E+00	0.0E+00	4.4E-07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.2E-07
Rüzgâr Yönü	20000	22000	24000	25500	27000	29000	
N	0.0E+00	0.0E+00	3.0E-07	0.0E+00	2.7E-07	0.0E+00	
NNW	0.0E+00	1.9E-07	1.9E-07	0.0E+00	1.8E-07	1.7E-07	
NW	2.0E-07	1.9E-07	1.8E-07	0.0E+00	1.7E-07	1.7E-07	
WNW	1.8E-07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.6E-07	1.6E-07	
W	2.5E-07	0.0E+00	0.0E+00	2.1E-07	0.0E+00	0.0E+00	
WSW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.9E-07	
SW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
SSW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
S	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
SSE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
SE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
ESE	0.0E+00	1.7E-07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.5E-07	
E	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.8E-07	1.8E-07	1.7E-07	
ENE	0.0E+00	0.0E+00	1.9E-07	1.8E-07	0.0E+00	0.0E+00	
NE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.8E-07	1.7E-07	
NNE	3.0E-07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.4E-07	2.3E-07	

EK F. Yeniköy Termik Santralı Kollektif Etkin Dozu (kişi.mSv/yıl)

	Radyal Doğrultuda Kaynağa Olan Uzaklık (m)						
Rüzgâr Yönü	1000	2500	3500	4500	5500	6500	8000
N	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NNW	7.1E-04	0.0E+00	2.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.0E-04
NW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
WNW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.2E-04	0.0E+00	0.0E+00
W	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.6E-04	0.0E+00	0.0E+00
WSW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.6E-04	0.0E+00	0.0E+00
S	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SSW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
S	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.9E-04
SSE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.9E-05	0.0E+00
SE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.0E-05
ESE	0.0E+00	3.0E-05	0.0E+00	9.8E-05	0.0E+00	1.1E-04	1.5E-04
E	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
ENE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NNE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Rüzgâr Yönü	10000	11500	12500	13500	14500	16300	18300
N	0.0E+00	0.0E+00	1.6E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.9E-04
NNW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.1E-03
NW	2.5E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-04	1.1E-04	4.5E-04
WNW	1.1E-04	0.0E+00	6.8E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
W	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
WSW	0.0E+00	7.8E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.3E-04
SW	4.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SSW	0.0E+00	3.7E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.2E-04	6.0E-04
S	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SSE	0.0E+00	2.6E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SE	7.1E-05	0.0E+00	6.7E-04	0.0E+00	0.0E+00	7.8E-05	0.0E+00
ESE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.7E-04
E	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
ENE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00

EK F. (devam)

NE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NNE	0.0E+00	0.0E+00	6.6E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	5.8E-04
Rüzgâr Yönü	20000	22000	24000	25500	27000	29000	
N	0.0E+00	0.0E+00	1.9E-04	0.0E+00	5.6E-05	0.0E+00	
NNW	0.0E+00	1.0E-02	2.7E-04	0.0E+00	1.8E-04	1.7E-04	
NW	7.3E-05	7.6E-05	1.6E-04	0.0E+00	1.7E-04	8.7E-05	
WNW	2.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8.9E-04	2.2E-04	
W	3.7E-04	0.0E+00	0.0E+00	2.6E-04	0.0E+00	0.0E+00	
WSW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.1E-04	
SW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
SSW	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
S	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
SSE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
SE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
ESE	0.0E+00	8.1E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.1E-04	
E	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.5E-05	1.3E-04	4.5E-05	
ENE	0.0E+00	0.0E+00	5.0E-05	8.6E-05	0.0E+00	0.0E+00	
NE	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.6E-04	1.3E-04	
NNE	2.1E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.8E-04	5.7E-04	

EK G. Termik Santrallerin 30 km Yarıçap İçerisinde Kesişim Bölgeleri

		Yatağan		Yeniköy		Kemerköy	
Kesişim bölgeleri	Yerleşim adı	Rüzgâr yönü	Uzaklık (km)	Rüzgâr yönü	Uzaklık (km)	Rüzgâr yönü	Uzaklık (km)
Yatağan Kemerköy Yeniköy	Beçin	WSW	28	NNW	18	NNW	29
	Kalınağıl	WSW	22	N	13	N	24
	Arsıanyaka	WSW	27	NNW	11	NNW	24
	Ulaş	SW	27	NNW	9	NNW	21
	Çamlıbelen	WSW	20	NNE	13	N	24
	Kayadere	SW	22	NNE	7	N	22
	Çamköy	SW	28	NNW	8	NNW	19
	Bencik	SW	10	NNE	19	NNE	28
	Karacaagaç	SW	26	NNE	3	N	14
	Bağdamları (Yeniköy)	SW	29	NNW	1	N	13
	Sekköy	SSW	28	ESE	3	N	9
	Kozağaç	WSW	12	ENE	17	NNE	24
	Çakıralan	SSW	29	ESE	5	NNE	8
	Yoğunluk	SSW	27	ESE	7	NNE	11
	Pınarköy	SSW	29	ESE	9	NE	8
	Dereköy	SSW	29	ESE	7	NE	8
	Kalem	S	28	ESE	14	NE	11
	Zeytinköy	S	27	ESE	19	ENE	14
	Dağpınar	S	27	ESE	20	ENE	15
	Sarıçköy	SSE	29	ESE	23	ENE	21
	Çırpı	SSE	15	ENE	25	NE	27
	Çiftlikköy	SSE	17	ENE	26	NE	28
	Bağyaka	SSE	24	E	26	ENE	26
	Denizova	SSE	27	E	28	ENE	26
Yatağan Kemerköy	Beçin	WSW	28			NNW	29
	Kalınağıl	WSW	22			N	24
	Arsıanyaka	WSW	27			NNW	24
	Ulaş	SW	27			NNW	21
	Çamlıbelen	WSW	20			N	24
	Kayadere	SW	22			N	22
	Çamköy	SW	28			NNW	19

EK G. (devam)

	Bencik	SW	10			NNE	28
	Karacaagaç	SW	26			N	14
	Bağdamları (Yeniköy)	SW	29			N	13
	Sekköy	SSW	28			N	9
	Kozağaç	WSW	12			NNE	24
	Çakıralan	SSW	29			NNE	8
	Yoğunluk	SSW	27			NNE	11
	Pınarköy	SSW	29			NE	8
	Dereköy	SSW	29			NE	8
	Kalem	S	28			NE	11
	Zeytinköy	S	27			ENE	14
	Dağpınar	S	27			ENE	15
	Sarnıçköy	SSE	29			ENE	21
	Çırpı	SSE	15			NE	27
	Çiftlikköy	SSE	17			NE	28
	Bağyaka	SSE	24			ENE	26
	Denizova	SSE	27			ENE	26
	Derinkuyu	SSE	29			ENE	29
Yatağan Yeniköy	Beçin	WSW	28	NNW	18		
	Kahnağıl	WSW	22	N	13		
	Arslanyaka	WSW	27	NNW	11		
	Ulaş	SW	27	NNW	9		
	Çamlıbelen	WSW	20	NNE	13		
	Kayadere	SW	22	NNE	7		
	Çamköy	SW	28	NNW	8		
	Bencik	SW	10	NNE	19		
	Karacaagaç	SW	26	NNE	3		
	Bağdamları (Yeniköy)	SW	29	NNW	1		
	Sekköy	SSW	28	ESE	3		
	Kozağaç	WSW	12	ENE	17		
	Çakıralan	SSW	29	ESE	5		
	Yoğunluk	SSW	27	ESE	7		
	Pınarköy	SSW	29	ESE	9		

EK G. (devam)

	Dereköy	SSW	29	ESE	7		
	Kalem	S	28	ESE	14		
	Zeytinköy	S	27	ESE	19		
	Dağpınar	S	27	ESE	20		
	Sarıçköy	SSE	29	ESE	23		
	Çırpı	SSE	15	ENE	25		
	Çiftlikköy	SSE	17	ENE	26		
	Bağyaka	SSE	24	E	26		
	Denizova	SSE	27	E	28		
	Milas	W	29	NNW	22		
	Menteş	WSW	26	NNW	22		
	Yeniköy	W	27	NNW	23		
	Kırcağız	W	27	NNW	24		
	Kızılçayıkık	W	28	NNW	26		
	Bahçeburun	W	30	NNW	28		
	Kargıcak	W	27	NNW	28		
	Güllük	W	23	WNW	27		
	Yusufça	W	23	WNW	27		
	Tuzabat	WSW	20	N	18		
	Korucak	WSW	17	N	18		
	Kayabaşı	W	19	N	25		
	Çallı	WNW	20	N	25		
	Olukbaşı	WNW	22	N	29		
	Kozağaç	WSW	12	NNE	21		
	Gökgedikköyü	WNW	13	NNE	30		
	Turgut(lar)	NW	8	NNE	29		
	Zeytin	WNW	11	NNE	27		
	Kırık	NW	12	NNE	29		
	Yeşilbağcılar	WNW	6	NNE	28		
	Yeşilköy	SSW	6	NE	24		
	Cazkırılar	SSW	7	NE	23		
	Kapubağ	SSE	3	NE	27		
	Bozüyük	SE	5	NE	28		
	Yeniköy	SSE	23	E	29		
	Çukuröz	SSE	11	ENE	24		

EK G. (devam)

	Gökpınar	SE	8	NE	29		
	Bağyaka	S	8	E	26		
Kemerköy Yeniköy	Beçin			NNW	18	NNW	29
	Kalınağıl			N	13	N	24
	Arsıanyaka			NNW	11	NNW	24
	Ulaş			NNW	9	NNW	21
	Çamlıbelen			NNE	13	N	24
	Kayadere			NNE	7	N	22
	Çamköy			NNW	8	NNW	19
	Bencik			NNE	19	NNE	28
	Karacaagaç			NNE	3	N	14
	Bağdamları (Yeniköy)			NNW	1	N	13
	Sekköy			ESE	3	N	9
	Kozağaç			ENE	17	NNE	24
	Çakıralan			ESE	5	NNE	8
	Yoğunluk			ESE	7	NNE	11
	Pınarköy			ESE	9	NE	8
	Dereköy			ESE	7	NE	8
	Kalem			ESE	14	NE	11
	Zeytinköy			ESE	19	ENE	14
	Dağpınar			ESE	20	ENE	15
	Sarıçköy			ESE	23	ENE	21
	Çırpı			ENE	25	NE	27
	Çiftlikköy			ENE	26	NE	28
	Bağyaka			E	26	ENE	26
	Denizova			E	28	ENE	26
	Çamlıca			SE	11	ENE	5
	Ören			SE	13	ENE	4
	Hüsamlar			SE	9	NE	5
	Türkevleri			SSE	12	WSW	1
	Gürceğiz			SSE	7	NNW	4
	Akçakaya			S	8	NW	6
	Bozalan			SSW	12	W	7
	Fesleğen			SW	11	WNW	11

EK G. (devam)

	Çökertme			SSW	16	WSW	10
	Gökbel			SSW	16	WSW	11
	Mazıköy			SSW	18	WSW	15
	Mumcular			WSW	19	WNW	23
	Tepecik			W	20	WNW	25
	Yeniköy			WSW	19	WNW	21
	Demirciler			WSW	12	WNW	16
	Karacahisar			WNW	6	NW	15
	Sazköy			NW	12	W	27
	Koruköy			NW	19	NW	28
	Akyol			WNW	18	NW	29
	Ağaçlıhüyük			NW	15	NNW	25
	Dörttepe			W	21	WNW	28
	Alaçam			WNW	10	NW	18
	Baharlı			NW	18	NNW	29
	Çiftlikköy			WSW	6	NW	13
	Kıran			ESE	30	E	27

EK H. Termik Santralların Kesişim Bölgelerindeki Toplam Doz Değerleri

Kesişim bölgeleri	Yerleşim adı	Toplam doz değerleri (mSv/yıl)
Yatağan Kemerköy Yeniköy	Beçin	2.2×10^{-5}
	Kalınağıl	2.4×10^{-4}
	Arslanyaka	2.2×10^{-5}
	Ulaş	2.1×10^{-5}
	Çamlıbelen	2.3×10^{-5}
	Kayadere	-
	Çamköy	2.2×10^{-5}
	Bencik	2.6×10^{-5}
	Karacaagaç	2.1×10^{-5}
	Bağdamlar (Yeniköy)	2.2×10^{-5}
	Sekköy	6.4×10^{-5}
	Kozağaç	-
	Çakıralan	6.4×10^{-5}
	Yoğunoluk	6.7×10^{-5}
	Pınarköy	6.4×10^{-5}
	Dereköy	6.4×10^{-5}
	Kalem	8.0×10^{-5}
	Zeytinköy	1.3×10^{-7}
	Dağpınar	-
	Sarnıkköy	2.3×10^{-5}
	Çırpı	2.8×10^{-5}
	Çiftlikköy	1.2×10^{-7}
	Bağyaka	2.4×10^{-5}
	Denizova	2.4×10^{-5}
Yatağan Kemerköy	Beçin	2.2×10^{-5}
	Kalınağıl	2.4×10^{-5}
	Arslanyaka	2.2×10^{-5}
	Ulaş	2.1×10^{-5}
	Çamlıbelen	2.3×10^{-5}
	Kayadere	-
	Çamköy	2.1×10^{-5}
	Bencik	2.6×10^{-5}
	Karacaagaç	2.1×10^{-5}

EK H. (devam)

	Bağdamları (Yeniköy)	2.1×10^{-5}
	Sekköy	6.4×10^{-5}
	Kozağaç	-
	Çakıralan	6.4×10^{-5}
	Yoğunluk	6.7×10^{-5}
	Pınarköy	6.4×10^{-5}
	Dereköy	6.4×10^{-5}
	Kalem	8.0×10^{-5}
	Zeytinköy	1.3×10^{-7}
	Dağpınar	-
	Sarnıçköy	2.3×10^{-5}
	Çırpı	2.8×10^{-5}
	Çiftlikköy	1.2×10^{-7}
	Bağyaka	2.4×10^{-5}
	Denizova	2.4×10^{-5}
	Derinkuyu	2.3×10^{-5}
Yatağan Yeniköy	Beçin	2.2×10^{-5}
	Kalınağıl	2.4×10^{-5}
	Arslanyaka	2.2×10^{-5}
	Ulaş	2.1×10^{-5}
	Çamlıbelen	2.3×10^{-5}
	Kayadere	-
	Çamköy	2.1×10^{-5}
	Bencik	2.6×10^{-5}
	Karacaağaç	2.1×10^{-5}
	Bağdamları (Yeniköy)	2.2×10^{-5}
	Sekköy	6.4×10^{-5}
	Kozağaç	-
	Çakıralan	6.4×10^{-5}
	Yoğunluk	6.7×10^{-5}
	Pınarköy	6.4×10^{-5}
	Dereköy	6.4×10^{-5}
	Kalem	8.0×10^{-5}
	Zeytinköy	-
	Dağpınar	-

EK H. (devam)

	Sarnıkköy	2.3×10^{-5}
	Çırpı	2.8×10^{-5}
	Çiftlikköy	-
	Bağyaka	2.4×10^{-5}
	Denizova	2.4×10^{-5}
	Milas	2.1×10^{-5}
	Cazkılar	-
	Menteş	2.2×10^{-5}
	Yeniköy	2.1×10^{-5}
	Kırcağız	2.1×10^{-5}
	Kızılçayıkık	2.1×10^{-5}
	Bahçeburun	2.1×10^{-5}
	Kargıcak	2.1×10^{-5}
	Güllük	1.6×10^{-7}
	Yusufoğlu	1.6×10^{-7}
	Tuzabat	2.3×10^{-5}
	Korucak	3.7×10^{-7}
	Kayabaşı	-
	Çallı	3.0×10^{-5}
	Olukbaşı	2.9×10^{-5}
	Kozağaç	-
	Gökgedikköyü	2.3×10^{-7}
	Turgut(lar)	4.0×10^{-5}
	Zeytin	2.4×10^{-7}
	Kırık	2.3×10^{-7}
	Yeşilbağcılar	2.3×10^{-7}
	Yeşilköy	2.3×10^{-4}
	Kapubağ	1.8×10^{-7}
	Bozüyük	1.7×10^{-7}
	Yeniköy	2.4×10^{-5}
	Çukuröz	1.9×10^{-7}
	Gökpinar	2.7×10^{-5}
	Bağyaka	2.5×10^{-5}
Kemerköy Yeniköy	Beçin	3.4×10^{-7}
	Kalınağıl	6.6×10^{-7}

EK H. (devam)

	Arslanyaka	1.4×10^{-7}
	Ulaş	-
	Çamlıbelen	1.4×10^{-7}
	Kayadere	-
	Çamköy	5.2×10^{-7}
	Bencik	4.2×10^{-7}
	Karacaagaç	-
	Bağdamları (Yeniköy)	7.0×10^{-7}
	Sekköy	-
	Kozağaç	-
	Çakıralan	1.8×10^{-7}
	Yoğunoluk	3.0×10^{-7}
	Pınarköy	1.6×10^{-7}
	Dereköy	4.6×10^{-7}
	Kalem	-
	Zeytinköy	1.3×10^{-7}
	Dağpınar	-
	Sarıçköy	-
	Çırpı	3.0×10^{-7}
	Çiftlikköy	1.2×10^{-7}
	Bağyaka	1.8×10^{-7}
	Denizova	1.7×10^{-7}
	Çamlıca	-
	Ören	2.0×10^{-7}
	Hüsamlar	2.7×10^{-7}
	Türkevleri	1.8×10^{-7}
	Gürceğiz	-
	Akçakaya	8.5×10^{-7}
	Bozalan	-
	Fesleğen	-
	Çökertme	7.4×10^{-7}
	Gökbil	6.0×10^{-7}
	Mazıköy	5.4×10^{-7}
	Mumcular	1.2×10^{-7}
	Tepecik	2.5×10^{-7}

EK H. (devam)

	Yeniköy	1.2×10^{-7}
	Demirciler	-
	Karacahisar	-
	Sazköy	1.2×10^{-7}
	Koruköy	3.2×10^{-7}
	Akyol	1.2×10^{-7}
	Ağaçlıhüyük	2.3×10^{-7}
	Dörttepe	1.1×10^{-7}
	Alaçam	2.7×10^{-7}
	Baharlı	3.4×10^{-7}
	Çiftlikköy	-
	Kıran	2.7×10^{-7}

EK I. Duyarlılık Analizi (Verilerde pozitif yönde %10'luk bir değişime göre, etkin doz değişiklikleri)

Parametreler	Gerçek Giriş Verileri	Etkin Doz Değişim Oranları (%)
Yağış Miktarı (cm/yıl)	59.82	9.6
Sıcaklık (°C)	16.5	0
Radyasyonlu Bulutun Çökelme Yüksekliği (m)	384	-0.3

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Ad Soyad :Ekrem Çağrı KORBA
Uyruk : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi: 24/11/1985
Medeni Hali :Bekar
Telefon : 0 506 938 9721
E-posta : korba-1985@hotmail.com

Eğitim

Alınan Derece	Aldığı Kurum/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lise	Fevzi Çakmak Lisesi	2004
Lisans	Muğla Üniversitesi	2008
Yüksek Lisans	Muğla Üniversitesi	2011

İş Tecrübesi

Yıl	Yer	Pozisyon/görev
2000-2004	İzmir	Gitar Kursu
2004-2005	Çeşme	İşletmeci
2005-2006	İzmir	Garson
2006-2007	İzmir	Otopark Görevlisi
2007-2008	İzmir	Su Dağıtım Görevlisi

Yabancı Dil(ler)

Dil (İngilizce, vs)	Başlangıç	Orta	İleri
Yazma		X	
Konuşma		X	
Anlama		X	
Okuma		X	

Hobiler: Elektro gitar, futbol ve su sporları.