



**İNCEBURUN (SİNOP) VE AKKUYU (MERSİN)
ÇEVRESİNDE TOPOĞRAFYA VE SINIR
TABAKASI İKLİMİNİN OLASI RADYOLOJİK
KİRLİLİĞE ETKİSİ**

**2020
YÜKSEK LİSANS TEZİ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI**

Onur CANBULAT

Prof. Dr. Mücahit COŞKUN

**İNCEBURUN (SİNOP) VE AKKUYU (MERSİN) ÇEVRESİNDE
TOPOĞRAFYA VE SINIR TABAKAŞI İKLİMİNİN OLASI RADYOLOJİK
KİRLİLİĞE ETKİSİ**

Onur CANBULAT

Prof. Dr. Mücahit COŞKUN

T.C.

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Coğrafya Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK

Ağustos 2020

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	1
TEZ ONAY SAYFASI.....	3
DOĞRULUK BEYANI	4
ÖNSÖZ	5
ÖZ.....	6
ABSTRACT.....	8
ARŞİV KAYIT BİLGİLERİ.....	10
ARCHIVE RECORD INFORMATION	11
KISALTMALAR	12
GİRİŞ	15
ARAŞTIRMANIN KAPSAMI.....	18
ARAŞTIRMANIN AMACI VE ALT AMAÇLARI	20
ARAŞTIRMANIN GEREKÇESİ, ÖNEMİ VE SINIRLILIKLARI	21
ARAŞTIRMANIN MATERYALİ VE YÖNTEMİ	22
ARAŞTIRMANIN HİPOTEZLERİ-PROBLEM.....	25
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	26
1. BİRİNCİ BÖLÜM	36
1.1. HAVA KİRLİLİĞİ VE RADYOLOJİK KİRLİLİK.....	36
1.1.1. Hava Kirliliği ve Atmosfer İlişkisi.....	36
1.1.2. Radyolojik Kirlilik.....	39
2. İKİNCİ BÖLÜM.....	45
2.1. ÇALIŞMA ALANLARININ FİZİKİ COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ	45
2.1.1. İnceburun ve Akkuyu'nun Coğrafi Konumu	45

2.1.2. İnceburun ve Akkuyu'nun İklimi.....	47
2.1.3. İnceburun ve Akkuyu'nun Yerçekilleri.....	56
3. ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	69
3.1. ATMOSFERİK OLAYLARA TOPOĞRAFYA ETKİSİ VE SINIR TABAKASI İKLİMİ.....	69
3.1.1. Sınır Tabakası İklimi.....	74
3.1.2. Yeryüzü Şekillerinin Sınır Tabakası İklimine Etkisi	79
4. DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	85
4.1. ATMOSFERİK KARARLILIK	85
5. BEŞİNCİ BÖLÜM.....	93
5.1. TOPOĞRAFYA VE SINIR TABAKASININ ATMOSFERİK SİRKÜLASYONA ETKİSİ-YENİ KARARLILIK YAKLAŞIMI.....	93
5.1.1. Meteorolojik Verilerin Seçimi	93
5.1.2. Topoğrafya ve Sınır Tabakasının Atmosferik Sirkülasyona Etkisi.....	94
5.1.3. Atmosferik Kararlılık Kriterlerinin Karşılaştırılması.....	123
5.1.4. Yeni Kararlılık Yaklaşımı	128
6. ALTINCI BÖLÜM	139
6.1. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	139
6.2. ÖNERİLER	153
KAYNAKÇA.....	154
TABLolar LİSTESİ	161
ŞEKİLLER LİSTESİ	162
GRAFİKLER LİSTESİ.....	164
HARİTALAR LİSTESİ	165
FOTOĞRAFLAR LİSTESİ.....	166
ÖZGEÇMİŞ	167

TEZ ONAY SAYFASI

Onur CANBULAT tarafından hazırlanan “İNCEBURUN (SİNOP) VE AKKUYU (MERSİN) ÇEVRESİNDE TOPOĞRAFYA VE SINIR TABAKASI İKLİMİNİN OLASI RADYOLOJİK KİRLİLİĞE ETKİSİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mücahit COŞKUN

.....

Tez Danışmanı, Coğrafya Anabilim Dalı

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Mücahit COŞKUN (KBÜ)

.....

Üye : Doç. Dr. Necla ÇAKMAK(KBÜ)

.....

Üye : Doç. Dr. Halil GÜNEK (FÜ.)

.....

27/08/2020

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans Tezi derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı herhangi bir yola tevessül etmeden yazdığımı, araştırmamı yaparken hangi tür alıntıların intihal kusuru sayılacağını bildiğimi, intihal kusuru sayılabilecek herhangi bir bölüme araştırmamda yer vermediğimi, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden olduğuğunu ve bu eserlere metin içerisinde uygun şekilde atıf yapıldığını beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak ahlaki ve hukuki tüm sonuçlara katlanmayı kabul ederim.

Adı Soyadı: Onur CANBULAT

İmza :

ÖNSÖZ

Araştırma alanı Sinop'ta yapılması planlanan nükleer güç santralının kurulacağı İnceburun Yarımadası'nı ve şu anda yapımı devam eden Mersin ili Gülnar ilçesinde bulunan Akkuyu nükleer güç santralının bulunduğu Akkuyu ve yakın çevresini kapsamaktadır.

Yapılan bu çalışma altı bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde hava kirliliği ve radyolojik kirlilik, ikinci bölümde çalışma sahasının coğrafi özellikleri, üçüncü bölümde topoğrafyanın atmosfer olaylarına ve sınır tabakası iklimine etkisi, dördüncü bölümde atmosferik kararlılık, beşinci bölümde meteorolojik verilerin seçimi, topoğrafya ve sınır tabakasının atmosferik sirkülasyona etkisi, atmosfer kararlılık kriterlerinin karşılaştırılması ve yeni kararlılık yaklaşımı konuları yer almaktadır. Son bölümde ise elde edilen sonuçlar belirtilmiş ve öneriler sunulmuştur.

Öncelikle her zaman bana rehber olan ve yardımını esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Mücahit COŞKUN'a, Sinop Üniversitesi Nükleer Enerji Anabilim Dalından danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ŞAHİNER'e, bugünlere ulaşmamı sağlayan ailem ve bütün öğretmenlerime, Meral UĞUR ablama, bana yaşama sevinci veren yeğenlerim Tuana, Arven ve Doğukan'a; Nazan, Yeter yengem, Ozan ve Okan'a ayrıca 'ONUR' adının varlığında emeği geçen ismini saymadığım herkese çok teşekkür ederim. İyi ki varsınız.

Onur CANBULAT

Karabük, 2020

ÖZ

Ülkelerin gelişiminde enerji ihtiyacının karşılanması gelişimi tetikleyici bir unsurdur. Bunu başaramayan ya da dışa bağımlı olarak enerji ihtiyacını karşılayan ülkeler gelişimde beklenen atağı yapmakta zorlanırlar. Bu durum Türkiye’de de gözlemlenmektedir. Nükleer enerji Türkiye’de 1980’lerden beri dillendirilen ancak yeni yeni uygulamaya geçilen bir sektördür. Dünya’da yaşanan çeşitli kazalar sebebiyle insanların nükleer enerjiye bakışı olumsuzdur. Ancak şu bilinmelidir ki; gerekli önlemler alındığında nükleer kirliliğin karbon salınımına ya da küresel ısınmaya etkisi fosil yakıt kullanan enerji sektörlerinden daha azdır. Ayrıca Türkiye’ye yakın coğrafyalarda bulunan nükleer santrallerde (örneğin Ermenistan) olası bir kaza Türkiye’yi fazlasıyla etkileyecektir. Nitekim bu Ukrayna’da yaşanan Çernobil kazasında gözlemlenmiştir.

Araştırma, alan olarak İnceburun (Sinop) ve Akkuyu (Mersin) çevresini; konu olarak ise radyolojik kirliliğin atmosferdeki dağılımını kapsamaktadır. Araştırmada nükleer güç santrallerinden atmosfere yayılacak olan kirleticilerin olası dağılımına ışık tutmak amaçlanmaktadır. Türkiye’de radyolojik kirlilik konusunda yapılan akademik çalışmaların daha çok kaza senaryoları üzerine oluşu, normal dağılımı açıklayan bir çalışmanın bulunmayışı, yapılan çalışmaların sadece tek nükleer güç santralini kapsamaması araştırmanın önemini artırmaktadır. Araştırmada haritalandırma için ArcGIS 10.4 programı, topoğrafya ve sınır tabakasının atmosferik sirkülasyona etkisinin gösterilmesi için ANSYS Fluent programı kullanılmıştır. Analizler için arazi yapısı Google Earth programından alınmış, atmosfer kararlılık kriterlerinin tespitinde ve yeni kararlılık yaklaşımında Pasquill-Gifford kararlılık kriterleri kullanılmıştır. Belirtilen gerçeklerden yola çıkılarak çalışma alanı, nükleer güç santrallerinin inşa edileceği İnceburun ve Akkuyu olarak belirlenmiştir. Çalışma alanının iklim ve yerçekli özellikleri radyolojik kirliliğin dağılımında yönlendirici unsur olacaktır. Bu bakımdan her iki sahaya ait iklim elemanları ve yerçekli özellikleri detaylı olarak incelenmiştir. Özellikle rüzgar ve sıcaklık şartları dağılımında belirleyici unsurlardır. Çünkü İnceburun’da yükselti deniz seviyesine çok yakın (ortalama 5 m), Akkuyu’da ise yakın çevre yüksekliği en fazla 200-300 m arasındadır. En yüksek nokta olan Kızılın Tepesi 270m yükseklikindedir. Yerçekillerinin kirleticilerin dağılımına etkisi güç santrallerinden uzaklaşıldığında artmaktadır. Ayrıca Türkiye’de ortalama yükseltisi

yaklaşık 1500-2000 m olan sınır tabakası ve atmosfer kararlılık şartları da dikkate alınarak ANSYS Fluent programı ile topoğrafya ve sınır tabakasının atmosferik sirkülasyona etkisinin analizi yapılmış, İnceburun çevresinde kirliliğin hareket yönünün ağırlıklı olarak KB-GD, Akkuyu çevresinde ise GB-KD olacağı sonucuna varılmıştır. Her iki çalışma sahası için rüzgar akışından kaynaklı basınç değerleri, türbülans akımlarının yüzeydeki kinetik enerji miktarları, eddy viskozite dağılımları hesaplanmıştır. Yapılan mevsimlik analizlerde de dağılım yönünün yıllık ortalama ile aynı olduğu görülmüştür. Sahalarda artan rüzgar hızına bağlı olarak hesaplama değerlerinin en yüksek olduğu mevsim kıştır.

Atmosfer kararlılık kriterlerinden bir çoğu incelenerek bu kriterlerin yüksek atmosferdeki değerleri kullandığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu nedenle yeryüzüne en yakın alanda ölçümler yapan ve bir çok parametreyi içerisinde barındıran Pasquill kriterlerinin sahaların atmosfer kararlılığının belirlenmesinde daha uygun olduğu saptanmıştır. İnceburun sahası için rüzgar, Akkuyu için rüzgar ve sıcaklık parametreleri kararlılığın tespitinde uygun iklim elemanları olarak belirlenmiştir. Yıllık ortalama veriler ışığında Sinop gündüz koşullarında C kategorisinde (Az kararsız), gece koşullarında D (Nötr); Akkuyu ise gündüz koşullarında A-B kategorisinde (Çok-orta derecede kararsız), gece koşullarında ise F kategorisinde (Çok kararlı) yer almaktadır.

Topografyada engebe arttıkça sınır tabakası yükseltisinin hesaplanması zorlaşmaktadır. Çünkü engebe türbülansif akımları ve özellikle kış mevsiminde inversiyon oluşumunu desteklemektedir. Normal atmosfer şartlarında nükleer güç santrallerinin bulunduğu alanlarda sınır tabakası yüksekliği 1500-2000 m lere çıkmaktadır. Sınır tabakası yüksekliği kirliticilerin dağılacığı alanlara daha uzak iç kesimlerde mevsimsel şartlara göre inversiyon oluşumlu soğuk dönemlerde daha da alçalmaktadır. Kuvvetli rüzgarların egemen olduğu mevsimlerde engebeli arazinin rüzgarları yükseklerle doğru zorlaması ve türbülansa sebep olması sonucunda sınır tabakası yükseltisi artmaktadır. Sıcak ve rüzgarlı hava şartları, yaz mevsimi ya da gündüz koşulları kirliliğin dağılımında olumlu etkiye sahipken, durgun ve soğuk hava şartları, inversiyon durumları kirliliği artırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Akkuyu ve İnceburun NGS; Radyolojik Kirlilik; Sınır Tabakası İklimi; Atmosferik Kararlılık

ABSTRACT

Meeting energy needs is a trigger factor in the development of countries. Countries that fail to achieve this or meet their energy needs depending on foreign sources find it difficult to make the expected attack in development. This situation is observed in Turkey. Nuclear power in Turkey since the 1980s but has voiced an industry transition to new practices. Due to various accidents in the world, people's view of nuclear energy is negative. However, it should be known that; When necessary precautions are taken, the impact of nuclear pollution on carbon emissions or global warming is less than energy sectors using fossil fuels. Also located in the region close to Turkey in nuclear power plants (eg Armenia) will affect more than a possible accident Turkey. As a matter of fact, this was observed in the Chernobyl accident in Ukraine.

The research was carried out around İnceburun (Sinop) and Akkuyu (Mersin); The subject covers the distribution of radiological pollution in the atmosphere. The aim of the study is to shed light on the possible distribution of pollutants that will be emitted from nuclear power plants into the atmosphere. more accidents occur on the scenario of academic study on radiological pollution in Turkey, explaining the lack of a normal distribution of work, just cover the the only nuclear power plant increases the importance of the work of the research. In the research, ArcGIS 10.4 program was used for mapping, and ANSYS Fluent program was used to show the effect of topography and boundary layer on atmospheric circulation. For the analysis, the land structure was taken from the Google Earth program, and Pasquill-Gifford stability criteria were used in the determination of atmospheric stability criteria and the new stability approach. Based on the stated facts, the study area has been determined as Inceburun and Akkuyu, where nuclear power plants will be built. The climate and landform characteristics of the study area will be a guiding factor in the distribution of radiological pollution. In this respect, the climatic elements and landform characteristics of both sites were examined in detail. Especially wind and temperature conditions are determining factors in the distribution. Because in Inceburun the altitude is very close to the sea level (on average 5 m), and in Akkuyu the altitude in the vicinity is at most 200-300 m. The highest point, Kızılın Tepesi, is 270 meters high. The effect of landforms on the distribution of pollutants increases with distance from

power plants. Also it made to analyze the effect of the average height of about 1500-2000 m in the boundary layer and taking into account the atmospheric stability conditions ANSYS FLUENT program atmospheric circulation with topography and boundary layer in Turkey Inceburun mainly NW-SE direction of movement around the pollution in the surrounding Akkuyu GB - It was concluded that it would be the KD. Pressure values originating from wind flow, kinetic energy amounts of turbulent flows on the surface, eddy viscosity distributions were calculated for both study areas. In seasonal analysis, it was seen that the distribution direction was the same as the annual average. Depending on the increasing wind speed in the fields, the season with the highest calculation values is winter. Many of the atmosphere stability criteria have been examined and it has been concluded that these criteria use values in high atmospheres. For this reason, it has been determined that the Pasquill criteria, which make measurements in the area closest to the earth and include many parameters, are more appropriate in determining the atmospheric stability of the fields. Wind for Inceburun field, wind and temperature parameters for Akkuyu have been determined as suitable climatic elements in determining the stability. In the light of the annual average data, Sinop is in category C (Less unstable) in daytime conditions and D (Neutral) in night conditions; Akkuyu is in category A-B (Very-moderately unstable) in daytime conditions and in category F (very stable) in night conditions. As the roughness increases in the topography, it becomes difficult to calculate the boundary layer elevation. Because roughness supports turbulent flows and especially inversion formation in winter. In areas where nuclear power plants are located under normal atmospheric conditions, the height of the boundary layer reaches 1500-2000 m. The height of the boundary layer decreases further in the inner parts farther from the areas where the pollutants will be dispersed, in cold periods with inversion formation according to seasonal conditions. In the seasons where strong winds are dominant, the boundary layer elevation increases as a result of the rough terrain forcing the winds towards higher and causing turbulence. While hot and windy weather conditions, summer or daytime conditions have a positive effect on the distribution of pollution, stagnant and cold weather conditions and inversion conditions increase the pollution.

Keywords: Akkuyu and İnceburun NPP; Radiological Pollution; Boundary Layer Climate; Atmospheric Stability.

ARŞİV KAYIT BİLGİLERİ

Tezin Adı	İnceburun (Sinop) ve Akkuyu (Mersin) Çevresinde Topoğrafya ve Sınır Tabakası İkliminin Olası Radyolojik Kirliliğe Etkisi
Tezin Yazarı	Onur CANBULAT
Tezin Danışmanı	Prof. Dr. Mücahit COŞKUN
Tezin Derecesi	Yüksek Lisans
Tezin Tarihi	27/08/2020
Tezin Alanı	Fiziki Coğrafya
Tezin Yeri	KBÜ/LEE
Tezin Sayfa Sayısı	167
Anahtar Kelimeler	Akkuyu ve İnceburun NGS, Radyolojik Kirlilik, Sınır Tabakası İklimi, Atmosferik Kararlılık

ARCHIVE RECORD INFORMATION

Name of the Thesis	The Impact of Topography and Boundary Layer Climate on Possible Radiological Pollution Around İnceburun (Sinop) and Akkuyu (Mersin)
Author of the Thesis	Onur CANBULAT
Advisor of the Thesis	Prof. Dr. Mücahit COŞKUN
Status of the Thesis	Master's Degree
Date of the Thesis	27/08/2020
Field of the Thesis	Physical Geography
Place of the Thesis	KBU/LEE
Total Page Number	167
Keywords	Akkuyu and İnceburun NPP, Radiological Pollution, Boundary Layer Climate, Atmospheric Stability

KISALTMALAR

A: Ağustos

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

ANSYS: Engineering Simulation Software (Mühendislik Simülasyon Yazılımı)

ASTER: Advanced Spaceborn Thermal Emission and Reflection Radiometer
(Gelişmiş Boşluklu Termal Emisyon ve Yansıma Radyometresi)

B: Batı

D: Doğu

E: Eylül

EMOD: European Marine Observation and Data Network (Avrupa Deniz Gözlem ve Veri Ağı)

ET: Gizli enerji

F: İtme kuvveti

f: Rüzgar hızı

G: Güney

GB: Güneybatı

GD: Güneydoğu

GIS: Geographic Information System (Coğrafi Bilgi Sistemi)

H: Haziran

HGM: Harita Genel Müdürlüğü

hPa: Hektopaskal

K: Kuzey

KB: Kuzeybatı

KD: Kuzeydoğu

km: Kilometre

m: Metre

M: Mart

mm: Milimetre

MTA: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

N: Nisan

NASA: National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)

NGS: Nükleer güç santrali

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration (Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi)

O: Ocak

°: Derece

°C: Santigrat derece

Өs: Eşdeğer potansiyel sıcaklık

Өw: Islak hazne sıcaklığı

P: Yerçekimi

Pa: Pascal

Pm: Partikül metre

RASS: Radio Acoustic Sounding Systems (Radyo Akustik Sondaj Sistemleri)

ROM SAF: Radio Occultation Meteorology Satellite Application Facility (Meteoroloji Uydu Uygulama Tesisi)

ROPP: Radio Occultation Processing Package (Radyo Örtüleme İşleme Paketi)

km/s: Kilometre/Saat

m/s: Metre/Saniye

SSCB: Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği

Ş: Şubat

T: Temmuz

T': Hava parselinin sıcaklığı

Td: Çiy noktası sıcaklığı

Tp: Yükselen parselin sıcaklığı

TTI: Total totals indeks

vd: Ve diğerleri

%: Yüzde

': Dakika

": Saniye

GİRİŞ

İnsanların doğa ile etkileşimi ve yaşamın devamı adına doğa üzerindeki faaliyetleri asırlardır devam etmektedir. Avcılık ve toplayıcılıkla başlayan bu etkileşim zamanla daha da ileri gitmiş ve sanayi devrimi sonrasında hız kazanmıştır. İlk başlarda insanın doğa üzerindeki tahribatı sınırlı olmakla birlikte nüfusun artışı ihtiyaçların çeşitlenmesi tahribatın da miktarını artırmıştır. Doğal kaynaklara erişim, ülke kalkınmasının sağlanması ve daha refah düzeyi yüksek bir hayat yaşama çabası kaynakların hızla tükenmesine sebep olduğu gibi çeşitli kirlilikleri beraberinde getirmektedir.

Maden ocakları, fabrikalar, enerji üretim santralleri içinde yaşadığımız doğal çevre üzerinde toprak, su, hava kirliliklerine sebep olmakta, birçok canlı türünün hayatlarının tehlike altına girmesine yol açmaktadır. Elbetteki insanoğlu doğadaki kaynaklardan faydalanması gerekmektedir. Ancak bu faydalanma düzeyi hem doğal hayatı hem de insan yaşamını olumsuz etkilemeyecek şekilde olması gerekir. Son otuz yıl içerisinde şiddetli bir şekilde tartışılmaya başlanan küresel ısınma ve iklim değişikliği konusu bu durumun en güzel kanıtını oluşturmaktadır. Yapılan bilimsel çalışmalar sonucunda bilim insanları ülke yöneticilerini uyarmakta ve bu konuda tedbir alınmasını istemektedir. Bu çalışmalar neticesinde Kyoto Protokolü gibi sözleşmeler dünya gündemine gelmekte, sera gazlarının salınımının sınırlandırılmasına çalışılmaktadır. Buradan anlaşılacağı üzere atmosfer dahil, doğal kaynaklar sınırsız değildir ve insan faaliyetlerine tepki vermektedir. Bu noktada insanlık ekonomik faaliyetlerini bu bilinç ile sürdürmek zorundadır. Gelişmiş devletler bu tip sözleşmelere pek taraf olmamakla birlikte, sözleşmeleri geliştirmekte olan ülkelerin kalkınmasına bir set olarak kullanmaktadır. Örneğin küresel ısınma ve iklim değişikliğindeki payı sınırlı olan Türkiye şu anda karbon salınımında henüz bir sınırlamaya maruz bırakılmıyorken, ilerleyen zaman dilimi içerisinde bu engelle karşılaşması muhtemeldir. Oysa ki küresel ısınma ve iklim değişikliğinde en önemli etkiye sahip ülkeler ABD, Çin, Hindistan, Avrupa ülkeleri ve Rusya'dır. Getirilecek sınırlamaların bütün ülkelere, salınımlarına oranla eşit bir şekilde uygulanması gerekmektedir.

Atmosfer olayları kaotiktir. İlerleyen yıllarda göstereceği değişikliklerin tahmini güçtür. İklim elemanlarında meydana gelen değişikliklerin bir iklim

salınımını yoksa gerçekten bir iklim değişikliği mi olduğu bilim insanları tarafından tartışılmaktadır. Çünkü benzer iklim salınımları Dünya'nın varoluşundan bu yana defalarca yaşanmıştır (Erlat, 2016). Bu farkındalık ve bilgiler ışığında Türkiye'deki bilim insanlarına düşen görev Dünya'yı ve Türkiye'yi sürdürülebilir bir enerji üretimi ve eşitliğin sağlandığı bir kalkınma modeline kavuşturmadır.

Bu noktadan hareketle geç kalınmış olsa dahi nükleer enerji Türkiye'nin enerji ihtiyacının karşılanmasında, enerjide dışa bağımlılığının azaltılmasında, ayrıca enerji ihtiyacı için harcanan paralara bağılı olarak büyüyen dış ticaret açığının kapatılmasında önemli bir adım olacaktır. Diğer enerji üretim santralleri ve fabrikalarda olduğu gibi nükleer enerjide de riskler bulunmaktadır. Ancak şu unutulmamalıdır ki her çalışma belirli riskleri de beraberinde getirmektedir. Yenilenebilir enerji santrallerinde bile doğaya ait tahribatlar meydana gelmektedir. Önemli olan gerekli önlemlerin alınmasıdır. Bugün Türkiye'nin kurmakta olduğu nükleer santrallerden yakın komşuları dahil olmak üzere, birçok ülkede vardır.

Yapılan bu çalışma alınacak tedbirlere ışık tutmayı amaçlamaktadır. Atmosfere salınan kirletici unsurların dağılımını belirleyen temel etken iklim şartları, sınır tabakasının yüksekliği, atmosfer kararlılığı ve yörenin yeryüzü şekillerinin özellikleridir. Araştırmanın ilerleyen bölümlerinde detaylarıyla anlatılan bu başlıklara kısaca değinmek gerekmektedir. İnceburun ülkemizin kuzeyinde Sinop ili sınırları içerisinde ve Karadeniz iklimi etkisi altındadır. Rüzgar sirkülasyonuna açık olan sahada sınır tabakası yüksekliği Akkuyu'da olduğu gibi 1500 m civarındadır (Culverwell, 2016). Sıcaklık şartları dikkate alındığında Mersin'de yer alan Akkuyu nükleer santrali bölgesinde görülen şartlar kirliliğin dağılımını daha olumlu etkileyecek düzeydedir. Çünkü yüksek sıcaklık koşulları atmosfer karışımını sağlayan konvektif hava akımlarını destekleyecektir. Yine Akkuyu'nunda deniz kenarında bulunması rüzgar akımlarına maruz kalmasına sebep olmaktadır. Bu durum da kirletici unsurların dağılımını kolaylaştırmaktadır.

Atmosfer kararlılığı şartları dikkate alındığında iç bölgelerde yer alan arazilere göre deniz kenarları kararsız hava koşullarına daha yatkındır. Çünkü kara ile denizin ısınma özelliklerinin farklı oluşu oluşması muhtemel hava olaylarını tetiklemektedir. Özellikle Akkuyu sıcaklık değerlerinin daha yüksek oluşu ile İnceburun nükleer güç santralinin bir adım önündedir. İnceburun ise yeryüzü şekillerinin sadeliği sebebiyle

rüzgarlara fazlasıyla açıktır. Bu da kirletici unsurların atmosferde yükselmesini ve seyrelmesini kolaylaştırmaktadır. Kirleticilerin uzun süre dağılımını engelleyen sıcaklık terselmesi (inversiyon) olayı çoğunlukla yeryüzü şekillerine bağlı olarak çukur alanlarda meydana gelmektedir. Her iki güç santralinin bulunduğu arazi yapısına bakıldığında inversiyon oluşumunu destekleyecek bir topoğrafya mevcut değildir.

Tüm kirleticilerin atmosferde bir yarılanma ömrü olduğu gibi, havada diğer gaz molekülleriyle bileşik yaparak kimyasal yapılarının değişme ihtimali bulunmaktadır. Birinci bölümde yer alan hava kirliliği ve atmosfer ilişkisinde detaylı anlatılan bu husus atmosfer kirliliğinin en önemli boyutunu oluşturmaktadır. Çünkü tepkime sonucu oluşan bileşiklerin etkisinin ne olacağı ve seyrelme özelliklerinin belirlenmesi güçtür. Bu nedenlerden dolayı nükleer santralleri faaliyete geçirmeden önce kaza dahil tüm olası durumların belirlenmesi ve önlemlerin alınması gerekmektedir.

ARAŞTIRMANIN KAPSAMI

İnsan ve doğal çevrenin etkileşim süreci içerisinde teknolojik ilerlemelere de bağlı olarak zamanla insanın doğa üzerindeki yıkıcı etkisi artmaktadır. İnsan faaliyetleri sonucunda doğal kaynakların çoğu geri dönüşü olmaksızın yok olmakta ve doğal ortamlarda kirlilikler oluşmaktadır. Toprak, su ve hava kirlilikleri zaman zaman özellikle kalabalık nüfuslu coğrafyalarda insan sağlığını tehdit edecek boyutlara ulaşmaktadır. Bu nedenle yapılacak ekonomik faaliyetler ve bu faaliyetlerin doğal çevre ve insan hayatı üzerindeki olası etkisinin göz önünde bulundurulması gerekir.

Hava kirliliği, atmosferdeki gaz bileşiminde meydana gelen değişimlerin canlı yaşamını olumsuz etkilemesidir. Radyolojik kirlilik ise gaz bileşiminin değişmesinde radyoaktif salınımların etkili olmasıdır ve radyoaktif partiküllerin atmosfere bırakılmasındaki kontrol çok daha sıkı yapılmalıdır. Çünkü radyoaktivite düzeyinde meydana gelen riskli bir değişiklik bütün canlı yaşamını fazlasıyla olumsuz etkiler. Canlıların biyolojik özelliklerini bozabilir kanser ve benzeri hastalıklara sebep olabilir.

Araştırmanın alan kapsamı, İnceburun (Sinop) ve Akkuyu (Mersin) çevresi; konu kapsamı ise topoğrafya ve sınır tabakası ikliminin atmosferde meydana gelecek olan olası radyolojik kirliliğe etkisi olarak belirlenmiştir. Araştırmanın alan kapsamı belirlenirken nükleer kirlilikte uluslararası çalışmalarda dikkate alınan 10 mil (yaklaşık 16 km) mesafe (American Nuclear Regulatory Commission), konu kapsamında ise olası radyolojik kirliliğin atmosferik dağılımına etki edecek coğrafi unsurlar dikkate alınmıştır. Türkiye'nin en kuzey ucuna kurulması düşünülen İnceburun (Fotoğraf 1) ve güney sahilinde inşaatı devam eden Akkuyu nükleer güç santralleri (Fotoğraf 2) coğrafi özellikler düşünüldüğünde yer seçimi bakımından uygun görülmektedir. Ancak insan sağlığı açısından radyoaktif atıkların atmosferdeki dağılımının seyri önceden hesaplanmalıdır.



Fotoğraf 1. Inceburun Nükleer Güç Santrali Alanı (URL 1)



Fotoğraf 2. Akkuyu Nükleer Güç Santrali Alanı (URL 2)

Kirleticilerin dağılımda etkili olacak coğrafi faktörler sıcaklık, rüzgar hızı ve yönü, basınç, nem ve yağış özellikleri, sınır tabakası yüksekliği, atmosferik kararlılık şartları, topoğrafik özellikler tek tek incelenmelidir. Bu sebeplerden dolayı araştırma konusu içerisine bu alt başlıklar dahil edilmiş ve her iki güç santralinin bulunduğu alanda detaylı olarak incelenmiştir. Ayrıca nükleer santrallerin ülkemizde ilk defa kurulacak olması, bu konuda Türkiye’de sınırlı sayıda çalışma bulunması, atmosfer

kirliliğine ait çalışmaların daha çok çevre mühendisleri tarafından yapılmış olması konunun seçiminde etkili olmuştur. Oysa ki, kirliliğin dağılımında etkili olan ve yukarıda belirtilen fiziki faktörler coğrafi bir gözle ele alındığında daha anlamlı hale getirilebilmektedir. Çünkü iklim ve hava olayları, bu olayların yerçekimleri ve çevredeki büyük su kütleleriyle etkileşimi, yükseltinin hava akımlarını yönlendirdiği topoğrafik zorlama ve türbülanslar, insan faaliyetlerinin lokal alanlarda atmosfer üzerindeki etkisi, kent ısı adaları atmosfer kirliliğinin oluşumu ve dağılımı üzerinde kuvvetli etkiye sahiptir.

ARAŞTIRMANIN AMACI VE ALT AMAÇLARI

İnceburun (Sinop) ve Akkuyu (Mersin) çevresini kapsayan çalışma, bu alanlarda kurulacak olan nükleer güç santrallerinin atmosferde meydana getireceği olası radyolojik kirliliğin atmosfer ve topografya şartlarına göre dağılımını göstermeyi amaçlamaktadır.

Nükleer enerji, Türkiye için uzun yıllardır planlansa da fiili çalışmalar yakın zamanda başlamıştır. Akkuyu nükleer güç santralının inşaatı devam etmekte ve 2023'te çalışmaya başlaması planlanmaktadır. İnceburun'da kurulması düşünülen santralin ise henüz inşaat çalışmaları başlamamıştır. Nükleer enerji, daha önce meydana gelen nükleer kazalar sebebiyle insanların zihninde olumsuz bir algıya sahiptir. Çalışmada bu olumsuz kaniya karşı fikir üretmek, üretim öncesinde güç santrallerinden salınacak olan emisyonların, alanların atmosfer ve yeryüzü özelliklerine bağlı olarak dağılım güzergahını ve şeklini ortaya koymak hedeflenmiştir.

Araştırma alanında atmosferde meydana gelecek olan olası radyolojik kirliliğin dağılımının tespit edilmesi amacı doğrultusunda, biri Türkiye'nin kuzey, diğeri ise güney kıyılarında kurulacak güç santrallerinin kuruluş yerlerinin coğrafi uygunluğu, iklim elemanlarının ve sahalara ait topoğrafik özelliklerin incelenmesiyle sınırlanacaktır. Araştırmada aşağıdaki alt amaçlara cevap aranmaktadır:

- 1-Radyolojik kirlleticilerin diğer atmosfer kirleticilerinden farkı nedir?
- 2-İnceburun ve Akkuyu'nun topoğrafik özelliklerinin atmosfer olaylarına etkisi ne şekildedir?
- 3-İnceburun ve Akkuyu'nun sınır tabakası yükseltisi kaç metredir?

- 4-Belirlenen sınır tabakası yükseltisinin kirlenici unsurların dağılımına etkisi nedir?
- 5-İnceburun ve Akkuyu'nun topoğrafik özellikleri sınır tabakası yükseltisini nasıl etkiler?
- 6-İnceburun ve Akkuyu'nun atmosfer kararlılık şartları nelerdir?
- 7-Sahip olunan kararlılık şartlarının emisyonların dağılımına etkisi ne şekilde olacaktır?
- 8-İnceburun ve Akkuyu için hangi kararlılık kriteri seçilmelidir?
- 9-İnceburun ve Akkuyu'ya ait topoğrafya ve sınır tabakası özelliklerinin atmosferik sirkülasyona etkisinin analizi hangi sonuçları ortaya koyar?

ARAŞTIRMANIN GEREKÇESİ, ÖNEMİ VE SINIRLILIKLARI

Coğrafya alanında İnceburun (Sinop) ve Akkuyu'nun (Mersin) her ikisini kapsayan herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca yapılan az sayıdaki çalışmalar da enerji politikaları üzerinedir. Yine coğrafya alanında radyolojik kirlilik, bu kirliliğin dağılımında coğrafi şartların etkisi üzerine de bir çalışma yapılmamıştır. Nükleer enerji sahalarına ait tüm bu eksiklikler araştırmanın önemini ve gerekliliğini oluşturmaktadır.

Araştırma coğrafya alanında bir ilk olması sebebiyle daha sonra yapılacak olan çalışmalara örnek olacaktır. Konunun hassasiyeti ve önemi dolayısıyla araştırmalar titizlikle yürütülmüştür. Nükleer enerji ve olası radyolojik kirlilik durumuna coğrafi bir bakış açısının ve öngörü yeteneğinin kazandırılması düşünülmüştür.

Araştırmayı sınırlandıran faktörlerin başında meteorolojik veriler gelmektedir. İnceburun (Sinop) ile ilgili meteorolojik verilerin temininde herhangi bir sorun yaşanmazken, Akkuyu'ya (Mersin) ait verilerde sahaya yakın istasyonun kayıt süresinin birkaç yıl olması sebebiyle en yakın iki istasyon olan Anamur ve Silifke arasında seçim yapılmıştır. Hem daha yakın oluşu, hem gözlem süresinin daha uzun oluşu hem de Akkuyu'ya coğrafi benzerliğinin daha fazla olması sebebiyle Silifke meteoroloji istasyonuna ait veriler çalışmada kullanılmıştır. Güç santraline Anamur 84, Silifke 50 km mesafededir. Silifke istasyonunun 87, Anamur istasyonunun 69 yıllık verileri mevcuttur. Akkuyu'nun (Mersin) bağlı bulunduğu ilçe olan Gülnar, iç kesimde yer almakta ve kıyından kuş uçuşu yaklaşık 20 km uzaktadır. Denizden yükseltisi 950

m'dir. Oysa ki, güç santralının bulunduğu arazi deniz seviyesine çok yakındır. Bu özellikleriyle güç santralının bulunduğu alandan coğrafi olarak çok farklı niteliklere sahiptir. Neticede Gülnar istasyonuna ait meteorolojik verilerin araştırmada kullanılması coğrafi açıdan uygun bulunmamıştır. Ayrıca daha önceden radyolojik kirlilik alanında coğrafi bir çalışmanın bulunmayışı araştırmayı sınırlandıran diğer bir unsur olmuştur. Nükleer enerji ve radyolojik kirlilik alanında mühendislik bölümlerinin çalışmaları mevcuttur. Onlar ise konuyu coğrafi açıdan yorumlamakta eksik kalmaktadır. Atmosfer kararlılık şartlarının, topografik özelliklerin, sınır tabakası ikliminin kirliticilerin dağılımına etkisi bu eksikliklerden bazılarıdır.

Nükleer enerji, ülke güvenliği adına önemli bir konudur. Bu nedenle nükleer santrallere ait bilgi paylaşımında bir sınırlılık söz konusudur. Bu durum araştırmanın ilerlemesinde bir engel teşkil etmektedir. Bu nedenle konu derinliğinin sağlanması için Türkiye'nin çevresinde bulunan nükleer enerji santrallerinin yapısı ve işleyişi de dikkate alınmıştır.

ARAŞTIRMANIN MATERYALİ VE YÖNTEMİ

Araştırma alanının her iki sahada sınırları belirlenirken nükleer enerji alanında dikkat edilen mesafe olan 10 mil (yaklaşık 16 km) esas alınmıştır(American Nuclear Regulatory Commission). Çünkü nükleer kazalarda ya da radyolojik kirlilikte ilk kuvvetli etki sahası santralin etrafında 10 mil mesafeden oluşan çemberdir. Bu noktadan yola çıkarak santrallerin denize bakan yönlerinden daha az olmak üzere her iki santral sahasında güç santrallerine yaklaşık 20 km mesafeden oluşan alan çalışmaya dahil edilmiştir.

Çalışma alanları 1/25000 ölçekli Türkiye topoğrafya haritasında aşağıda belirtilen paftalarda yer almaktadır.

İnceburun (Sinop): D33c4, D33c3, D34d4, D34d3, E33b1, E33b2, E34a1, E34a2.

Akkuyu (Mersin): P30b3, P30b4, P30c1, P30c2, P30d1, P30d2, P31a3, P31a4, P31b4, P31c1.

Araştırma sahalarının haritaları yapılırken ArcGIS 10.4 Coğrafi Bilgi Sistemi programı kullanılmıştır. Ayrıca sıcaklık, yağış, güneşlenme süresi, rüzgar hızı ve yönü, basınç, bulutluluk, nispi nem gibi iklim elemanları görselleştirilirken temel yaygın

programlar kullanılmıştır. Alanların topoğrafya ve sınır tabakası özelliklerinin atmosfer sirkülasyonuna etkisinin analizleri yapılırken arazi yapısı Google Earth programından alınmıştır.

Araştırma sahasına ait analizler yapılmadan önce uygun kararlılık kriterinin tespiti için bugüne kadar oluşturulan kararlılık kriterleri incelenmiş ve büyük kısmının yüksek atmosfer gözlemlerine dayalı olduğu ve çoğunluğunda tek kriterin baz alındığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmalardan sadece Pasquill-Gifford atmosfer kararlılık sınıflandırması hem yeryüzüne yakın sahaların ölçümünü yapmakta hem de birden fazla iklim elemanını kararlılığın tespitinde kullanılmaktadır. Bu nedenle Pasquill-Gifford sınıflandırılması araştırmada kullanılmıştır.

İhtiyaç duyulan meteorolojik veriler Sinop merkez meteoroloji istasyonuna başvurularak hem İnceburun hem de Akkuyu için temin edilmiştir. Araştırmada yapılacak analizin türüne göre uzun yıllara ait aylık ortalama veriler kullanılmıştır. Akkuyu'ya yakın istasyonların veri süresi çok kısa ve eksik olduğu için coğrafi benzerliği sebebiyle Silifke istasyonunun verileri kullanılmıştır.

Araştırmaya literatür taraması yapılarak başlanmıştır. Türkiye'nin eskiden beri gündeminde olan ancak çalışmalarının son birkaç yıldır devam ettiği nükleer enerjiye ait çalışmaların büyük çoğunluğu mühendislik alanlarına aittir. Şuanda santraller işlevsel halde olmadığı için de çalışmalar somut sonuçlardan ziyade öngörü üzerine kuruludur. Bu nedenle hem yurt içi hem de yurt dışı kaynak taraması yapılarak çalışmada ulaşılması hedeflenen analizler için altyapı oluşturulmuştur. Ayrıca sadece nükleer enerji ile alakalı değil, olası radyolojik kirliliğin dağılımına etki edecek ve yönlendirecek sınır tabakası, atmosfer kararlılığı, yeryüzü şekillerinin sınır tabakası ve atmosfer kararlılığına etkisi konuları da detaylı taranarak araştırmanın alt yapısı kuvvetlendirilmiştir.

Araştırma sahalarının topoğrafya ve sınır tabakası özelliklerinin atmosferik sirkülasyona etkisinin analizi bölümü ve simülasyonları ANSYS Fluent programı kullanılarak yapılmıştır. Program temelde bir mühendislik programı olup herhangi bir akışkanın olası davranışını sonlu akışkanlar dinamiği yöntemine göre hesaplamaktadır. Ayrıca basınç, hız, sıcaklık değişimleri, ısı transferleri, fazlı akışlar, yanma ve süreye bağlı akışkan davranışlarını, türbülansif hareketleri detaylı olarak simüle edebilmektedir. Bu özelliklerinden dolayı rüzgar türbini üretimi, bina içi akış ve

havalandırma sistemleri, bilişim sistemi firmaları, ısıtma ve soğutma sistemleri, savunma sanayi cihaz üretimi, uzay ve havacılık endüstrisi, otomotiv ve makine sanayisi alanlarında kullanılmaktadır. Örneğin uçak ya da otomotiv sanayinde üretim öncesi sunulacak modelin şeklinin hava akışı sonucunda oluşturacağı direnç hesaplanabilmekte, bunun sonucunda minimum sürtünmeyi sağlayacak şekil oluşturulabilmektedir. Bu özellik ürünün kullanım sonrasında ortaya çıkaracağı problemi önceden tespit etmeyi sağlayarak, en uygun üretim şeklini belirler.

Araştırmada yapılan analizlerde ANSYS Fluent programının seçilmesinin sebebi havanın da akışkan bir madde olması ve atmosfer koşulları doğrultusunda, topoğrafik özelliklere bağlı olarak rüzgarlar ve türbülansif akımlara yol açmasıdır. Radyolojik kirliliğin dağılımında temel belirleyici bu akımlar olacaktır. Bu nedenle araştırma sahalarındaki akım yönleri, hızları ve süreleri simüle edilerek olası dağılımın şekli ortaya konmaya çalışılmıştır.

Fluent analiz basamaklarında ilk olarak Google Earth programından araştırma sahasının topografyası programa atılarak geometrik model oluşturulmuştur. Daha sonra geometrik modele mesh işlemi uygulanmıştır. Mesh işlemi kabaca arazideki akımın etki sahasının detaylandırılması olarak isimlendirilebilir. Programla arazilere mesh işlemi ile birlikte arazinin katı bir cisim olarak tanımlanması ve arazi üzerine atmosferin yerine geçecek hava kütesinin tanımlanması işlemleri yapılır. (Üç boyutlu model) Sınır tabakası yükseltisi 1000 m olarak girilmiştir. Bu işlemlerden sonra ilk olarak arazilere hakim rüzgar yönünden yıllık ortalama hızda rüzgar akışı verilerek yüzey şekillerinin hava akımlarını nasıl yönlendirdiği ve etkilediği simüle edilir. Hesaplamalarda logaritmik hız profili ve K epsilon türbülans modeli kullanılmıştır. Bundan sonraki ve asıl süreçte İnceburun (Sinop) ve Akkuyu (Mersin) sahalarına farklı parametrelere ait simülasyon işlemleri uygulanmıştır.

Araştırma, İnceburun ve Akkuyu'nun topoğrafya ve sınır tabakası ikliminin, atmosfer kararlılık şartlarının olası radyolojik kirliliğin dağılımında etkili olacağı hipotezi üzerine kurulmuştur. Bu hipotez araştırma sahalarına ait meteorolojik veriler, yeryüzü şekilleri, sınır tabakası yüksekliği, atmosfer kararlılık şartları gibi çoğu sayısal olan veriler kullanılarak ANSYS Fluent programı yardımıyla sınınanmıştır. Araştırma hipotezi ölçülebilir, sonuçları sayısal olarak ifade edilebilir, gözlem ve test etmeye yatkın özellikte olduğu için nicel araştırma yöntemi kapsamında doğrulanmaya

çalışılmıştır. Ayrıca nicel araştırmanın değişkenler arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmayı amaçlayan bağlantısal model araştırmanın desenini oluşturmuştur. Araştırma sonucunda İnceburun ve Akkuyu'ya ait topoğrafya ve sınır tabakası iklimi özelliklerinin oluşacak radyolojik kirliliğin dağılımında ana etken olacağı program simülasyonlarıyla gösterilmiştir.

Araştırmada atmosfer kararlılığının tespitinde Pasquill kriterleri yöntem olarak kullanılmıştır. Pasquill temel olarak 10 m yükseklikteki rüzgar hızı, gündüz güneş radyasyonu ve gece bulutluluğu üzerine inşa edilen bir kriterdir. Rüzgar hızının ve güneş radyasyonunun artışı kararsızlığı tetiklemektedir. Bu konu ayrı bir başlık altında beşinci bölümde atmosferik kararlılık kriterlerinin karşılaştırılması ve yeni kararlılık yaklaşımı konusunda detaylı olarak anlatılmaktadır.

ARAŞTIRMANIN HİPOTEZLERİ-PROBLEM

Atmosferde meydana gelen her türlü kirlilik ve kirleticiler atmosferdeki seyri insan hayatı için her dönemde çözüm aranan önemli bir problem olmuştur. Kirleticilerin bacadan çıktıktan sonra dağılım şekline varıncaya kadar bir çok hesaplamalar yapılmış (Gauss dağılımı gibi) ve seyrelme düzeyleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Atmosfer kararlılığı, rüzgar, konvektif akımlar, sınır tabakası iklimi gibi bir çok faktör dağılımı üzerinde etkilidir.

Yapılan bu çalışma araştırmanın amacı ve soru şeklinde belirtilen alt amaçlarına bağlı olarak aşağıda belirtilen hipotezlere dayanmaktadır. İnceburun (Sinop) ve Akkuyu'da (Mersin) kurulacak olan nükleer enerji santrallerinin oluşturacağı olası radyolojik kirlilikte belirleyici unsurlar şunlardır:

- Alanlara ait yer şekilleri özellikleri
- Mevsimler ve gün içinde değişen sınır tabakası yükseltisi
- Atmosfer kararlılığı şartları
- Alanların denize kıyısının bulunması
- Yeryüzüne yakın mesafede oluşan rüzgarlar

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Araştırma alanına ait çalışmalar incelendiğinde daha çok Türkiye’de kurulması düşünülen nükleer santrallere ait olası kaza senaryolarının belirli programlara dayanarak ve yurtdışındaki bazı nükleer santrallerle karşılaştırılarak yorumlandığı görülmektedir. Ülkemizde topoğrafya ve sınır tabakası etmenlerinin her ikisinin olası radyolojik kirliliğe etkisini kapsayan bir çalışma bulunmamaktadır. Sadece **Değer (2010)** yaptığı çalışmada topoğrafyanın etkisini açıklamaktadır. Yurtdışında yapılan çalışmalarda da çoğunlukla nükleer kaza, kaza senaryoları ve radyolojik kirlilik modellemeleri dikkat çekmektedir. Yapılan çalışmalar kronolojik olarak sıralanmıştır.

Apsimon vd. (1985), ‘Long-Range Atmospheric Dispersion of Radioisotopes-i. Mesos Model’ adlı çalışmalarında radyoizotopların atmosferdeki uzun menzilli (birkaç yüz km ve daha fazla) dağılımının Avrupa Kıtası üzerindeki etkilerini ortaya koymayı amaçlamışlardır. Çalışma lagrangian puf yörünge modeli olan Mesos’a dayanmaktadır. Meteorolojik veriler Avrupa’daki çeşitli sinoptik istasyonlardan elde edilerek veri tabanı oluşturulmuştur. Sürekli salınım için hazırlanan model Avrupa’daki nükleer tesislerden kaynaklanan emisyonlar için kullanılmıştır. Çalışmada dağılım için atmosfer kararlılık kriterlerinden Pasquill kriterleri kullanılmıştır. Atmosferik şartlara göre Pasquill kriterlerinden farklı iklim elemanı (rüzgar, güneş radyasyonu gibi) kararlılığın tespiti için seçilmektedir. İnversiyon durumunun, dağılımı engellediği için kuru depolanmaya yol açtığı dile getirilmektedir. Ayrıca dağılımda geostrofik rüzgarlar, sınır tabakası yüksekliği, genel stabilite koşulları, basınç özellikleri, karışım yüksekliğinin etkili olacağı mevcut dağılımdan atmosferik koşullara göre bütün kıtanın etkileneceği sonucuna ulaşılmıştır.

Schroeder ve Lane (1988), ‘The Fate of Toxic Airborne Pollutants’ adlı çalışmalarında zehirli kirleticilerin atmosferde yayılımı ve geçirdiği süreçler üzerinde durmuşlardır. Kirleticilerin kuru ve ıslak depolama şeklinde doğal çevre içerisinde depolandığına ayrıca geçirdikleri fotokimyasal süreçler sonucunda birincil kirletici gurubundan ikincil kirleticilere dönüştüğüne vurgu yapmışlardır. Birincil kirleticiler kaynağı ve yol açacağı zararların tahmin edilmesi kolay kirleticilerdir. Ancak bu kirleticilerin atmosferde yaptığı bileşikler onların zararlarının ve bozunma sürelerinin tahminini zorlaştırır. Ayrıca çevreye verebileceği zarar miktarını da artırabilir.

Hass vd (1990), ‘Simulation of the Chernobyl Radioactive Cloud Over Europe Using the Eurad Model’ adlı çalışmalarında Çernobil nükleer kazası sonucunda atmosfere yayılan radyoaktif bulutsunun dağılım modellemesini yapmışlardır. Kaza sonrasında fazlasıyla sıcak olan bulutsunun atmosferde çok yüksek seviyelere ulaştığı, iklim elemanlarına bağlı olarak taşındığı dile getirilmektedir. Karalar ve denizler üzerinde oluşan basınç merkezlerine bağlı olarak oluşan hava akımlarının bulutsunun taşınma yönünü etkilediği ve yağmurların bulutsudaki radyoaktif maddelerin yeryüzüne inmesine sebep olduğu vurgulanmıştır. İskandinav yarımadası, Batı Avrupa, Rusya, Türkiye ve güneyinde yer alan ülkelerin radyolojik kirlilikten fazla oranda etkilendiği sonucuna ulaşılmıştır.

Nikolaev ve Yatsko (1995), ‘A Mathematical Model, Algorithm and Package of Programs for Simulation and Prompt Estimation of the Atmospheric Dispersion Radioactive Pollutants’ adlı çalışmalarında radyoaktif maddelerin atmosferdeki dağılım davranışlarını ortaya koymak için matematiksel bir algoritma oluşturmuşlardır. Çalışmada meteorolojik veriler için Belarus’ta bulunan Gomel ve Mogilev istasyonlarının verileri kullanılmıştır. Hesaplamalar bilgisayar programına dayanmaktadır. Gaussian, Lagrangian ve Eularian dağılım modelleri, Pasquill-Gifford hava kararlılığı kriterleri, sıcaklık, rüzgar hızı ve yönüne ait bilgiler araştırmanın temelini oluşturmaktadır. Yıllık yapılan hesaplamalarda en fazla radyoaktif birikimin yağmurlu ve sisli havalarda meydana geldiği görülmüştür. Araştırmada dağılımı etkileyen en önemli iklim elemanı rüzgar olarak göze çarpar.

Mayhoub vd. (2003), ‘Analytical from of Pollutants Dispersion for Different Atmospheric Conditions’ adlı çalışmalarında farklı atmosfer şartlarında kirleticilerin dağılım davranışlarını tespit etmeyi amaçlamışlardır. Gauss dağılım modelindeki sabit rüzgar hızı, zeminin kirleticilerin tamamını geri yansıtması, arazinin düz kabul edilmesi, kirleticinin belirli oranda sürekliliği gibi sınırlılıkların doğru hesaplamanın önündeki engeller olduğunu vurgulamışlardır. Basit bir integral yöntem ile nötr ve kararlı atmosfer şartlarında kirleticilerin dağılımını ve bozunma mesafesini modellemişlerdir. Dağılımda etkili olan parametreler atmosfer kararlılığı, rüzgar hızı ve yönüdür.

Sharan ve Gopalakrishnan (2003), ‘Mathematical Modeling of Diffusion and Transport of Pollutants in the Atmospheric Boundary Layer’ adlı çalışmalarında

kirleticilerin atmosferdeki dağılımının; atmosferdeki hava hareketleriyle, atmosferik türbülanslarla, bulutsunun kimyevi yapısıyla ve rüzgarın özellikleriyle alakalı olduğunu dile getirmektedirler. Gezegensel sınır tabakasında gündüz şartlarında gelişen konvektif sınır tabakası sıcaklığa bağlı dikey karışımları desteklediği için kirleticilerin seyrelmesini kolaylaştırır. Ancak gece koşullarında konvektif tabakanın yerine ortaya çıkan kararlı sınır tabakası atmosferdeki dikey karışımlara ve rüzgar türbülanslarına izin vermez. Bu nedenle kirleticilerin dağılımı sınırlanır. Dağılımı deniz-kara varlığı ve arasında oluşan rüzgarlar, dağ ve vadi meltemleri, göl esintileri de etkiler. Ayrıca karmaşık topoğrafyaların hakim olduğu alanlarda bu yüzey şekillerinin bulutsunun dağılımını yönlendirdiği dile getirilmiştir. Çünkü engebeli alanlar rüzgar oluşumu, yönü, hızı, sıcaklık değişimleri, inversiyon oluşumları üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. Çalışma, Pasquill kararlılık sınıflandırmasını ve Gauss bulutsu dağılım modelini dikkate almaktadır.

Güler (2006), 'Nükleer Enerji Üretim Sürecinde Kazalar, Nükleer Atıklar ve Çevre Sorunları' adlı çalışmasında enerji tüketimi ile ülke gelişmişliği arasındaki bağlantıya dikkat çekmektedir. Enerji kaynaklarının stratejik bir unsur olduğu, fosil yakıtların çevre kirliliği adına daha olumsuz sonuçlarının bulunduğu anlatılmaktadır. Zaman zaman yaşanan enerji krizlerinde dışa bağımlı ülkelerin sorun yaşadığı vurgulanmaktadır. Nükleer santrallerin kurulum, çalışma ve sökümü aşamalarında aşırı dikkat isteyen yapılardır. Olası kazaların etkileri tüm coğrafi ortamlarda yıllarca sürmektedir. Gelişmiş ülkeler nükleer enerjiyi terkederken dışa bağımlı gelişmekte olan ülkeler bu enerji türüne yönelmektedir. Bu da tehlikenin önlemlerin daha az alındığı coğrafyalara kaymasına neden olmaktadır. Araştırma Türkiye adına nükleer santrallerin götürüsünün avantajlarından fazla olacağı sonucuna varmaktadır. Öneri olarak yenilenebilir enerji kaynakları (güneş, rüzgar gibi) sunulmaktadır.

Arıkan (2007), 'Çevresel Radyasyonun Canlılığın Sürdürülebilirliğine Etkileri' adlı çalışmasında radyasyon kaynaklarının doğal ve yapay olarak sınıflandırıldığını, doğal radyasyon kaynakları sebebiyle insanoğlunun her zaman radyoaktiviteye maruz kaldığını anlatmaktadır. Yapay radyasyon kaynaklarının insan sağlığını tehdit ettiğini özellikle nükleer silah denemelerinin Çernobil kazasından on kat daha fazla radyoaktif maddenin atmosfere salınmasına sebep olduğunu dile getirmiştir. Yerel ve bölgesel özelliklere göre maruz kalınan radyasyon miktarının değişebileceği ve alınan doz

sonucunda genetik değişikliklere varıncaya kadar kanser vb. hastalıkların artış gösterebileceği çalışmanın ulaştığı sonuçlar arasında yer almaktadır. Ayrıca bu zararlı etkilerin sadece insanlarla sınırlı kalmayacağı bitki örtüsü, hayvan popölasyonu ve su kütlelerindeki yaşam formlarında yapay radyasyon kaynaklarından zarar göreceği anlatılmaktadır.

Özmen (2007), ‘Türkiye’de Kurulması Planlanan Nükleer Santraller İçin Kuruluş Yeri Seçimi’ adlı çalışmasında nükleer santrallerin içerdiği tehlikelerden dolayı yer seçiminin hassas bir konu olduğunu açıklamaktadır. Nükleer santrallerin yer seçim kriterlerinde Entropi ve Topsis yöntemleri kullanılmıştır. Araştırma sonucunda Sinop nükleer güç santrali sahası ikinci dereceden kuruluma uygun bulunmuştur.

Değer (2010), ‘NBC (Nükleer, Biyolojik, Kimyasal) Tehdidine Topoğrafyanın Etkilerinin Araştırılması ve Oluşacak Radyoaktif Yayılım İçin Bir Mekansal Karar Verme Sistemi Geliştirilmesi’ adlı çalışmasında nükleer kazalar, patlamalar sonucunda meydana gelebilecek radyoaktif kirleticilerin dağılımına topoğrafyanın etkisini incelemiştir. Kirleticilerin ilerleme istikametinde olmasına rağmen topoğrafik özellikleri sebebiyle daha az zarar görecek alanlar tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca radyasyon şiddetinde bitki örtüsü ve kentsel bölgelerin etkili olduğu düşünölmüş ve çalışmaya eklenmiştir. Araştırma sonucunda topoğrafya ve yükselti şartlarının radyoaktif serpintilerin dağılımında temel rol oynadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca kentsel bölgeler, bitki örtüsü özellikleri ve sıcaklık, yağış, basınç gibi iklim elemanlarının da dağılımda etkili olduğu dile getirilmiştir.

Huh vd. (2012), ‘Fukushima-Derived Fission Nuclides Monitored Around Taiwan: Free Tropospheric Versus Boundary Layer Transport’ adlı çalışmalarında Fukuşima nükleer kazası sonucunda ortaya çıkan radyonöklitlerin Taiwan üzerine taşınmasını modellemişlerdir. Kirleticiler iki hafta içerisinde kuzey yarım küreye, bir ay içerisinde ise güney yarım küreye dağılmıştır. Çalışmada uçucu özelliği fazla olan kirleticiler kullanılmıştır. Sonuçta Taiwan’a nükleer taşınımın farklı yükseklikte iki şekilde olduğu görölmüşür. İlki dünyadaki hakim rüzgarlar tarafından serbest troposferden, ikincisi ise gezegensel sınır tabakası içerisinde muson rüzgarları tarafından gerçekleşmiştir. Her iki taşınımda da ana etken rüzgarın yönü ve hızı olmuştur.

Bakır (2013), ‘Türkiye’nin Nükleer Enerji Politikaları ve Mersin Akkuyu Nükleer Güç Santrali’ adlı çalışmasında nükleer enerjinin Türkiye enerji ekonomisindeki yeri değerlendirilmiş ayrıca Mersin’de kurulacak santralin avantaj ve dezavantajları sıralanmıştır. Araştırmaya göre; Türkiye enerji ihtiyacının büyük bölümünü doğalgaz ile çalışan santrallerden karşıladığı için enerjide dışa bağımlılık yüksek düzeydedir. Çünkü Türkiye’nin doğalgaz yatakları sınırlıdır. Ayrıca bu bağımlılığın Rusya’ya karşı oluşu durumu daha da kötü hale getirmektedir. Bu gerçekler doğrultusunda Akkuyu güç santralının kurulması gerekmektedir. Ancak nükleer güç santrali ortakları arasında Türk bir şirketin olmayışı, elde edilecek gelirlerin bir kısmının onbeş yıldan önce hazineye devredilmeyecek oluşu, bağımlılığı azaltmaya çalıştığımız Rusya’nın yine santral yapımında yer alması, atıkların depolanması, taşınması gibi konuların tam olarak net olmayışı çalışmanın ulaştığı olumsuz sonuçlardır.

Morino vd. (2013), ‘Episode Analysis of Deposition of Radiocesium from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident’ adlı çalışmalarında 11 Mart 2011 Tohoku depremi ve ardından meydana gelen nükleer kazaya ait yayılan radyoaktif maddelerin atmosferik davranışlarını ve birikim şekillerini modellemişlerdir. 500 km alan içerisinde on farklı simülasyon gerçekleştirilmiştir. Atmosferik ve topoğrafik etkilere bağlı olarak ülkenin doğusunda ve arazi üzerinde maksimum radyoaktif birikimin meydana geldiği sonucuna ulaşılmıştır.

Erdösemeci (2014), ‘Nükleer Güç Santrallerinin Çevre Etiği Açısından İrdelenmesi’ adlı çalışmasında Türkiye’nin enerji ihtiyacının her geçen gün arttığını, mevcut enerji santrallerinin bu açığı kapatmakta yeterli olmadığını açıklamaktadır. Nükleer enerjinin fosil yakıtlı santrallere göre karbon salınımının daha az olduğunu bu nedenle daha çevre dostu bir uygulama olarak değerlendirilebileceğini dile getirmiştir. Nükleer santrallerin her aşamasını kapsayan (kuruluş, işletme, atıkların bertarafı gibi) çevre etiği anlamında çalışmaların yapılması gerektiğini vurgulamaktadır. Nükleer santraller kurulurken gelecek kuşaklar ve haklarının gözetilmesi gerekir. Araştırmanın sonucunda nükleer santrallerin sahip oldukları avantajlar sebebiyle Türkiye için faydalı olacağı ancak yerel halk, bilim insanları, politikacıları da kapsayan çevre bilinci, gelecek kuşakların hakları, doğal değerlerin korunması gibi konularda etik kodların ulusal ve uluslararası düzeyde oluşturulması gerektiği dile getirilmektedir.

Christoudias vd. (2014), ‘Atmospheric Dispersion of Radioactivity from Nuclear Power Plant Accidents: Global Assessment and Case Study for the Eastern Mediterranean and Middle East’ adlı çalışmalarında dünyanın değişik yerlerinde yaşanabilecek olası nükleer kazaları ve bulutsuların dağılımını modelleyerek alanlardaki tehlike seviyelerini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma her kaza sahasından aynı miktarda radyoaktif madde salındığı varsayımına dayanmaktadır. Olası nükleer kazalarda ABD’nin doğu kıyıları, Batı ve Orta Avrupa ülkeleri, Çin’in doğusu, Japonya, Hindistan yüksek dozda radyoaktiviteye maruz kalacak alanlardır.

Ünver (2014), ‘Development of a Radioecological Model for Accident Release of Radionuclides: Akkuyu and Sinop Nuclear Power Plants’ adlı çalışmasında Fukushima Daiichi’de yaşanan kaza senaryosunu baz alarak Sinop ve Akkuyu’da yaşanabilecek olası bir kazanın sonuçlarını ortaya koymuştur. Bu çalışmaya göre; nükleer kirliliğin dağılımında meteorolojik veriler kadar bitkilerin yetiştirme dönemlerinin de etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca Sinop’ta yaşanacak kazada etrafa yayılacak doz miktarının Akkuyu’ya göre daha fazla olduğu dile getirilmektedir. Tahıllar, meyveler, inek sütü ve tavuk eti sonraki zaman diliminde tüketildiğinde dozun yayılımına en çok katkı yapacak gıdalardır. Akkuyu için de benzer sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Çimenlerin radyasyonu tutma kapasitesine bağlı olarak bu alanlardan beslenecek sığırların etinin tüketimi ve tahılların doz yayılımında etkin olacağı söylenmektedir.

Wang vd. (2016), ‘Three Dimensional Numerical Simulation of Atmospheric Dispersion Influenced by Complex Underlying Surface Surrounding Nuclear Power Plant’ adlı çalışmalarında nükleer santrallerden atmosfere yayılan radyoaktif maddelerin karışık bitki gruplarının ve topoğrafya çeşitliliğinin bulunduğu alanlardaki atmosferik dağılımını akışkanlar dinamiği yazılımı ile modellemişlerdir. Modellemede dört sabit rüzgar yönü kullanılmıştır. Hakim rüzgar yönü ve ana yapı uzanımları arasındaki ilişki de hesaplamalarda göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca atmosferik sınır tabakası ve atmosfer içerisinde meydana gelen hava akımları ve türbülansların dağılım üzerindeki etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır. Araştırmada nükleer santralin kurulduğu alan, santral çevresinde bulunan ve engebeyi oluşturan topoğrafya, binalar, kompleks bitki örtüsü grupları ile radyoaktif bulutsunun dağılımı arasında yakın ilişki

olduğu; rüzgar ve türbülansların dağılımı kolaylaştırdığı, topoğrafyanın türbülans oluşturduğunda olumlu etkiye sahip olduğu sonuçlarına varılmıştır.

Bilgiç (2016), ‘Atmosferic Dispersion of Radiation Originating From Nuclear Power Plant Accidents’ adlı çalışmasında olası nükleer kaza sonrasında Akkuyu ve Sinop nükleer santrallerinin atmosferik doz taşınımını modellemiştir. Karşılaştırma olarak Ermenistan’daki Metsamor nükleer güç santrali baz alınmıştır. 6 saatlik meteorolojik verilerin kullanıldığı çalışmada farklı zaman dilimlerinde uygulama yapılmıştır. Çalışmaya göre ağustos ayında yapılan simülasyonda radyoaktif bulutların daha çok güney yönünde ve yer seviyesine daha yakın ilerlediği, aralık ayında ise bu durumun tersinin gözlemlendiği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca çalışmada varılan sonuca göre bu alanlardaki kazalarda meydana gelecek doz değerleri Çernobil kazasının doz değerlerinden on kat daha azdır. Metsamor nükleer santralindeki bir kazanın Türkiye’ye etkisi ise Sinop ve Akkuyu’da yaşanacak kazaya göre daha az olacaktır.

Cichowicz vd. (2017), ‘Dispersion of Atmospheric Air Pollution in Summer and Winter Season’ adlı çalışmalarında Polonya’da (Doğu Wielkopolska istasyonunun verileri kullanılmıştır) yaz ve kış mevsimlerinde hava kirliliğinin miktarı, kirleticilerin dağılımı ve bu dağılım üzerinde en fazla etkiye sahip faktörleri tespit etmeye çalışmışlardır. Çalışmada 2009-2015 yılları arasındaki meteorolojik veriler kullanılmıştır. Çalışma sonucunda yüksek hava kirliliğinin yaşanmasının temel sebebi; bulunulan iklim tipi, belirli aylardaki atmosferik koşullar, kısa süreli meteorolojik değişimler, kirli hava kütlelerinin büyük ölçekli hareketi ve antropojenik faktörler olarak belirlenmiştir. Kirleticilerin dağılımında rüzgar hızı ve yönü, dikey hava hareketleri, yerel türbülans akımları, hava sıcaklığı, nem durumu baskın kuvvetlerdir. Sıcaklığın daha düşük olduğu, hava akımlarının azaldığı kış dönemi kirliliğın en çok görüldüğu zaman dilimidir. Yaz mevsiminde ise güneşlenme miktarına bağlı olarak oluşan konvektif akımlar, düşük nem seviyesi ve rüzgarlı atmosfer şartları kirliliği azaltmıştır.

Kaviani vd. (2017), ‘Simulation of Atmospheric Dispersion Transport and Deposition of Nuclear Pollutants Released from a Hypothetical Accident at Bushehr Power Plant’ adlı çalışmalarında nükleer kazaların atmosferde sınır tanımaksızın kirliliğe yol açtıklarına vurgu yapmışlardır. 22 Aralık 2014’te İran’ın Bushehr nükleer

santralinde Çernobil benzeri bir kaza senaryosu modellenmiştir. En önemli radyoaktif çekirdekler yayılma hızı ve zamanına göre programa yüklenmiştir. Yayılma yükseklikleri ise Çernobil’de gerçekleşen şekliyle kullanılmıştır. İlk önceleri nükleer santralin yakın çevresindeki şehirlerde ve kıyı kesimlerde yoğunlaşan kirliliğin bir hafta içerisinde komşu ülkeleri etkileyerek Kızıldeniz’e ulaştığı görülmüştür. Olası kazadan iki hafta sonra kirleticilerin Doğu Asya ve pasifiği aşarak Kuzey Amerika’ya ulaştığı görülmüştür. Kirleticilerin dağılımında atmosfer koşullarının etkisi vurgulanmış, senaryo benzer atmosfer koşullarına göre simule edilmiştir.

Yılmaz (2017), ‘Sinop ve Akkuyu’da Kurulacak Nükleer Santral Alanı Çevresinde Doğal Radyoaktivite Seviyesinin Belirlenmesi’ adlı çalışmasında Sinop ve Akkuyu’da kurulacak olan santraller kurulmadan önce bu alanlardaki doğal radyoaktivite seviyelerini belirlemeyi amaçlamıştır. Sinop çevresinden 44 ve Akkuyu çevresinden 42 numune alarak gama spektrometresi yöntemiyle radyoaktivite seviyeleri belirlenmiştir. Çalışmaya göre Akkuyu bölgesinde soğurulan doz hızı ve etkin doz hızı değerleri Türkiye ve Dünya ortalamalarının üzerindeyken, Sinop’ta bu değerler ortalamaların altındadır. Ayrıca bu çalışma nükleer santraller faaliyete geçtikten sonra yapılacak ölçümler neticesinde karşılaştırma imkanı sağlayarak (santrallerin çalışma öncesi ve sonrası zaman dilimlerini) radyoaktif kirliliğin ne düzeyde olduğunu ve canlı yaşamına etki seviyesini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Başkurt (2017), ‘Nükleer Santraller İçin Yer Belirleme Kriterlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Değerlendirilmesi’ adlı çalışmasında ülkemizde nükleer santral kurulabilecek alanları araştırmıştır. Doğal afetler sonucunda oluşacak kazaları en aza indirgeyebilmek için doğru yer seçiminin önemini vurgulamaktadır. Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme Yöntemi kullanılarak ülkemizde nükleer santral kurulumu için Batı Karadeniz Bölümü’nde yedi nokta santral kurulumu için uygun bulunmuştur. Sinop nükleer santralının kuruluş yeri araştırma sonucuna göre uygun görülmektedir.

Yılmaz (2017), ‘Nükleer Afetlerde Kriz Yönetimi’ adlı çalışmasında enerji açığımıza bağlı olarak nükleer santrallerin kurulmasının bir avantaj olacağını dile getirmektedir. Fosil yakıtların çevreye verdiği zararın fazla oluşu, ülkemizin linyit dışında enerji kaynağının fazla olmayışı, barajların yaşanan iklimsel salınımlardan etkilenmesi, alternatif enerji kaynaklarının istenilen düzeyde enerji üretememesi bu hipoteze dayanak olarak gösterilmektedir. Ancak kurulacak nükleer santrallere yönelik

radioaktivitenin düzenli olarak ölçülmesi, atıkların soğutma ve depolama süreçleri, kaza senaryoları acil durumları, ulaşım sistemleri, sağlık önlemleri, silahlı saldırılar, terör eylemleri gibi konularda gerekli önlemlerin alınması gerektiği belirtilmiştir.

Özkan (2018), ‘Çevresel Güvenlikte Sınır Aşan Bir Tehdit Algısı: Nükleer Zarar’ adlı çalışmasında nükleer faaliyetlerden, kazalardan, açık denizlerde yapılan silah denemelerinden, nükleer atıkları taşıyan gemilerde meydana gelen sızıntılardan doğacak zararların sınır tanımadan tüm insanlığı tehdit ettiğini vurgulamaktadır. Kaza ihtimalinin az olmasına karşı, oluşan kazaların tahribat gücü çok yüksektir ve etkileri uzun yıllar sürmektedir. Çalışma nükleer kirlilikten kaynaklanan zararların etkilerini göstermeye çalışmakta, Çernobil ve Fukuşima gibi sınır aşan nükleer kirliliklerin çevresel zararları ve hukuksal anlaşmazlıkların çözümü için öneriler sunmaktadır.

Kantarcıoğlu (2018), ‘Nükleer Güç Santrallerinde Ağır Kazalar İçin 3+ Seviye Olasılıklı Güvenlik Analizi Yönteminin Geliştirilmesi ve Akkuyu Nükleer Güç Santrali İçin Uygulanması’ adlı çalışmasında Akkuyu’da meydana gelebilecek olası bir kaza senaryosunu acil durum güvenlik önlemlerini irdelerek sonuçlandırmıştır. Araştırmada Akkuyu’da kurulması düşünülen reaktör tasarımı ve koruma kabı güvenlik sistemleri incelenmiştir. Kaza sonrasında radyoaktif maddelerin atmosferik dağılımı hesaplanmıştır. Araştırmaya göre Akkuyu’da meydana gelecek olası kazada 20 km’lik alandaki insanların tahliye edilmesi gerekmektedir. Bu alanda araştırma yılı itibarıyla 15.000 kişi yaşamaktadır. İleriye dönük tahminler ışığında nükleer santral işletmeye açıldığında bu sayı yaklaşık 26.000 olacaktır. Elde edilen sonuçlara göre tahliye sırasında bazı olumsuzlukların yaşanacağı söylenmektedir. Yeryüzü şekilleri, rüzgar hızı ve yönü, yağış koşulları, yüksek binalar gibi faktörlerin radyoaktif dağılımı etkileyeceği ve dağılımın olası tahminlerden farklılaşabileceği dile getirilmiştir. Tahliyelerin planlanmasında bütün bu unsurların göz önünde bulundurulması gerektiği söylenmektedir. Araştırmada tahliye programıyla ilgili yeterli bir altyapının bulunmadığı ve olası tahliye çalışmalarında aksaklıkların yaşanacağı sonucuna varılmıştır.

Sever (2019), ‘Çevre ve Stratejik Bakış Açısıyla Türkiye’de Nükleer Santral Çalışmaları’ adlı çalışmasında önce nükleer santrallerin avantajlarını dile getirerek diğer enerji santralleriyle karşılaştırmış sonra ise Akkuyu santralini değerlendirmiştir. Nükleer santrallerin karbon salınımının çok az oluşu, diğer enerji santralleri gibi enerji

üretiminde iklimsel değişikliklerden fazla etkilenmemesi, insan sağlığı açısından bir yılda maruz kalınan doz miktarının bir röntgen filminden daha az oluşu avantajlar olarak sıralanmıştır. Ayrıca Türkiye'nin diğer enerji kaynaklarında potansiyellerinin çoğunu kullandığı dile getirilmiştir. Ülkenin her yıl yaşadığı enerji açığı ve bunun dışa bağımlı olarak giderilmesi durumunun Türkiye'yi zor durumda bıraktığı, potansiyellerini kullandığı takdirde dışa bağımlılığın azalacağını bu yüzden nükleer güç santrallerinin Türkiye için bir ihtiyaç olduğu sonucuna varılmıştır.

Wang vd. (2020), 'Diffusion and Transportation of the Radioactive Airborne Pollutants: Challenges and Progresses' adlı çalışmalarında radyoaktif maddelerin havadaki taşınımını, bu taşınımın hesaplanmasındaki zorlukları Çin örneği üzerinden değerlendirmişlerdir. Taşınımın kirleticinin fiziksel-kimyasal özelliğine, topoğrafik özellik ve bina şartlarına, iklim durumuna (kararlılık, hava hareketleri, ıslak ve kuru depolanma, sınır tabakası özellikleri) bağlı olduğunu dile getirmişlerdir. Mevcut dağılım hesaplamalarında sınır tabakasının ve rüzgar tünellerinin tespitinde eksiklikler olduğunu vurgulayarak kendi çalışmalarını kararlı ve kararsız atmosfer şartları altında gerçekleştirmişlerdir.

Rakesh vd. (2020), 'Formulation of Turbulence Diffusion Relationships Under Stable Atmospheric Conditions and Its Effect on Pollution Dispersion' adlı çalışmalarında kararlı ve oldukça kararlı atmosfer koşullarında düz ve engebeli arazilerde kirleticilerin dağılımını dar alanlar için rüzgar hızı bileşenlerini Monin Obukhov benzerlik teorisine göre formülize etmişlerdir. Düz arazi için Hindistan'dan Kalpakkam; engebeli arazi örneği için Fransa'dan Cadarache seçilmiştir. Kalpakkam deniz ve kara meltemlerinin etki sahasında bir kıyı istasyonudur. Cadarache ise Alp dağlarının eteklerinde engebeli bir topoğrafyaya sahiptir. Genel olarak dar alanlarda türbülans dağılım ilişkilerinde yerel şartların dağılımı belirlediği sonucuna varılmıştır. Kararlı hava şartları türbülans oluşumunu ve kirleticilerin dağılımını sınırlamaktadır. Bu durumda yerel ölçekte gelişen atmosfer hareketleri dağılıma yön verecektir.

1. BİRİNCİ BÖLÜM

1.1. HAVA KİRLİLİĞİ VE RADYOLOJİK KİRLİLİK

Hava kirliliğine sebep olan unsurlar, radyolojik kirlilik ve hava kirliliği atmosfer arasındaki ilişki bu başlık altında değerlendirilecektir.

1.1.1. Hava Kirliliği ve Atmosfer İlişkisi

Atmosfer doğal bileşimi sebebiyle canlı yaşamına imkan sağlayan gazlardan oluşmaktadır. Gerek insan faaliyetleri, gerekse zaman zaman meydana gelen bazı doğal olaylar sonucunda atmosferdeki gaz derişiminin farklılaşması, gaz yoğunluğundaki bu değişimin canlı yaşamını olumsuz etkilemesi hava kirliliği olarak adlandırılmaktadır. Özellikle teknolojik ilerlemeler ve sonrasında hızlanan ekonomik faaliyetler sebebiyle açığa çıkan emisyonlar hava kirliliği üzerinde en fazla etkiye sahip unsurlardır. İnsan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan kirleticiler katı, sıvı ya da gaz şeklinde olmaktadır (İlkılıç ve Behçet, 2006). Kirliliğe sebep olan maddelerin atmosfer içerisindeki yoğunluğu ve atmosferde kalış süresi hava kirliliğinin en önemli bölümünü oluşturmaktadır.

Gaz halindeki hava kirleticileri kükürt oksit, azot oksit, karbon monoksit ve hidrokarbonlar iken; partikül madde halindeki (sıvı veya katı) toz, aerosol, duman, uçucu kül, kurum şeklinde sıralanabilir. Genel olarak atmosfere bir kirletici kaynaktan doğrudan salınan maddelere birincil kirletici denilirken, bu maddelerin atmosfer içerisinde bileşikler oluşturarak meydana getirdiği unsurlara ikincil kirletici denmektedir. Kükürt oksitler sülfatlı bileşikler oluştururken, azot oksitler ise nitrattlı bileşiklere dönüşerek atmosferin çok farklı alanlarına taşınabilmekte hava kirliliği ve sağlık sorunlarının yanında asit yağmurlarına, fotokimyasal sislere, ozon tabakasının zarar görmesine sebep olabilmektedir (Erdoğan, 2012). Tepkime sonucu ortaya çıkan kirleticilerin kontrolü ve önlenmesi daha zordur. Çünkü birincil kirleticilerde

kaynaklar bellidir ve kısıtlanma, filtrelenme imkanı vardır ancak ikincil kirleticilerdeki kimyasal süreçlerin ve atmosfer içindeki hareketinin kontrolü pek mümkün değildir.

Kirletici unsurların atmosferdeki yatay ve dikey karışımı, seyrelmesi, taşınımı iklim elemanlarının özelliklerine, inversiyon durumuna, kararlılık koşullarına, sınır tabakasına ve topoğrafik özelliklere bağlı olarak farklılaşmaktadır. Sıcaklık atmosfer kararlılığı, bulutluluk, nem, rüzgar hareketleri ve basınç değişimi üzerinde etkiye sahiptir. Sıcaklık şartlarındaki değişkenlik atmosfer içerisindeki hareketlenmeyi tetikleyeceği için kirliliğin azalmasında olumlu etkiye sahiptir. Fazla değişken olmayan sıcaklık koşulları kirleticilerin taşınmasını ve seyrelmesini azaltır.

Rüzgarlar basınç farklarına bağlı olarak oluşan hava akımlarıdır. Kirletici unsurların karışımı ve taşınmasında önemli etkiye sahiptirler. Bu taşınma aynı zamanda emisyonların havada seyrelmesini de sağlar. Türbülans oluşturarak kirliliği azaltırlar. Bazı durumlarda rüzgarın estiği yükseklik emisyonları belirli bir atmosfer parçasına hapsedtiği için zaman zaman kirletici unsurların dağılımını engellemektedir. Yine şehirlerin hakim rüzgar yönüne göre konumu ve şehrin büyüme yönü dikkate alınmadan yapılan fabrikalardan çıkan kirletici unsurlar rüzgarlarla şehre taşınabilmektedir. Ancak genel olarak rüzgar oluşumları hava kirliliğini azaltır.

Atmosferin sahip olduğu basınç koşulları da hava kirliliğini etkiler. Yükselim şartlarına sahip alçak basınç alanları kirletici maddelerin yerden uzaklaşmasını sağlarken, hava hareket yönünün yeryüzüne doğru olduğu yüksek basınç şartlarında kirliliği oluşturan unsurların atmosferdeki dağılımı güçleşir.

Nemlilik ve bulutluluk atmosferdeki dikey sıcaklık değişimini azaltmaktadır. Nemli havada sıcaklık, yükseldikçe kuru havaya oranla daha yavaş düşer. Bu da atmosferi daha kararlı hale getirir. Kararlı atmosfer koşullarında dağılım zorlaşır. Yine nemli havalarda emisyonlar su zerrecikleri ile bileşik yaparak ikincil kirleticilerin oluşmasına sebep olmaktadır. Yağışlı havalar atmosferdeki kirleticileri toprağa taşıyarak en azından atmosferdeki seyrelmeye olumlu etki yapmaktadır.

İnversiyon, yani sıcaklık terselmesi farklı şekillerde oluşabilmektedir. Normalde sıcaklığın yerden yükseldikçe azalması gerekir. Ancak inversiyon koşullarında, soğuk hava atmosferin alt kısmında, sıcak hava ise üstte yer almaktadır. Özellikle kış aylarında meydana gelen inversiyon hava kirliliğinde önemli etkiye sahip

olaylardandır. Dağlardan çukur alanlara doğru soğuk havanın çökmesi, gece ısı kaybıyla yeryüzünün fazla soğuması (radyasyon inversiyonu), advectif hareketlerle soğuk bir hava kütlesi üzerine sıcak havanın akışı, kuvvetli bir yüksek basınç sistemine bağlı olarak hava kütesinin alçalması (sübsidans) inversiyona sebep olur. Radyasyon inversiyonları daha kısa süre etkilidir. Havanın ısınmaya başladığı öğle saatlerinde dağılır. Özellikle sübsidansa bağlı olarak oluşan inversiyon kirleticileri hapseder. İversiyon durumu kararlı atmosfer şartları oluşturduğu için havanın yükselmesini engeller. Bu da atmosfer kirliliğini artırır. Yerçekli ya da iklim özellikleri sebebiyle inversiyona daha sık maruz kalan, kararlı hava koşullarına sahip ve rüzgar sirkülasyonunun sınırlı olduğu alanlar hava kirliliği açısından tehlikeli sahalardır (Şahin, 1989).

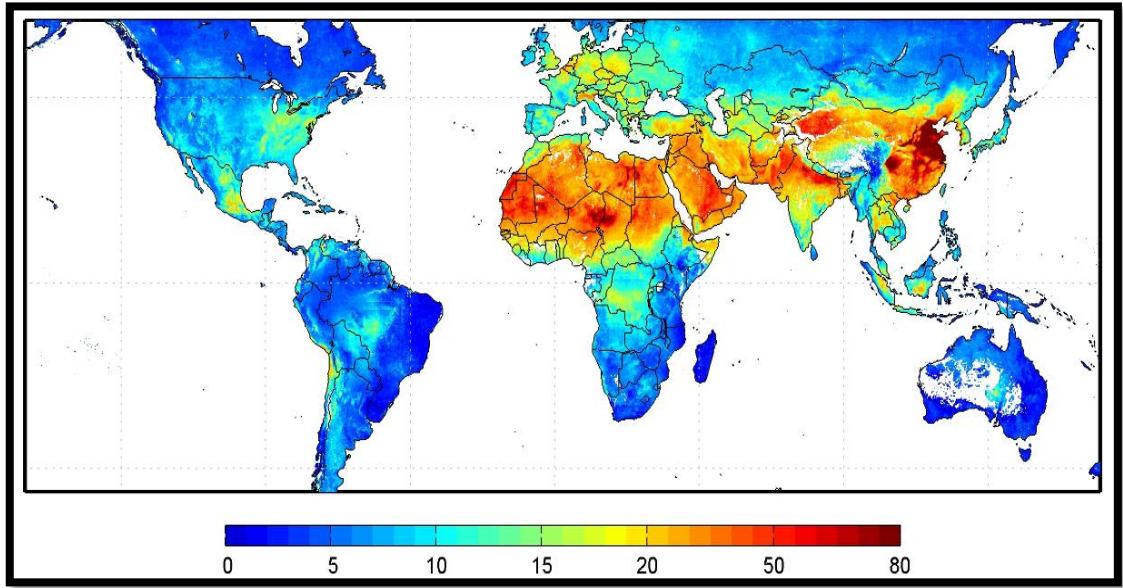
Atmosferik kararlılık şartlarının hava kirliliğinin oluşumu üzerinde belirleyici etkisi bulunmaktadır. Atmosfer kararlılığı dikey yöndeki sıcaklık değişiminden etkilenmektedir. Normal şartlarda kuru bir havada yerden yükseldikçe sıcaklık adyabatik olarak her 100 metrede 0.98°C düşmektedir. Buna kuru adyabatik lapse rate denir. Nemli havada ise bu yaklaşık 200 metrede 1°C 'dir. Atmosfer kararlılığı, ölçümlerle elde edilen sıcaklık gradyanı ile lapse rate hızı karşılaştırılarak bulunur. Eğer hava kütlesi kararlı ise bu dikey yönde hava hareketini, türbülansif hava akımlarını engelleyeceği için partiküllerin dağılması güçleşecek hava kirliliği artacaktır. Kararsız hava koşullarında dikey akımlar kuvvetlenecek, hava kirliliğini oluşturan unsurların atmosferde dağılımı, yağmurların oluşumu kolaylaşacaktır. Yağmurlar havada asılı halde bulunan kirleticileri atmosferden yeryüzüne taşır. Nötr kararlılık durumunda ise yine dikey karışım azalacağından kirlilik miktarı artacaktır. Ayrıca hava kararlılık durumu bacadan çıkan kirleticinin dağılım şeklini de belirlemektedir.

Topoğrafik yapısı engebeli olan alanlarda rüzgar hızı sürtünmeye bağlı olarak azalır. Ayrıca çevresi dağlarla çevrili arazilerde inversiyon oluşumu daha kolay gerçekleşir. Bu nedenle engebeli arazi yapısı kirleticilerin seyrelmesinde olumsuz etkiye sahiptir (Türkeş, 2010).

Yerel şartlara bağlı olarak oluşan sınır tabakasının yükseltisi de atmosfer kirliliği üzerinde etkilidir. Sınır tabakası yükseltisinin yeryüzüne daha yakın olduğu alanlarda kirlilik daha fazla hissedilmektedir. Çünkü emisyonlar bu tabakanın üst

seviyelerine çıkmakta zorlanmaktadır. Ayrıca sınır tabakasıyla bağlantılı olarak oluşan kent ısı adaları hem alanın ortalama sıcaklığının artışında hem de kirletici unsurların dağılımının gerçekleşmemesinde etkilidir (Özlü, 1995).

Dünya genelinde hava kirliliğinin yoğun olarak yaşandığı alanlar genellikle kirliliğe karşı önlemlerin yetersiz olduğu ülkelerdir. Çin, Hindistan, Kuzey Afrika ülkeleri kirlilikte başı çekmektedir. ABD ve Avrupa ülkeleri ise orta düzeyde kirlilik oranına sahiptir (Şekil 1).



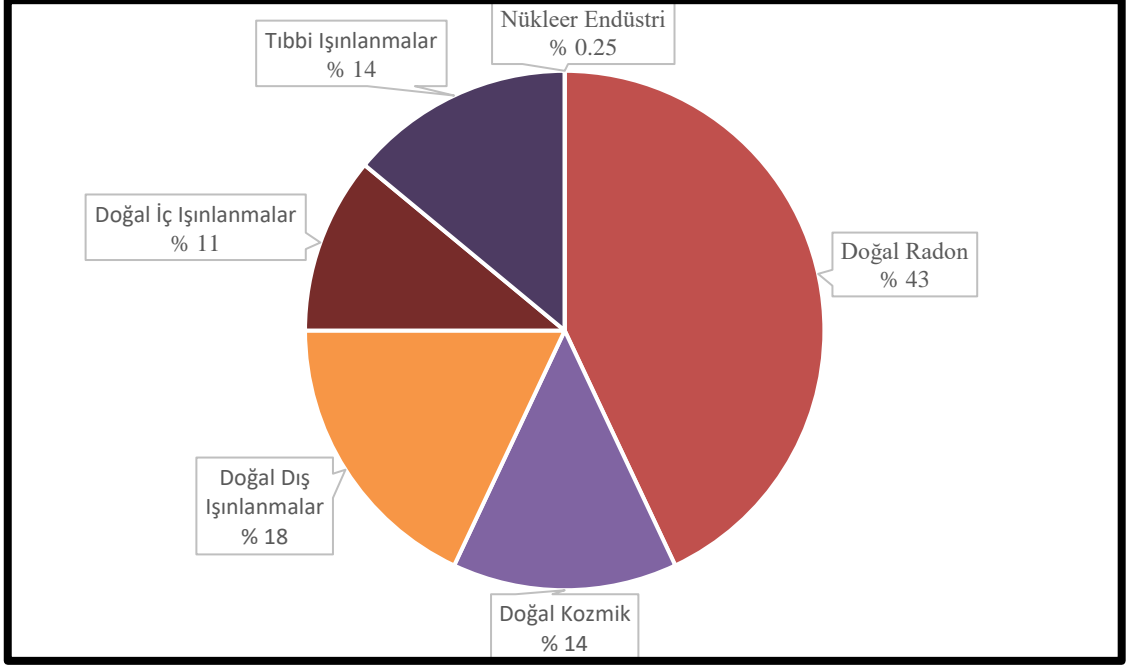
Şekil 1. Hava Kirliliği Uydu Ölçümü. PM: Partikül metre (URL 3).

1.1.2. Radyolojik Kirlilik

Coğrafi manada radyasyon, enerjinin dalgalar halinde yayılımıdır. Dünyamız oluşumundan bu yana güneş radyasyonuna maruz kalmaktadır. Atmosfer ve ozon tabakasının ilk oluşumundan itibaren etkilenilen güneş radyasyonu, canlı yaşamını mümkün kılacak seviyelerde meydana gelmektedir. Ayrıca yerkürenin, canlıların, suyun ve toprak örtüsünün içerisinde radyoaktif maddeler bulunmaktadır. Radyolojik kirlilik, canlı yaşamını tehdit edebilecek seviyelerde meydana gelen radyoaktivite faaliyetlerini kapsar (Taek, 2009).

Radyasyon kaynakları doğal ve yapay kaynaklar olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Uzaydan ve güneşten gelen ışınlar, bu ışınların atmosferin üst kısımlarında yaptığı bileşikler, yerkürenin sahip olduğu radyoaktifler, atmosferdeki radon, yiyecek ve içeceklerde doğal olarak bulunan radyonüklitler doğal radyasyon

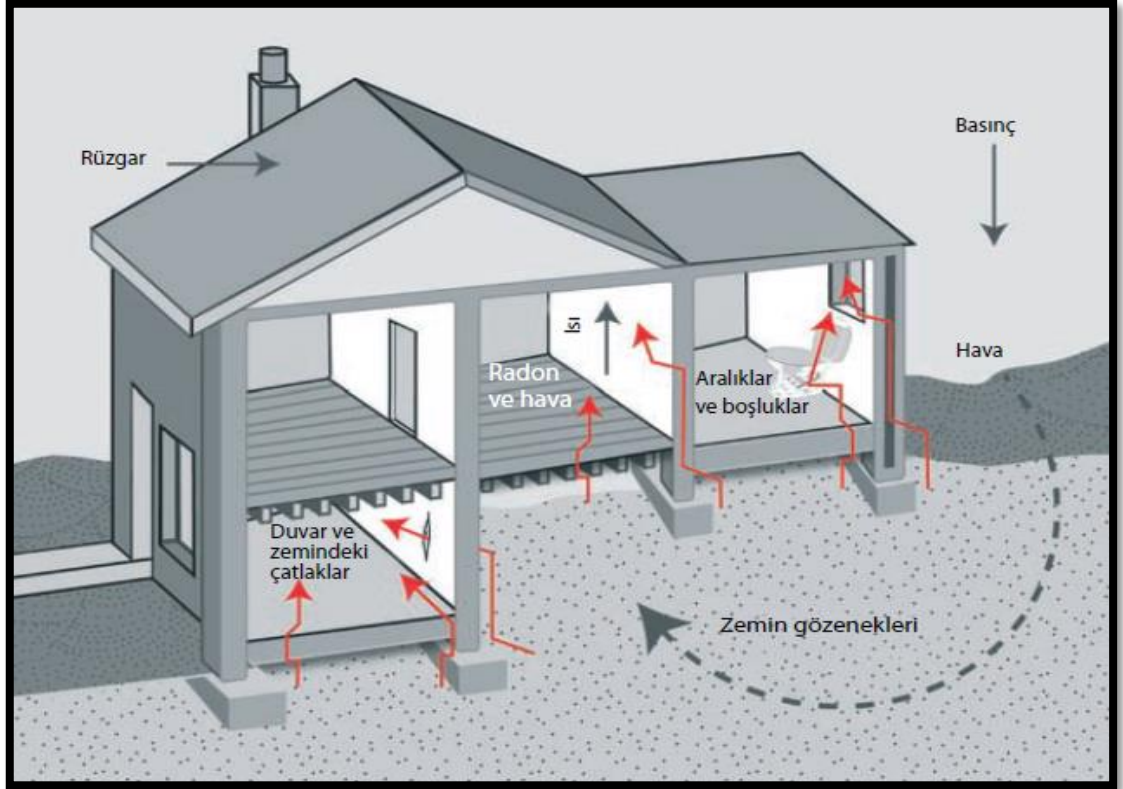
kaynaklarını oluşturur. Yapay radyasyon kaynakları ise kısaca nükleer silah denemelerinde oluşan serpintiler, nükleer enerji üretiminde doğaya bırakılan atıklar ve bazı endüstriyel sanayi atıklarıdır (Grafik 1).



Grafik 1. Radyasyon kaynaklarından maruz kalınan radyasyon dozlarının oransal değerleri (Taek, 2009).

Dünya'daki radyoaktif ışınımın yarıya yakını doğal radondan kaynaklanırken, nükleer endüstrinin payı radyoaktif yayımda % 1'in altındadır (Taek, 2009). Japonya'da kullanılan atom bombası ve Çernobil'de meydana gelen nükleer kaza, yaşanan ölümler, hastalıklar psikolojik olarak toplumları etkilemiş nükleer enerjinin yayılımını sınırlandırmıştır. Uranyum, toryum, plütonyum, radon, fosfat, potasyum radyolojik kirliliğe sebep olan elementlerden bazılarıdır. Bunların çıkarımı, işlenmesi, kullanımı sırasında radyolojik kirlilikler oluşmaktadır. Radyolojik kirliliğe sebep olan elementlerin bir yarılanma süresi vardır. Kimisi çok kısa sürede doğada kaybolurken uranyum, karbon-14 gibi elementler uzun süre doğada kalır. Doğal radyasyon kaynaklarından olan uzaya ait ışınların etkinliği, dünyanın manyetik alanına bağlı olarak kutuplarda daha fazladır. Etkinlik ekvatordan kutuplara doğru artar. Ayrıca atmosferde oluşturdukları reaksiyonlar yer seviyesine doğru azalır. Bu etkileşimler stratosferin üst kısımlarında maksimum düzeydedir. Sıcak coğrafyalarda kurulu yükseltisi fazla yerleşim alanlarında radyasyon miktarı normalin beş kat üzerindedir.

Yerkabuğuna ait kayaçlar ve bunların jeolojik yapısı karasal radyasyonu oluşturmaktadır. Volkanik kökenli arazilerde, fosfat ve potasyum içerikli alanlarda radyoaktivite oranı daha yüksektir. Yapı malzemeleri de çoğunlukla yerkabuğundan sağlandığı için insanlar sürekli olarak doğal radyasyona maruz kalmaktadır. Yerkabuğundan atmosfere sızan radon gazı seyrelmeye uğrarken, bina temellerinden bina içerisine ulaşan radon gazı sebebiyle bina içerisindeki radon birikimi normalin dört kat üzerinde olmaktadır (Şekil 2). Bu da insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Bu bakımdan binalardaki hava sirkülasyonu önemlidir. Radon, uranyum ve toryum bozunmasıyla oluşan 3,8 gün yarılanma ömrüne sahip radyoaktif bir gazdır. Yerkabuğundan yeraltı sularına da karışmaktadır.



Şekil 2. Radon gazının yerkabuğundan binalara sızması(Taek 2009).

İnsanları radyoaktiviteye maruz bırakan durumlardan biri de özellikle nükleer tıp alanındaki teşhis ve tedavi amaçlı kullanılan ışınlar, bu ışınların oluşumunu sağlayan cihazlar ve bunlara ait atıklardır. Özellikle teşhis ve tedavilerde meydana gelen doz aşırımları hem hastaları hem de çalışanları olumsuz etkiler (Taek, 2009).

Bazı sanayi ve madencilik kollarında ortaya çıkan radyoaktivite miktarı daha fazladır. Çimento fabrikaları, demir-çelik endüstrisi, petrol ve doğalgaz madenciliği,

fosil yakıtlar, uranyum, fosfat, metalik madenler, toryum, jeotermal enerji, gübre fabrikaları gibi çalışma alanlarında insanlar daha fazla radyasyona maruz kalır(Iaea, 2003).

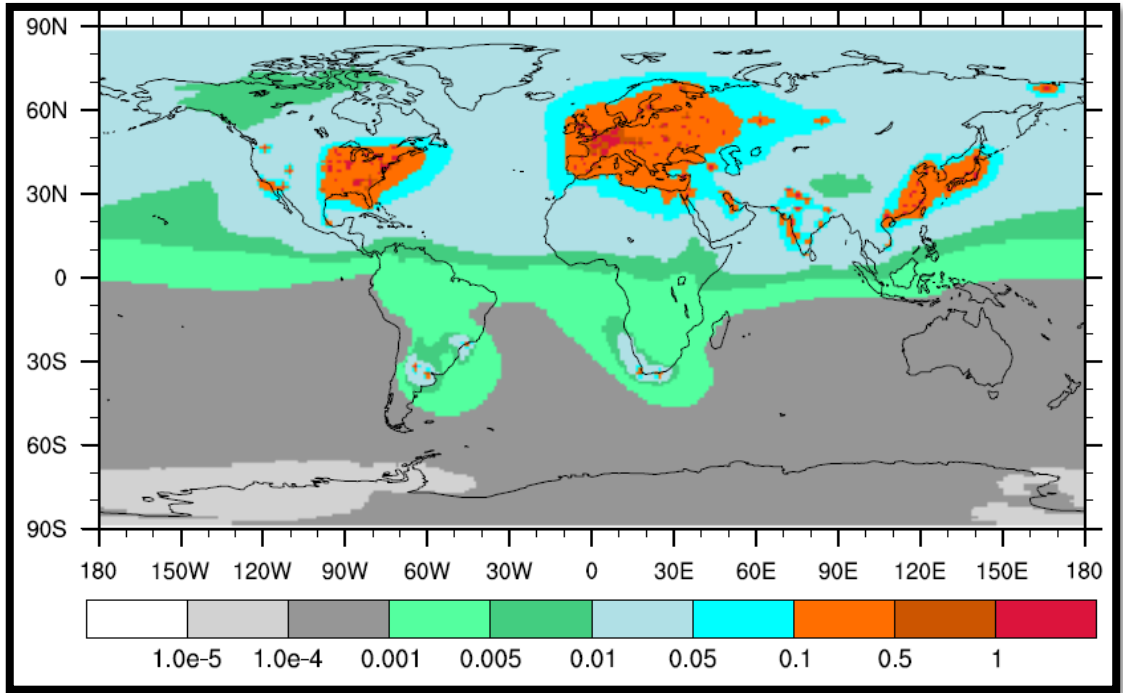
İnsan sağlığını daha fazla tehdit eden yapay kaynaklardır. Çünkü olası bir kaza ya da olumsuzluk durumunda daha fazla radyoaktif madde kontrol edilmesi güç bir şekilde doğal ortamların tümüne birden karışabilir. Etkisi uzun yıllar sürebilir. Yapay radyasyon kaynakları içerisinde en kirletici olan nükleer silah denemeleri ve üretimidir (Arıkan, 2007). Bu denemeler radyoaktif serpintilere neden olmaktadır. Serpintiler dağıldığı atmosferin dışında yağmurlarla toprağa inmekte suya, bitkilere, oradan hayvanlara ve insanlara kadar ulaşmaktadır. Nükleer silah denemeleri atmosferde ve yeraltında yapılmaktadır. Atmosferde yapılan denemelerin kirletici etkisi çok fazla olduğu için ülkeler anlaşmalarla bu denemeleri sınırlandırmışlardır. Çünkü nükleer silah denemelerindeki serpintiler rüzgarlarla binlerce kilometre uzaklara taşınabilmektedir.

Nükleer enerji üretimi, bu üretim sonucunda ortaya çıkan atıklar ve nükleer kazalar da yapay radyoaktivite kaynakları arasında yer alır. Nükleer enerji üretimi, fisyon denilen atom çekirdeklerinin bölünmesi ilkesine dayanır. Ortaya çıkan enerjiyle su buharı elde edilir ve jeneratörler aracılığıyla elektrik enerjisi üretilir. Reaktörler su ya da gaz soğutmalı türde olabilir. Nükleer enerji, küresel enerji ihtiyacının yaklaşık 1/5'ini karşılamaktadır. Enerji üretimi sırasında katı, sıvı ve gaz şeklinde atıklar ortaya çıkmaktadır. Bunlardan sıvı ve gaz atıkların bir kısmı kontrollü bir şekilde doğaya bırakılmaktadır. Atıklar taşıdığı riske göre düşük, orta ve yüksek seviye gruplarına ayrılır. Sıvı ve gaz atıkların bir kısmı doğaya bırakılırken riskli gruplardaki atıklar çeşitli süreçlerden geçirilerek (soğutma, camlaştırma, presleme gibi) yerin çeşitli derinliklerinde depolanır. Bu depolama sahalarının insan yaşamından mümkün olduğunca uzak, yeraltı su şebekesinin az olduğu, deprem ve volkanik faaliyetler açısından risksiz alanlar olmasına dikkat edilir.

Nükleer kazaların oluşma ihtimali düşük olsa da zaman zaman bu kazalar yaşanmaktadır. Ancak şunu belirtmek gerekir ki; nükleer silah denemeleri sonucunda ortaya çıkan radyolojik kirlilik oranı, şu ana kadar meydana gelen nükleer kazalardaki kirlilikten çok daha fazladır(Örneğin Çernobil kazasının 100 katı). Kazalar risk durumuna göre yedi kategoriye ayrılmaktadır. Nükleer kaza sonucu ortaya çıkan

kirleticiler atmosfer ve topoğrafya şartlarına bağlı olarak ülkeler aşırı mesafelere taşınmaktadır. ABD, Rusya, İngiltere, Brezilya nükleer kazaları yaşamış ülkelerden bazılarıdır. En büyük nükleer santral kazalarından 26 Nisan 1986'da o zamanki SSCB, şimdiki Ukrayna'da yaşanan Çernobil kazasını ele alacak olursak atmosfere bir haftadan fazla süre radyoaktif madde sızıntısı olmuştur. Bu maddeler sıcaklığı sebebiyle atmosferde hızla dağılmış, radyoaktif bulutlar oluşturmuş ve hava akımlarıyla uzak mesafelere taşınmış, yağışlarla yeryüzüne inmiştir. Kaza anında ve sonrasında bu alanda çalışan insanlardan ölenler olmuş, radyoaktiviteye bağlı hastalıklar ortaya çıkmış, belirli alanlar terkedilmiş, tarım yapılabilen alanlar bu özelliklerini kaybetmişlerdir (Arıkan, 2007).

Taşıdığı riskler sebebiyle nükleer santraller ve olası kaza senaryoları sürekli araştırma konusu olmaktadır. Nükleer santral yoğunluğunun fazla olması sebebiyle özellikle ABD, Çin, Hindistan ve Avrupa ülkeleri olası kaza senaryolarında en riskli alanlar olarak görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Olası nükleer kazalarda meydana gelecek doz riski (Christoudias vd, 2014)

Sonuç olarak radyolojik kirliliğin her türü insan sağlığını önemli ölçüde tehdit etmektedir. Her türlü önlemlerin alınmasına gayret gösterilmesine rağmen zaman zaman kazalar da yaşanmaktadır. Nükleer çalışma sahalarında alınan önlemlerin

dışında bu alanlara ait atmosfer ve topoğrafya şartlarının iyi bilinmesi gerekir. Çünkü radyolojik kirliliğe sebep olan partiküllerin dağılımı bu özelliklere bağlı olarak gerçekleşmektedir. Partiküllerin atmosferdeki yükselinde atmosfer kararlılığı ve lokal olarak oluşan sınır tabakası iklimi belirleyicidir. Ayrıca topoğrafik özelliklerde atmosferin oluşturduğu bu şartlar üzerinde temel ya da yön verici etkiye sahiptir. Çünkü yer şekilleri de yağış, rüzgar oluşumu, hızı ve yönü üzerinde etkilidir. Bu gibi etkenlerden dolayı radyolojik kirliliğin en aza indirilmesi için nükleer çalışma alanına ait atmosfer kararlılık özellikleri, sınır tabakası iklimi ve topoğrafik şartların iyi analiz edilmesi gerekir.

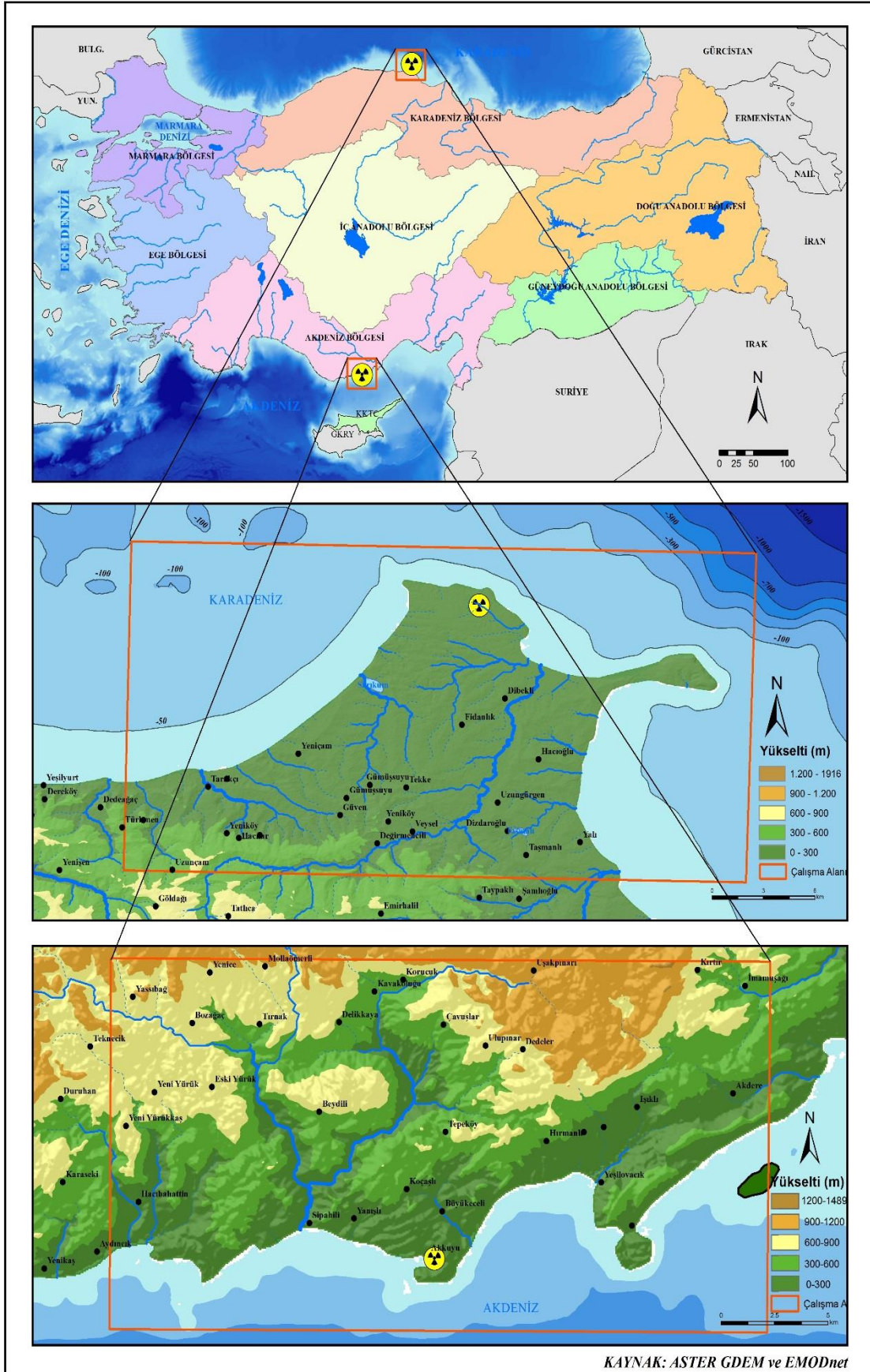
2. İKİNCİ BÖLÜM

2.1. ÇALIŞMA ALANLARININ FİZİKİ COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ

2.1.1. İnceburun ve Akkuyu'nun Coğrafi Konumu

Sinop nükleer güç santralının kurulacağı İnceburun yarımadasındaki santral arazisi yaklaşık olarak 42° 04' 28" kuzey enlemi; 34° 58' 44" doğu boylamı üzerinde yer almaktadır. Alanın şehir merkezine uzaklığı 22 km'dir. Sinop ilinin batısında Kastamonu, doğusunda Samsun, güneyinde Çorum ve kuzeyinde Karadeniz yer almaktadır. Sinop ili 175 km kıyı uzunluğuna sahiptir.

Akkuyu nükleer güç santralının bulunduğu alan Mersin iline bağlı Gülnar ilçesinin Akkuyu mevkiinde yer almaktadır. Matematik konumu yaklaşık olarak 36° 08' 46" kuzey enlemi ve 33° 32' 28" doğu boylamıdır. Santralin Babadil limanı ve Ovacık körfezi arasındaki yarımada üzerine kurulması planlanmaktadır. Yanışlı ve Yeşilovacık santrale en yakın yerleşim alanlarıdır. Santral alanının Gülnar ilçe merkezine mesafesi 35 km'dir. Mersin ili güneyde Akdeniz, doğuda Adana, batıda Antalya ve kuzeyde Karaman, Konya, Niğde illeri ile çevrilidir. Mersin ilinin kıyı uzunluğu yaklaşık 321 km'dir (Harita 1).



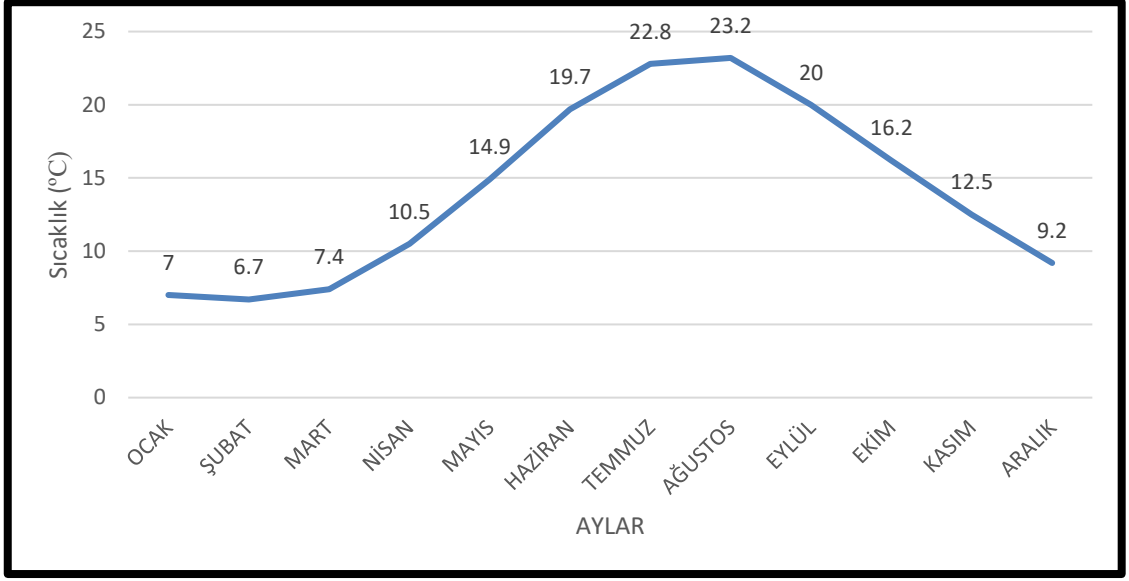
Harita 1. Çalışma alanlarının lokasyon haritası

2.1.2. İnceburun ve Akkuyu'nun İklimi

Akdeniz iklim kuşağı içinde yer alan ülkemizin iklim şartlarının oluşmasında genel (planeter) faktörler etkili olduğu kadar yerel özelliklere bağlı gelişen şartlarda etkilidir. Yeryüzü şekilleri, yükselti, dağların uzanışı, denizellik-karasallık yerel şartları ifade ederken kullanılan özelliklerden bazılarıdır. Ayrıca çevremizdeki deniz ve kara kütleleri üzerinde oluşan basınç merkezleri de ülkemiz iklimini mevsimsel olarak ya da yıl boyunca etkilemektedir. Sibirya, Balkanlar, Akdeniz, Basra, Kuzey Atlantik, Asor, Kuzey Afrika bu alanlara örnek olarak gösterilebilir (Atalay, 2010).

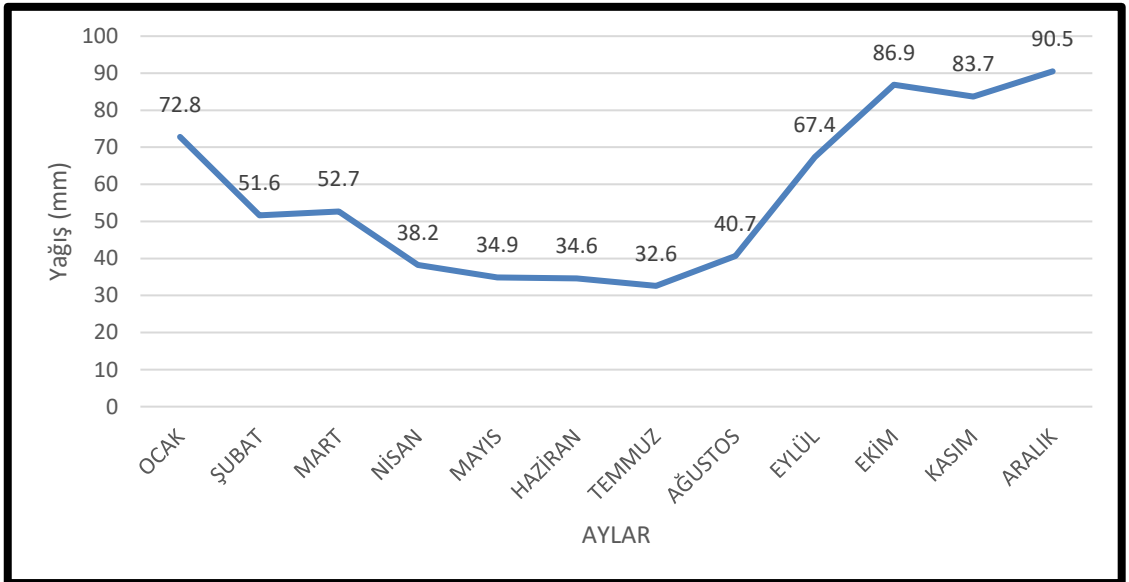
Araştırma sahalarımıza ait iklim özellikleri incelenirken Sinop ve Silifke'ye ait meteoroloji istasyonlarının verileri kullanılmıştır. Genel olarak Sinop ve Akkuyu'nun deniz kenarında yer alması ve ardında kıyıya paralel uzanan dağların bulunması bu alanlarda deniz etkisinin fazlasıyla hissedilmesine yol açmıştır. Yağış miktarlarında, kış sıcaklıklarında, bulutluluk ve hakim rüzgar yönlerinde bu etkiyi görmek mümkündür. Enlemsel olarak daha güneyde yer alan Akkuyu'da sıcaklık değerleri daha da yükselmektedir.

Sıcaklık iklim elemanları içerisinde en önemlisi hatta diğer iklim elemanlarını yönlendiren bir etmendir. Sinop iline ait 80 yıllık (1938-2018) veriler incelendiğinde yıllık ortalama sıcaklığın 14.2°C olduğu görülür. En yüksek ortalama 23.2°C ağustos, en düşük ortalama 6.7°C ile şubat ayına aittir. Sıcaklık ortalamalarına dikkat edildiğinde denizelliğin etkisi göze çarpar (Grafik 2).



Grafik 2. Sinop aylık sıcaklık ortalamaları grafiği (MGM 1938-2018)

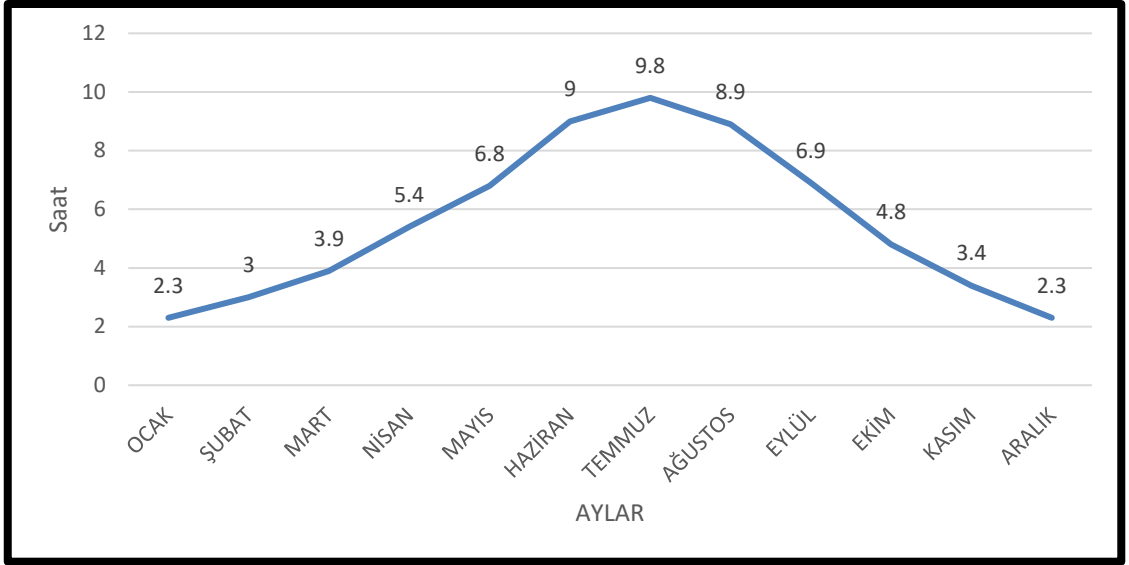
Yine uzun süreli veriler incelendiğinde Sinop ilinde yıllık toplam yağış tutarı 686.6 mm'dir. En yağışlı ay 90.5 mm ile aralık ayı iken, en kurak ay 32.6 mm ile temmuzdur. Yağışın mevsimlere dağılışına bakıldığında 238 mm ile sonbahar en yağışlı mevsim, 107.9 mm ile yaz en kurak mevsimdir. Kış mevsimin toplam yağış tutarı 214.9 mm ile sonbahara çok yakındır(Grafik 3).



Grafik 3. Sinop aylık yağış ortalamaları grafiği (MGM 1938-2018)

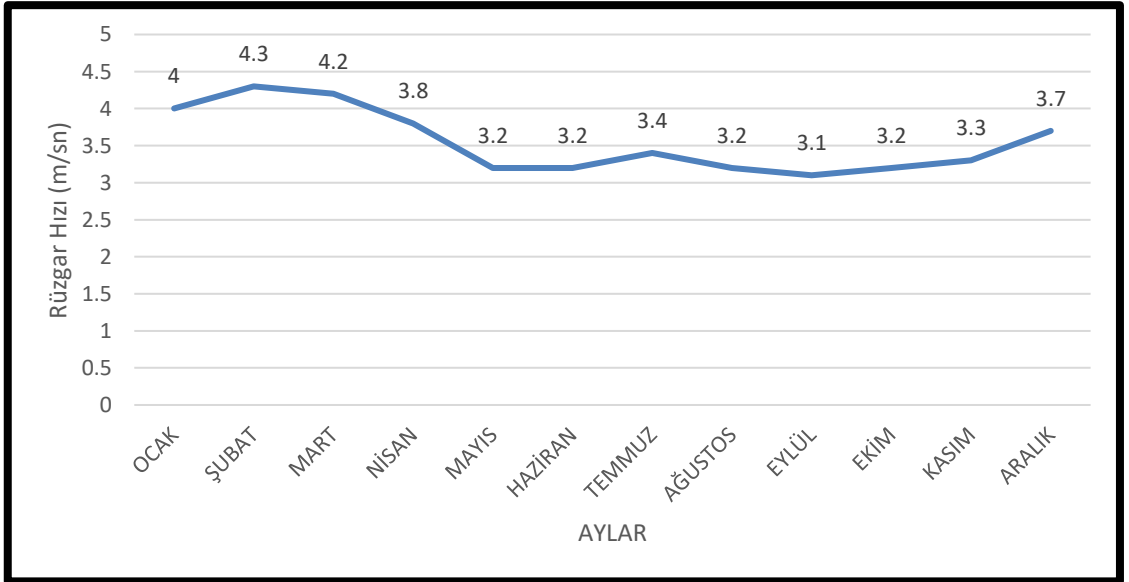
Günlük ortalama güneşlenme süresine bakıldığında 9.8 saat ile en güneşli ayın temmuz, en az değere sahip ayların ise 2.3'er saat ile aralık ve ocak ayları olduğu

görülmektedir. Yaz güneşlenmenin en fazla, kış ise en az olduğu mevsimlerdir. (Grafik 4).



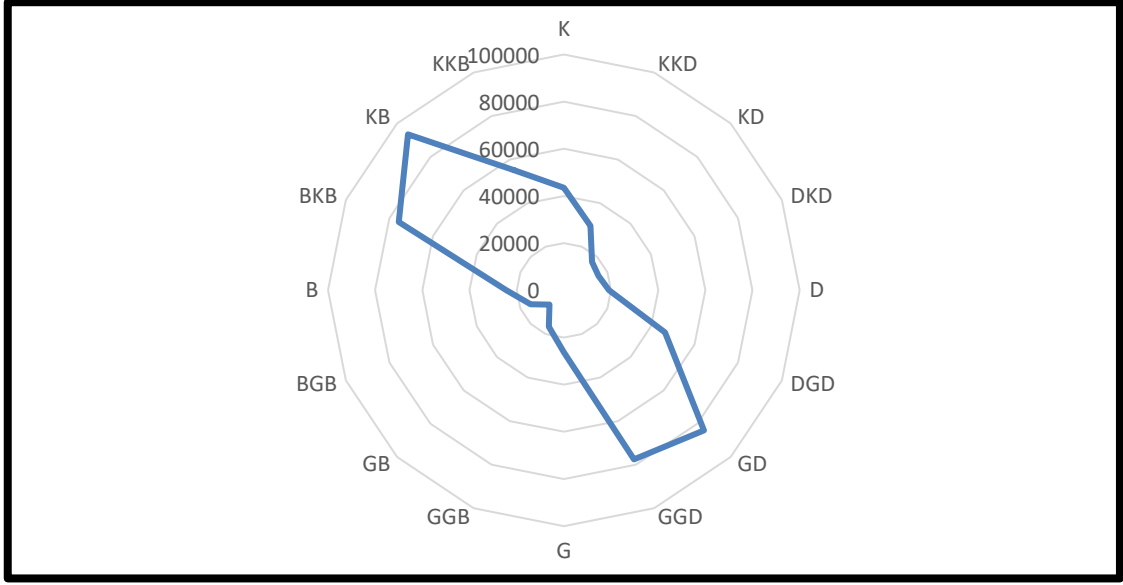
Grafik 4. Sinop aylık güneşlenme süresi ortalamaları grafiği (MGM 1938-2018)

Uzun süreli aylık ortalama rüzgar hızı değerleri incelendiğinde 4.3 m/s ile şubat ayı en fazla değere sahiptir. Kış aylarında rüzgar hızı değerleri genel olarak daha fazladır. Eylül ayı ise 3.1 m/s ile en az değere sahiptir (Grafik 5).



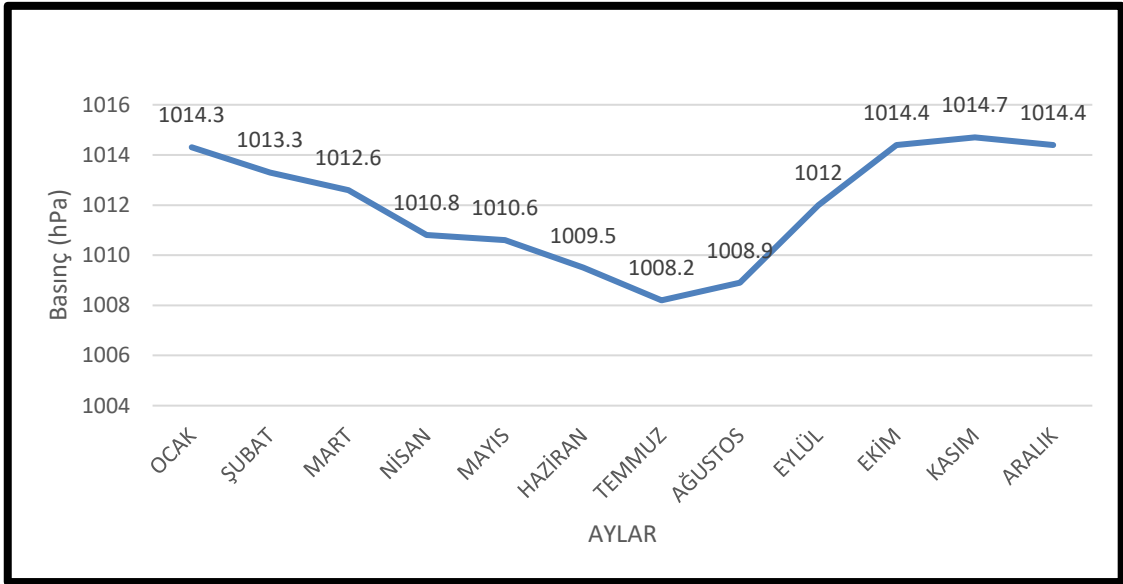
Grafik 5. Sinop aylık rüzgar hızı ortalamaları grafiği (MGM 1938-2017)

Sinop'ta rüzgar esme yönleri ve yüzdelerinde her zaman kuzeybatı ve güneydoğu hakim yönler olarak göze çarpmaktadır. Bu iki rüzgar yönü, rüzgarın yıl içerisindeki yönler yüzdelerinde % 75'lik bir orana sahiptir (Grafik 6).



Grafik 6. Sinop rüzgar frekans gülü (MGM 1936-2017)

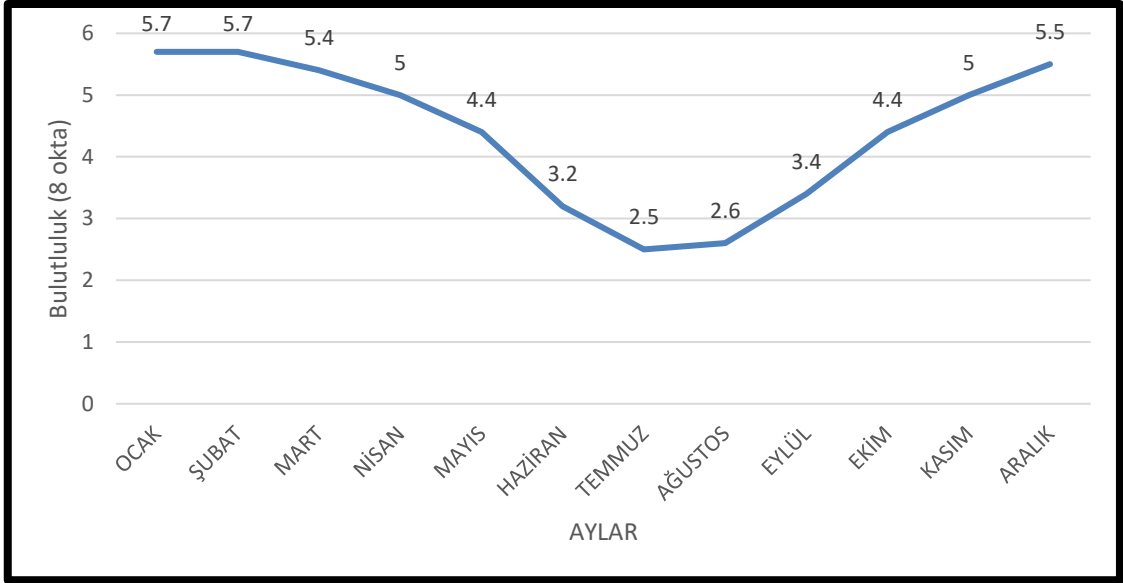
Basınç, rüzgarların oluşumu ve diğer hava olaylarında önemli etkiye sahiptir. Sinop'un yıllık basınç ortalaması 1012 hPa'dır. Yıl içerisinde basınç değerleri arasında çok fazla fark oluşmamakla birlikte kış aylarına doğru basınç değerleri yükselirken, yaz aylarında düşmektedir. En yüksek basınç ortalamasına 1014.7 hPa ile kasım ayı sahiptir. En düşük basınç değeri ise 1008.2 hPa ile temmuz ayında görülür(Grafik 7).



Grafik 7. Sinop aylık basınç ortalamaları grafiği (MGM 1936-2017)

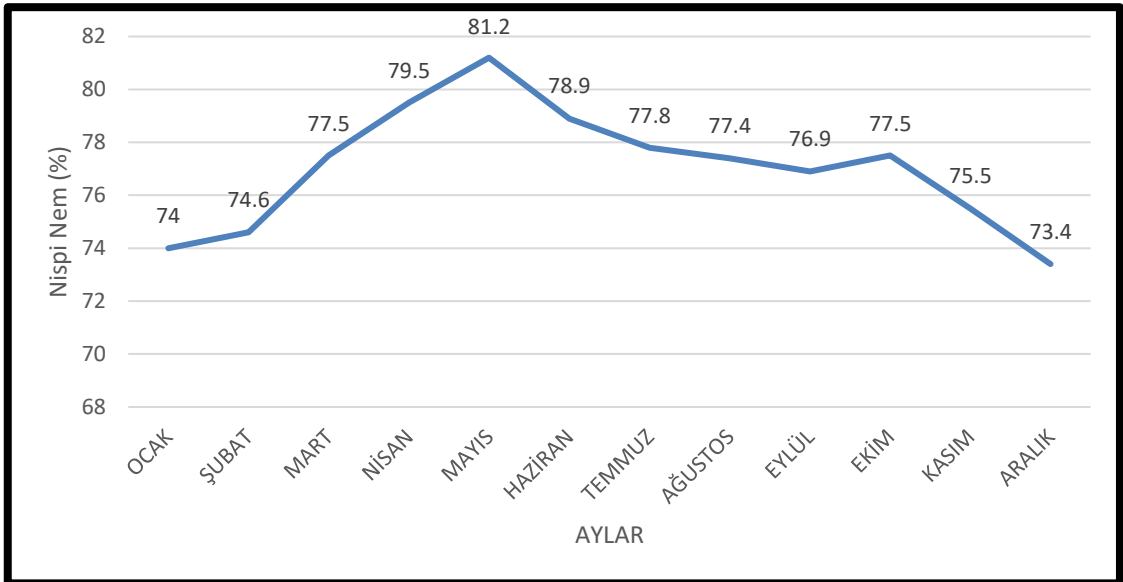
Bulutluluk, yeryüzüne ulaşan ve yeryüzünde tutulan enerji miktarı üzerinde etkilidir. Sinop'ta bulutlu gün sayısı 237.1'dir. Bu da bize bulutluluk miktarının fazla olduğunu gösterir. Bulutluluk meteorolojide 8 okta değer ile ifade edilir. Sinop'a ait

değerler incelendiğinde kış aylarına doğru artan bulutluluğun yaz aylarında azaldığı göze çarpar(Grafik 8).



Grafik 8. Sinop aylık bulutluluk oranı ortalamaları grafiği (MGM 1936-2017)

Nemlilik oranı özellikle yağış oluşumu ve hissedilen sıcaklık üzerinde etkilidir. Sinop'ta bağıl (nispi) nem yıllık ortalama % 77'dir. % 81.2 değeriyle mayıs ayı en yüksek oranda nemliliğe sahipken, %73.4 ile aralıkta nemlilik en düşüktür (Grafik 9).

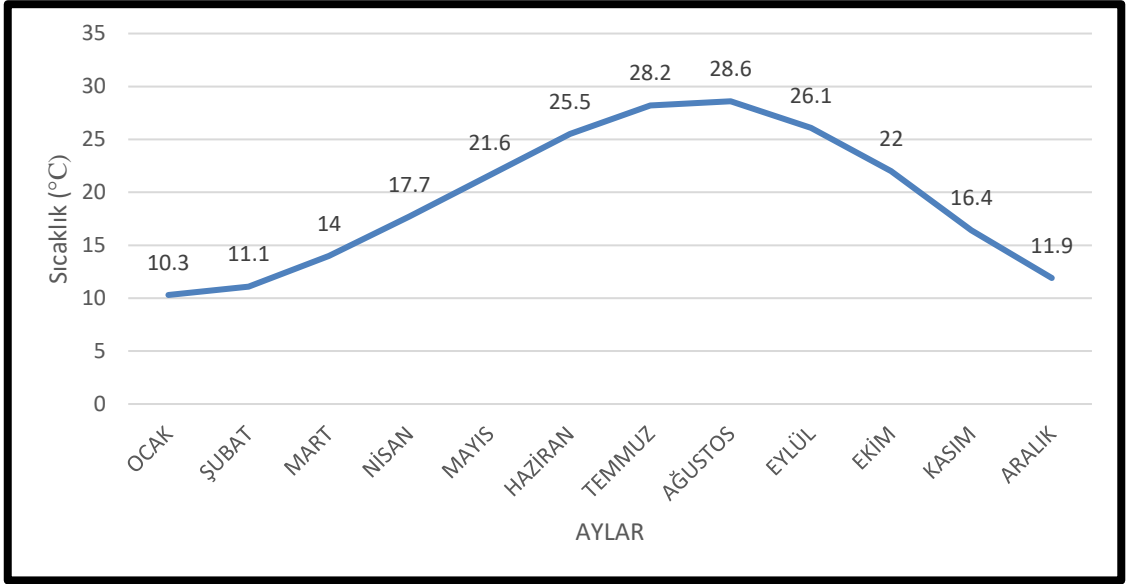


Grafik 9. Sinop aylık nispi nem ortalamaları grafiği (MGM 1936-2017)

Araştırma sahalarımızdan bir diğeri olan Akkuyu'da Akdeniz iklim şartları hüküm sürmektedir. Akkuyu'nun iklim özellikleri anlatılırken kendisine en yakın,

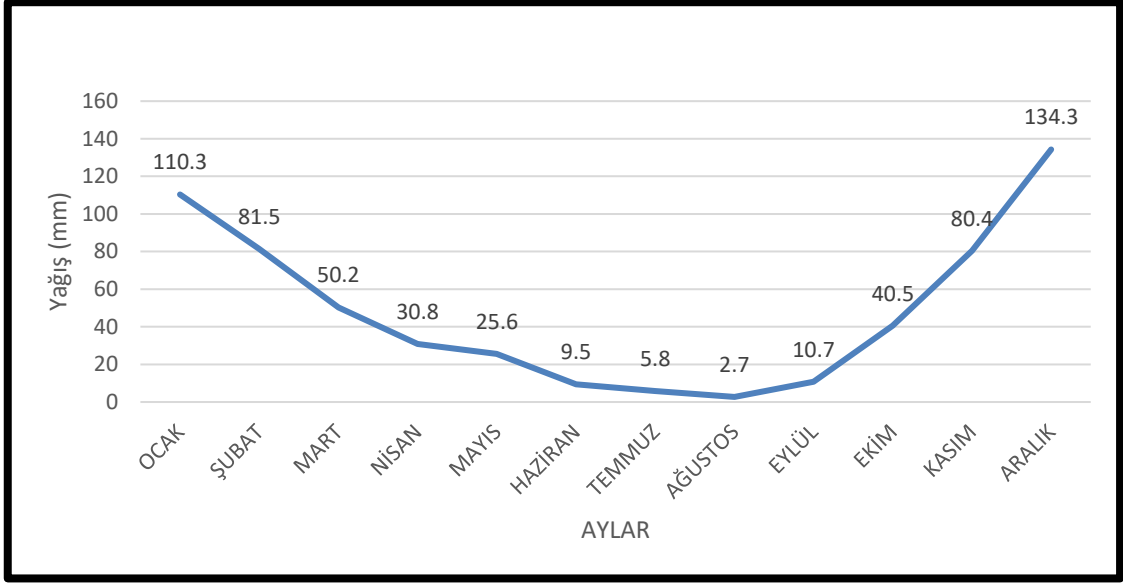
verileri en uzun süre kayıt altına alınmış ve coğrafi özellikler bakımından Akkuyu'ya en fazla benzerlik gösteren Silifke'nin meteorolojik verileri kullanılmıştır.

Silifke yazların sıcak ve az yağışlı geçtiği, kışın ise sıcaklıkların fazla düşmediği yağışlı bir iklime sahiptir. Yıllık sıcaklık ortalaması 19.5°C'dir. En yüksek sıcaklık ortalaması 28.6°C ile ağustos, en düşük ise 10.3°C ile ocak ayında görülür. Yaz sıcaklık ortalamaları 25°C, kış ortalamaları ise 10°C üzerindedir (Grafik 10).



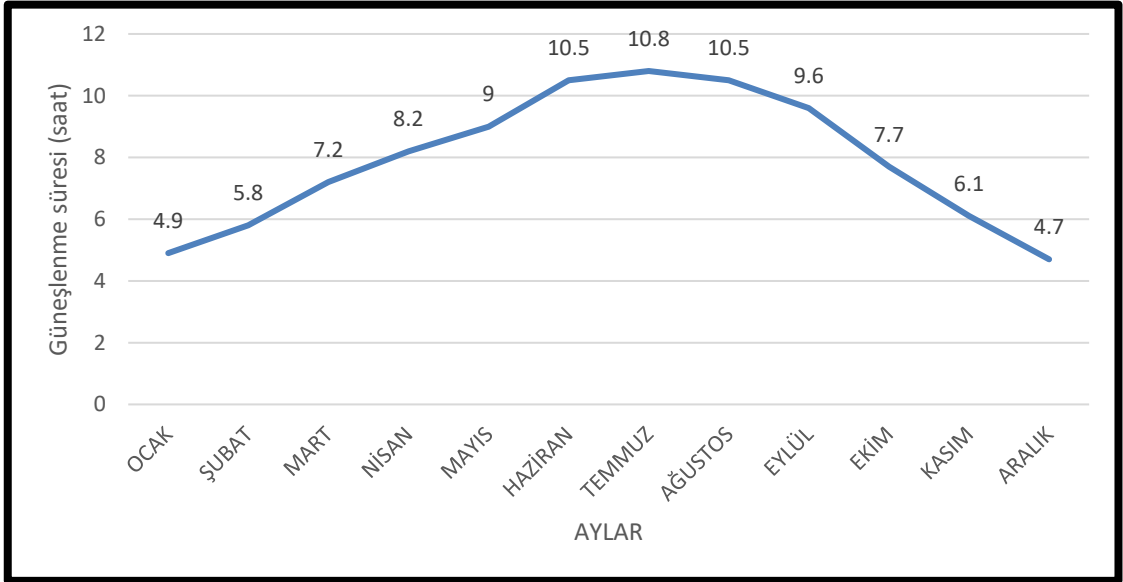
Grafik 10. Silifke aylık sıcaklık ortalamaları grafiği (MGM 1930-2017)

Silifke'nin yağış miktarı ve rejimi incelendiğinde yıllık toplam 582.3 mm yağışa sahiptir ve çoğunlukla kış yağışı almaktadır. Yaz mevsiminde ise yağış miktarı dikkat çekici şekilde azalmaktadır. Ağustos 2.7 mm ile hem en sıcak hem de en kurak geçen aydır (Grafik 11).



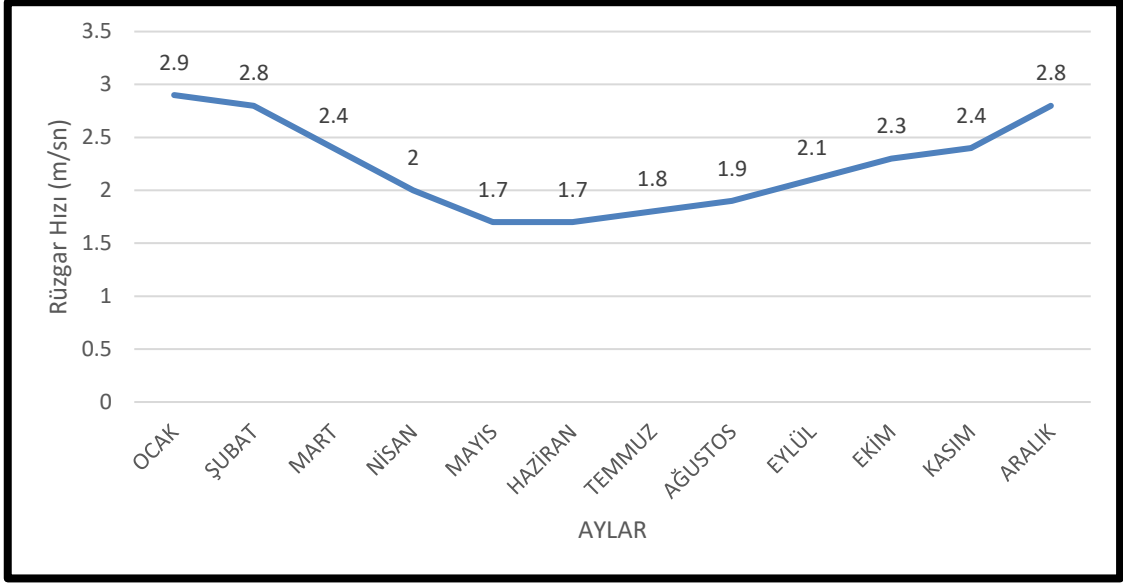
Grafik 11. Silifke aylık yağış ortalamaları grafiği (MGM 1930-2017).

Silifke’de güneşlenme yaz aylarında maksimum seviyeye ulaşırken kış aylarında azalmaktadır. Temmuz ayı 10.8 saat ile güneşlenmenin en fazla olduğu aydır. Haziran ve ağustos aylarında 10.5 saatlik bir güneşlenme süresi vardır. Aralık 4.7 saat ile güneşlenmenin en az olduğu aydır. (Grafik 12).



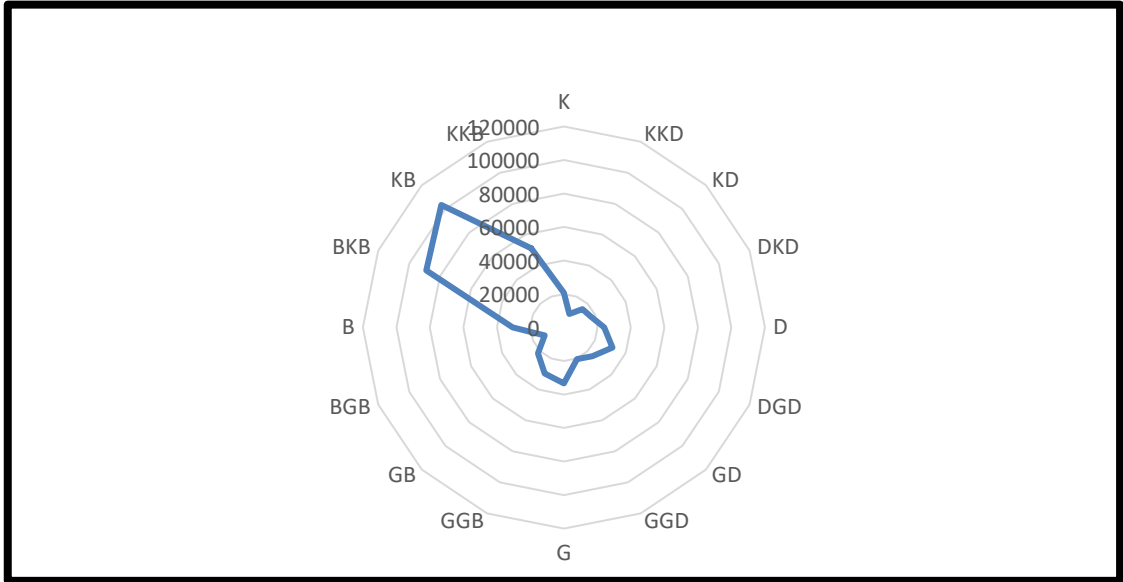
Grafik 12. Silifke aylık güneşlenme süresi ortalamaları grafiği (MGM 1930-2017).

Silifke denizel etkiye açık olduğu için kara ve deniz arasındaki ısınma farkına bağlı olarak rüzgar oluşumu bakımından da avantajlı konumdadır. Kış mevsiminde artan rüzgar hızları (Ocak 2.9 m/s) yazı doğru azalmaktadır (Grafik 13). (Mayıs ve haziran 1.7 m/s)



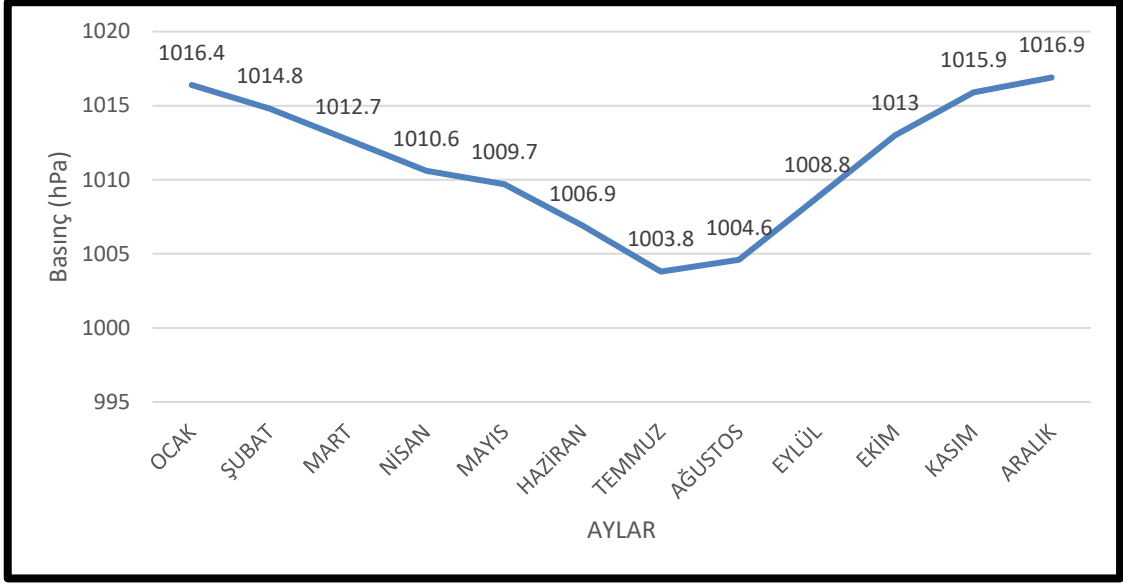
Grafik 13. Silifke aylık rüzgar hızı ortalamaları grafiği (MGM 1930-2017).

Silifke ilçesi özellikle ilçenin kuzeybatısında, kuzeybatı-güneydoğu istikametinde uzanan Göksu vadisi sebebiyle kuzeybatı yönlü rüzgarlara daha açık hale gelmiştir. Hakim rüzgar yönü kuzeybatıdır. Bütün aylarda esen rüzgarların % 17.28'i bu yönden esmektedir (Grafik 14).



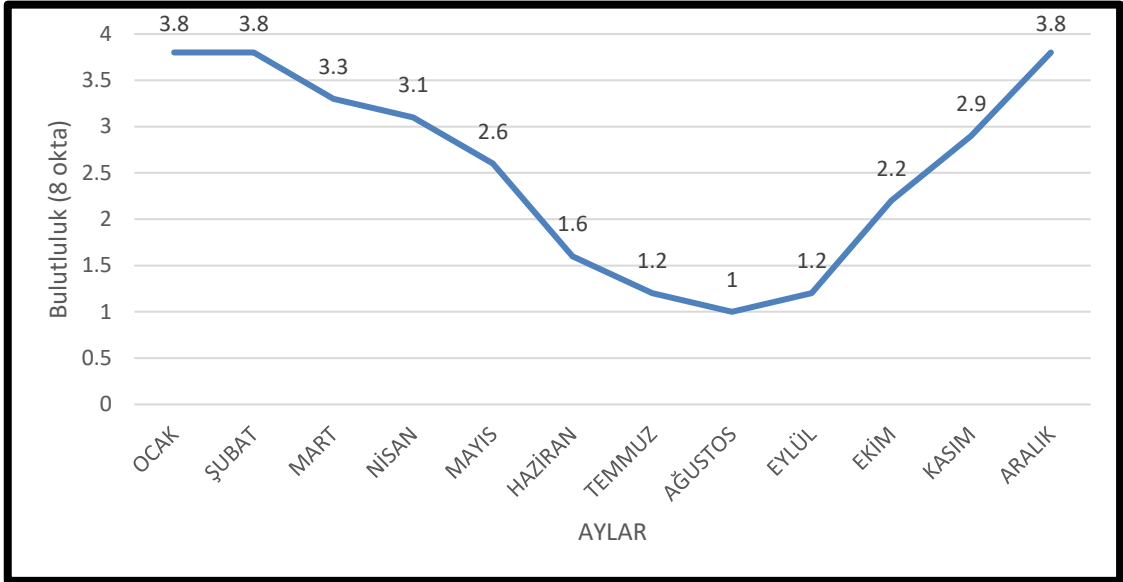
Grafik 14. Silifke rüzgar frekans gülü (MGM 1930-2017).

Basınç değerleri mevsimsel şartlara uyum göstererek kış aylarında artarken yaz aylarında genel olarak azalmaktadır. Aralık basıncın en fazla, temmuz ise en az görüldüğü aylardır. Silifke'nin yıllık ortalama basınç değeri 1011.2 hPa'dır (Grafik 15).



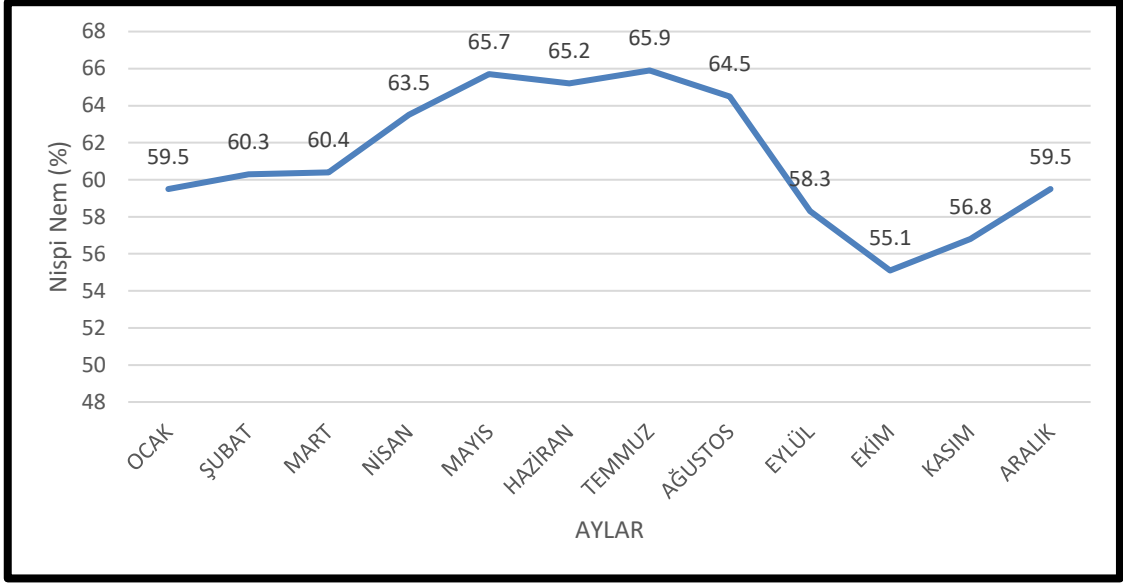
Grafik 15. Silifke aylık basıñç ortalamaları grafiği (MGM 1930-2017).

Silifke Akdeniz iklimi sahasında yer aldığı için bulutluluk yaz aylarında en az seviyeye inmektedir. Kış yağışlı rejime bağlı olarak bu zaman diliminde de artış gösterir. Yıl içerisinde 183 günlük bir bulutluluğa sahiptir. Bulutsuz geçen gün sayısı ise 172 gündür (Grafik 16).



Grafik 16. Silifke aylık bulutluluk oranı ortalamaları grafiği (MGM 1930-2017).

Silifke ilçesinde % 55-66 arasında değişen nispi nem yıl içerisinde dağılmıştır. % 65.9 ile temmuz ayı en nemli; % 55.1 ile ekim ayı nemliliğin en az olduğu ay olarak göze çarpar. Yıllık ortalama nispi nem oranı % 61.2'dir (Grafik 17).



Grafik 17. Silifke aylık nispi nem ortalamaları grafiği (MGM 1930-2017)

2.1.3. İnceburun ve Akkuyu'nun Yerşekilleri

İnceburun ülkemizin en kuzey ucunu oluşturmaktadır ve Karadeniz Bölgesi'nin Batı Karadeniz Bölümü'nde, Sinop il sınırları içerisinde yer alır. Sinop, Boztepe yarımadası üzerine kurulmuştur. Yarımada, karanın dalga biriktirmesi sonucunda bir ada ile bağlanmasıyla oluşan tombolodur. Sinop arazisi çok yüksek olmamakla birlikte engebeli, yer yer aşınım düzlüklerinin bulunduğu, kıyıda ise alçak arazilerden oluşur. Sinop ilinin ana hatlarını Küre (İsfendiyar) dağları oluşturmaktadır. Dağlar il arazisinin yarısından fazlasını kaplar ve yükseltileri 2000 m'yi geçmez. Yükselti bu dağlık alanlara doğru kademeli olarak artar (Harita 2). Alp-Himalaya kıvrım sisteminin bir parçası olan Kuzey Anadolu Dağları (pontitler) eosen sonrasında su yüzeyine çıkmıştır. Zamanla aşınan arazi Türkiye'nin uğradığı ikinci epirojenik hareket sonucunda tekrar yükselmiştir (Akkan, 1975). Bu nedenle yüksek düzlükler de (platolar) il arazisinde önemli bir alan kaplar. Özellikle ilin batı bölümünde kapladıkları alan daha geniştir. Kaynağını dağlık alanlardan alan akarsular bu düzlükler üzerinde vadiler oluşturmuştur. Küre Dağları'nın batıdan Sinop il merkezine doğru yaklaştıkça yükseltisi azalmaktadır. En önemli yükseltiler Ayancık sınırları içerisinde Zindan Dağı (1730 m), Boyabat'taki Kara Oluk (1313 m) ve Kuzuluk Tepeleri (1125 m), yarımadanın güneyinde Sivrice (1040 m) ve Dede Tepeleri (1038 m), doğuya doğru Sarı Dökük Tepesi (1660 m), Çangal Dağı (1605 m), Göktepe (1375 m), Durağan

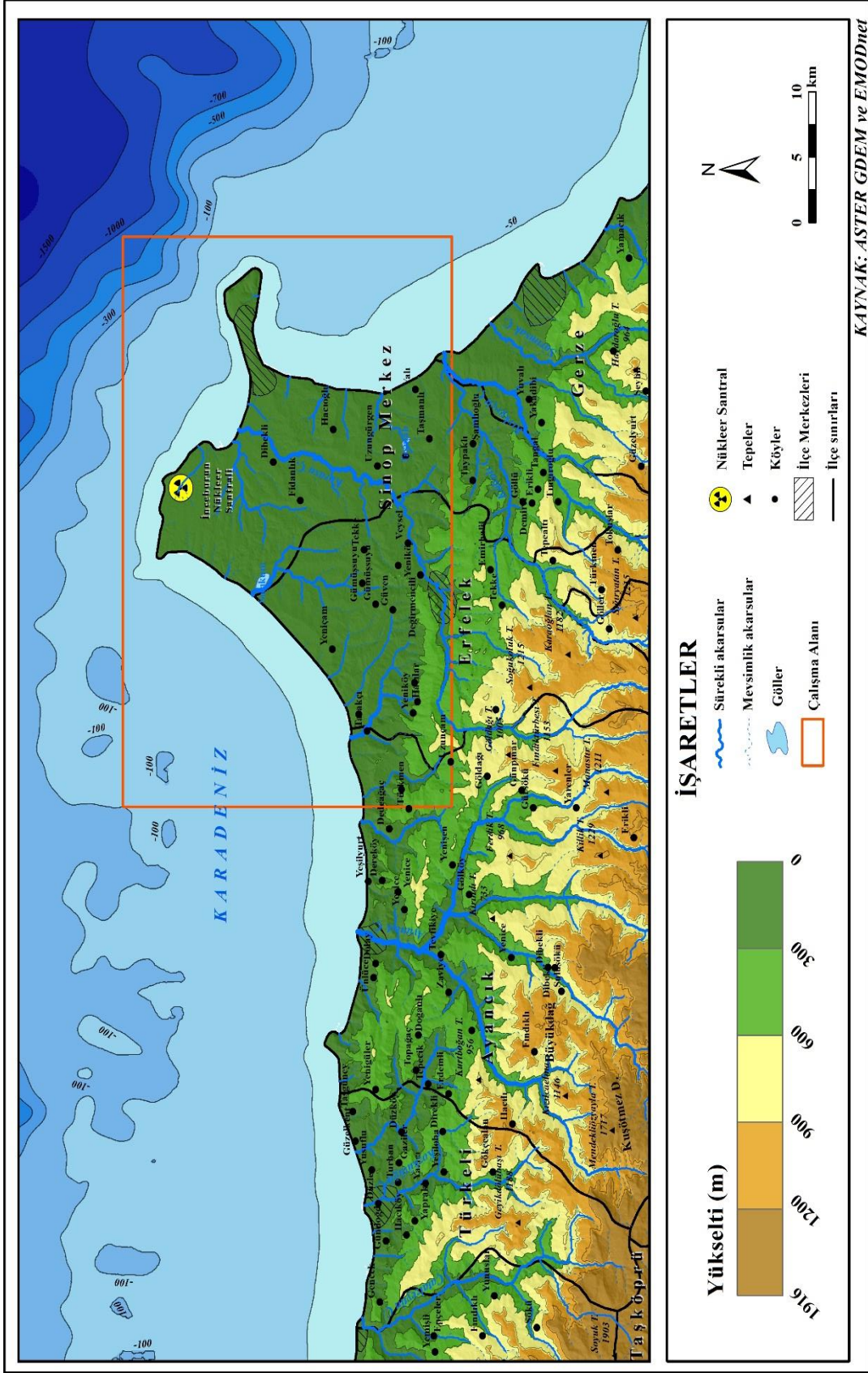
sınırları içerisindeki Soyuk Tepe'dir(1455 m). Platolar daha çok Boyabat ve Gerze çevrelerinde yaygındır.

Ovalar kıyıdaki alçak düzlükler ve dağlar arasındaki çöküntü alanlarında bulunur. İç kısımda Boyabat, sahile yakın alanlarda ise Aksaz, Sarıkum, Erfelek bu alanları oluşturur. Kastamonu sınırlarından doğan Gökırmak, Türkeli ve Çatalzeytin sınırında bulunan Tepeçay, Türkeli doğusundan denize dökülen Ayardin Deresi, Küre Dağları'ndan doğup Ayancık'tan denize dökülen Ayancık Deresi, Sinop'un batısından denize dökülen Karasu Çayı, Sinop-Gerze arasında Çakıroğlu Çayı Sinop'un önemli akarsularıdır. Akarsular yağış rejimine bağlı olarak düzenli su taşırlar.

Sülük, Sarıkum, Aksaz, Karagöl Sinop'un önemli gölleridir. Sülük gölü diğerlerine nazaran biraz daha yüksekte yer alır(210 m). Sarıkum, Aksaz, Karagöl ise deniz seviyesindedir. Sarıkum gölü il merkezinin batısındadır. Aksaz, Sarıkum ve Karagöl Akliman'ın olduğu bölgede nükleer santral sahasına yakındır. Sülük gölü ise Sinop Yarımadası üzerindedir. Ayrıca Ayancık ilçesinin güneyinde Akgöl yer alır.

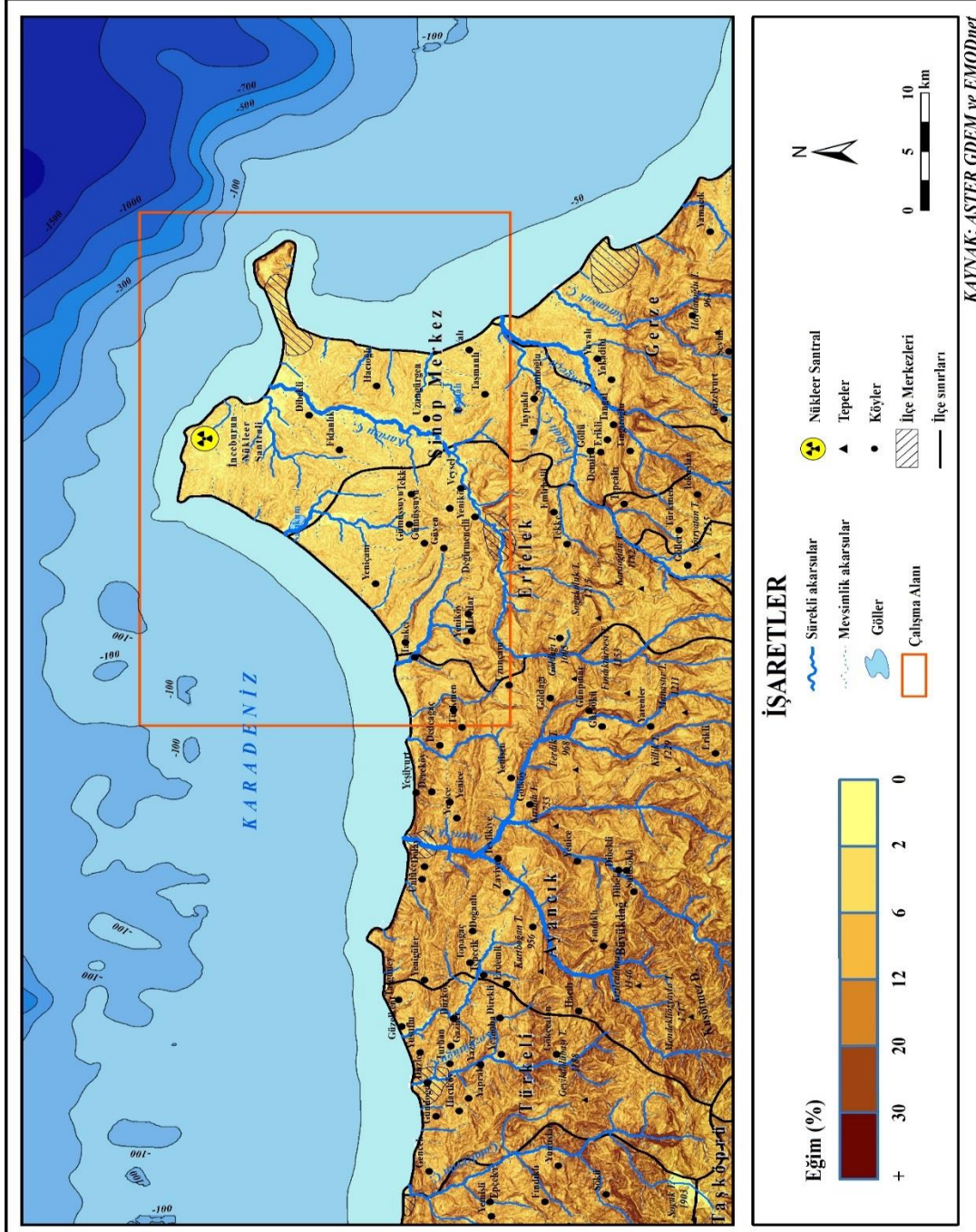
Sinop, Karadeniz sahil kuşağı içerisinde doğal liman olma özelliğine sahiptir. Girintili çıkıntılı sahil şeridi sayesinde ilde pek çok yarımada, irili ufaklı koy ve körfezler bulunur. İnceburun ve Boztepe önemli yarımadalardır. Güç santralinin inşa edileceği İnceburun düz arazisi, denize yakın alanlardaki göl ve bataklıklarla dikkat çeker. Sinop şehir merkezinin bulunduğu Boztepe'de yüksek falezler bulunur. Kıyı kuşağı genel olarak Boztepe'den İnceburun'a doğru alçalır. Akliman, Hamsilos, İç ve Dış Liman önemli koy ve körfezlerdir.

Nükleer güç santralinin inşa edileceği İnceburun yarımadasının yüzey şekillerine odaklanacak olursak bu alanda yükseltinin deniz seviyesine çok yakın olduğu, arazinin ova ve kıyı kumullarından oluştuğu söylenebilir. Sinop il merkezinden Hamsilos Koyu ve Akliman'a doğru sahil şeridinde kumsallara rastlanırken, Akliman ve Hamsilos bölgesinde denizden hafifçe yüksek kayalıklar dikkat çeker. Aksaz, Sarıkum, Karagöl yarımadaadaki denize yakın göllerdir. Aksaz Gölü sazlıklarla kaplıdır ve suları zaman zaman denize ulaşır. Karagöl bataklık halindedir. Kurak dönemlerde suları çekilir (Akkan, 1975).



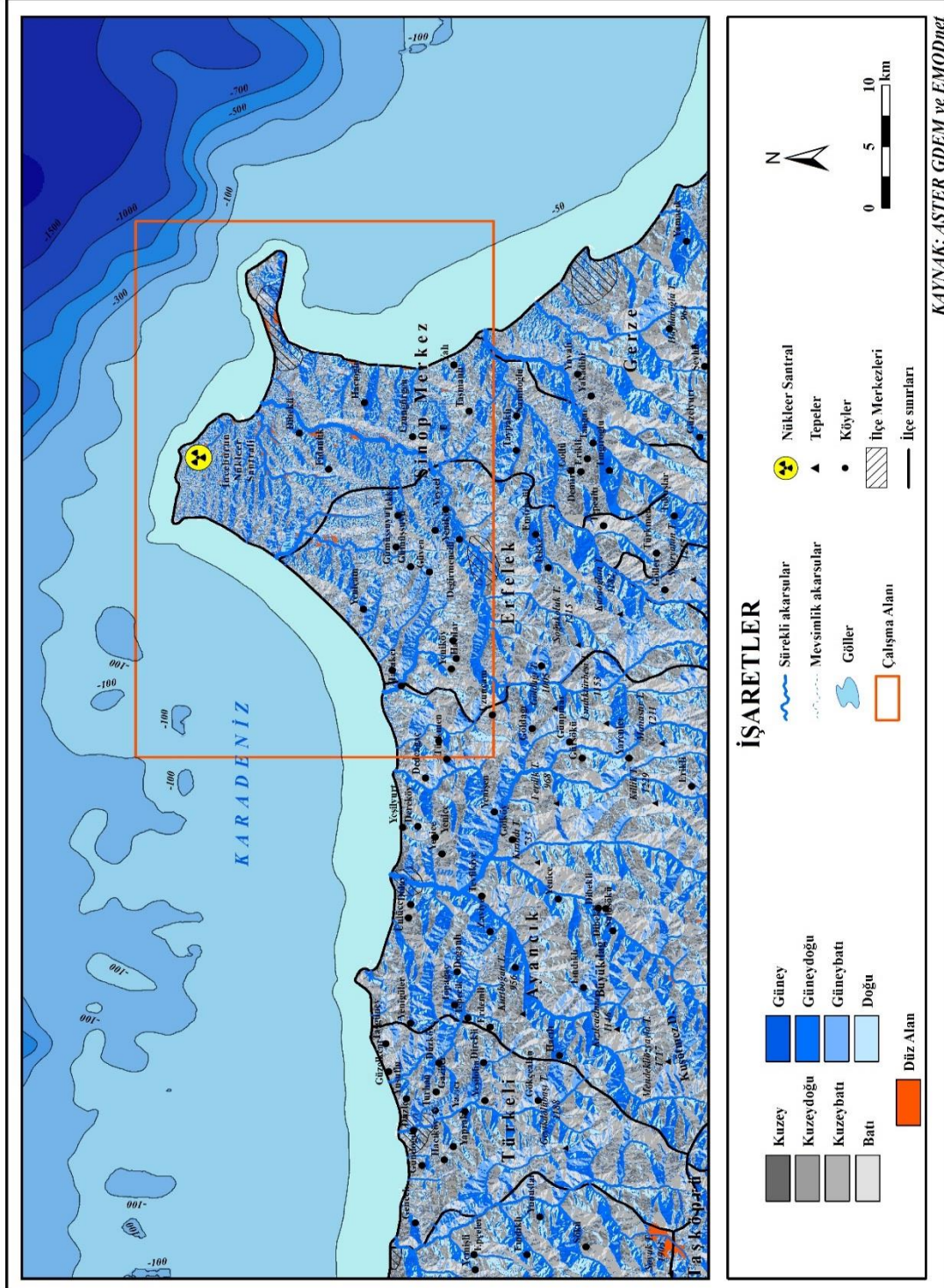
Harita 2. Inceburun ve çevresinin fiziki haritası

Sinop çevresinin ana hatlarını Küre Dağları oluşturduğu için arazinin eğimi kıyıdan itibaren artmaktadır. Dağlar doğu yönünde kıyıdan uzaklaşmaktadır. Sinop'tan Gerze ve Orta Karadeniz Bölümü'ne doğru düşük olan arazi eğimi (% 5-10), iç kesimlerde Erfelek ve daha güneyinde artmaktadır. Ayrıca batıda Ayancık ve Türkeli çevresinde dağların kıyıya çok yakın uzanması sebebiyle eğim kıyı kuşağından itibaren hızlıca artar (Harita 3).



Harita 3. İnceburun ve çevresinin eğim haritası

Özellikle Batı Karadeniz kıyı kuşağında doğu-batı yönünde uzanan dağ sıraları Sinop il merkezinden Gerze ve Samsun istikametine doğru yükseltisi azalarak kıydan uzaklaşır. Ayrıca kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzanış gösterir. Bu durum sahadaki bakı özelliklerini de etkiler (Harita 4).



Harita 4. İnceburun ve çevresinin bakı haritası

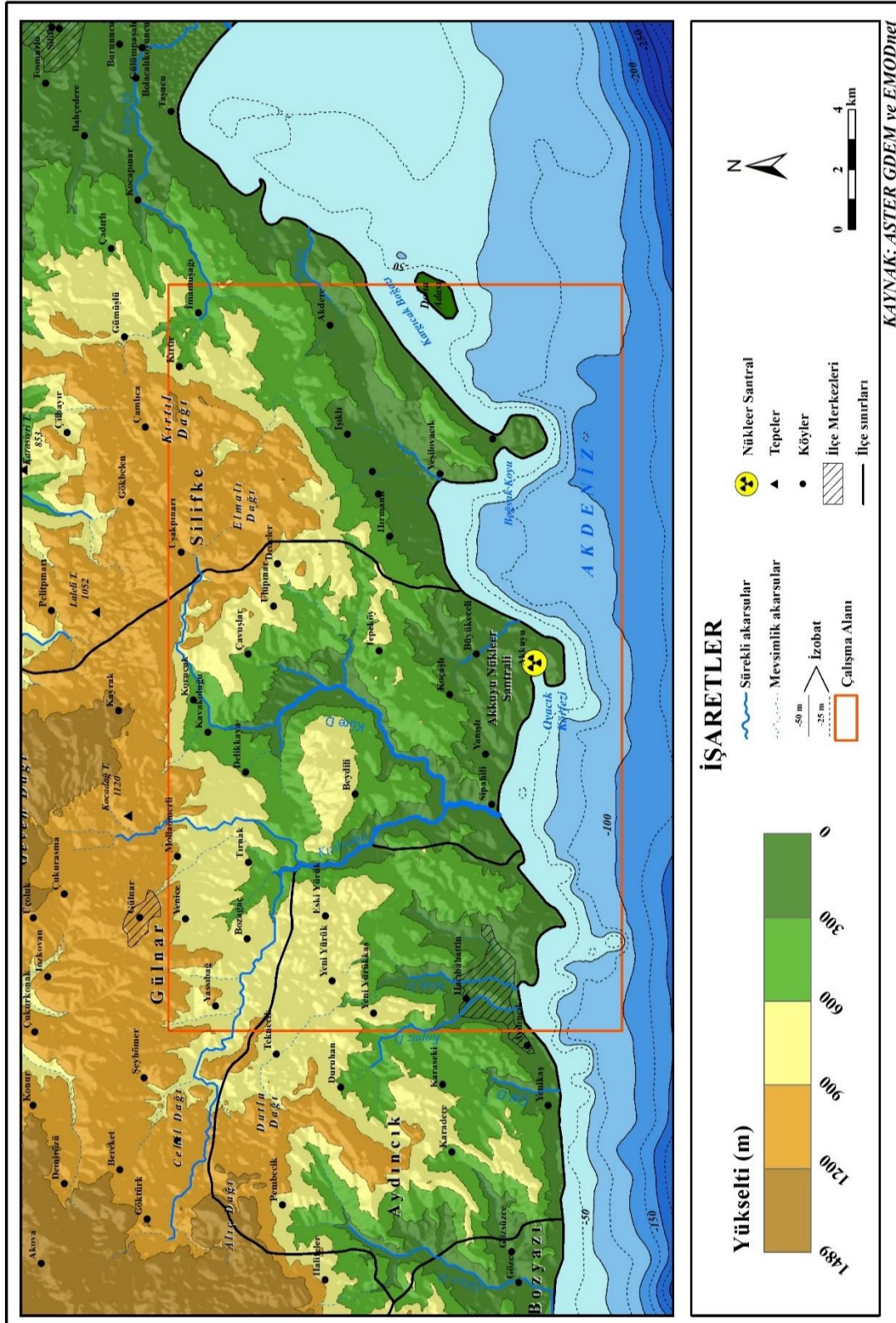
Akkuyu çevresinin yerşekilleri hakkında bilgi vermek için önce Mersin ili, daha sonra Akkuyu'nun bulunduğu Gülnar ilçesi ve son olarakta santralin kurulduğu alana ait arazinin özellikleri anlatılacaktır.

Mersin ilinin ana yeryüzü şekillerini Batı ve Orta Toroslar oluşturmaktadır. Dağlar il arazisinin hemen hemen % 60'ını kaplar. Yüksek ve engebeli olan Toroslar, kıyı ile iç kesim arasında ulaşımı güçleştirdiği gibi, yükseltiye bağlı olarak Akdeniz iklimi etkisini sınırlandırmaktadır. Dağların yükseltisi 3500 m'yi aşmaktadır. Güneye ve kuzeybatıya doğru dağların yükseltisi azalır. Dağlar il sınırı içerisinde iki kuşak halinde uzanır. İlk kuşak kıyıya yakın Gazipaşa'dan Silifke'ye doğru, ikinci kuşak ise iç kısımdaki ilçeleri kapsayacak şekilde Gülnar, Mut ilçelerini içine alır. Toroslar kıyıda da, iç kesimlerde de engebeli ve sarp bir yapıya sahiptir. Göksu başta olmak üzere il akarsuları Torosları derin vadilerle parçalamıştır. Orta Torosların bir parçası olan Bolkar Dağları ilin en önemli yükseltisini oluşturur. Dağ üzerindeki Medetsiz Tepesi (3524 m) en yüksek noktadır. Granit, gnays ve mikaşistlerin görüldüğü dağlarda karstik arazilerde önemli ölçüde yer kaplar. Mordağ (2454 m), Yıldız Tepe (3134 m), Karaçal Tepesi (2339 m), Örnek Tepe (2150 m), Elma Dağı (2160 m), Kızıldağ (2260 m) diğer önemli yükseltileridir. Bu yüksek dağ sıraları ile iç kesimler arasında ulaşım Orta Toroslarda Gülek Boğazı (1050 m) ve Göksu vadisindeki Sertavul Geçidi (1610 m) üzerinden yapılır.

Platolar il arazisinin yaklaşık %30'unu kaplar. Türkiye'nin de en önemli platolarından biri olan Taşeli Platosu Anamur, Bozyazı, Aydınçık, Gülnar, Mut ve Silifke ilçelerini içine alır. Karstik kayaçların geniş alan kapladığı plato bu özelliği ve engebeli yapısı sebebiyle tarımı sınırlandırır ve yaşam koşullarını güçleştirir. Dağların ve platoların oluşturduğu engebeli alanlarda insanların yaz mevsimindeki sıcaklardan korunmak için çıktıkları yayla yerleşmeleri bulunur.

İlin önemli ovaları ve düz arazileri dağların güneye doğru yükseltilerinin azaldığı sahil kuşağında yer alır. İl 321 km'lik bir kıyı uzunluğuna sahiptir. Bu alanda bulunan ovalar ülkemizin en büyük delta ovası olan Çukurova'nın oluşum olarak devamı niteliğindedir. Silifke, Göksu Irmağı'nın oluşturduğu delta ovasıdır. Bunun yanında Tarsus, Berdan, Anamur kendilerine ait akarsuların biriktirmesine bağlı olarak verimli topraklara sahip olmuştur. Sahil kesimi dışında özellikle Göksu Nehri'nin

aşındırmasına bağlı olarak az da olsa iç kesimlerde de vadi çevresinde düz araziler oluşmuştur (Harita 6).



Harita 6. Akkuyu ve çevresinin fiziki haritası

İlde dağlık alanlardaki karstik kaynaklardan beslenen birçok akarsu bulunmaktadır. Yağış rejimine bağlı olarak akarsular kış mevsiminde daha fazla su taşırlar. İki koldan oluşup Taşeli Platosu üzerinden geçerek Silifke'den denize dökülen Göksu, Bolkar Dağları'ndan kaynağını alan Tarsus Çayı, Erdemli yakınlarından denize dökülen Limonlu Çayı ve Anamur Çayı ilin belli başlı akarsularıdır. Kıyıya yakın alanlarda oluşan set gölleri olan Akgül ve Keklik (Silifke) ayrıca Gülnar ilçesindeki Kamışlı, Uzungöl, Karagöl önemli göllerdir. Bunların dışında Gezende ve Berdan baraj gölleri mevcuttur.

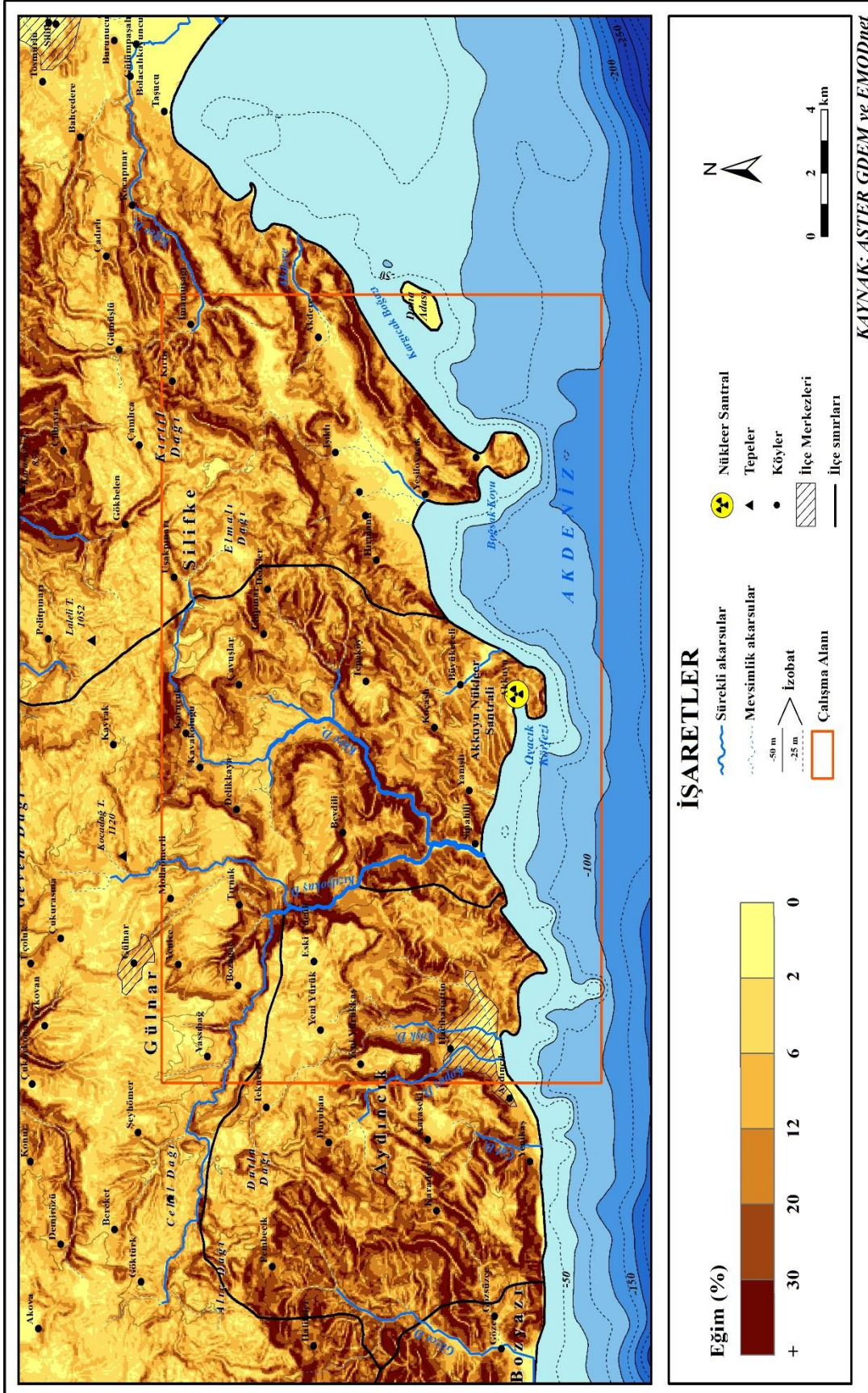
Gülnar ilçesinin yerşekli özelliklerine bakıldığında ilçe, ilin genel özelliklerine paralellik gösterecek şekilde dağlık alanlar, platolar, akarsuların oluşturduğu vadiler ve kıyı düzlüklerinden oluşur. İlçe merkezinin denizden ortalama yükseltisi 950 m'dir. Engebeli bir arazi yapısına sahiptir. Ayrıca ilçede karstik şekillerde geniş alan kaplar. Taşeli Platosu üzerinde yer alan Gülnar'da yükselti platodan sahil kesimine doğru azalır. Plato genel olarak kireçtaşlarından oluşur ve kireçtaşları üzerinde kırmızı topraklar gelişme gösterir. Dağların yükseltisi yer yer 1600 m'yi aşar. Köseçobanlı Dağı (1668 m), Alıç Dağı (1500m), Geven Dağı (1481 m), Söğüt dağı (1414 m) en önemli yükseltileridir. Nükleer santral sahasında bulunduğu kıyı kesimde paleozoik dönemine ait metamorfik kayalara rastlanır. Mesozoik dönemde Tetis Denizi altındaki arazi Alp orojenezine bağlı olarak tersiyerde yükselmiş, miosende Taşeli Platosu alçalmaya uğrayarak tekrar sular altında kalmıştır. Son olarak pliosende deniz sularının çekilmesiyle kara görünümüne kavuşmuştur. Bu kara kütesini başta Göksu olmak üzere akarsular parçalamışlardır (Atalay, 2017). Santral sahasında yapılan MTA araştırmaları sonucunda diri bir fay belirlenmemiştir.

Göksu Irmağı'nın bir kolu olan Ermenek, Gelembiç Çayı, Sipahili Çayı ve Göksu Gülnar'ın önemli akarsularıdır. Yörede karstik kaynaklarla beslenen akarsular üzerinde İlisu ve Kovakolu şelaleleri bulunmaktadır. Gülnar'da irili ufaklı birçok göl bulunur. Kamışlı, Adaklı, Karagöl, Uzungöl, Hacıali, Tavalı bu göllerden bazılarıdır (Mersin Valiliği 2011 Çevre Durum Raporu; URL 4).

Gülnar'ın Akdeniz kıyısında yer alan Akkuyu nükleer güç santralinin bulunduğu alan Büyükeceli sınırları içerisindedir. Batısında Babadul Limanı ve doğusunda Ovacık Körfezi ile çevrilidir. İnşaat sahasının denizden ortalama yükseltisi 10 m'dir. Batıda Sipahili, Yanışlı kuzeyde Koçaşlı doğuda ise Yeşilovacık ve Hırmanlı

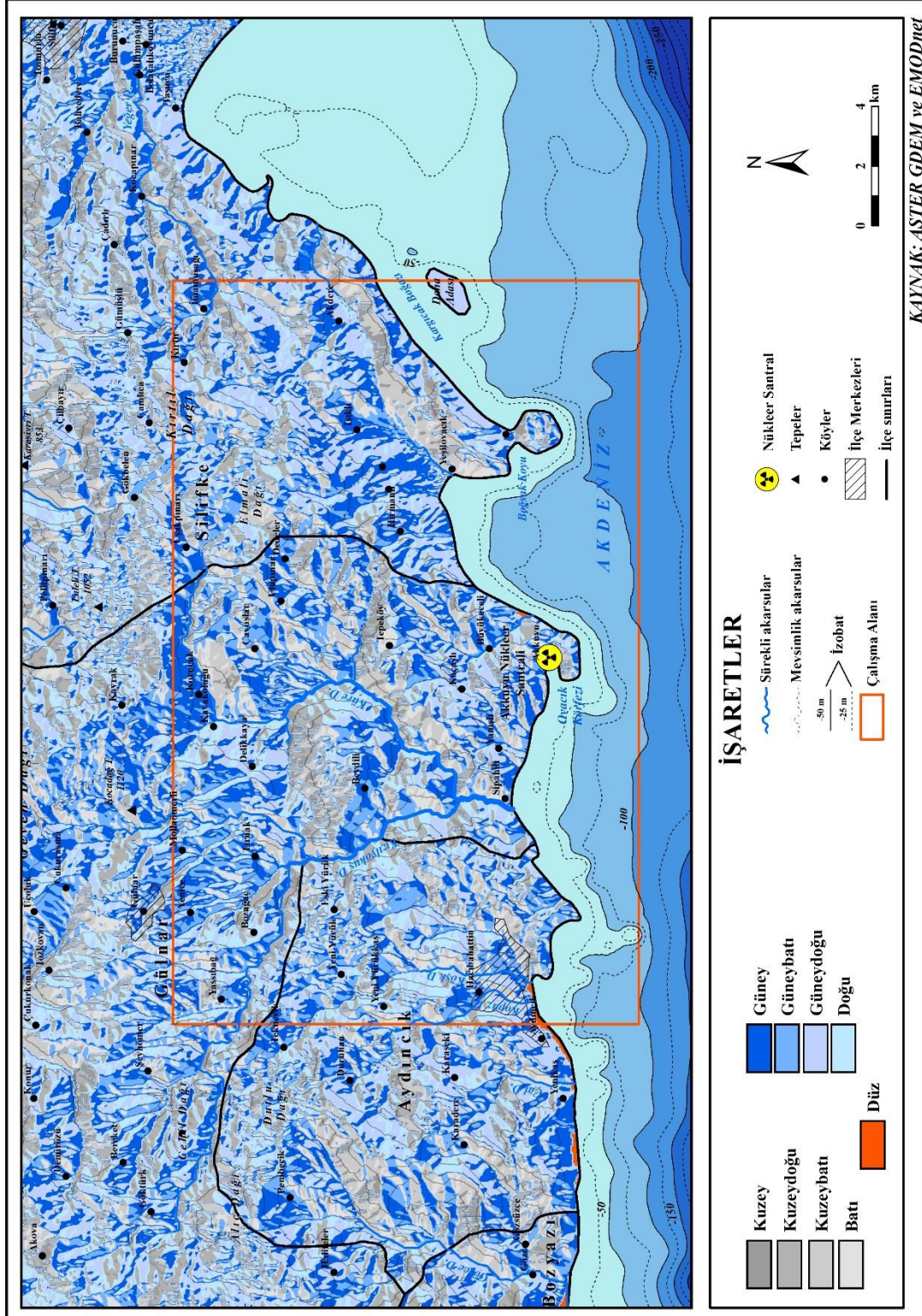
santrale en yakın yerleşim alanlarıdır. Sahil kesiminin engebeli olmasının dışında iç kısımlara doğru da yükselti hızla artar. Bu durum alandaki ulaşım olanaklarını sınırlandırır. Antalya-Mersin yolu, Siphili-Yanışlı üzerinden Yeşilocacık'a uzanır. Doğuya doğru sahil kesiminde engebe azken, batıya Anamur'a doğru topoğrafya yükselir. Akkuyu'da yerşekilleri genel olarak GB-KD istikametinde uzanır. Kızılın Tepesi (270 m) en yüksek noktadır ve Akkuyu'nun doğusunda yer alır. Santral Zeytinçatağı Deresi'nin oluşturduğu vadide bulunur. Arazinin eğimi % 20 ile %30 arasında değişir. Adaini sırtı, İnceburun Tepesi, Aksaz ve Akkuyu koyları alanın diğer yerşekillerini oluşturur. Büyükeceli, Sarp ve Zeytinçatağı çayları araştırma alanındaki akarsulardır. Kireçsiz kahverengi orman ve kırmızı topraklar arazinin toprak örtüsünü oluştururken; kızılçam, maki ve garig türleri ise bitki örtüsünü meydana getirir (Küçük ve Uzun, 1996).

Akkuyu çevresinde % 20- %30 civarında olan eğim değerleri akarsu vadileri boyunca ve iç kesimlerdeki dağlık alanlara doğru artar. Arazi genel olarak sarp ve engebeli bir yapıya sahip olduğu için çoğu alanın eğim dereceleri yüksektir. Bozyazı, Aydıncık ve Gülnar ilçelerine doğru uzanan akarsu vadileri; Akkuyu-Silifke arasında uzanan dağ sıraları ve Silifke ilçesinin kuzeybatısındaki dağlık saha eğim tutarlarının en yüksek olduğu alanlardır (Harita 7).



Harita 7. Akkuyu ve çevresinin eğim haritası

Çalışma alanı ve çevresinde kıyıya paralel uzanan dağların güney yamaçları bakı özelliği açısından avantajlı konumdadır ve güneş ışığından daha fazla istifade eder. Yörede sahil kesiminde az da olsa düz alanlar mevcuttur (Harita 8).



Harita 8. Akkuyu ve çevresinin bakı haritası

3. ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

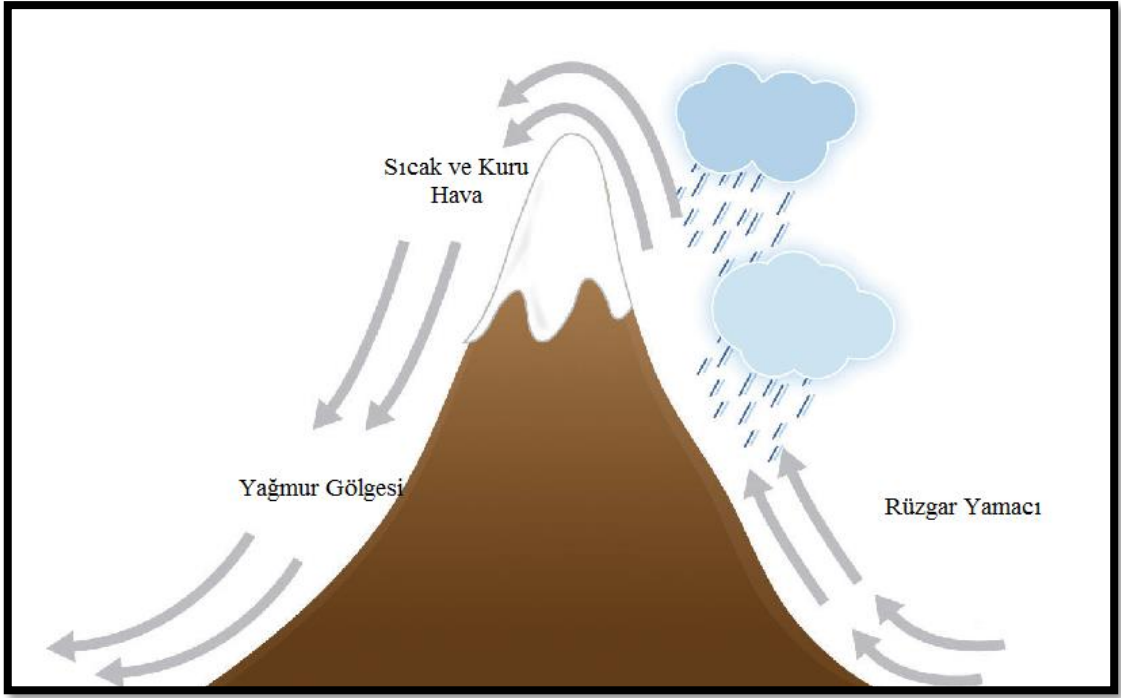
3.1. ATMOSFERİK OLAYLARA TOPOĞRAFYA ETKİSİ VE SINIR TABAKASI İKLİMİ

Atmosfer olaylarının temelinde enerji transferi yatmaktadır. Bilindiği üzere güneş atmosferimize ve dünyamıza enerji sağlayan kaynağımızdır. Dünya'nın şekli, mevcut eksen eğikliği ve hareketleri sonucunda Dünya'ya ulaşan enerjinin büyük çoğunluğu ekvatora yakın alanlarda toplanmakta ve buradan kutuplara doğru taşınmaktadır (Erlat, 2016). Enerji taşınımında termodinamiğin ikinci kuralı geçerlidir. Enerji, her zaman yüksek enerjili alandan enerji seviyesi daha düşük alana doğru taşınır. Bu durum konvektif akımlarda alçak seviyelerden yükseklerle doğru; ya da sıcak ekvatorlardan kutuplara doğru taşınım olarak gözlenmektedir (Atalay, 2010). Atmosferde enerji taşınımı birçok yolla gerçekleşir. Hava moleküllerinin birbirine temas etmesi (kondüksiyon), konvektif ve advektif hava sirkülasyonları, hal değişimleriyle meydana gelen ısı transferleri (gizli ısı) ve ışınım (radyasyon) enerji taşınımının farklı yollarıdır (Kadıoğlu ve Çakır, 2015).

Atmosfer içerisinde yer değiştiren, atmosferi ve Dünya'yı yaşanılabilir kılan bu enerji nakilleri hava olaylarının yaşanmasında kaynaklık etmektedir. Rüzgarlar, sis ve bulut oluşumu, yağışlar, basınç değişiklikleri bu enerji transferleri neticesinde ortaya çıkar. Dünya üzerinde topoğrafik etkinin yok sayıldığında atmosfer olaylarının şimdikinden çok farklı olacağı örneğin ekvator bölgesi ile kutuplar arasında daha şiddetli rüzgarların oluşacağı, yağış oluşum ihtimallerinin azalacağı bilinmektedir. Bu bakımdan topoğrafyanın atmosferik dolaşımında etkisi büyüktür. Kendi iklim bölgesini oluşturabilir. Atmosfer olaylarına yön verebilir ya da sebep olabilir (Blumsack, 1971).

Bir dağ sırasına doğru hareket eden hava kütleleri dağın uzanış doğrultusuna bağlı olarak topoğrafik zorlanmaya maruz kalmaktadır. Rüzgar yönüne dik olarak uzanan dağ sıralarında hava kütlesi dağ yamacı boyunca yükselir ve soğumaya başlar.

Soğuyan havanın nem taşıma kapasitesi azalır. Önce bulut oluşumu ve ardından yağışlar meydana gelir. Soğumanın şiddetine bağlı olarak yağışlar kar şeklini bile alabilmektedir. Bu durumu yine topoğrafyanın yüksekliği belirler. Dağı aşan hava kütlesi ise yavaş yavaş ısınır. Yağmur gölgesi olarak adlandırılan bu tarafta daha kuru ve sıcak şartlar ortaya çıkar(Şekil 4). Örneğin ülkemizde Kelkit-Çoruh oluğu diye adlandırılan Doğu Karadeniz Dağları'nın ardında kalan saha ülkemizin en az yağış alan yerlerindedir. Yine Kuzey Amerika'da orta enlem çöllerinden biri olan ölüm vadisinin bulunduğu alan Kayalık Dağları'nın yağmur gölgesi tarafında kalmaktadır. Yağmur gölgesi ifadesi dağların kıyıya paralel uzandığı dünyanın bir çok alanında karşımıza çıkmaktadır. Appalaşlar, Himalayalar bu duruma örnek gösterilebilir. Dağların kıyıya dik uzandığı alanlarda ise hava kütleleri, bulunduğu alanın özelliklerini iç kısımlara taşır (Hutchinson, 1968; Bourscheidt vd. 2009).



Şekil 4. Topoğrafik zorlanma ve yağmur gölgesi (URL 5).

Topoğrafya rüzgar oluşumuna ve yönünede etki eder. Örneğin dağı aşan hava kütlesi daha kuru olduğu için aşağılara doğru hızla ısınır ve föhn rüzgarı denilen sıcak rüzgarlar oluşur. Alpler bu rüzgarların en güzel örneklerini sunmaktadır. Kış mevsiminde soğuyan Anadolu karası ile sahil kesimi arasında da topoğrafik uygunluğa bağlı olarak föhn rüzgarları oluşmaktadır. Torosların Akdeniz ve Kuzey Anadolu Dağları'nın Karadeniz sahilleri kış mevsiminde bu rüzgarların oluşumu için gerekli

topoğrafik şartları sağlamaktadır. Yine dağlık alanlarla vadiler arasında günlük sıcaklık gradyanlarına bağlı olarak oluşan dağ ve vadi meltemlerinde topoğrafya etkisi vardır. Gündüz yüksek kesimler daha hızlı ısınıp alçak basınç alanı olduğu için rüzgar vadilerden dağlara doğru eser. Gece ise bu durumun tersi yaşanır. Sıcaklık farklarının belirginleştiği öğleden sonra ve güneş doğumundan hemen önceki zaman dilimi rüzgarın hızının maksimuma ulaştığı anlardır. Ayrıca yerçekimi etkisine bağlı olarak oluşan katabatik rüzgarlarda topoğrafya etkisi görülmektedir. Dünya’da pek çok alanda görülen katabatik rüzgarlar özellikle Antarktika’da dikkat çeker (URL 7). Engebeli ve aşırı soğuk yüksek kesimlerdeki yoğun ve düşük sıcaklıktaki hava yerçekiminin etkisiyle aşağı kesimlere doğru taşınır (Fotoğraf 3). Türkiye’de Doğu Karadeniz kıyılarında kışın görülen ve föhn rüzgarı olarak adlandırılan hava akımında katabatik etkinin payı büyüktür. Çünkü bu rüzgarı oluşturan sadece kara kütlesi olarak Türkiye’nin soğuması (Yüksek basınç alanı) ve denizel ortamın daha sıcak kalması (Alçak basınç alanı) değildir. Dağların yüksek kesimlerindeki kar örtüsüne ve yükselti şartlarına bağlı olarak buradaki hava parselinin aşırı soğuması ve yoğun hale gelen bu havanın yerçekiminin etkisiyle aşağılara doğru hareket etmesi ve ısınmasında sıcak rüzgarların oluşumunda etkilidir.



Fotoğraf 3. Katabatik rüzgar. Fotoğraf: Margaret Brown (URL 6).

Topoğrafik şartlar rüzgar hızını değiştirebilir. Bir engel olarak hava akımının önüne çıktığında hızı azaltan topoğrafya belirli kanal vazifesi gördüğü durumlarda rüzgar hızını arttırmaktadır. Rüzgar hunileri olarak adlandırılan bu doğal oluklara giren hava akımlarının en güzel örneklerine vadi ve kanallarda rastlanır. Fransa'da Rohn vadisi içerisine kanalize olan mistral rüzgarının hızı doğal oluk sayesinde artmaktadır (URL 7). Yine rüzgarın yön değiştirmesinde de topoğrafya etkilidir. Cebelitarık Boğazı, Çanakkale ve İstanbul Boğazları, Ege Bölgesi'nde kıyıya dik uzanan dağ sıraları rüzgara kendi uzanış doğrultularında yön verirler. Dağları aşan rüzgarlar topoğrafyaya uygun olarak hızlı bir şekilde alçaldıklarında türbülans benzeri hava akımlarına neden olmaktadır.

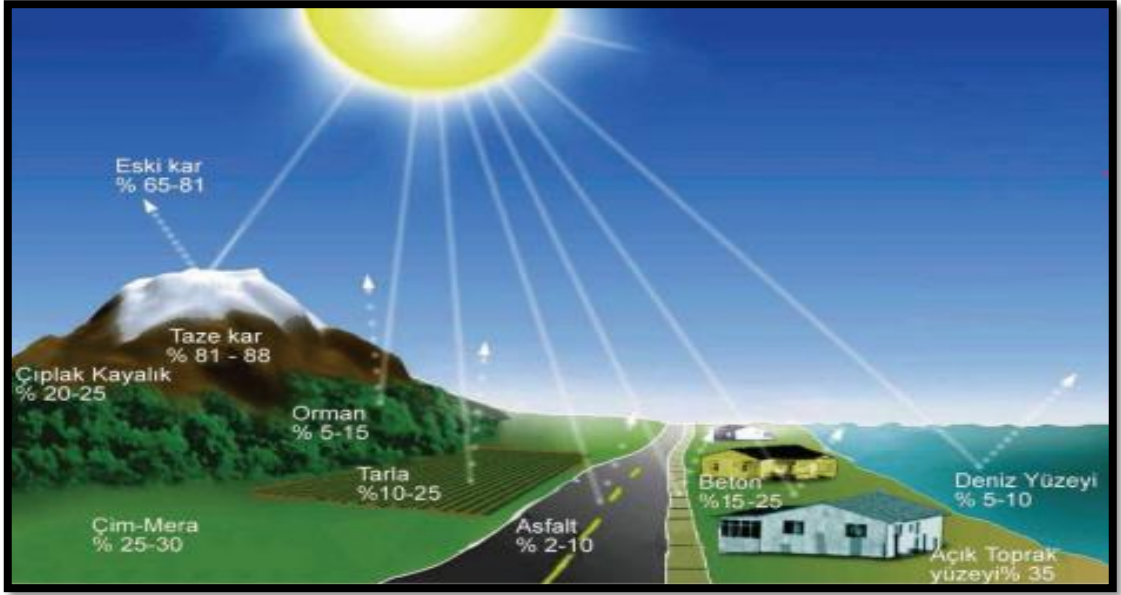
Topoğrafya kendi mikroklima iklim alanını (dikey iklim) oluşturur. Çünkü yükselti arttıkça sıcaklık, basınç, nem gibi iklim elemanlarına ait değerlerde değişecektir. Bunun sonucunda farklı hava şartları ve iklim koşulları meydana gelir. Bu tür oluşumlar Klimanjaro gibi yükseltisi fazla, enlemsel olarak yükseltinin sıcaklık değişimi üzerindeki etkisinin güçlü hissedildiği alanlarda daha kolay görülür. Topoğrafyanın iklim üzerindeki etkisini daha geniş ölçekte değerlendirecek olursak, batı rüzgarlarının etkisiyle Avrupa'da oluşan ılıman okyanus ikliminde bu kıtadaki dağların, yine karadeniz sahil kesimindeki karadeniz ikliminin oluşmasında deniz etkisinin dışında buradaki dağ uzanışının ve yükseltisinin etkisi büyüktür.

Topoğrafik şartlara bağlı olarak bakı ve dulda kavramları ortaya çıkmıştır. Kuzey yarım kürede güneye, güney yarım kürede ise kuzeye bakan yamaçlar güneş ışığından daha fazla yararlandığı için sıcaklık şartları canlılar için daha uygundur. Derin vadiler içinde kalan, ya da dulda yönündeki yerleşmeler güneş ışığından yıl boyunca daha az istifade ederler (URL 7). Yüksek dağlarla çevrili çukur alanlarda özellikle kış mevsiminde inversiyon oluşumunda da topoğrafyanın etkisi vardır. Yükselti şartlarına bağlı olarak aşırı soğuyan hava aşağılara doğru hareket ederek vadi tabanındaki sıcak hava ile yer değiştirir. İnversiyon, kirli havanın atmosferde seyrelmesi üzerinde en önemli engellerden biridir (Fotoğraf 4).



Fotoğraf 4. İncersiyon. Fotoğraf: Allen Best (URL 8).

Albedo şartları (yansımaya) üzerinde topoğrafyanın etkisinden söz edilebilir. Araziyi oluşturan kayaç tipi, rengi, eğim şartları ve yükselti değeri albedo oranını değıştirir. Yükselti değeri fazla, karlarla kaplı dağlık alanlarda ya da daha açık renkte kayaçlardan oluşun arazilerde, çimenlerle kaplı bölgelerde albedo oranı artarken, yansımayı engelleyici arazi şartlarında, deniz okyanus yüzeylelerinde, ormanlık alanlarda bu oran azalır (Şekil 5). Bu durum doğal olarak ortam sıcaklığının miktarı ve değışimi üzerinde etkilidir (Flint, 1987).



Şekil 5. Farklı yüzeylere ait albedo değerleri (Karadoğan ve Kavak , 2017).

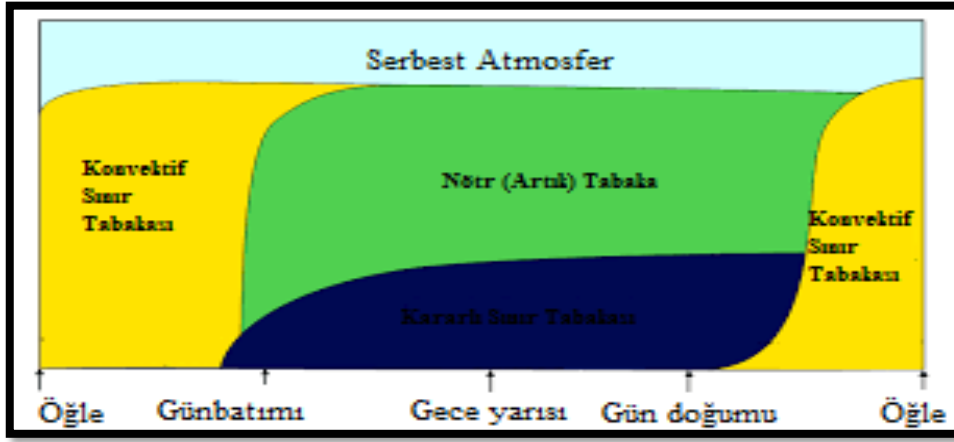
3.1.1. Sınır Tabakası İklimi

Yüksek atmosfer şartları ile yeryüzüne yakın alanlarda görülen atmosfer olayları birbirinden farklılık göstermektedir. Atmosferin yeryüzüne yakın bölümündeki sıcaklık, basınç, nem, rüzgar şartları, gazların bileşimi bu farklılıkta temel rol oynar. Gezegenel sınır tabakasında bu şartlar altında gelişmektedir. Atmosferin yeryüzüne temas ettiği alanda, troposferin en alt kısmında oluşur (Stull, 1988). Stull (1988)'a göre troposferin yeryüzündeki atmosferik değişimlere kısa sürede cevap verebilen bölümüdür. Kalınlığı mevsime, günün saatine, yüzeyin özelliğine göre değişir. Genel olarak bir kaç yüz metre ile bir kaç km (2-3) arasında kalınlığa sahip olabilir. Kabaca yeryüzüne en yakın bulut oluşumunun başladığı sınır olarak ifade edilmektedir. Sınır tabakası iklimi de bu şartlara bağlı olarak gelişen lokal iklimi ifade eder. Dar alanlarda etkili olan bu atmosfer koşulları özellikle büyük şehirlerde atmosfer sirkülasyonu üzerinde etkili olmakta ve havayı kirleten gazların seyrelme oranını belirlemektedir. Kent ısı adası ifadesi aslında şehrin sahip olduğu coğrafi özellikler ve yerel şartların sonucunda meydana gelen sınır tabakası iklimidir.

Sınır tabakası ikliminin oluşmasına gezegenel sınır tabakası neden olduğu için bu tabakanın oluşumunu detaylı olarak ele almak gerekmektedir. Yüksek atmosferde esen rüzgarlar genel olarak koriolis kuvvetinden fazla etkilenmeyerek basınç gradyanlarına paralel bir yol izlemektedir. Yeryüzüne yakın alanlarda ise hem yeryüzü şekilleri hem de koriolis kuvveti rüzgarların yönünü ve şiddetini etkilemekte

türbülansif akımlara sebep olmaktadır. Koriolis kuvveti rüzgarların 30-50°'lik bir sapmaya uğramasına sebep olur. Havadaki bu karışıma ısınma, soğuma, basınç ve nem durumunda konvektif katkı sağlar, sonuçta gezegensel sınır tabakası meydana gelir.

Sınır tabakası gün içerisinde değişen üç tipten oluşur (Şekil 6). Gündüzleri etkili olan, sıcaklık iletimine bağlı konveksiyonla oluşan asıl sınır tabakası denilen konvektif sınır tabakası, geceleri ısı kaybına bağlı oluşan sıcaklık terselmesiyle özdeş kararlı sınır tabakası ve gündüz-gece arasındaki geçişlerde iki defa ortaya çıkan nötr sınır tabakası bu tabakanın türleridir (Stull, 1988).



Şekil 6. Atmosferik sınır tabakasının gün içerisindeki döngüsü (URL 9).

Konvektif sınır tabakası gündüzleri gelişmektedir ve asıl sınır tabakasını oluşturur. Güneşten gelen enerji yeryüzüne çarptıktan sonra zeminin özelliğine göre havaya hissedilir sıcaklık ya da gizil ısı olarak verilir. Bu enerjinin havaya verilmiş türündeki oran konvektif sınır tabakasının yüksekliğini belirler. Eğer enerjinin büyük kısmı hissedilir sıcaklık olarak atmosfere karışırsa dikey hava akımları kuvvetleneceğinden konvektif sınır tabakasının yüksekliği fazla olacaktır. Bu da yüzeyin özelliğine bağlıdır. Toprağın kuru olduğu alanlar, kumullar, kayalık alanlar, bitki örtüsünün seyrek olduğu araziler gelen güneş radyasyonunun büyük kısmını hissedilir sıcaklık olarak atmosfere geri gönderir. Ayrıca sürülmüş topraklar güneş ışınının etki edeceği yüzeyi genişlettiği için atmosfere hissedilir sıcaklık transferini olumlu etkiler. Tüm bu durumlar atmosferde dikey hava hareketlerini destekler. Sonuçta konvektif sınır tabakası genişler (Atalay 2010).

Bu durumların tersine güneş radyasyonunun gizil ısı olarak depolandığı şartlar konvektif sınır tabakasının gelişmesini yavaşlatır. Yeryüzündeki su kütleleri (okyanus,

deniz, göl gibi) güneşten gelen enerjiyi bünyelerinde depolar ve atmosfere gizil ısı olarak verir. Yani ani ısınmaların önüne geçer. Toprakların ıslak ve nemli olduğu alanlarda enerji topraktaki suyun buharlaşmasına kullanılır, toprakta depolanır. Bu durum atmosfere hissedilir sıcaklık transferini azaltır. Bitki örtüsünün yoğun olduğu bölgelerde enerji buharlaşma ve bitki terlemesine kullanılır. Atmosfere enerji gizil ısı olarak verilir. Karlarla kaplı yüzeylerde enerji karların erimesi için kullanılır. Yine atmosfer bu enerjiden hissedilir sıcaklık olarak istifade edemez. Tüm bu durumlar atmosferde konvektif akımlara yol açacak hissedilir sıcaklık transferini azaltmaktadır. Sonuçta konvektif sınır tabakasının yüksekliği bu durumlardan olumsuz etkilenir (Atalay, 2010).

Gezegensel sınır tabakası yüksekliği gün içerisinde karalarda saat 15:00, okyanuslarda 12:00, adalar üzerinde ise 12:00 ve 15:00-18:00 saatleri arasında maksimum kalınlığa ulaşmaktadır. Adalar hem karaya hem de denize ait sıcaklık özelliklerini yansıttığı için sınır tabakası kalınlığında gün içinde iki zirve yükseklik görülür. Okyanuslarda sınır tabakası kalınlığı sabah ve akşam saatlerinde daha değişkendir. Karalarda ulaşılan kalınlık deniz, okyanus ve karlarla kaplı alanlara göre daha fazla olur. Çünkü kara parçaları diğer alanlara göre atmosferde konvektif akımları tetikleyecek daha fazla hissedilir sıcaklık transfer eder. Sınır tabakasının yüksekliği sıcaklık şartlarına göre ortalama 400-500 m yükseklikle, 2-3 km arasında değişmektedir. Günün saati kalınlığını etkilediği gibi yaşanan mevsim ve enlemsel özelliklerde bu durum üzerinde etkilidir(Liu ve Liang, 2010). Yıl içerisinde güneş ışınlarının geliş açısına bağlı olarak sıcaklığın artış gösterdiği ilkbahar ve yaz mevsiminde kalınlığı fazla, kış mevsiminde ise azdır. Sıcaklığın yüksek olduğu tropikal sahalarda kalınlık 2-3 km'lere varırken, kutup çevrelerinde birkaç yüz metre ile sınırlı kalmaktadır. Çünkü kutup çevreleri ısınmaya bağlı bir dikey hava akımı oluşturamamaktadır. Bulunulan alanın özelliğine göre gün içerisinde soğumanın maksimum olduğu zaman diliminde 1 km'nin altına düşen kalınlık, ısınma ile birlikte bir kaç km mesafeye ulaşmaktadır.

Asıl sınır tabakası olarak bilinen konvektif sınır tabakasının yüksekliği atmosfer kararlılığından önemli ölçüde etkilenmektedir. Çünkü kararsız hava şartları dikey atmosfer hareketlerine izin verir. Böylece konvektif tabakanın kalınlığı artar. Pozitif lapse rate durumu hakimdir. Sıcaklık yükseldikçe azalır. Hava parselinin

sıcaklığı onu çevreleyen kitleden daha yüksektir. Hava kütlesi yükselmeye maruz kalır. Bu durum gazların atmosferde seyrelmesini olumlu etkiler ve hava kirliliği önemli ölçüde azalır. Kararlı hava koşullarında ise yükselmeyi engelleyen bir kat (inversiyon) olduğundan kirliliği oluşturan gazlar yeryüzüne yakın bir alanda durmaya zorlanır.

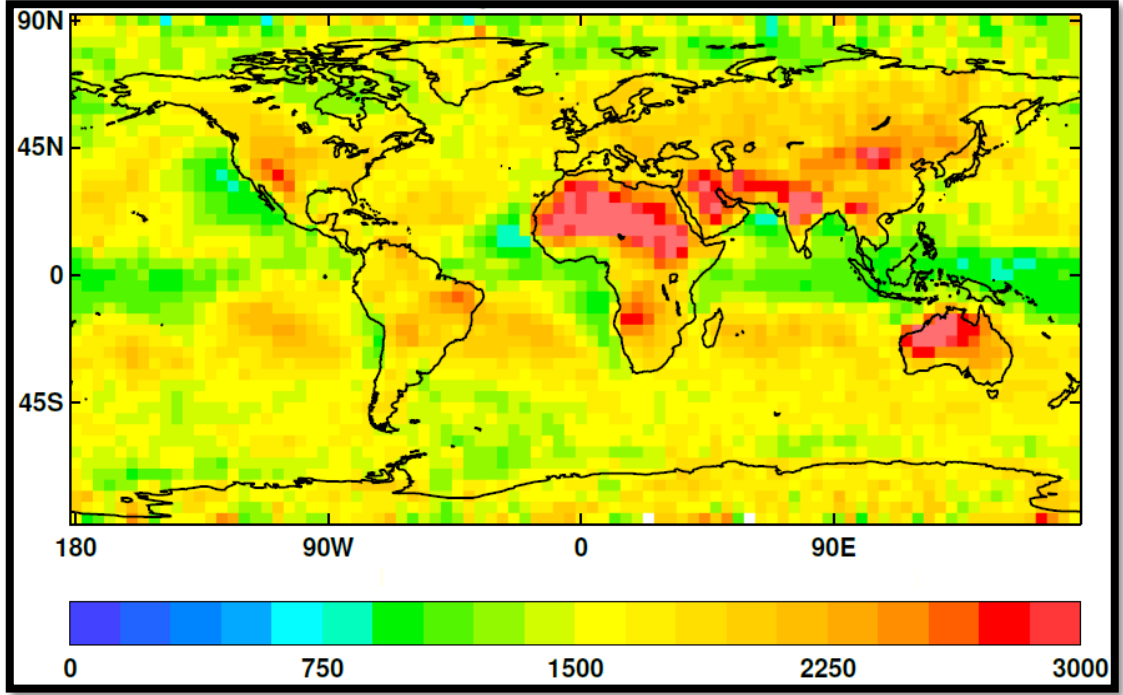
Kararlı sınır tabakası gün içerisinde güneş battıktan sonra yeryüzünün ışımayla ısı kaybettiği zaman süresince gelişir. Ya da soğuk bir zemin üzerine daha sıcak bir rüzgarın esmesiyle ortaya çıkmaktadır. Bir nevi inversiyon oluşur. Bu durumda konvektif sınır tabakasının kalınlığı ve etkinliği azalmış olur. İversiyonun bittiği atmosfer yüksekliği kararlı sınır tabakasının üst sınırını meydana getirir. Normal şartlarda gündüz hava sıcaklığının yükselmesiyle yavaş yavaş incilmesi ve etkinliğinin azalması gereken bu kararlı tabaka, özellikle kış mevsiminde çevresine göre alçak şehirlerde varlığını korumaya devam ettirerek konvektif tabakanın gelişmesini engeller. Bu durumda hava kirliliği kaçınılmaz hale gelir. Sıcaklık koşullarının düşük olduğu gece saatleri, kış mevsimi, ısınması yetersiz olduğu için konvektif hareketlerin az olduğu yüksek enlemlerde kararlı sınır tabakası daha kolay gelişme gösterir ve kalınlığını artırır (Liu ve Liang, 2010).

Nötr sınır tabakası olarak tabir edilen sabah güneş doğarken ve akşam batarken kısa süreli olarak gelişen bir sınır tabakası katmanı daha bulunmaktadır. Bu katman konvektif tabaka ile kararlı tabakanın güçlendiği zaman dilimlerinden önce etkinliğini artırır. Gece boyunca ısı kaybıyla kuvvetlenen kararlı sınır tabakası güneşin doğuşuyla birlikte başlayan yer ısınması sayesinde yerini yavaş yavaş kuvvetlenen konvektif tabakaya bırakır. Çünkü ısınma atmosferde dikey hareketleri hızlandırır ve konvektif tabakanın kalınlığı artarken kararlı tabaka incilir. Akşam güneş batarken de bu durumun tersi yaşanmaktadır. İşte bu iki sınır tabakasının gelişimi arasındaki kısa süreli zaman dilimlerinde nötr tabaka gelişme imkanı bulur. Ancak kalınlığı ve etkili olduğu zaman dilimi kısadır. Şu önemli nokta gözden kaçırılmamalıdır. Sınır tabakası türlerinden bir tanesi baskın hale gelip kalınlığını artırırken diğer tabaka türleri ortadan kaybolmaz. Sadece kalınlıkları azalır. Gün içerisinde değişen sıcaklık koşullarına göre bir katman yavaş yavaş etkinliğini kaybedip incelirken, diğer katmanın kapladığı alan genişler(Liu ve Liang, 2010).

Gezegensel sınır tabakasının oluşumunda güneş radyasyonu, rüzgar, basınç koşulları, nemlilik, atmosferi oluşturan gazların bileşimi etkili olduğu için sınır

tabakasının yüksekliğinin hesaplanması da bu etkenler incelenerek yapılmaktadır. Radiosonde rasatları, rüzgar profil oluşturucuları, lidar ve sodar sistemleri (Remote Sounding Systems), Radio Acoustic Sounding Systems (RASS) sınır tabakasının yüksekliğinin hesaplanmasında kullanılır. Yapılan ölçümler üzerinden belirli algoritmalar oluşturulur ve bu algoritmalar sonraki süreçte her ölçüme bağlı olarak sınır tabakasının yüksekliğini tahmin eder (Clifford vd. 1994).

Radiosonde ve ravinsonde rasatlarında iklim elemanlarına ait (sıcaklık, nem, rüzgar, basınç gibi) değerler gün içinde belirli aralıklarla dikey yönde ölçülür. Ölçümlere bağlı olarak atmosfer kararlılığı ortaya çıkar. Konvektif hareketin, dolayısıyla gezegensel sınır tabakasının yüksekliği tahmin edilmiş olur. Radiosonde rasatlarının zaman aralıkları yöntemin sınırlılığını oluşturmaktadır. Rüzgar profil oluşturucuları yeryüzüne yakın alanda esen rüzgarların hava karışımına etkisi temelli bir ölçüm yaparken, uzaktan algılama sistemleri yeryüzüne yakın alanda atmosferi oluşturan gazların, aerosollerin yoğunluklarını da dikkate alarak bir ölçüm yapmaktadır. Neticede atmosfere ait değerler (sıcaklık, basınç, rüzgar vs) ve olaylar hızlı değişebildiği için gezegensel sınır tabakasının sınırını ölçmek zordur. Birçok değişkeni kullanarak ölçme yapan programlar geliştirilmiştir. ROM SAF kuruluşunun ürettiği ROPP bunlardan bir tanesidir. ROM SAF Danimarka Meteoroloji Örgütü'nün öncülüğünde İngiltere Hava Tahmin Merkezi ve İspanya katılımlı bir kuruluştur. Hazırladıkları ROPP programının her türlü hava koşullarında yaptıkları genel ölçümlere bakıldığında şu sonuçlara ulaşılmaktadır. Gezegensel sınır tabakası karalar üzerinde kalın okyanuslar üzerinde incedir. Ekvator karaları üzerinde, tropikal çöllerde 3 km'ye ulaşan tabaka; arktik bölgelerde 1 km'den daha incedir (Konuma ve mevsime göre 30-500 m arası). Türkiye'ninde içinde yer aldığı Akdeniz kuşağında sınır tabakası 1500-2500 m arasında bir yüksekliğe sahiptir (Şekil 7). Türkiye'nin güneydoğusuna (Irak ve Suriye) ve Kuzey Afrika ülkelerine doğru sınır tabakasının kalınlığı 3 km'ye yaklaşırken ülkemizin kuzeyine ve Avrupa ülkelerine doğru 1500 m çevresinde bir kalınlığa sahiptir (Culverwell, 2016; Siedel vd. 2012).



Şekil 7. Sınır tabakasının ortalama yüksekliği (URL 10).

Sonuç olarak, sınır tabakası iklimi birçok etkene bağlı olarak oluşmaktadır. Yüksekliği gün içindeki gezegensel sınır tabakasında meydana gelen değişimlerden etkilenir. Özellikle şehirlerde dönemsel lokal iklim şartları oluşturabilir. Atmosfere karıştırılan kirleticilerin seyrelmesinde, şehre ait sıcaklık gelişiminde önemli rol oynar.

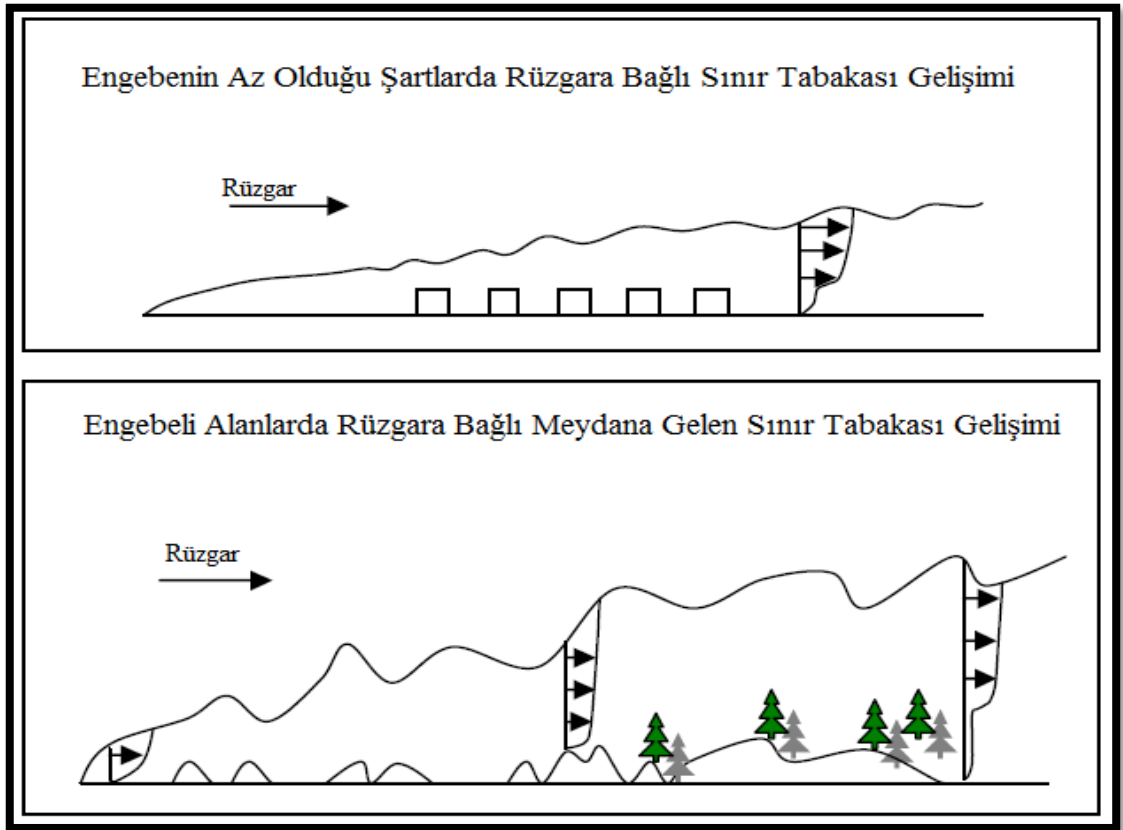
3.1.2. Yeryüzü Şekillerinin Sınır Tabakası İklimine Etkisi

Topoğrafik özelliklerin çeşitliliği gezegensel sınır tabakasının oluşumu ve yüksekliği üzerinde belirleyici rol oynar. Genel tanımla gezegensel sınır tabakası troposferin yeryüzeyinden doğrudan etkilenen ve burada meydana gelen atmosferik oluşumlara kısa sürede cevap verebilen kısmıdır (Stull, 1988).

Bu tanımlama yeryüzü şekillerinin daha sade olduğu alanlarda doğru ve ölçülebilir sonuçlar verirken, morfolojik yapının çeşitlendiği ve yükseltinin arttığı özellikle dağlık alanlarda gezegensel sınır tabakasının yüksekliğinin hesaplanması güçleşir. Çünkü dağların uzanış yönü, yükseltisi, bakı durumu, denize göre konumu ve uzanışı, kar örtüsünün yerde kalış süresi, kalıcı kar kütesinin bulunup bulunmaması, üzerindeki toprak örtüsü, dağı oluşturan kayaç yapısı, derin vadiler ve uzanış doğrultuları, bitki örtüsünün varlığı ve çeşidi gibi bir çok faktör sıcaklık dağılışı,

nemlilik ve yağış oluşumu, rüzgar oluşumu, yönünün belirlenmesi ve türbülansif akımlar üzerinde ana etkiye sahiptir.

Dağlık alanlarda yükseltiye paralel olarak sıcaklığın azalması, yağışın ve nemin belirli yükseltilere kadar artış gösterip sonra azalması, vadiler içerisinde mevsime ve günün şartlarına göre oluşan inversiyonlar, kayaç yapısı ve kar örtüsüne bağlı olarak artan albedo miktarı, bakı özelliğine göre bir yamacın güneş ışınlarından daha fazla yararlanması, dağ ve vadiler arasında gün içerisindeki sıcaklık koşullarına göre oluşan hava akımları, dağın yüksek kesimlerinde soğuyan havanın yerçekiminin etkisiyle oluşturduğu katabatik akımlar, yüksek seviyede esen rüzgarların dağı aşmasıyla oluşturduğu türbülanslar, föhn rüzgarları bu alanlarda gezegensel sınır tabakasının tespitinde dikkat edilmesi gereken önemli noktardır. Özellikle rüzgarların engebeli sahalarda oluşturdukları akım ve türbülanslar, sınır tabakasının yüksekliğini olumlu etkiler (Şekil 8).



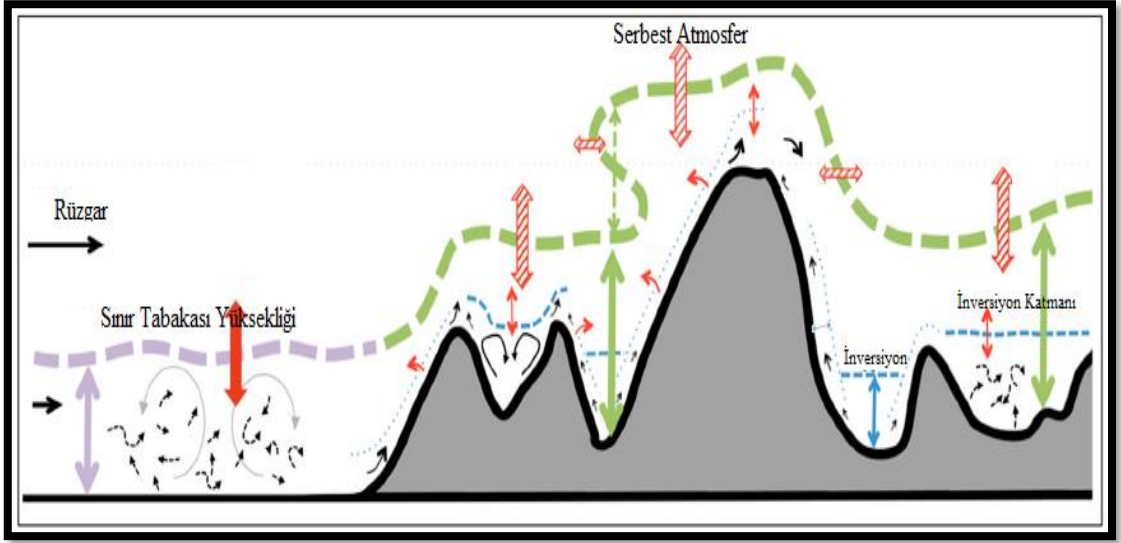
Şekil 8. Rüzgarın ve oluşturduğu türbülansların sınır tabakası yüksekliğine etkisi (Russell, 2009).

Yeryüzü şekillerinin fazla çeşitlilik göstermediği arazilerde gezegensel sınır tabakası gündüz şartlarında konvektif akımlara bağlı olarak yüksekliğini belirler. Gece olduğunda ise havanın soğuması konvektif akımları azaltır ve bu tabakanın yerini daha kararlı bir yapı alır. Yani gezegensel sınır tabakasının yüksekliği azalır. Gündüzden geceye veya geceden gündüze geçiş anlarında ise kısa süreli oluşan nötr özellikte bir sınır tabakası oluşumu mevcuttur. Gezegensel sınır tabakasındaki bu değişim, gündüz ve gece arasındaki ilişkiye benzer olarak yıl içinde, mevsimler arasında da sıcaklık koşullarına paralel şekilde oluşur (Liu ve Liang, 2010).

Konvektif hareketin sonlandığı yükselti olarak tanımlanan sınır tabakası ancak sıcaklık şartlarının yeterli olduğu, vadi içerisinde bu akımların güçlü bir şekilde oluştuğu, inversiyon şartlarının sıcaklığın etkisiyle kırıldığı alanlarda dağların zirvelerine kadar ulaşabilir (Leukauf vd. 2015).

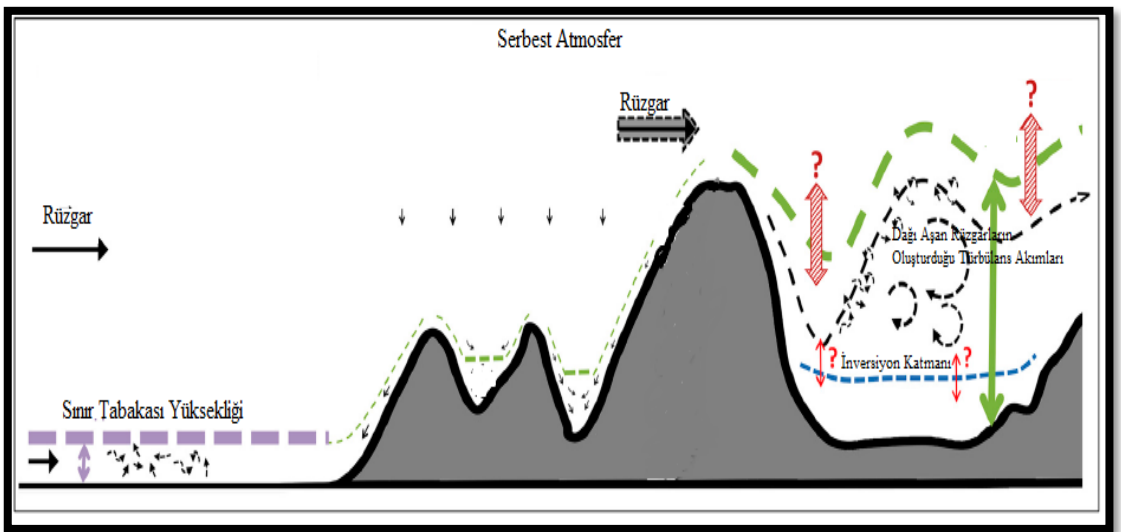
Ancak derin vadilerin bulunduğu alanlarda dikey yöndeki bu inversiyon kırılımı gerçekleşmez ve sınır tabakası çok sığ bir hal alır. İversiyon katmanının alt yüzeyi sınır tabakasının yüksekliğini belirler. Buna karşılık inversiyon katmanı kırılmasa dahi vadiler ve dağın yüksek kesimleri arasında gün içerisinde rüzgar akışları devam eder. Bu da inversiyon katının üzerinde dağ yüzeyine yakın bir akış katmanı oluşturur. Bu akış katmanının yüksekliği rüzgar oluşumuna göre şekillenir. İversiyon kuvvetli olursa dağın yüksek kesimlerinden yere yakın alanlara doğru genişler ve kararlı bir kat oluşturur. İversiyonun gelişmediği anlarda konvektif karışımı sağlayan kat, yükseltisini buralara kadar artırabilir. Bu seviyenin üzerinde ise serbest troposfere geçiş alanı yer alır (Şekil 9).

Bu genel ifadelerden yola çıkacak olursak dağlık alanlarda gündüz koşullarında oluşan üç kat karşımıza çıkmaktadır. En altta yeryüzeyine en yakın alanda bulunan konvektif (karışım) kat, onun üzerinde kararlı hava koşullarından oluşan vadi atmosferi ve en üstte ise serbest troposfere geçiş bölgesi yer alır. Bu katmanları dağ yüzeyine yakın oluşan ve gün içerisinde yön değiştiren rüzgarlar, dağı aşan havanın oluşturduğu türbülanslar, soğuma ve yerçekimine bağlı katabatik akımlar etkiler. Zaman zaman katmanların yükseltilerini değiştirebilir ve karışımını sağlayabilir.



Şekil 9. Gündüz ve kararsız hava koşullarında dağlık alanlarda meydana gelen sınır tabakası gelişimi (Lehner ve Rotach, 2018).

Kararlı atmosfer koşullarının hüküm sürdüğü gece süresince üst kısımlarda soğuyan hava vadi tabanına doğru çöker. Aynı zamanda rüzgar akımları da yüksek kesimlerden aşağılara doğru devam eder. Bu durumda sınır tabakası, inversiyon seviyesinin alt yükseltisi ya da dağdan aşağıya doğru esen rüzgarın yükseltisi olarak kabul edilir (Şekil 10). İnversiyon dikey akımları engellediği için daha kuvvetli bir etkiye sahiptir. Çünkü mevsimin durumuna göre süresi uzayabilir. Günler boyunca sürebilir.



Şekil 10. Gece ve kararlı hava koşullarında dağlık alanlarda meydana gelen sınır tabakası gelişimi (Lehner ve Rotach, 2018).

Avusturya'daki Inn vadisinde 29-30 Ağustos ve 11 Eylül 2013 tarihlerinde yapılan sıcaklık ölçümlerine dayalı dikey sıcaklık profilleri inversiyonun gün aşırı devam ettiği sınır tabakası oluşumuna örnektir (Mallaun vd. 2015; Laiti vd. 2013). Ölçüm yapılan arazinin ortalama yükseltisi yaklaşık 2000-2200 metredir. Bu alanda vadi tabanında oluşan bir inversiyon katı vardır ve yükseltisi 1000 m'ye kadar uzanmaktadır. İversiyon katında sıcaklık değişimi azdır. Bu katın üzerinde inversiyon katından daha sıcak ve yükseltisi 2200 m'lere kadar devam eden ikinci bir kat mevcuttur. En üstte ise 3000 m'ye kadar sınıra sahip serberst troposfere geçiş bölgesi yer almaktadır (Mallaun vd. 2015; Laiti vd. 2013). Yukarıdaki bölümlerde anlatıldığı üzere dağ yüzeyi boyunca alçak ve yüksek alanlar arasında rüzgar akışı gün içinde devam eder. Bu katmanlar arasında hava akışı gerçekleşir. Sıcaklık ve rüzgar koşullarına göre inversiyon ortadan kalkıp konvektif hareket daha yüksek seviyelere ulaşabilir. Asıl gezegensel sınır tabakası olarak bilinen konvektif hareketin yüksekliğini artırabilir. Bu durumlar gelişecek şartlara bağlıdır. Genel olarak dağlık alanlarda üç katmanlı bir yapı ve bunlar arasında dağ yüzeyine yakın birkaç yüz metre yüksekliğinde rüzgar akış katmanı bulunmaktadır.

Sonuç olarak inversiyonun yeryüzü seviyesine yakın olarak oluşması ya da oluşmaması dağlık alanlardaki sınır tabakasının yükseltisinde belirleyicidir. Her iki koşulda da üç katmanlı bir yapı mevcuttur. Ancak inversiyonun olmaması durumunda konvektif hareketlerin gerçekleştiği katmanın yükseltisi artmaktadır. Bu da kirleticilerin dağılımı açısından önemlidir. İversiyon oluştuğunda ise dağılımı sağlayacak katmanın yükseltisi azalmaktadır. Kararlı bir hava durumu oluşmaktadır. Konvektif hareketin sınırlandığı bu şartlar altında dağların alçak ve yüksek alanları arasında oluşan hava akımlarının kirleticilerin dağılımına etkisi sınırlı olacaktır. Dağları aşan hava akımları, oluşan inversiyon katmanı üzerinde türbülans akımları oluşturabilir. Rüzgar hızına ve topoğrafik özelliklere bağlı olarak oluşan bu akımlar eğer şiddetli olursa inversiyonun etkisini azaltabilir (Lehner ve Rotach, 2018).

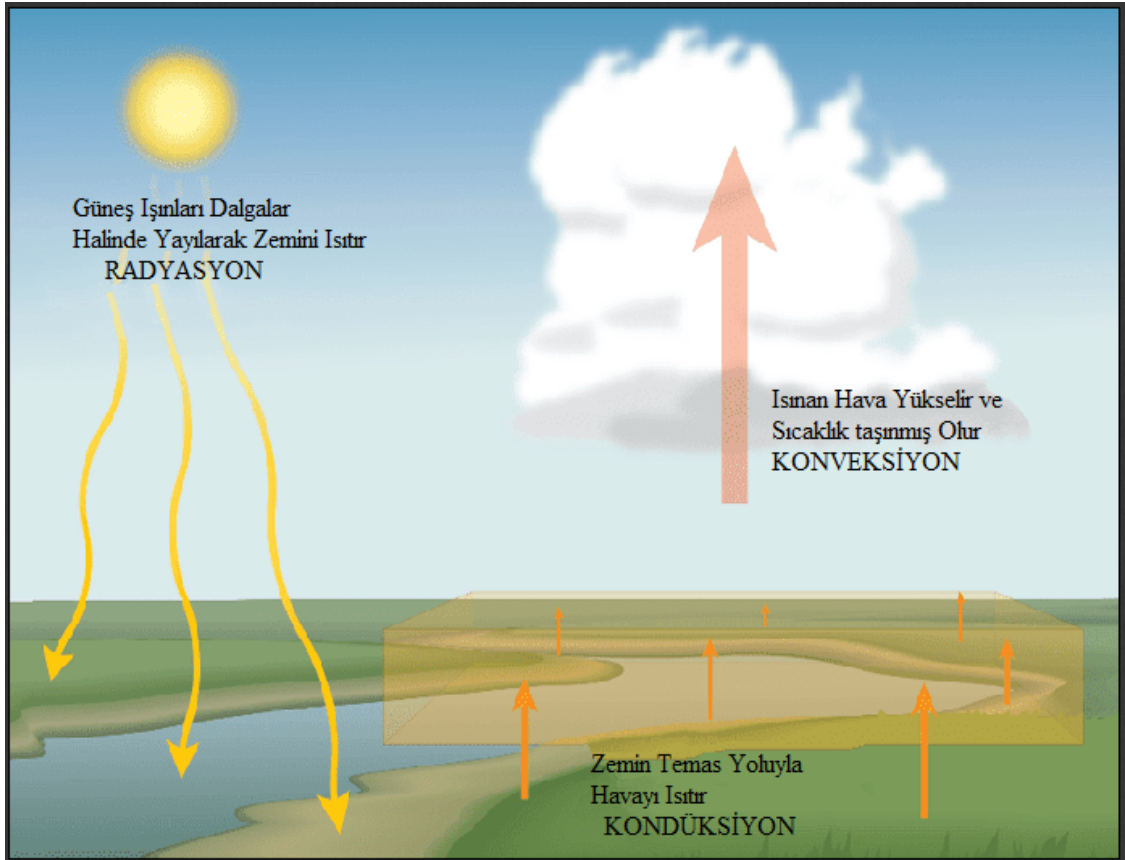
Bu şartları ülkemizden iki alanda örneklendirecek olursak örneğin Doğu Karadeniz Bölümü'nün sahil kesiminde, denizden esen rüzgarların dağa çarpıp yükselmeye zorlanması ve sıcaklık koşullarına bağlı olarak en alt kesimde dikey karışımın fazla olduğu bir tabaka ortaya çıkar. Bu tabakanın yüksekliği bulut oluşum katmanına kadar devam eder. Yaylalarda bulutların üzerindeki alanlarda daha kararlı

koşulların hüküm sürdüğü ikinci bir katman vardır. Bu katmanda dikey hareketlilik sınırlıdır. Dağların zirvesinden itibaren serbest troposfere geçiş katmanı yer alır. Bu katmanlar arasında gün içerisinde dağ yüzeyine paralel oluşan hava akımları katmanlar arasındaki karışıma katkı sağlar. Dağın yağmur gölgesinde kalan iç kesimlerinde ise denizel hava akımlarının ve Karadeniz ikliminin etkisi sınırlıdır. Bu durum gece şartlarına ya da mevsime göre inversiyon oluşumunu kolaylaştırır. Böyle bir durumda alçak alanlara doğru hareket eden soğuk hava yer yüzeyine yakın bir kararlı tabaka oluşturur. Vadi tabanındaki soğuk katmanın üzerinde daha sıcak bir ikinci katman, onun da üzerinde serbest troposfere geçiş katmanı yer alır. İncersiyonun kuvvetine göre yükseltisi artabilir. Bu gibi durumlarda gezegensel sınır tabakası inversiyonun alt yükseltisi ya da dağ yüzeyinde esen rüzgarların yükseltisi olarak kabul edilir. Ancak inversiyonun etkisinin hava karışımındaki rolünün daha fazla olduğunu unutmamak gerekir.

4. DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4.1. ATMOSFERİK KARARLILIK

Hava olaylarının meydana gelmesinde sıcaklık en fazla etkiye sahip iklim elemanıdır. Sıcaklığın atmosferdeki dağılımında görülen farklılık bu olayların temelini oluşturmaktadır. Sıcaklık, radyasyon (dalgalar halinde), kondüksiyon (temas), konveksiyon (yükselim) yollarıyla bir noktadan diğerine taşınır (Şekil 11). Belirli mesafeler arasında oluşan sıcaklık değişkenliği (gradyanlar), atmosfer olaylarını tetikler (Kadıoğlu ve Çakır, 2015). Sıcaklık değişkenliği yatay ya da dikey şekilde oluşabilir. Yatay değişkenlik rüzgarları meydana getirirken, dikey değişkenlik bulut ve yağmur oluşumuna kaynaklık etmektedir (Coşkun, 2019).

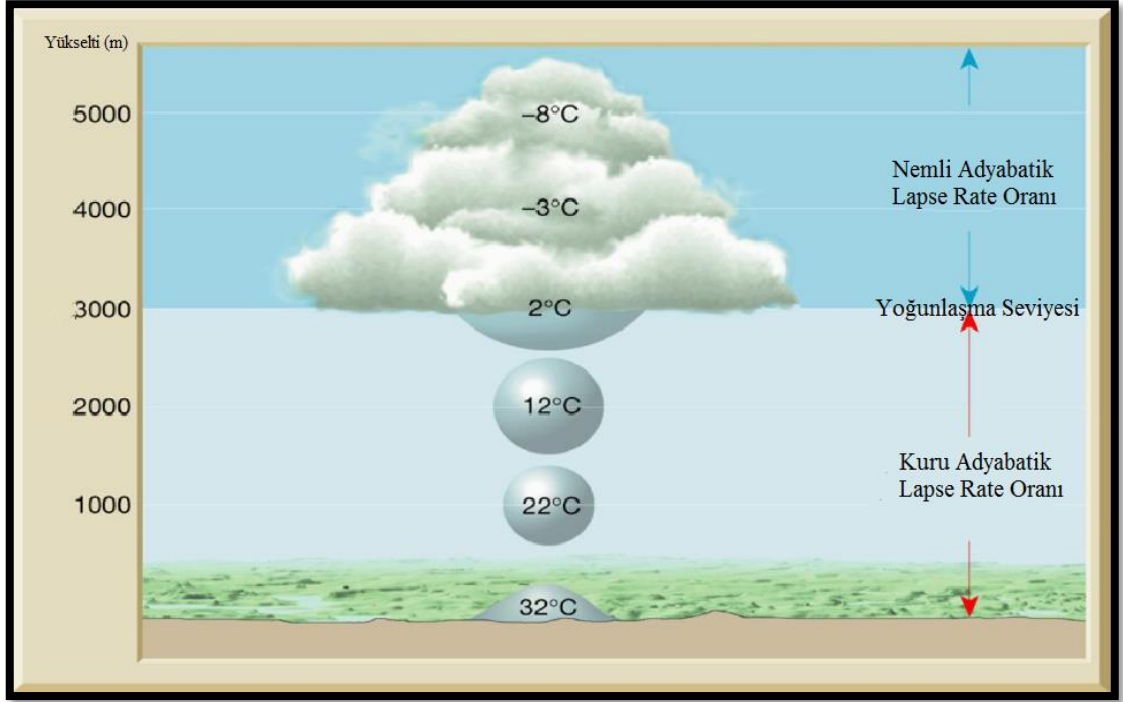


Şekil 11. Sıcaklığın atmosferdeki taşınımı (URL 11).

Hava kötü bir iletken olduğu için gelen güneş ışınlarının radyasyonu ile fazla ısınmaz. Daha çok yeryüzünden meydana gelen konvektif ve taşınımıyla ısınır. Isıyı tutan nemde yeryüzüne yakın alanlarda daha fazla bulunması bu durum üzerinde etkilidir. Sonuç olarak normal şartlarda yerden yükseldikçe sıcaklık azalır (İnversiyon ve izotermal durum dışında). Sıcaklığın yükseklikle birlikte değişme oranına lapse rate denir. Yükseldikçe sıcaklık düşüyorsa pozitif lapse rate, artıyorsa negatif lapse rate (inversiyon durumu), değişmiyor ise izotermal durum olarak ifade edilir (Çimen vd. 2007).

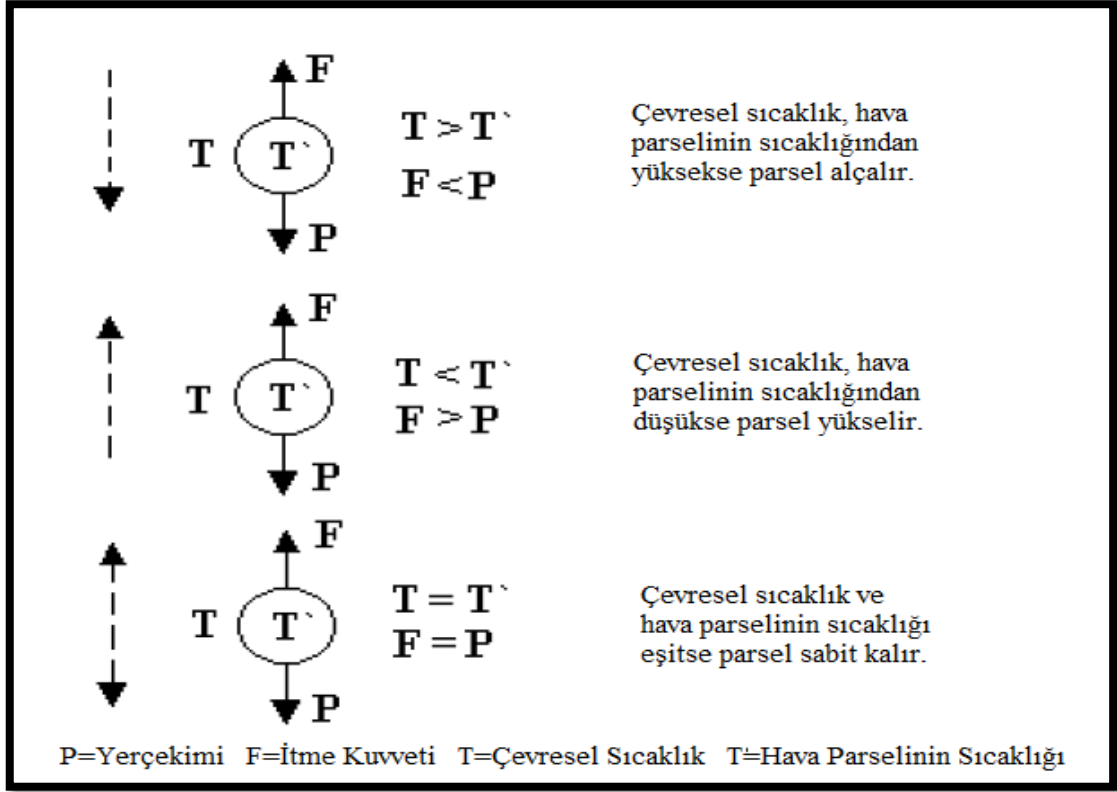
Hava kütlelerinin yükseldikçe ne kadar soğuyacağına oluşan hava kütlelerinin bileşimine (nem miktarı, yoğunluğu gibi) ve çevresi ile ısı alış verişinin olup olmamasına göre değişir. Normalde hava kütleleri, türbülanslar ve rüzgarlar ile birlikte sürekli birbirine karışır ve ısı alışverişi halindedir. Ancak bir de adyabatik ısınma ve soğuma terimleri vardır. Çevresinden ısı alış veriş olmadan yükselen havanın soğuması ve alçalan havanın ısınması adyabatik hareket olarak ifade edilir. Isınan hava kütleleri yükselmeye başlar. Yükseklerde basınçta azaldığı için hava molekülleri çevredeki hava moleküllerini iterek kendine yer açmaya çalışır. Bu hareketi gerçekleştirirken ısı kaybeder ve soğur. Bu adyabatik soğumadır. Ters durumda alçalan hava molekülleri artan basıncında etkisiyle sıkışır. Bu onlara bir enerji kazandırır ve hava kütlelerinin sıcaklığı artar. Bu da adyabatik ısınmadır. Adyabatik hareketlerde çevre ile ısı alış veriş yoktur (Çimen vd. 2007).

Sıcaklığın yerden yükseldikçe yaklaşık olarak 200 m'de 1 °C düşmesi ifadesi nemli hava kütleleri için kullanılır (Doymuş adyabatik lapse rate 100 m'de 0.6 °C). Kuru hava kütleleri yükseldikçe her 100 m'de 0.98 °C soğur (Kuru adyabatik lapse rate). Ayrıca hava kütleleri içinde bulunan nem miktarına göre bu iki değer arasında soğuyabilir (Çevresel lapse rate). Bu temel durumlar atmosfer kararlılığı veya kararsızlığının oluşumunda belirleyicidir (Şekil 12).



Şekil 12. Kuru ve nemli adyabatik lapse rate (URL 12).

Hava kütesinin dikey yöndeki hareketini ağırlığına paralel olarak oluşan yerçekimi kuvveti ve Arşiment prensibine bağlı itme kuvveti (Basınç gradyan kuvveti) arasındaki denge belirler. Bu dengeye hidrostatik eşitlik denir. Yerçekimi kuvveti fazla olduğunda hava alçalır, itme kuvveti fazla olduğunda hava kütesi yükselir. Bu iki kuvvet arasındaki dengeyi sıcaklık bozar. Isınan hava kütesi moleküllerindeki hareketlenmeye bağlı olarak yükselir. Yani itme kuvveti yerçekimi kuvvetine galip gelir. Havanın soğuması durumunda ise yoğunluğu artacağından yerçekimi kuvveti fazlalaşır ve hava alçalır. Burada kararlılığı ve kararsızlığı belirleyen hava kütesinin yükseldikçe soğuma miktarı ile (adyabatik lapse rate) onu çevreleyen havanın yükseldikçe soğuma miktarı arasındaki farktır (Şekil 13).



Şekil 13. Hava kütlelerinin atmosferdeki dikey hareketi-Atmosfer kararlılığı (Çimen vd. 2007).

Kuru bir hava kütlesi belirli bir yükseltiye çıkarıldığında her 100 m'de 0.98 C soğur(Kuru adyabatik lapse rate). Onu çevreleyen hava kütlesi aynı yükseltide daha fazla soğuma oranına sahipse (çevresel lapse rate), kuru hava parselimiz çevresinden daha sıcak olduğu için yükselmeye devam edecektir. Kararsız hava koşulları oluşacaktır. Aksi takdirde hava kütlesi yükselmeyecek başlangıçtaki konumuna geri dönecektir. Kararlı hava şartları hüküm sürecektir. Doymuş adyabatik şartlarda da aynı durum geçerlidir. Doymuş adyabatik lapse rate oranı her 100 m'de 0.6 C'dir. Eğer çevresel lapse rate oranı (yükseldikçe soğuma), doymuş adyabatik lapse rate oranından fazla ise yükselen hava kütlesi çevresinden daha sıcak olduğu için bu harekete devam edecek ve kararsız hava koşulları oluşacaktır (Çimen vd. 2007).

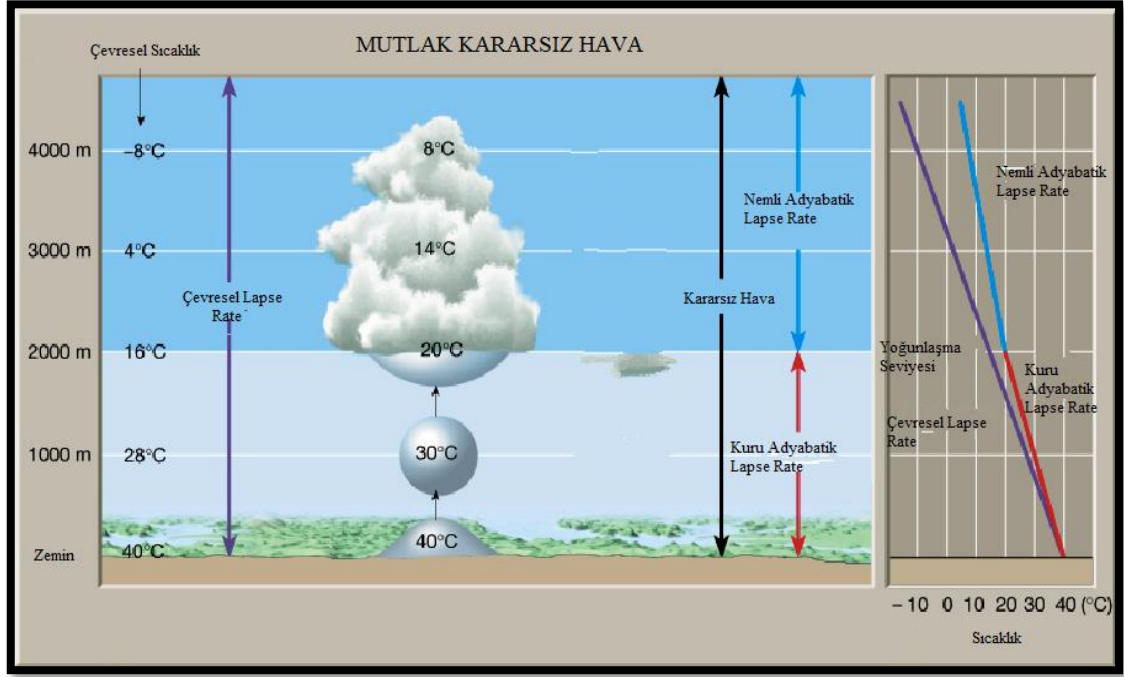
Eğer çevresel lapse rate (yükseldikçe soğuma oranı), kuru ve doymuş adyabatik lapse rate oranının ikisinden de fazla ise mutlak kararsızlık durumu ortaya çıkar. Tersini özellik mutlak kararlı havayı ifade eder. Çevresel lapse rate ve adyabatik lapse rate oranlarının birbirine eşit olması nötr hava koşullarını oluşturur. Daha hareketsiz bir atmosfer hakimdir. Dengenin bozulması dikey hava hareketini tetikleyecektir. Bir de

şarta bağlı kararsızlık durumu vardır. Bu durumda çevresel lapse rate, kuru ve doymuş adyabatik lapse rate arasında bir değere sahiptir (Sipahioğlu ve Sarsılmaz, 1982).

Özetlenecek olursa:

-Çevresel lapse rate > Kuru adyabatik lapse rate > Doymuş adyabatik lapse rate.

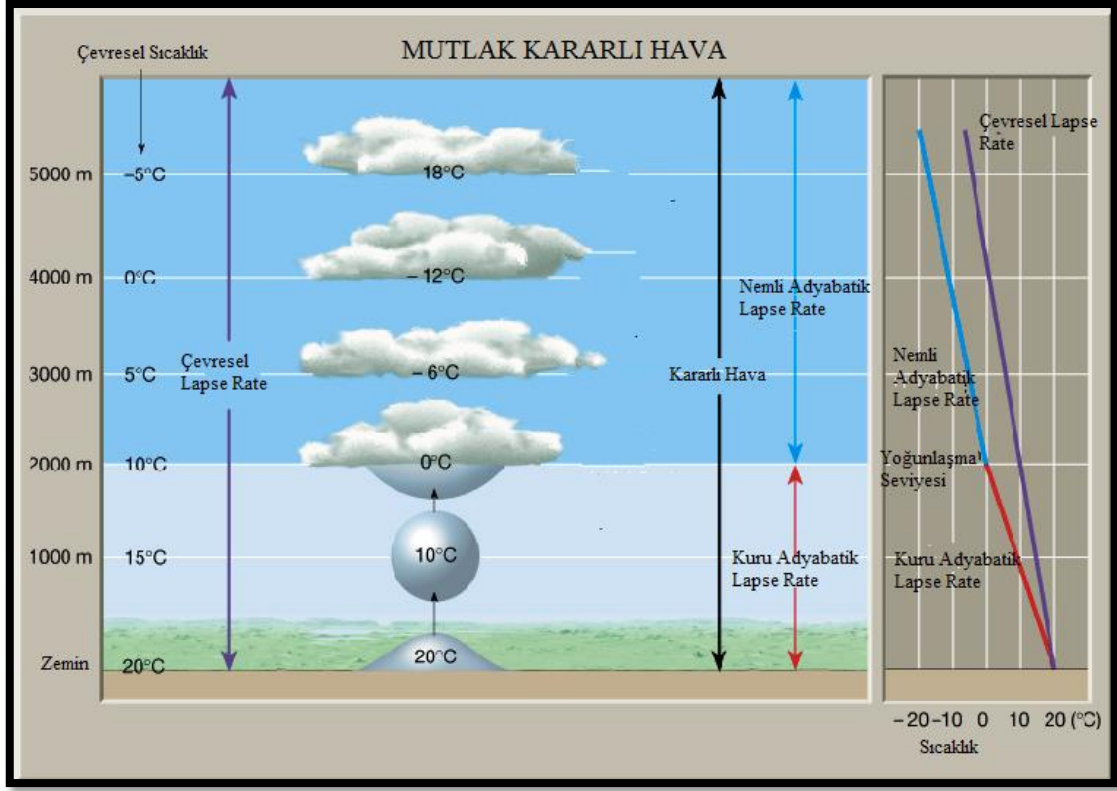
Mutlak kararsızlığı ifade eder (Şekil 14).



Şekil 14. Mutlak kararsızlık (URL 13).

Şekil 14'te çevresel sıcaklığın yükseldikçe düşüş hızı, kuru ya da doymuş havanın yükseldikçe düşüş hızından fazladır. Yani her durumda hava parselimizin sıcaklığı çevresindeki havanın sıcaklığından yüksektir. Bu durumda hava parselimiz onu çevreleyen hava kütesinden sıcak ve daha az yoğunluğa sahip olacağı için yükselecektir. Bu durum mutlak kararsızlığa işaret eder.

-Çevresel lapse rate < Doymuş adyabatik lapse rate < Kuru adyabatik lapse rate.
Mutlak kararlılığı ifade eder (Şekil 15).

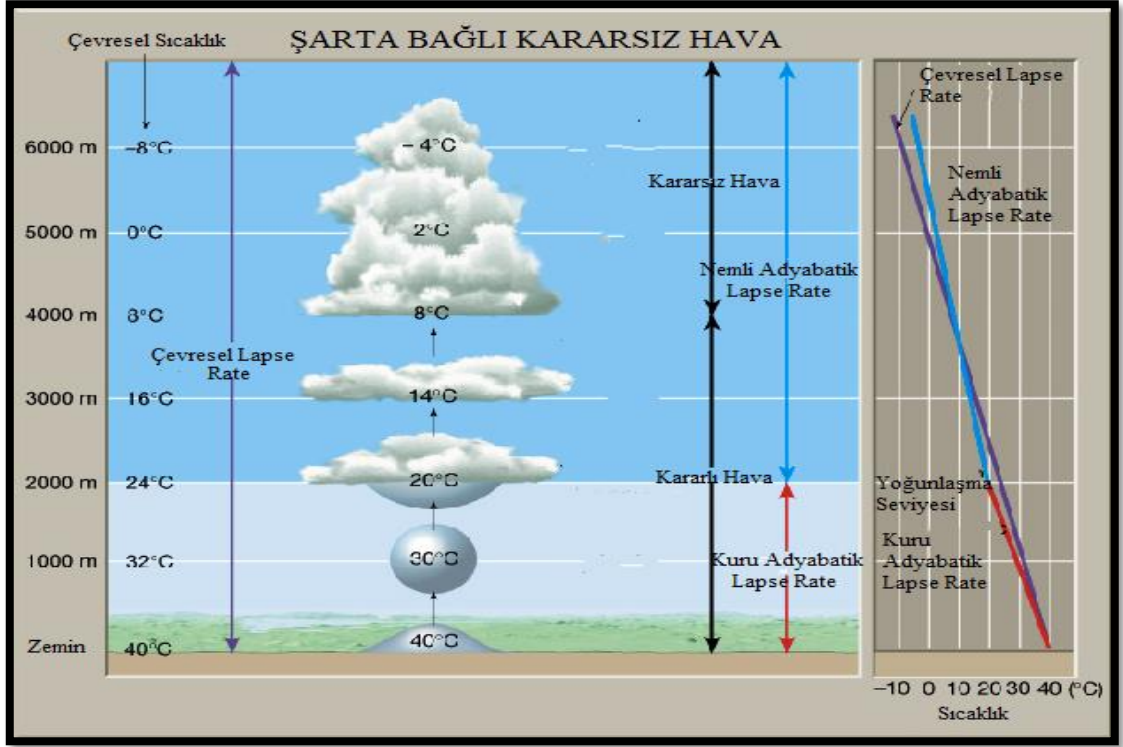


Şekil 15. Mutlak kararlılık (URL 13).

Şekil 15'e bakıldığında çevresel sıcaklığın yükseldikçe düşüş hızının, kuru ya da doymuş havanın yükseldikçe düşüş hızından az olduğu görülür. Yani her durumda hava parselimizin sıcaklığı çevresindeki havanın sıcaklığından düşüktür. Çevresindeki havaya göre daha soğuk ve yoğun olan hava parselimiz her koşulda yükselemeyecektir. Alçalıcı hava hareketleri hakim olur. Bu durum mutlak kararlılığa işaret eder.

- Çevresel lapse rate = Kuru adyabatik lapse rate > Doymuş adyabatik lapse rate.
Kuru hava nötr, doymuş hava kararsızdır.

-Kuru adyabatik lapse rate > Çevresel lapse rate > Doymuş adyabatik lapse rate.
Kuru hava kararlı, doymuş hava kararsızdır. Yani şarta bağlı bir kararsızlık durumu vardır(Şekil 16). Şart ise havanın doymunluğa ulaşmasıdır.



Şekil 16. Şarta bağlı kararsızlık (URL 13)

Şekil 16'da şarta bağlı kararsızlık durumunda normalde kuru hava karardır. Çeşitli nedenlerle yükselmeye zorlanabilir. Örneğin konvektif ısınma, orografik zorlanma gibi. Eğer kuru hava yoğunlaşma seviyesine ulaşabilirse, yoğunlaşma sırasında yoğunlaşma gizli ısısı bırakıldığından artık onu çevreleyen havadan daha yavaş soğur ve çevresindeki havadan daha sıcak hale gelir. Bu seviyeye serbest konveksiyon seviyesi denir. Burada hava kütlesi yükselmeye devam eder. Yani şarta bağlı kararsızlığın şartı olan yoğunlaşma gerçekleşmiş ve hava kararsız hale gelmiştir. Burada havanın yükselişi çevresindeki havadan daha soğuk olacağı yükseltiye kadar devam eder. Bu seviyeye bulut tavan seviyesi denir. Bulut ve yağış oluşumunun üst seviyesidir.

Kararlı havalarda genelde açık bir gökyüzü ve durgun hava koşulları hakimdir. Ancak kararlı hava yükselmeye zorlanırsa yatay tabakalı stratüs tipi bulutları ve yoğun olmayan çisenti şeklindeki yağışları oluşturabilir. Kararsız havalarda ise dikey karışımlar, kümülüs tipi bulutlar ve yoğun yağışlar görülür. Kümülüs tipi bulutlar konvektif hareketlere bağlı olarak oluştuğundan çoğunlukla alt kısmı düzdür. Bu seviye aynı zamanda yoğunlaşma seviyesine denk gelir. Havanın yeryüzüne yakın kısmında ısınma meydana getirecek her türlü durum, dikey yönde hareketi

destekleyeceğinden kararsızlığı artıracaktır. Yeryüzüne yakın alandaki soğuma daha durgun kararlı atmosfer koşullarını oluşturur. Yerin ısı kaybetmesiyle oluşan radyasyon inversiyonları ya da daha yükseklerde oluşan sübsüdans (çökme) inversiyonları hava kararlılığını arttırır. Radyasyon inversiyonları sıcaklığın yükselmesine bağlı olarak dağılabilirken sübsüdans inversiyonlarının dağılımı daha zordur. Oluşumları basınç merkezlerine bağlı olarak meydana gelebilir ve daha tehlikelidir (Türkeş 2010). Kararsız hava koşulları atmosferdeki kirleticilerin seyrelmesini sağlayacağı için önemlidir. Buna karşılık uzun süre devam eden kararlı hava koşulları ve inversiyonlar yaşamı olumsuz etkiler.

Hava kararlılığının tespitinde atmosferde dikey yönde ölçümlerin yapılabildiği radiosonde ve ravinsonde rasatlarından yararlanılır. Ravinsondenin radiosonde rasatlarından farkı ayrıca rüzgar hızı ve yönü hakkında bilgi vermesidir. Bir balona bağlanan radiosonde cihazı belirli seviyelerdeki sıcaklık, basınç, nem değerlerini ölçüm yapılan merkeze iletir. Buna radiosonde ölçümü denir. Ayrıca balonun bırakıldığı yer ile son ulaşılan yer arasındaki mesafe ve konum, rüzgar yönü ve hızı hakkında bilgi edinilmesini sağlar. Bu tip ölçümlere de ravinsonde denir. Tüm dünyadaki bu tip ölçüm yapan istasyonlarla birlikte günde iki kez Greenwich saatine göre 00:00 ve 12:00 saatlerinde ölçüm yapılır. Samsun, Erzurum, Diyarbakır, Ankara, Adana, Isparta, İstanbul ve İzmir’de bu ölçümleri yapan istasyonlarımız bulunmaktadır. Bırakılan balon 30-40 km’ye ulaştığında patlar. Bu mesafeye kadar istenen ölçümler yapılabilir. Bu rasatların yapılmasında uydu ve radarlarda kullanılmaktadır (Sarı, 1993).

5. BEŞİNCİ BÖLÜM

5.1. TOPOĞRAFYA VE SINIR TABAKASININ ATMOSFERİK SİRKÜLASYONA ETKİSİ-YENİ KARARLILIK YAKLAŞIMI

5.1.1. Meteorolojik Verilerin Seçimi

Araştırma için önemli sorunlardan biri Akkuyu bölgesine yakın uzun süreli kayıtlara sahip bir meteoroloji istasyonunun bulunmamasıdır. Bu nedenle Akkuyu için meteorolojik veriler alınırken en yakın istasyon olarak uzun süreli verilere sahip Anamur ve Silifke istasyonlarından Silifke seçilmiştir. Silifke hem Akkuyu'ya daha yakın (yaklaşık 50 km, Anamur ise 84 km), hem verileri daha uzun süreli (Silifke 1930-2017, Anamur 1948-2017) hem de yer şekillerinin uzanışı bakımından daha benzer özelliklere sahiptir. Akkuyu'nun bağlı olduğu Gülnar ilçesi iç kısımda yer aldığı için coğrafi şartlar fazla değişiklik göstermektedir. Bu nedenle Gülnar istasyonuna ait veriler araştırma için uygun bulunmamıştır. İnceburun nükleer santrali için Sinop istasyonuna ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Ayrıca İnceburun'da nükleer enerji santralının kurulacağı alanda 2014-2017 yılları arasında ölçüm kayıtlarına sahip Fener istasyonu bulunmaktadır. Rüzgar, kirliliğe sebep olacak bulutsuların dağılımında önemli bir etken olduğu için İnceburun'a ait yeni kararlılık yaklaşımı belirlenirken bu istasyonun verileri de dikkate alınmıştır.

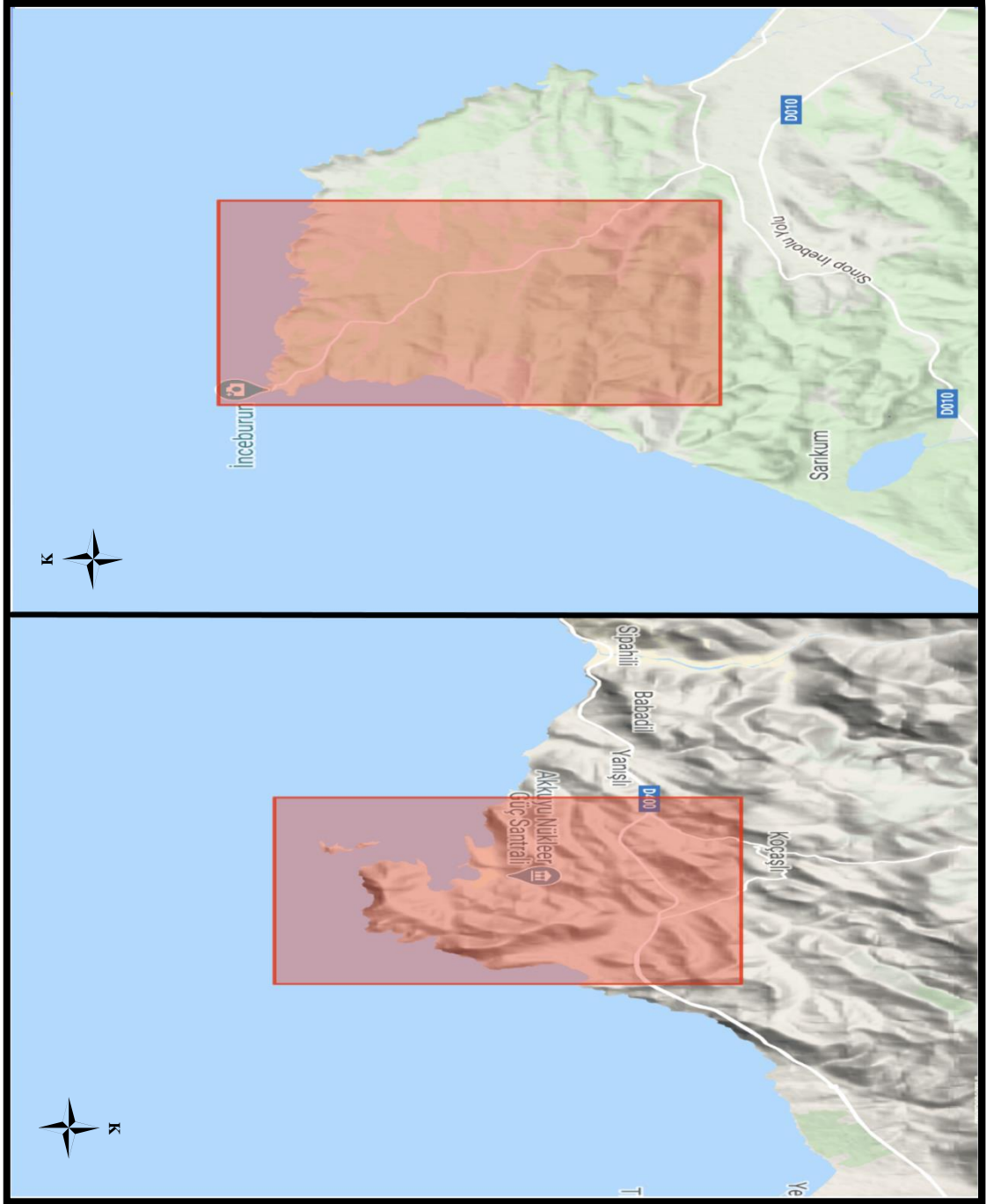
5.1.2. Topoğrafya ve Sınır Tabakasının Atmosferik Sirkülasyona Etkisi

Bu bölümde araştırma sahalarına ait topoğrafik özellikler, ülkemizdeki yaklaşık sınır tabakası yüksekliği ve alanlara ait yıllık ortalama rüzgar verileri kullanılarak olası rüzgar dağılımı ortaya konmaktadır. Radyolojik kirlilikte rüzgar en önemli seyreltici etkiye sahip iklim elemanıdır. Onun da dağılımı yerçekilleri tarafından belirlenmektedir. ANSYS Fluent programı analizler için kullanılmıştır. Program hesaplamalı akışkanlar dinamiğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Analizlerde Z yüksekliği ülkemizdeki sınır tabakası yüksekliğine uygun olarak 1000 m alınmıştır.

Rüzgar verilerinde yeryüzünden 10 m yükseklikte esen yıllık ortalama değerler için logaritmik dikey hız profili uygulanmıştır. Yani rüzgarın dikey yöndeki hız değişimi (yeryüzünden sınır tabakasının tavan yükseltisi olan 1000 m'ye kadar) logaritmik olarak program tarafından hesaplanmaktadır. Rüzgarların oluşturacağı türbülanslara ait değerlerin hesaplanması için K-epsilon türbülans modeli kullanılmıştır. K-epsilon türbülans modeli iki farklı taşınım denklemine bağlı olarak türbülansın hızı ve kuvvetini hesaplamaktadır. Hesaplamalı akışkanlar dinamiğinde yaygın olarak kullanılan genel bir modeldir ve atmosfer sirkülasyonu için uygun hesaplama modeli olduğundan seçilmiştir.

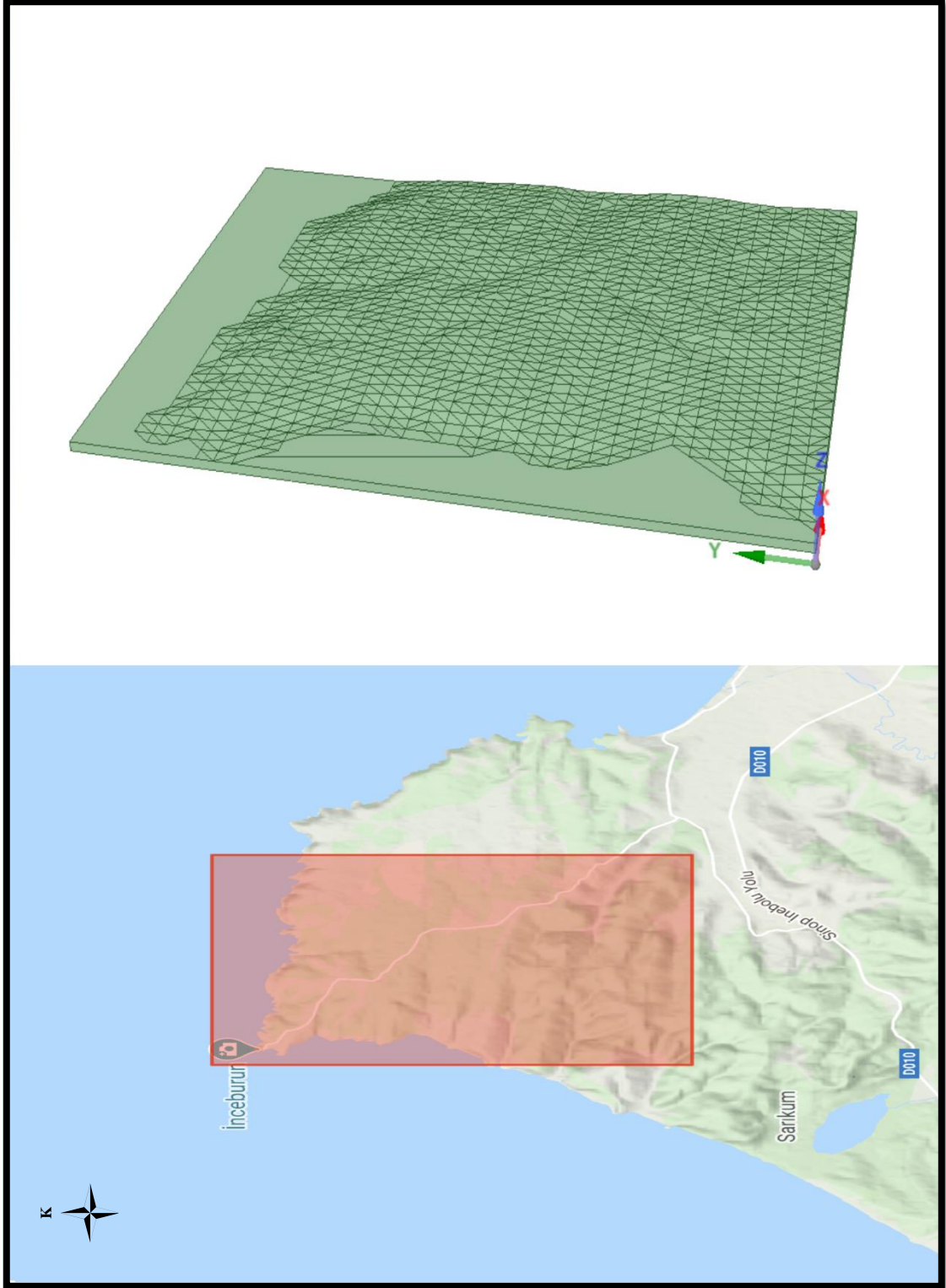
Çalışma sahalarına ait radyolojik kirliliğin dağılımında etkili olan analizi yapılan diğer parametreler; rüzgar akışından kaynaklı basınç çizgisel değerleri (Guage basıncı) , türbülans akımlarının yüzeydeki kinetik enerjilerinin dağılımı, arazilerdeki eddy viskozitesi dağılımı, rüzgar hız profilleridir. Kısaca açıklamak gerekirse Guage basıncı normal atmosfer basıncı ve rüzgar akımının arazi üzerinde oluşturduğu basıncın toplam değeridir. Türbülans kinetik enerjisi atmosfer içerisinde oluşan türbülansif akımların gücünü ifade eder. Eddy viskozitesinde yer alan iki kavramdan viskozite, akışkanlığa karşı gösterilen direnç demektir. Yani akışkanlığın tersi bir durumu ifade eder. Eddy akımı ise atmosferde yatay ya da dikey olarak meydana gelen girdap benzeri kısa süreli hava akımlarıdır. Hız profili ise yeryüzü şekillerinden etkilenen rüzgar hızının dikey yöndeki logaritmik değişimini kapsar. Adı geçen tüm bu parametreler olası radyolojik kirliliğin belirleyici unsurları olacaktır (Till ve Meyer 1983).

Analizlere dahil edilecek arazilerin geometrik dizaynında hem hesaplamaların gerçeğe en yakın olmasına hem de uluslararası nükleer kirlilik kriterlerine uygunluğa dikkat edilmiştir. Nükleer güç santrallerinin yakın çevresine ait araziler hesaplama dahilindedir (Şekil 17). Hesaplamalarda rüzgar girişi İnceburun için kuzey, Akkuyu için güney yönünden sağlanmıştır. Analizlerde, programa bağlı olarak Y eksenini kuzeyi, X eksenini doğuyu, Z eksenini ise yüksekliği ifade etmektedir.



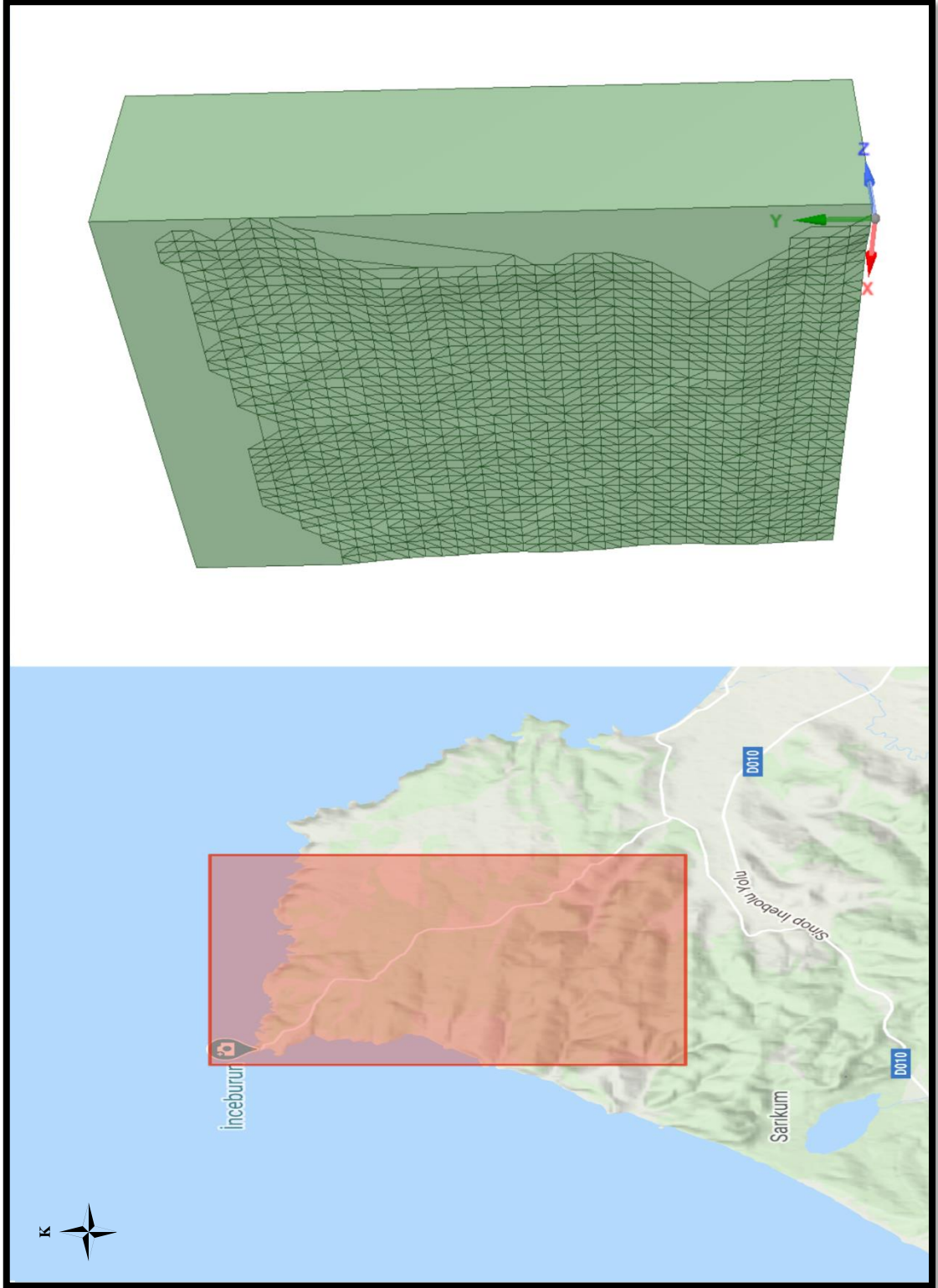
Şekil 17. Analizi yapılan İnceburun ve Akkuyu'ya ait araziler

Analize ilk olarak çalışma alanlarına ait arazilerin mesh işlemine dahil edilmeden önce detaylandırılmasıyla başlanılmıştır. Şekil 18 İnceburun'a ait topoğrafik özellikleri ifade etmektedir.



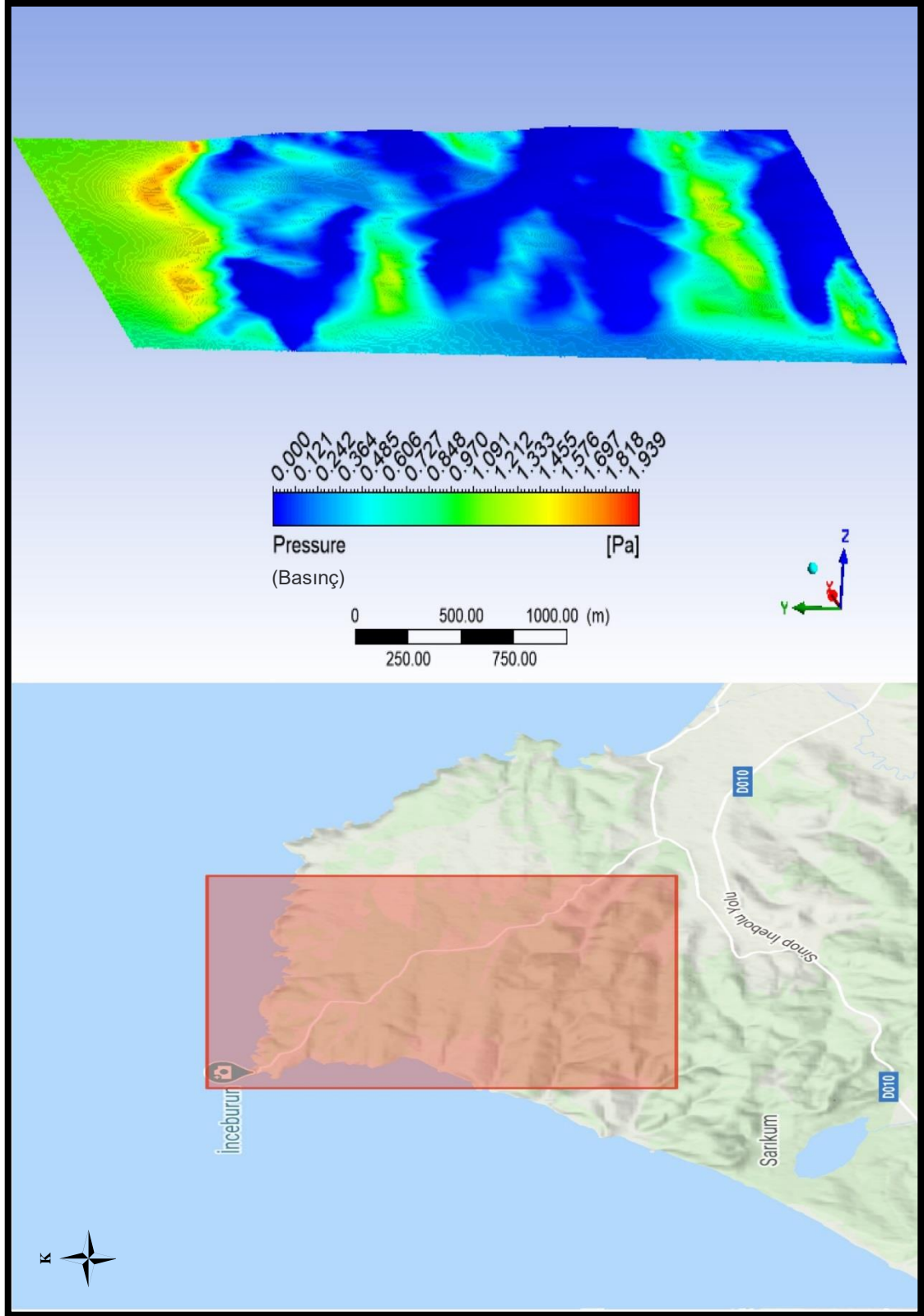
Şekil 18. İnceburun'un topoğrafik özelliklerinin detaylandırılması

Şekil 19’da ise İnceburun’a ait topoğrafik özelliklerin atmosfer yüzeyinde oluşturduğu şekil (yansıma) gösterilmektedir. Bu detaylandırma işlemleri hava akışlarına etki edecek yüzeyleri ifade eder.



Şekil 19. İnceburun topoğrafyasının atmosfer içerisinde oluşturduğu yüzey

Simülasyondaki ilk hesaplama İnceburun bölgesine ait rüzgar akışından kaynaklı basınç çizgisel değerleridir (Şekil 20).

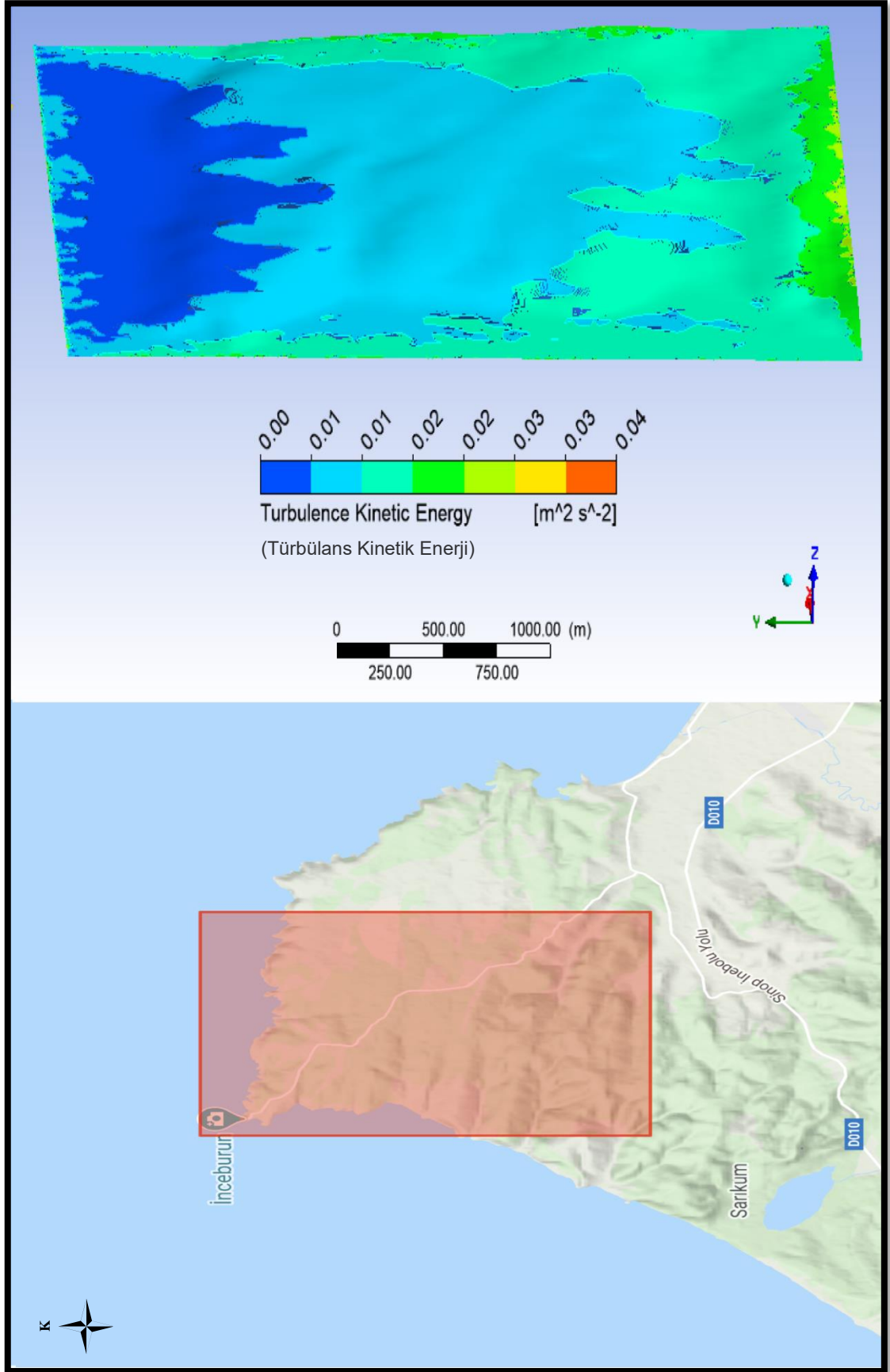


Şekil 20. İnceburun rüzgar akışından kaynaklı basınç çizgisel değerleri

Hesaplama rüzgar girişi kuzey yönünden (deniz tarafından) yapılmıştır. İnceburun bölgesinde hakim rüzgar yönü kuzeybatıdır. Nükleer santralin kurulacağı saha denizden birkaç metre yüksekliktedir. Sahil kumullarından ziyade denizden yükselen kayalık alanlar mevcuttur. Bu fiziksel özelliklere bağlı olarak rüzgar akımı ilk yüksek basınç değerlerine bu kayalık sahada ulaşır. Burada kastedilen basınç Guage basıncıdır. Yani atmosfer basıncı ve rüzgarın oluşturduğu hava akımının cisimler üzerindeki kuvvetinin toplam değeridir. Yoksa coğrafi manada alçak ya da yüksek basınç ifade etmez. Rüzgar basıncının fazla olduğu alanlar rüzgarın önüne bir engelin geldiği engebeli topoğrafyayı ifade etmektedir. Bu da kirliliğin dağılımı açısından olumsuz şartlar oluşturur. Ancak İnceburun sahası fazla engebeli bir yapıya sahip değildir. Bu durum atmosfer akışı çalışmalarında homojen yüzey şekli olarak kabul edilir. Bu bakımdan denizden esen rüzgarlar kıyıya ulaştığı ilk kayalık alanda 1.5-1.9 Pa arasında bir basınç kuvveti oluşturmaktadır. Hesaplamamızdaki en yüksek değer bu alanda olsa da genel anlamda bu sayılar düşük basınç kuvvetini ifade eder. İkinci olarak yüksek rüzgar basıncının olduğu alanlar iç kısımlardaki yükseltinin arttığı arazilerdir. Burada rüzgarın oluşturduğu basınç yaklaşık 1 Pa değerindedir ve arazide iki kuşak oluşturmaktadır. Arazinin ufak yükseltilerinin arasında kalan kısımlarında rüzgar kuvveti basıncı 0-1 Pa arasında değişmektedir.

Rüzgar akışından kaynaklı basınç çizgisel (streamline) değerleri hesaplamasından şu sonuçlar çıkmaktadır. İnceburun arazi yapısı itibariyle çok az engebeye sahip olduğu için denizden esen rüzgarlar herhangi bir engelle karşılaşmayarak iç kısımlara doğru ilerleyecektir. Radyolojik kirliliğe sebep olacak partiküllerin taşınımı kolaylaşacaktır. Engobenin az oluşu partiküllerin yeryüzü ile temasını da azaltacağı için zeminde meydana gelebilecek depolanmanında az olmasına sebep olacaktır. Bulutsuların atmosferde uğrayacağı seyrelme adına olumlu bir durumu ifade etmektedir.

Şekil 21'de İnceburun bölgesinde türbülans akımlarının yüzeydeki kinetik enerjilerinin dağılımları gösterilmektedir.



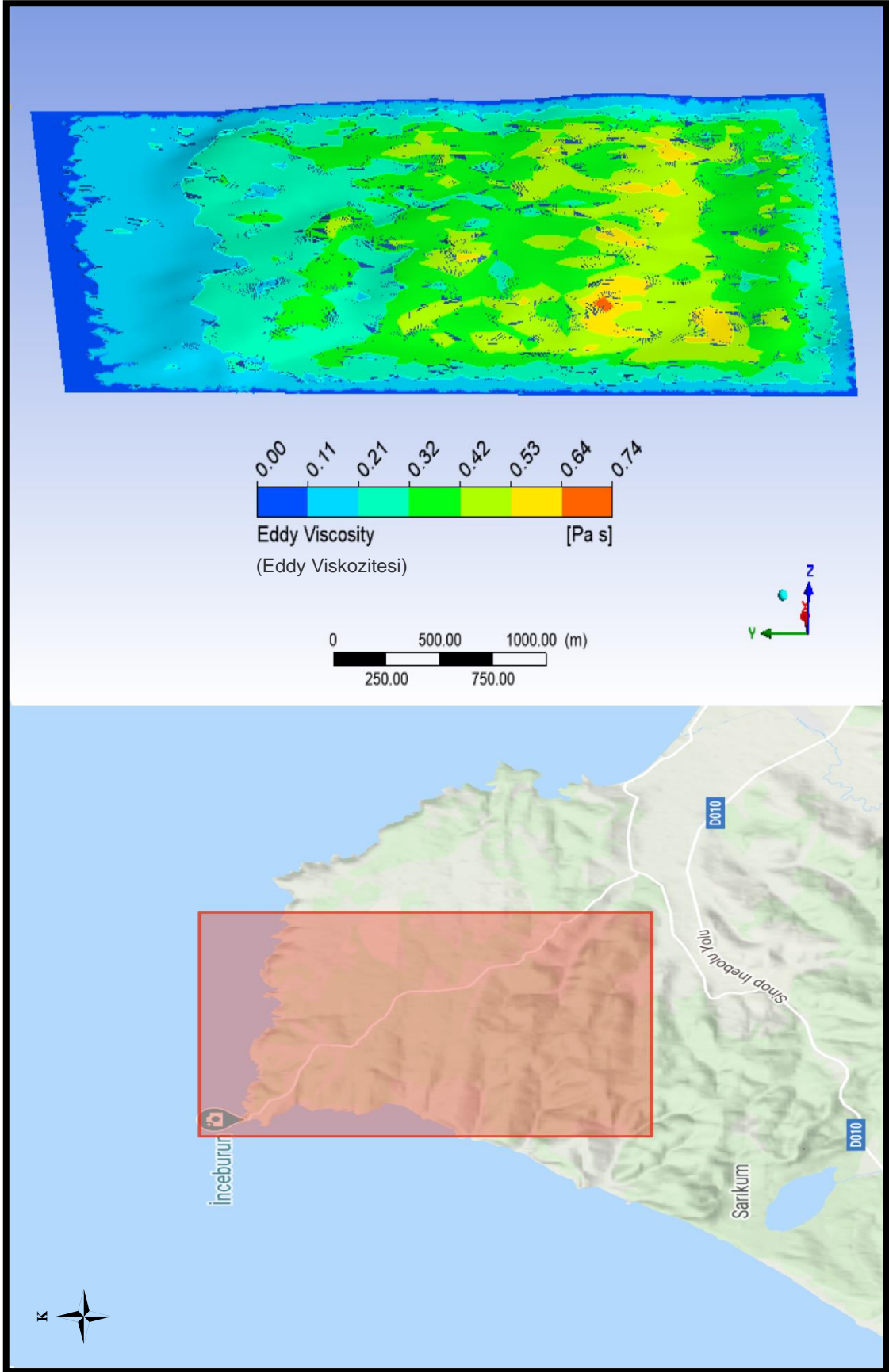
Şekil 21. İnceburun türbülans akımlarının kinetik enerji dağılımı

Hava kütleleri her zaman laminar yani düz bir şekilde hareket etmezler. Yeryüzü şekillerine ve atmosfer şartlarına bağlı olarak vorteksli bir hareket yapısı alabilirler. Atmosferde çoğunlukla türbülanslı oluşturan hava akımının bir engelle karşılaşmasıdır. Yani yerşekilleri ile temas etmesidir. Yeryüzü şekilleri hava akımının laminar özelliğini sekteye uğratarak türbülanslı akımlara sebep olacak ve akımın türbülanslı kinetik enerjisi artacaktır. Bu özellik bulutsuların dağılımını etkilemektedir. Örneğin laminar akışın yoğunlukta olduğu bir sahada bulutsuların atmosferde türbülansla bağlı seyrelme miktarı azalacak, daha toplu bir şekilde taşınma gerçekleşecektir. Türbülans, sahip olduğu yatay ve dikey çalkantıya bağlı olarak kirliticilerin atmosfer içerisindeki seyrelmesini kolaylaştırmaktadır. Aynı zamanda atmosfer kararsızlığını da ifade ettiği için olumlu özellikler taşır. Türbülans akımlarının kinetik enerji birimi m^2/s^2 'dir.

İnceburun sahasında hesaplaması yapılan hava kütlelerinin türbülans kinetik enerjilerine bakıldığında deniz üzerinden gelen hava akımının enerjisinin son derece düşük olduğu görülmektedir. Çünkü ilk etapta hava akımını türbülansla sürükleyecek herhangi bir engebe yoktur. Değer deniz kıyısında sıfıra çok yakındır. İç kısımlara doğru arazi engebeliğine bağlı olarak türbülans kinetik enerji değerleri yavaş yavaş artmaktadır. Sahip olduğu enerji gruplarına göre sahada yaklaşık üç kuşak oluşmaktadır. Bu kuşakların oluşmasında yerşekilleri belirleyici faktördür. En yüksek değerlere iç kısımlardaki yükseltilerde rastlanmaktadır.

Bu hesaplamadan çıkarılacak sonuç nükleer enerji sahasında deniz kenarında hava akımı karışım oluşturacak türbülans şartlarına sahip değildir. Santralden çıkacak bulutsu ilk olarak fazla karışıma maruz kalmadan laminar rüzgar akımlarına bağlı olarak iç kısımlara doğru taşınacaktır. Arazi engebelerinin artmasına bağlı olarak türbülans oluşumu gerçekleştiğinde bulutsular da karışıma paralel şekilde seyrelmeye uğrayacaklardır. Sarıkum ve güç santrali arasındaki engebeli yapılar türbülanslı akımları oluşturma ihtimali olan ilk yükseltilerdir.

Hesaplaması yapılan, bulutsu dağılımı üzerinde etkili bir diğer faktör eddy akımlarının viskozite değerleridir (Şekil 22).



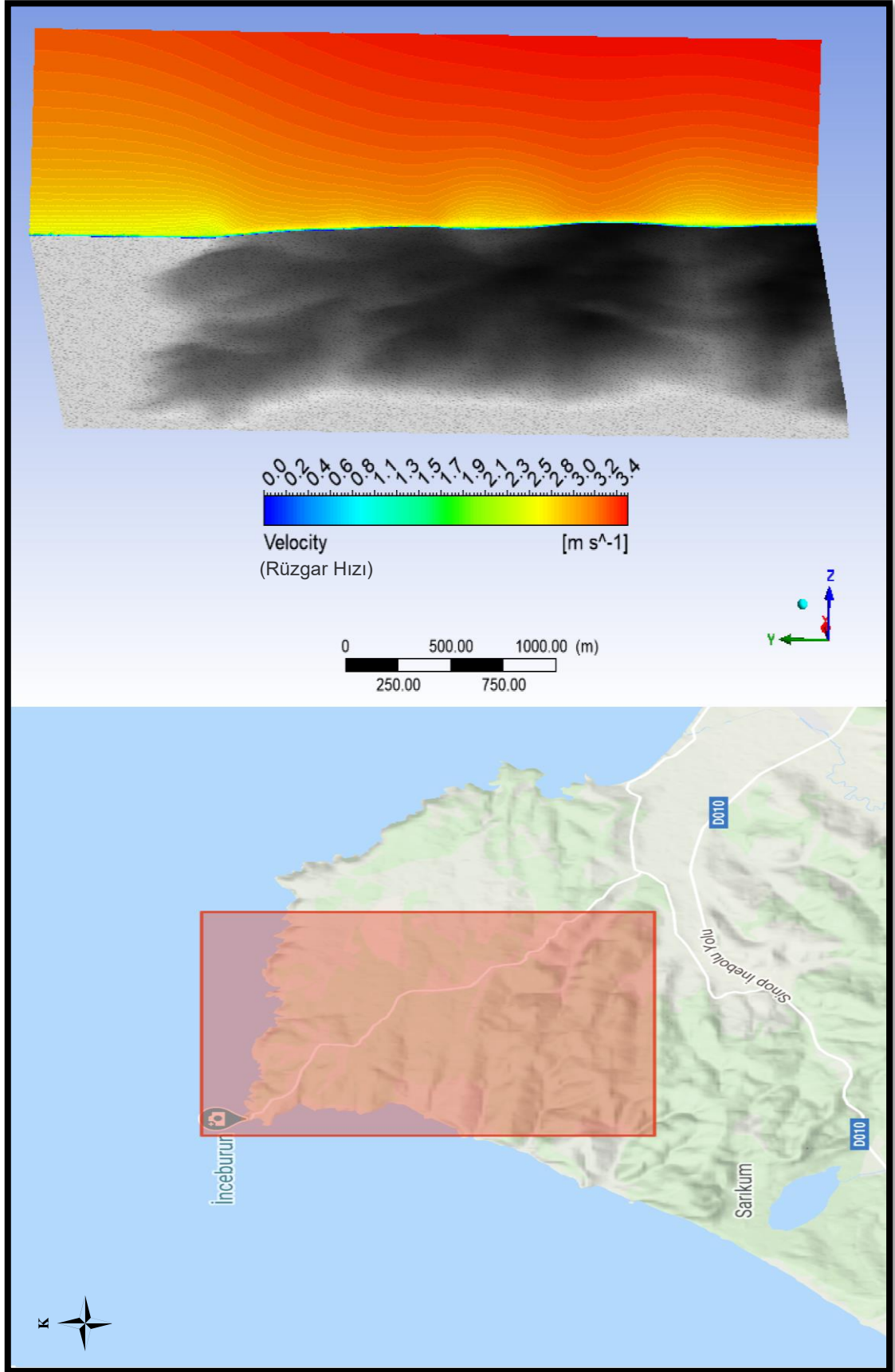
Şekil 22. İnceburun eddy viskozite değerleri

Eddy akımları, mühendislik alanlarında fazlaca kullanılan bir ifadedir. Elektro manyetikte, manyetik alana bağlı olarak oluşan akımlardır(Till ve Meyer 1983). Coğrafi manada ise atmosferde meydana gelen kısa süreli yatay ya da dikey yönde gelişen girdap benzeri hava hareketleridir. Yani bir nevi küçük türbülanslardır. Viskozite ise akışkanlığa karşı oluşan direnci ifade eder. Akışkanlığın tersidir, akışın güçleşmesidir. Eddy viskozitesinin yüksek oluşu atmosferde girdap benzeri akımların oluşmasının azalacağı anlamına gelir. Ancak eddy viskozitesinin artması hava akımının oluşturduğu türbülans kinetik enerjisinin azalacağı anlamına gelmez. Örneğin dağlık bir alanda eddy viskozitesi fazladır. Girdap benzeri hava akımlarının oluşumu güçleşebilir. Ancak bu durum oluşacak bir türbülansın kinetik enerjisinin az olacağı demek değildir. Eddy viskozitesi Pa/s (pascal/saniye) olarak ifade edilir.

İnceburun sahasına ait eddy viskozite değerleri incelendiğinde viskozitenin sahil kesimlerinde düşük olduğu yani yatay ya da dikey eddy oluşumlarına engel bir faktörün bulunmadığı dikkat çeker. İç kısımlara doğru engebeye bağlı olarak eddy viskozite değerleri artmaktadır. Çünkü yükselti akım önünde engel oluşturmaktadır. Değerlerin arttığı alanlar hava akımlarının yeryüzü ile temas ettiği kısımlardır. Bu bakımdan bulutsularda bulunan radyolojik maddelerin zeminde ilk olarak depolanacağı alanlar olacaktır. Bu depolanma şekline kuru depolanma ya da zeminde depolanma denmektedir.

İnceburun sahası içerisinde eddy viskozitesi engebeli alanlarda daha fazla görülse de genel olarak saha fazla yüksek ve engebeli olmadığı için genel viskozitesi düşüktür. Yani arazide bulutsuların taşınımını engelleyecek fazla bir topoğrafik engel yoktur. İnceburun arazisi genel olarak 5-10 m ortalama yükseltiye sahiptir. Bu da arazinin viskozite değerlerinin düşük olmasına sebep olur.

Hesaplaması yapılan bir diğer parametre arazi simülasyonunun doğu duvarındaki hız profilidir (Şekil 23). Rüzgar hem İnceburun'a ait hava kararlılık kriterleri içerisinde en fazla etkiye sahip iklim elemanıdır hem de genel olarak atmosfere bırakılan her türlü kirleticinin dağılımını belirleyen en önemli faktördür.



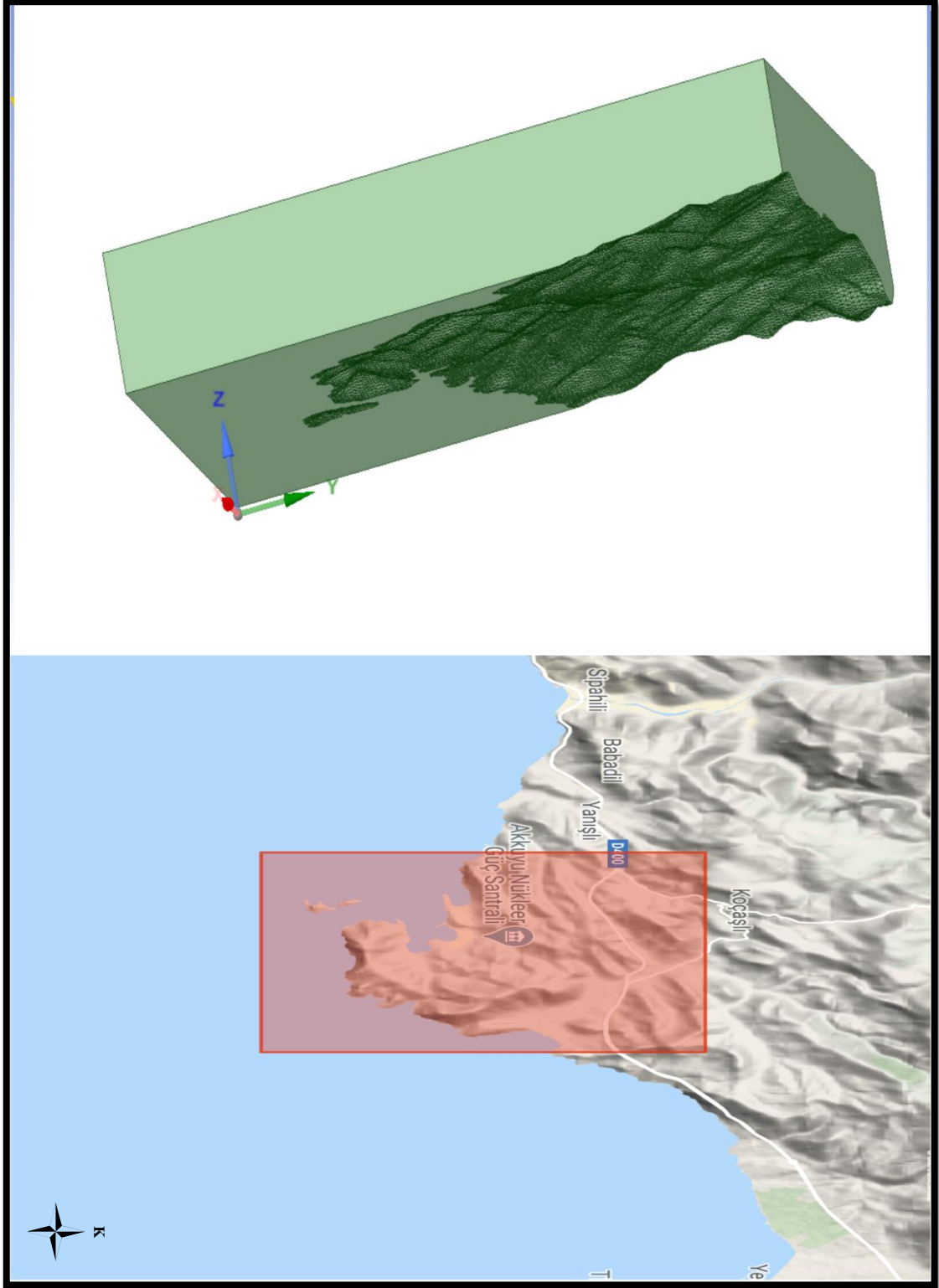
Şekil 23. İnceburun doğu duvarı rüzgar hız profili

İnceburun sahası deniz kenarında yer almasına bağlı olarak rüzgar bakımından avantajlı konumdadır. Kara ile deniz arasındaki sıcaklık farkları sonucu oluşan meltem rüzgarları ya da daha geniş atmosfer parçalarında oluşan hava akımları sahayı etkilemektedir. Özellikle kış mevsiminde rüzgar hızı daha da artmaktadır. Bu durum bulutsuların seyrelmesi açısından yıl boyunca avantajlı şartlar oluşturmaktadır. Rüzgar hız hesaplamasında logaritmik dikey rüzgar profili uygulanmıştır. Yeryüzünden 10 m yükseklikte esen yıllık ortalama rüzgar hızı hesaplamaya dahil edilmiştir.

İnceburun'un doğu duvarına ait rüzgar hız simülasyonu incelendiğinde yeryüzünden yükseldikçe rüzgar hızı artmaktadır. Bu durum rüzgarın önündeki arazi engellerinin kalkmasına ve coriolis etkisinin azalmasına bağlı olarak ortaya çıkar. Genel olarak rüzgar hızı denizden itibaren 2 m/s'nin üzerindedir. Rüzgar hızı yükseltinin az olduğu çukur sahalarda azalırken(2-2.5 m/s), dağların üst kısımlarında artmaktadır(3 m/s ve üzeri). Çukur alanlardaki azalma topoğrafik engellemenin bir sonucudur. Rüzgar hız profilinde çukur sahalarda hızı gösteren çizgiler yukarıya doğru salınım yaparken, yükseltisi fazla olan alanlarda hız çizgileri bu yükseltilerin tepe kısımlarına doğru salınım yapmaktadır. Bu durumdan şu yargıya ulaşılabilir: Çukur alanlarda hava akımı dağların üst kısımlarına doğru hareket etme eğiliminde iken yükseltisi fazla alanlarda eğilim yönü yüksek atmosferden dağların zirvelerine doğrudur. Bu durumun bulutsu dağılımı üzerindeki etkisi çukur alanlarda biriken bulutsular ilk etapta yükselme eğilimi gösterecek dağ zirvelerinde yatay olarak hızlı esen rüzgar dağılımını sınırlandıracaktır. Yükseltisi fazla olan alanlarda esen yüksek hıza sahip rüzgarlar ise bulutsuları daha uzak bölgelere doğru rahatlıkla taşıyabilecektir.

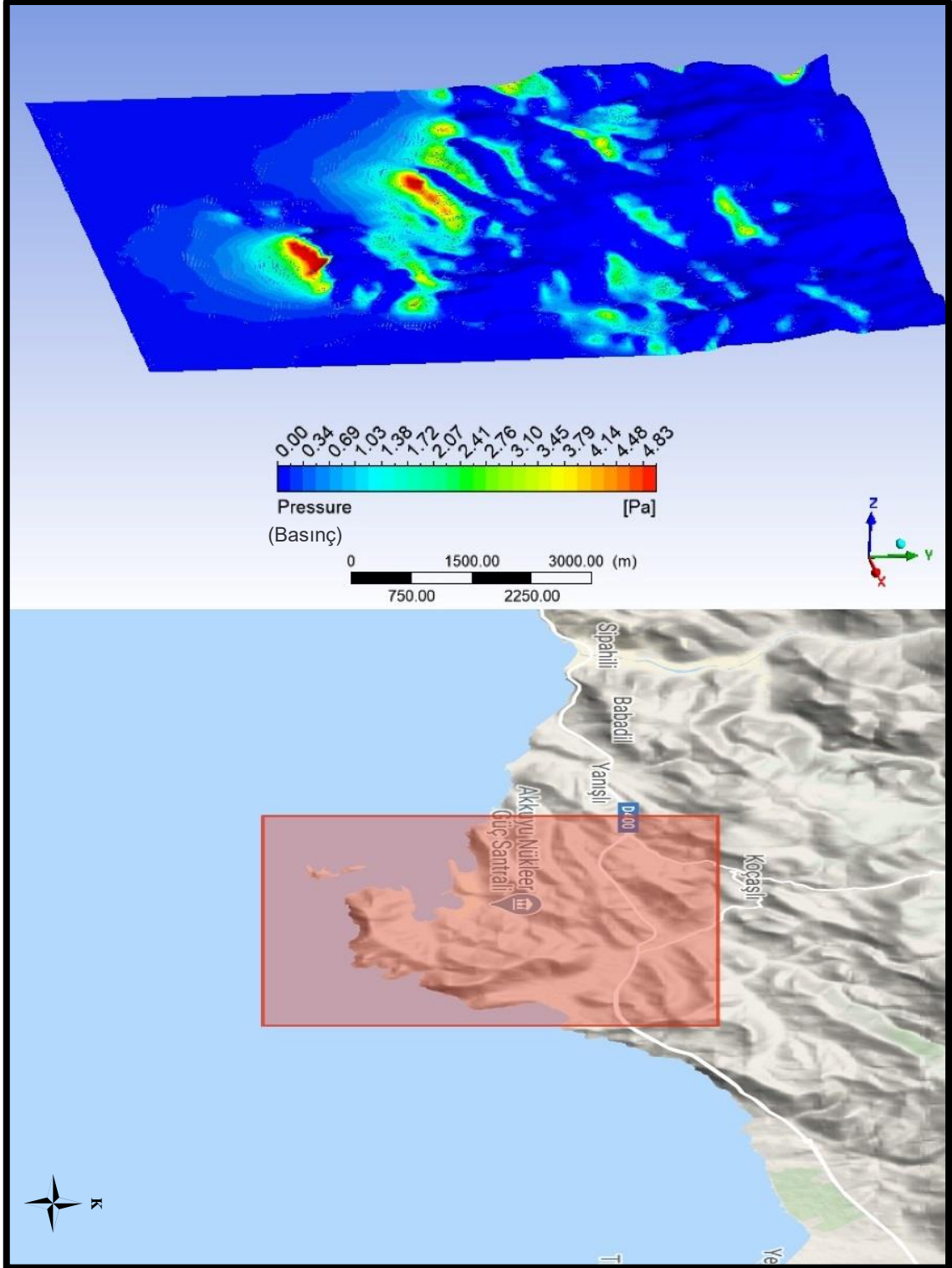
İnceburun'a ait simülasyon ölçümlerinden çıkarılacak ortak sonuç sahanın yükseltisi ve engebesinin az oluşuna bağlı olarak kirletici unsurların rüzgarlar yardımıyla uzak mesafelere taşınabileceği ve seyrelmeye uğrayacağıdır. Çünkü gerek rüzgar akışından kaynaklı basınç değerleri, gerekse eddy viskozitesi düşüktür. Bu durum bulutsunun zemine çarpmasıyla meydana gelecek kuru depolanmanın az olacağını göstermektedir. Ayrıca rüzgar hızının yüksek oluşu taşınımında ikinci bir avantajlı durum oluşturmaktadır. Simülasyonda türbülans akımlarının kinetik enerjileri yüksek kesimlere doğru artmaktadır. Yani santralden çıkan bulutsu ilk etapta laminar akımlarla taşınmaya maruz kalacak, engebenin arttığı sahalarda ise yükselen türbülansif akımlar dağılımda etkili hale gelecektir.

İkinci inceleme sahası olan Akuyu için yine ilk olarak arazi mesh işlemi öncesinde detaylandırılmıştır (Şekil 24). Simülasyon sahası kuzeyde Koçaşlı, batıda Yanışlı, doğuda Büyükeceli'ye kadar uzanır.



Şekil 24. Akuyu topografyasının atmosfer içerisinde oluşturduğu yüzey

Akkuyu bölgesine ait simülasyona İnceburun'da olduğu gibi rüzgar akışından kaynaklı basınç çizgisel değerlerinin hesaplanması ile başlanmıştır (Şekil 25).



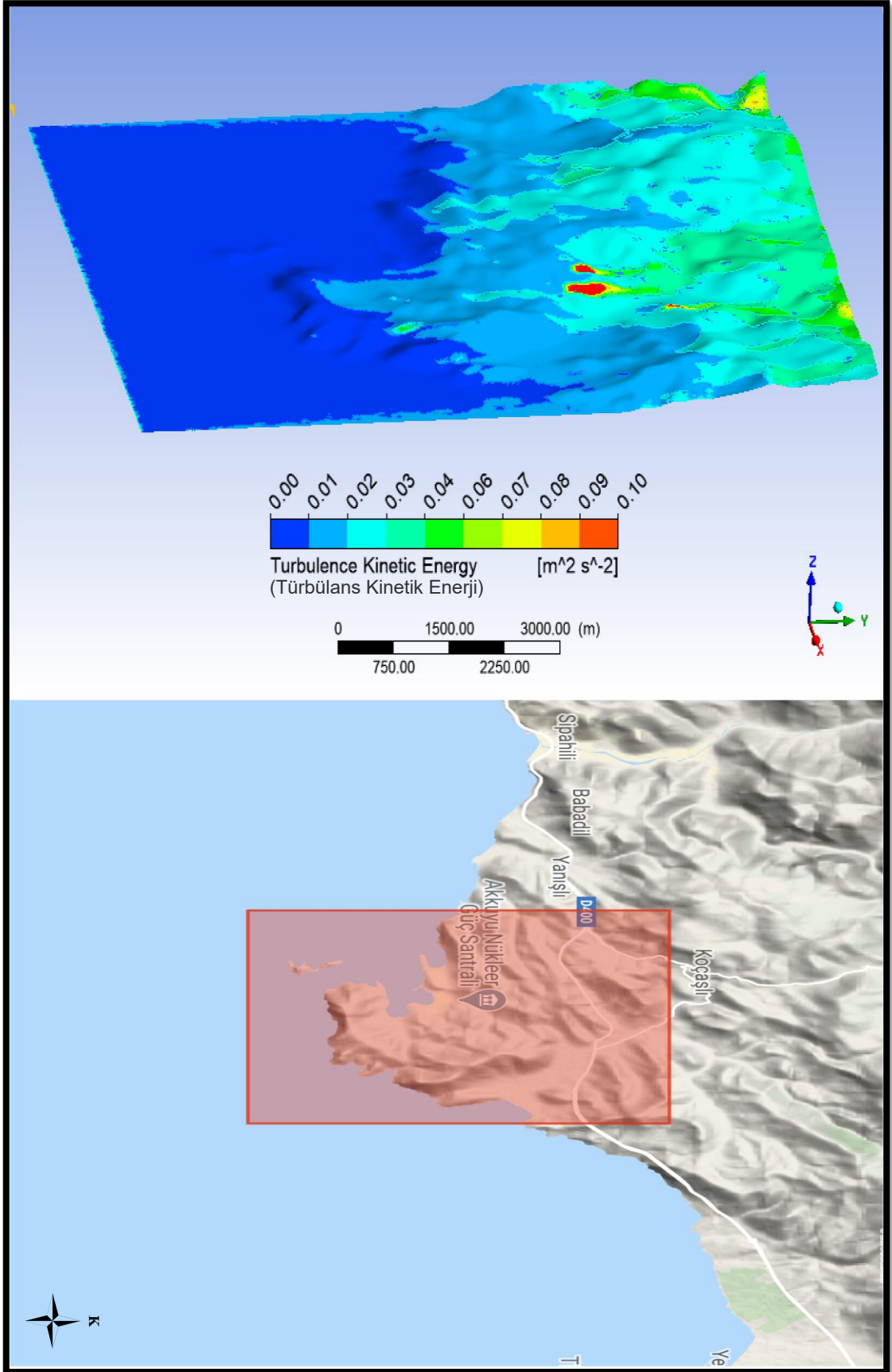
Şekil 25. Akkuyu rüzgar akışından kaynaklı basınç çizgisel değerleri

Akkuyu bölgesinde hakim rüzgar yönü güneybatı olmakla birlikte yıl genelinde güneyli rüzgarlar ağırlıktadır. Bu nedenle simülasyona rüzgar girişi Akdeniz yani güney yönünden sağlanmıştır. Babadil Limanı ve Ovacık körfezi arasındaki yarımada üzerine kurulan santral sahasının yakın çevresinde arazi son derece engebelidir. Kızılın tepesi (270 m) yakın çevredeki en yüksek noktadır. Yerçekilleri genel olarak GB-KD istikametinde uzanır. Bu genel bilgiler ışığında rüzgar akışından kaynaklı basınç değerlerinin anlamlandırılması daha doğru olacaktır.

Rüzgar basınç değerleri incelendiğinde kıyıya paralel uzanan yükseltilerin denize bakan yamaçlarında yüksek değerlerin olduğu gözlemlenmektedir. Çünkü arazi uzanış yönü rüzgara diktir ve önünde engel oluşturmaktadır. Kıyıya en yakın sahaların denize bakan yamaçlarında rüzgar basınç kuvveti değeri 5 Pa'a kadar yükselmektedir. Daha iç kısımlarda arazi yine kıyıya paralel uzansa da değerler düşmektedir. Çünkü denize yakın arazi rüzgarın hızını azaltmaktadır. Rüzgar basınç kuvveti vadiler içerisinde ve geri kalan arazilerin çoğunda 0-2 Pa arasında değerlere sahiptir. En az basınç değerlerine ise kıyıya paralel uzanan arazilerin rüzgar gölgesinde kalan kuzey yamaçlarında rastlanmaktadır. Burada dikkat çeken bir husus İnceburun'da en fazla 2 Pa'a kadar yükselen rüzgar basınç kuvveti Akkuyu bölgesinde 5 Pa'a varmaktadır. Bunun sebebi İnceburun bölgesinin son derece sade bir arazi yapısına sahip olmasıdır.

Yapılan simülasyona bağlı olarak Akkuyu bölgesi için nükleer santralden çıkan bulutsular yakın çevredeki arazi üzerinde kuzey yönlerine doğru taşınacaklardır. Birikme ilk etapta yakın çevredeki yükseltisi az olan bu sahaların güney yamaçlarında başlayacaktır. İç kısımlara doğru kuzey yönünde yükselti Gülnar çevresinde 950 m'ye kadar ulaşmaktadır. Doğal olarak kıyı ile bu yükselti seviyesi arasındaki araziler depolanmanın en yoğun yaşanacağı arazilerdir. 1000 m aynı zamanda simülasyona dahil edilen sınır tabakası yükseltisidir.

Akkuyu simülasyonunda ikinci olarak türbülans akımlarının yüzeydeki kinetik enerjilerinin dağılımlarının hesaplanması yapılmıştır (Şekil 26).



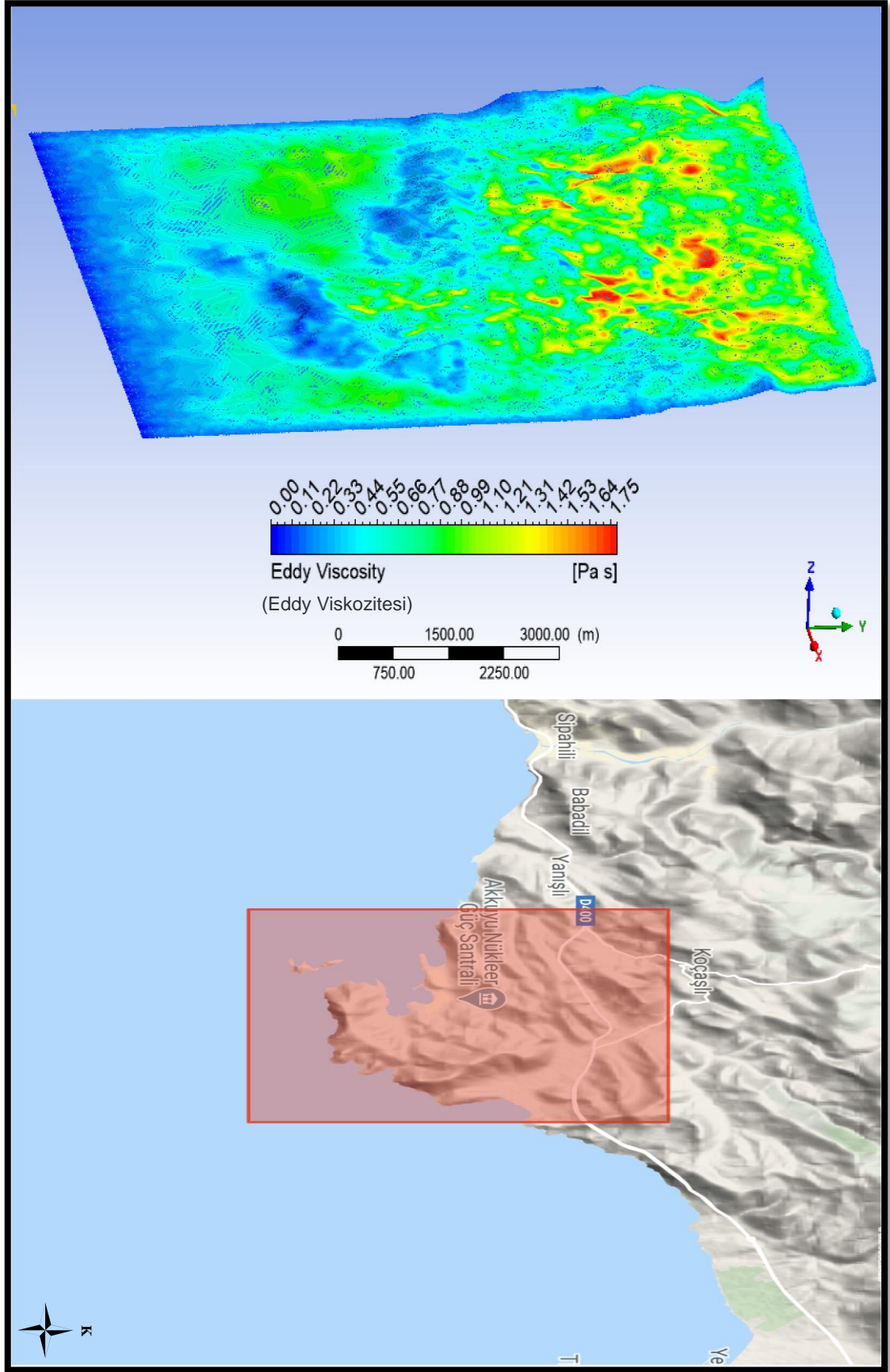
Şekil 26. Akkuyu türbölans akımlarının kinetik enerji dağılımı

Simülasyon ölçümleri incelendiğinde türbülans akımlarının kinetik enerjileriyle yerçekilleri arasındaki bağlantı direkt olarak göze çarpmaktadır. Deniz üzerindeki hava akımları herhangi bir engele maruz kalmadığı için düşük kinetik enerjiye sahiptir ve laminar davranış gösterir. Yerçekillerinin aşılmasına bağlı olarak hava akımlarının türbülans kinetik enerjileri artmaktadır. Akarsu vadileri ve vadilere paralel uzanan tepelik alanlar, rüzgar yönüne dik yükseltiler hava akımlarının kinetik enerjilerini arttırmaktadır. Simülasyon üzerinde üç kuşak oluşturan kinetik enerji sahalarında yükselti ve engebenin yüksek olduğu alanlarda genel olarak kinetik enerji fazladır diyebiliriz ancak en yüksek kinetik enerji sahası şekil üzerinde üç kırmızı alan ile gösterilen Akkuyu nükleer inşaat sahasının kuzeyindeki tepelik alanın kuzey yamaçlarıdır. Bu durumun oluşması şu şekilde açıklanabilir. Deniz üzerinde gelen hava akımı herhangi bir engelle karşılaşmadığı için olabilecek maksimum hızdadır. Tepelik alanı aştığında meydana gelebilecek en yüksek enerjili türbülansı oluşturur. Rüzgar ilerledikçe daha kuzeydeki tepelik alanlarda da türbülans oluşturur ancak engebeleri aştıkça hızı azaldığı için kinetik enerjileri ilk türbülanstaki kadar fazla olmaz. Ayrıca kinetik enerjinin en fazla olduğu bu saha iki küçük vadinin kesişim noktasına denk gelmektedir. Dolayısıyla vadiler ve tepelik alanlar türbülanslara kinetik enerji kazandıran noktalardır.

Türbülans akımlarının kinetik enerjilerinin yüksek oluşu santralden çıkacak olan bulutsuların atmosferde seyrelmesini olumlu etkilemektedir. Simülasyona göre bulutsular kuzey yönüne doğru taşınırken enerjinin yüksek olduğu bu hava akımları tarafından yönlendirilecektir. Bu bakımdan santralden çıkan bulutsu rüzgar türbülansları aracılığıyla yukarıda bahsedilen yüksek enerjili sahalarda atmosfer içerisinde maksimum karışım ve seyrelmeye uğrayacaktır.

İnceburun ve Akkuyu sahalarının kinetik enerjileri karşılaştırılacak olursa rüzgar akışından kaynaklı basınç çizgisel değerlerinde olduğu gibi Akkuyu bölgesi daha yüksek değerler içermektedir. Bu durum sahada İnceburun'a göre daha arızalı bir arazi yapısının bulunmasıyla açıklanabilir.

Simülasyona Akkuyu'ya ait eddy akımlarının viskozite değerlerinin hesaplanması ile devam edilmiştir (Şekil 27).



Şekil 27. Akkuyu eddy viskozite değerleri

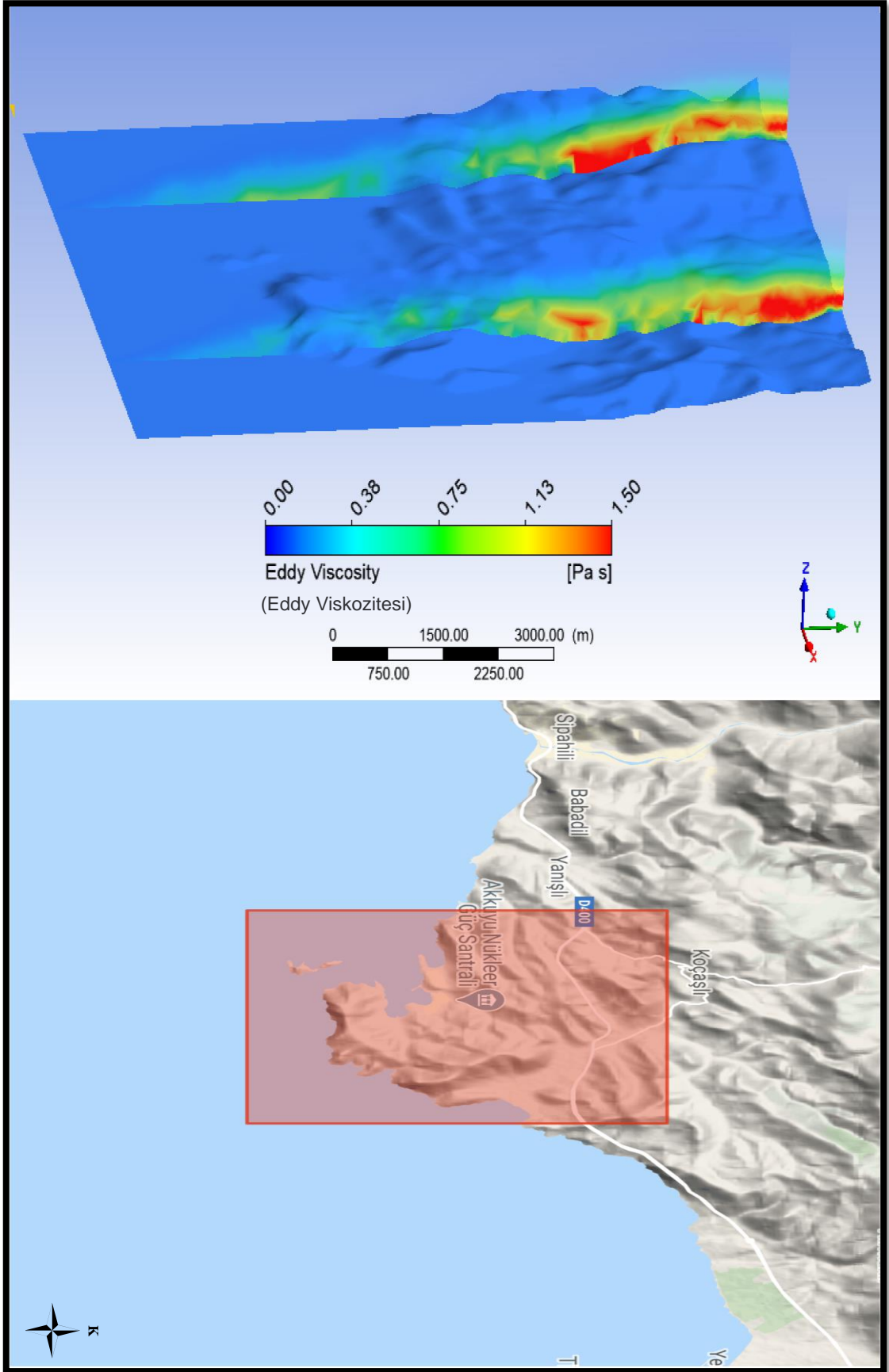
Akkuyu çevresinde eddy akımlarına ait viskozite değerleri arazi özelliğine bağlı olarak deniz kenarından iç kısımlara doğru artmaktadır. Denize yakın alanlarda sifira yakın viskozite değerleri iç kısımlarda 1.75 Pa/s değerine kadar çıkar. Bu durum yükseltisi artan arazinin hava akımları önünde engel oluşturmasıyla açıklanmaktadır. Arazinin hava akımlarına engel oluşturması demek santralden çıkan kirleticilerin dağılımı sırasında bulutsulara temas edecek kara yüzeyi anlamına gelmektedir. Bu bakımdan viskozitenin yüksek olduğu alanlar İnceburun sahasında olduğu gibi kuru depolanmaya maruz kalacak alanlardır.

Akkuyu'nun kuzeyinde bulunan engebeli yapı viskozitenin ilk olarak arttığı sahadır. Buralarda bulunan vadiler ve sonrasında arazi yükseltisinin daha da artması Koçaşlı'nın güneyinde viskoziteyi en yüksek değerlere ulaştırmıştır. Bu sahalardan Koçaşlı merkezine doğru yaklaştıkça arızalı yapının azalması eddy viskozite değerlerinin düşmesine sebep olmuştur. Batıda Yanışlı ve doğuda Büyükeceli çevresinde engebeye bağlı olarak viskozitenin arttığı alanlar dikkat çekmektedir.

Bu viskozite değerleri ışığında hakim rüzgar yönüne bağlı olarak Akkuyu nükleer güç santralinden çevreye salınan radyolojik maddeler GB-KD yönünde ilerleyerek ilk olarak yakın çevredeki engebeli araziler üzerinde depolanmaya başlayacak, oluşan rüzgarın kuvvetine göre taşınım devam edecektir. KD yönünde arazi, Silifke istikametinde hakim rüzgar yönüne dik olmayan 500-600 m yükseklikte tepelik alanlardan oluşmaktadır. Bu tepelik alanlar bulutsunun temasına imkan verecek ancak ilerlemesine mani olmayacaktır. Çünkü hakim rüzgar yönüne paralel bir uzanış sergilemektedirler. Depolanma bu tepelik alanlarda da devam edecektir.

Akkuyu ve İnceburun'a ait eddy viskozite değerleri karşılaştırıldığında ise Akkuyu'nun sahip olduğu değerler İnceburun'un iki katına kadar çıkmaktadır. Buradan şu sonuç çıkartılabilir. İnceburun'da bulutsu taşınımı arazi üzerinde fazla bir depolanmaya maruz kalmayarak rüzgar yönünde daha uzak mesafelere taşınabilecek; Akkuyu sahasında ise depolanma daha yüksek değerlerde olacaktır.

Simülasyonun son kısmında Akkuyu'ya ait eddy vizkozitesinin dikey değişimi hesaplanmıştır (Şekil 28).



Şekil 28. Akkuyu eddy viskozite dikey değişim değerleri

Daha önceki eddy akımı hesaplaması yüzey üzerindeki yani yeryüzüne paralel değişimi gösterirken, dikey eddy viskozitesine ait simülasyon Akkuyu arazisi üzerinde iki farklı alanda yerden yükseldikçe meydana gelen viskozite değişimini vurgulamaktadır. Alınan yüzeylerden daha batıda olanı Yanışlı'ya yakın; doğuda olan ise Büyükeceli istikametindedir. Doğu yönünde alınan dikey viskozite kesitinde sahilden Akkuyu güç santralının kuzeyine kadar olan sahada değerler 1 Pa/s'nin altındadır. Yani düşük değerler görülmektedir. Tepelik alanın kuzeyinde vadi birleşim alanında az olan viskozite engebeye bağlı olarak artar ve en kuzeyde Koçaşlı'nın doğusuna doğru en yüksek değer olan 1.5 Pa/s'ye ulaşır. Genel olarak viskozite değerleri yeryüzüne yakın alanlarda daha fazla iken yükselti arttıkça azalmaktadır. Çünkü eddy akımını engelleyecek topoğrafik engeller ortadan kalkmaktadır.

Batıda Yanışlı istikametinde yer alan dikey eddy kesiti incelendiğinde doğu kesitine nazaran eddy viskozitesi sahile yakın topoğrafya üzerinde daha düşüktür. Bu durum yükselti ve engebenin doğu kesite oranla daha az olmasıyla açıklanmaktadır. Kuzey yönünde ilerledikçe dikey eddy viskozite değerleri 1.5 Pa/s'ye yaklaşır.

Akkuyu sahasına ait simülasyonlar incelendiğinde genel olarak arazi yapısının kıyıdan itibaren engebeli ve yüksek olduğu, bu durumun rüzgar akışından kaynaklı basınç değerlerini, türbülans kinetik enerji miktarını ve eddy akım viskozitesini arttırdığı görülür. Yani deniz üzerinden gelen rüzgarlar sürekli engellerle karşılaşmakta zaman zaman türbülanslar oluşturmakta, iç kısımlara doğru ise hızları azalmaktadır. Küçük vadiler boyunca kanalize olan rüzgarlar deniz kaynaklı akımı iç kısımlara taşıyabilmektedir. Bu fiziki özelliklere bağlı olarak nükleer santralden çıkan bulutsular Akkuyu çevresinde İnceburun'da olduğu kadar laminar bir akış ihtimaline sahip görülmemektedir. Bulutsuların tepelik alanlarda yeryüzü ile teması ve vadiler boyunca kanalize olarak taşınması, vadi ve tepelik alanlarda türbülanslar yardımıyla seyrelmesi daha muhtemeldir. Arazi ile temas depolanmaya sebep olsa da topoğrafik çeşitlilikten kaynaklı türbülansların bulutsuların atmosferdeki seyrelmesini olumlu etkileyeceği düşünülmektedir.

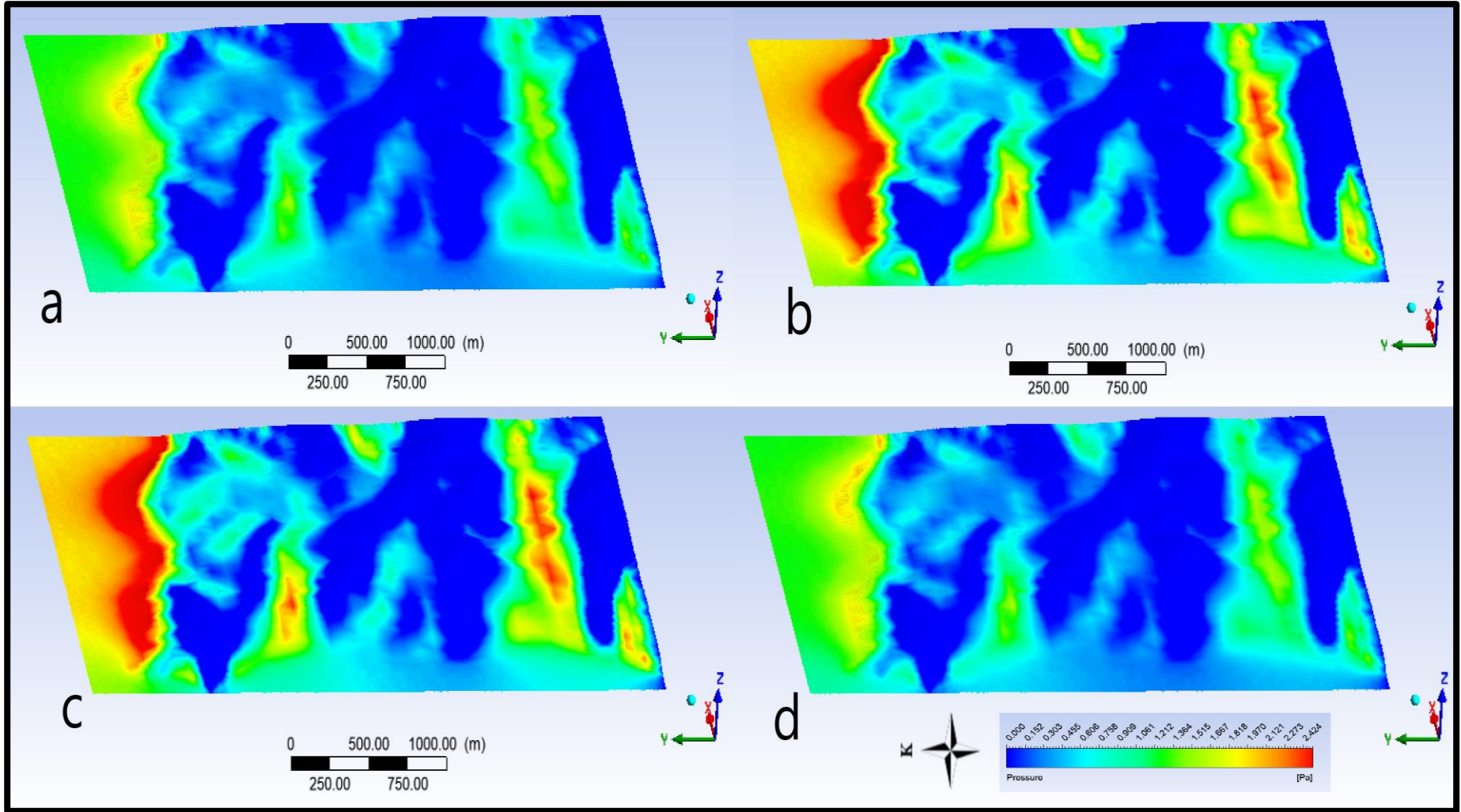
Genel olarak İnceburun sahası laminar akışla bulutsu dağılımını sağlayacakken, Akkuyu bölgesi ise türbülansif hareketlere daha yatkındır.

Araştırma sahalarına ait yıllık ortalama rüzgar hızı ve yönü kullanılarak yapılan analizlere ek olarak her iki çalışma sahasının mevsimlik sonuçlarını da gösterebilmek amacıyla mevsimsel veriler kullanılarak analiz sonuçları desteklenmiştir. İnceburun ve Akkuyu çevresinde hakim rüzgar yönü mevsimler arasında değişiklik göstermemektedir. Yıllık ortalama olduğu gibi İnceburun için KD, Akkuyu için GB hakim rüzgar yönü bütün mevsimlerde de aynıdır. İnceburun için Sinop'un 3.6 m/s, Akkuyu için Silifke'ye ait 2.2 m/s rüzgar hızı yıllık ortalama değerlere ait analizlerde kullanılmıştır. Mevsimlik analizler için ise İnceburun'da sonbahar ve yaz 3.2 m/s, ilkbahar 3.7 m/s, kış ise 4 m/s ortalama değere sahiptir. Akkuyu'da ise sonbaharda 2.2 m/s, kışta 2.8 m/s, ilkbaharda 2 m/s, yazda ise 1.8 m/s'lik mevsimsel rüzgar hızı ortalamaları görülür. Mevsimlik analizlerde bu ortalama değerler kullanılmıştır.

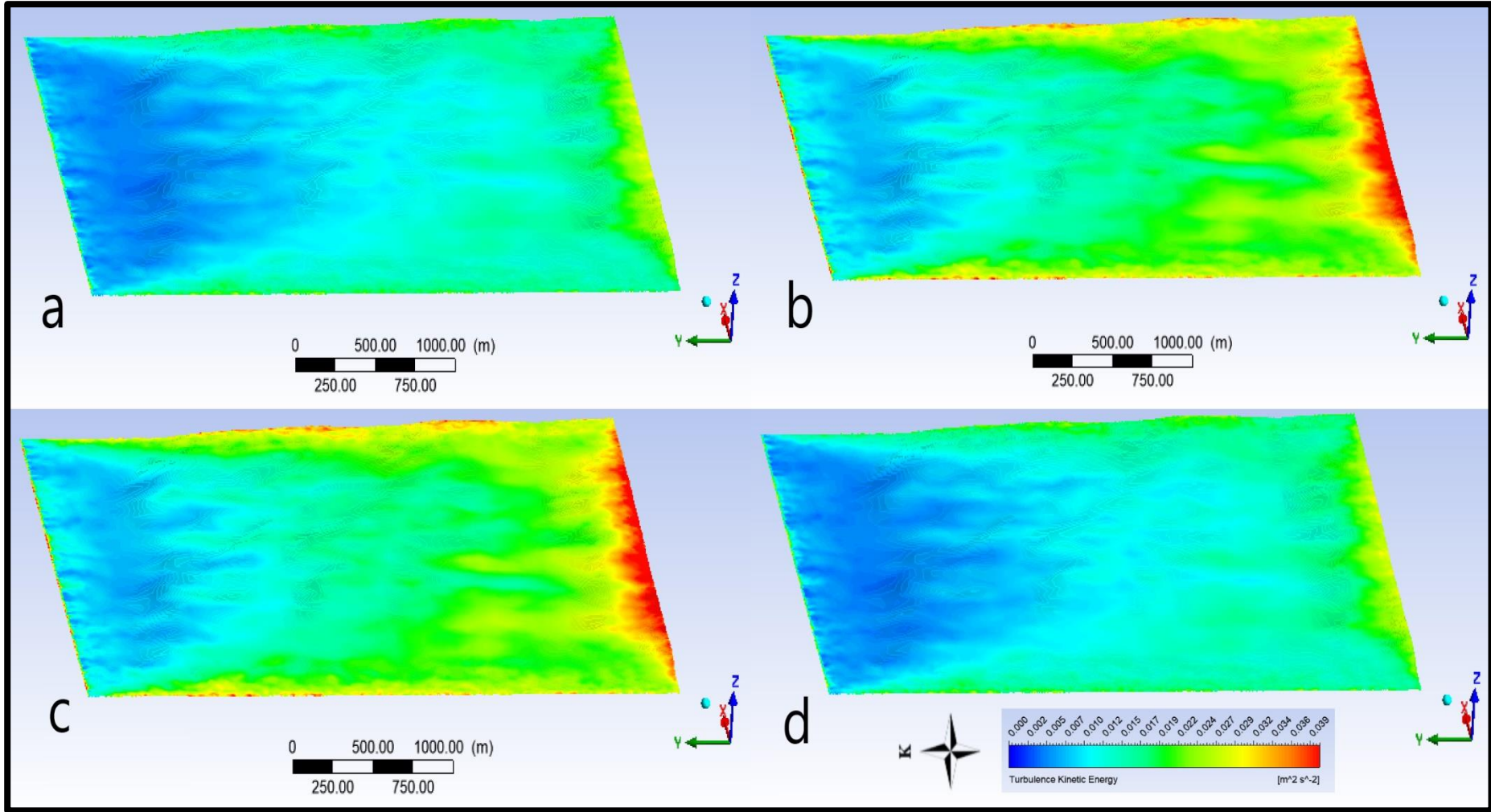
Mevsimlik analizlerde yıllık ortalama sonuçlardan çok fazla bir fark bulunmamakla birlikte; İnceburun çevresinde sonbahar ve yaz mevsimlerinde rüzgar akışından kaynaklı basınç çizgisel değerleri incelendiğinde yıllık ortalamadan daha düşük değerler görülmektedir. Kış ve ilkbahar mevsimlerinde artan rüzgar hızı sahildeki kayalık alanlarda ve iç kesimlerdeki engebeli arazilerde basınç değerini 2 Pa'nın üzerine çıkarmaktadır(Şekil 29).

Türbülans akımlarından kaynaklı kinetik enerji dağılımı incelendiğinde engebenin az olmasına bağlı olarak yıllık ortalama düşük olan değerler mevsimler arasında da fazla değişiklik göstermemektedir. Ancak kış en fazla değere sahiptir. İlkbahar en fazla kinetik enerji değerine sahip ikinci mevsim iken, sonbahar ve yaz mevsiminde değerler son derece düşüktür. Arazi özelliğine bağlı olarak oluşan üç kuşaklı yapı mevsimlik analizlerde de hemen hemen ortaya çıkmaktadır(Şekil 30).

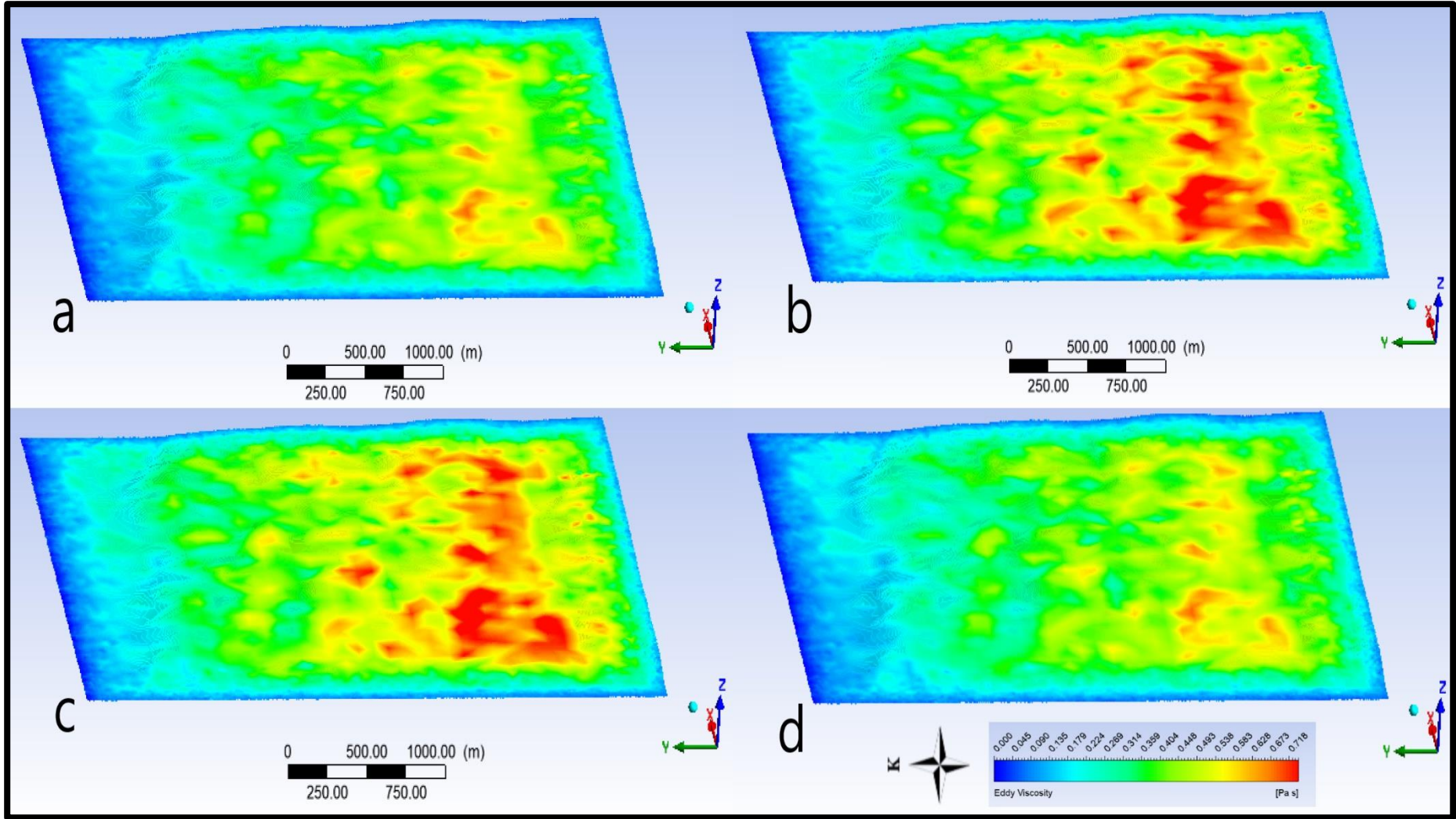
İnceburun'a ait hesaplaması yapılan son mevsimlik analiz eddy viskozite değerleridir. Kıyıda iç kesimlere doğru eddy viskozite değerleri engebeye bağlı olarak artmaktadır. Yine kış ve ilkbahar en yüksek değerlere sahipken, sonbahar ve yaz mevsiminde değerler düşmektedir(Şekil 31). Genel olarak bakıldığında tüm mevsimlik hesaplamalarda sonbahar ve yaz mevsiminin rüzgar hızları aynı olduğu için çıkan değerleri de aynıdır. Ayrıca bu değerler yıllık ortalama analiz değerlerinin altındadır. Kış ve ilkbaharda ise yıllık ortalamadan daha yüksek değerler görülmektedir. Yine kış mevsimi en yüksek rüzgar hızına sahip olduğu için mevsimlik analizler içerisinde en yüksek değerleri göstermektedir.



Şekil 29. İnceburun rüzgar akışından kaynaklı mevsimlik basınç çizgisel değerleri. (a) Sonbahar, (b) Kış, (c) İlkbahar, (d) Yaz.



Şekil 30. İnceburun türbülans akımlarının mevsimlik kinetik enerji dağılımı. (a) Sonbahar, (b) Kış, (c) İlkbahar, (d) Yaz.



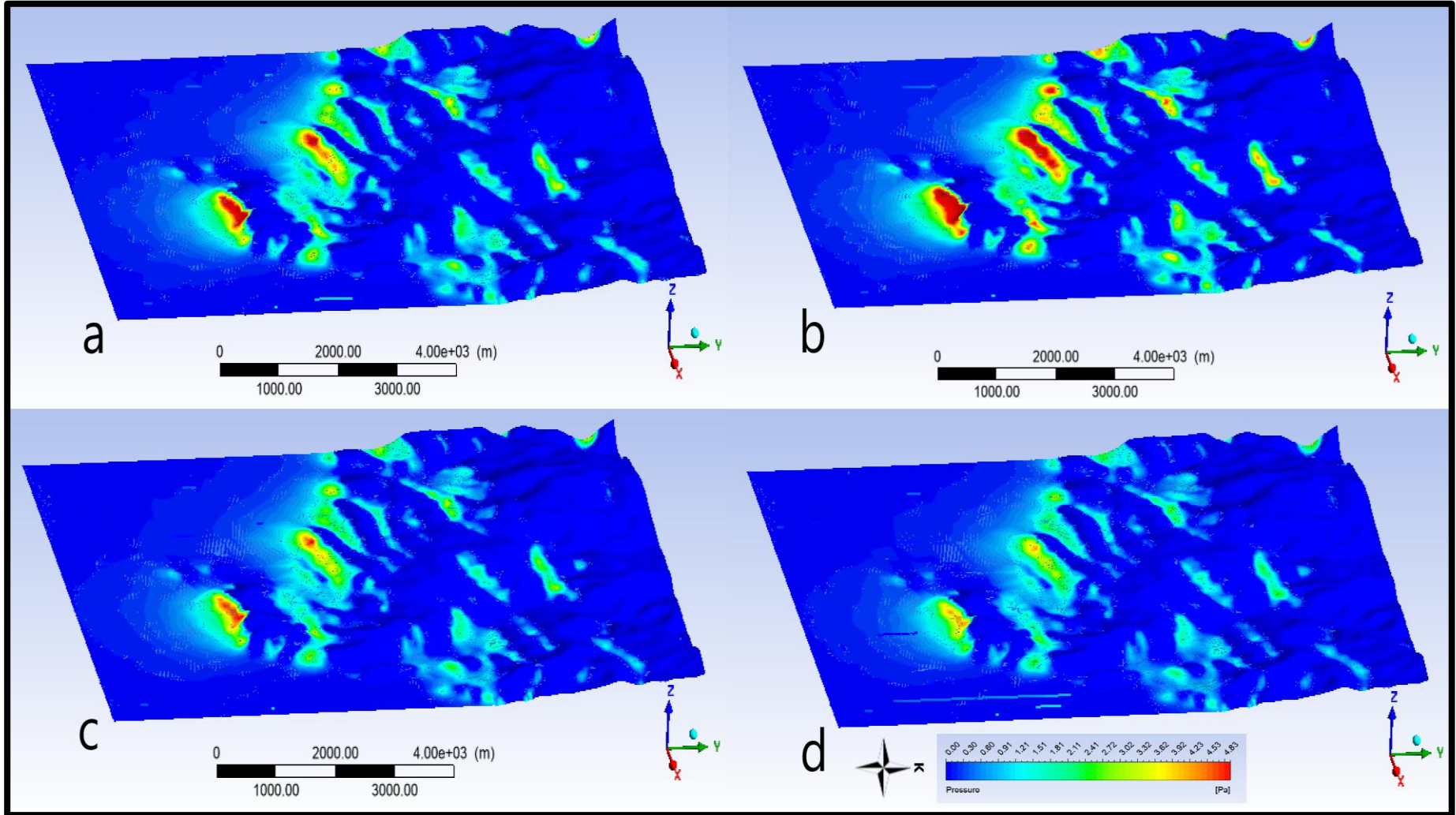
Şekil 31. İnceburun mevsimlik eddy viskozite değerleri. (a) Sonbahar, (b) Kış, (c) İlkbahar, (d) Yaz.

Akkuyu çevresinde mevsimlik analizlere bakıldığında İnceburun'a kıyasla daha yüksek değerlerin ortaya çıktığı görülmektedir. Bu, sahanın engebesinin fazla olmasıyla alakalıdır. Yine İnceburun'da olduğu gibi kış mevsimi en yüksek analiz değerlerine sahiptir.

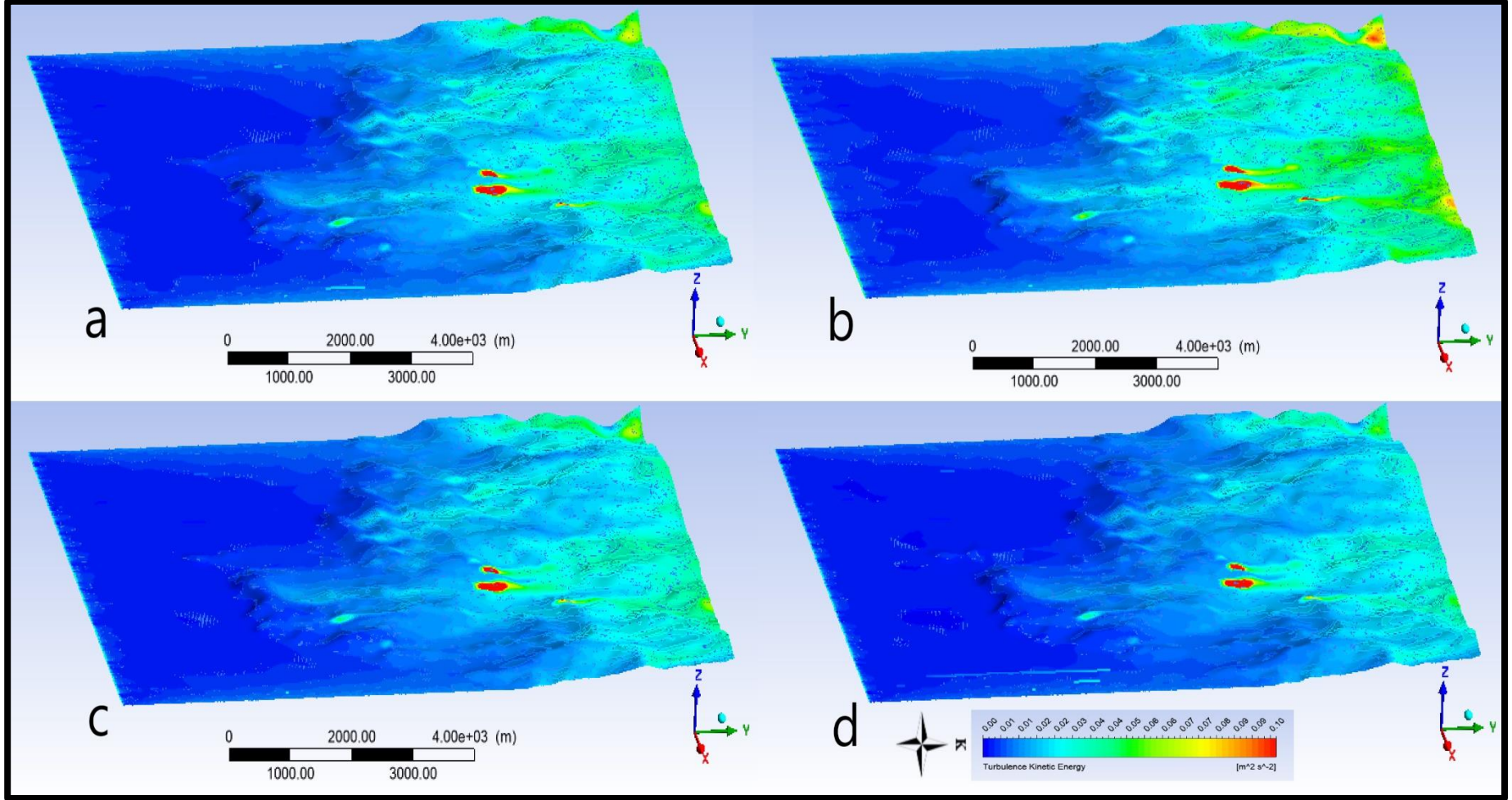
Akkuyu'ya ait rüzgar akışından kaynaklı basınç çizgisel değerleri incelendiğinde sonbahar mevsiminde değerlerin yıllık ortalama ile aynı olduğu görülür. Bu durum sonbaharın ortalama rüzgar hızının yıllık ortalama rüzgar hızıyla aynı olmasıyla alakalıdır. Yıllık ortalama değerlere göre yapılan analizlerde denize yakın dağların güney yamaçlarında 5 Pa'ya kadar yükselen basınç değerleri ortalama rüzgar hızının 1.8 m/s'ye düştüğü yaz mevsiminde 3-4 Pa arasındadır. Kış mevsiminde artan rüzgar hızı basınç değerlerini tekrar yüksek seviyelere çıkarmaktadır. Arazinin çoğunluğunda basınç değerleri bütün mevsimlerde yıllık ortalama analizlerde olduğu gibi 0-2 Pa arasında değere sahiptir(Şekil 32).

Türbülans akımlarının kinetik enerjileri incelendiğinde yaz mevsiminde akımların son derece düşük enerjili olduğu göze çarpmaktadır. Sonbaharda yıllık ortalama ile aynı değerlere sahip akımların kış mevsiminde enerjileri en yüksek değerlere ulaşmaktadır. Bütün mevsimlerde akarsu vadileri, rüzgarın hızla alçaldığı tepelik sahaların yamaçları en yüksek değerlere sahip alanlardır. Ayrıca Akkuyu nükleer enerji santralının kuzeyindeki tepeler ve burada iki vadinin kesişim sahasında bulunan alan yıllık ortalama ile olduğu gibi en yüksek enerji değerine sahiptir. Bütün mevsim analizlerinde iki kırmızı nokta ile gösterilen alan vadilerin kesişim sahasına ve uzanış doğrultularına denk gelmektedir(Şekil 33).

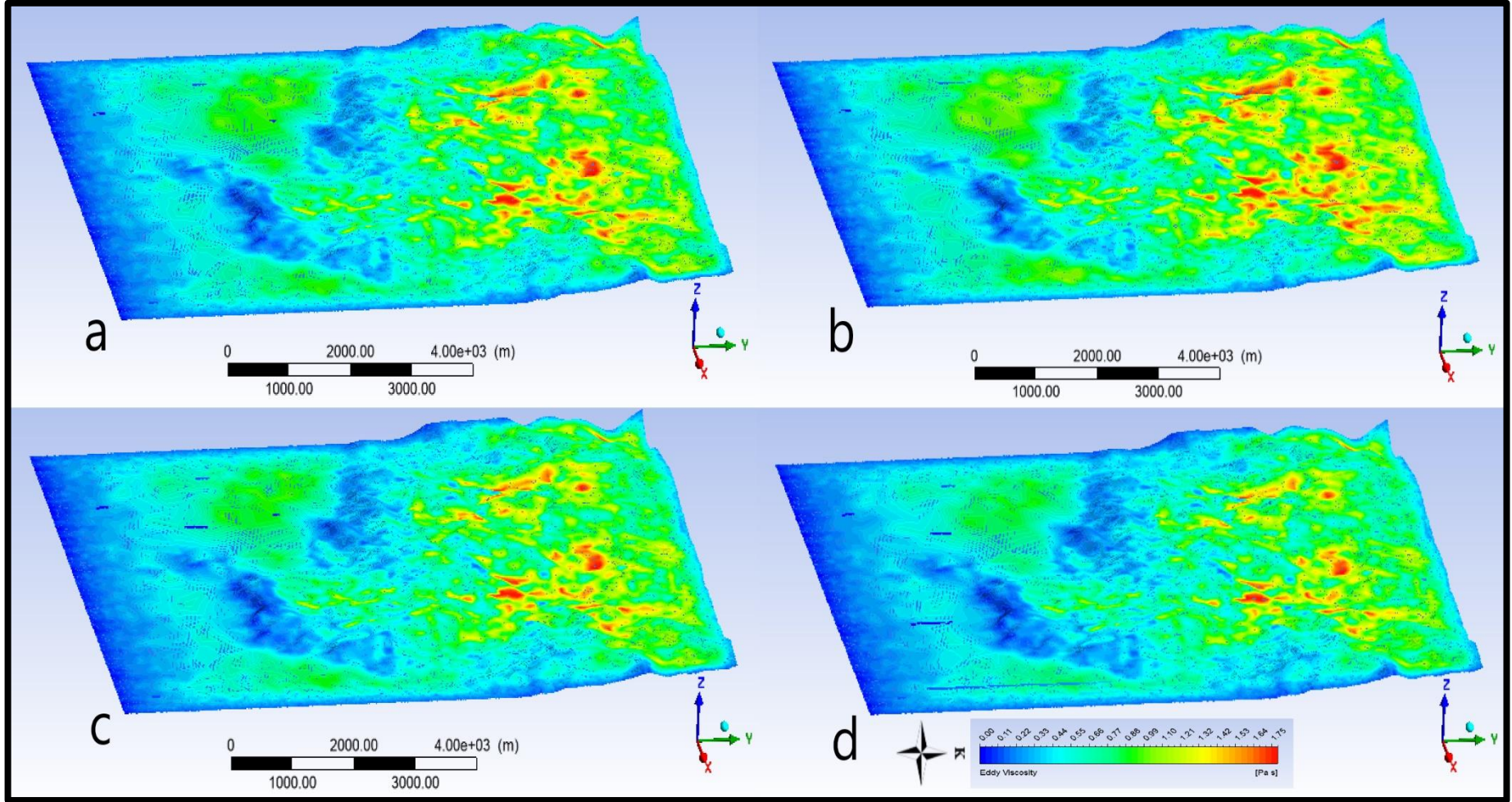
Son olarak eddy akımlarının viskozite değerlerine bakılacak olursa kıyıda itibaren engebenin artmasına bağlı olarak viskozite değerleri de artış göstermektedir. Yaz ve ilkbahar mevsimlerinde daha düşük olan viskozite değerleri sonbahar ve kış mevsiminde artmaktadır. Yıllık ortalama değerler ile yapılan analizlerde 1.75 Pa/s'ye ulaşan viskozite değerlerine bütün mevsimlerde ulaşılmaktadır. Rüzgarın esiş hızının arttığı kış mevsiminde daha geniş alanlarda bu değere ulaşılır(Şekil 34). Viskozite değerleri santralden çıkacak olan bulutsuların temas edeceği yüzeyleri ifade ettiği için kuru ya da ıslak depolanma değerlerin arttığı kış mevsiminde en yüksek seviyeye ulaşacaktır. Bu depolanmada Akkuyu çevresinde kış mevsiminde yoğunlaşan yağışlarında etkisi olacaktır.



Şekil 32. Akkuyu rüzgar akışından kaynaklı mevsimlik basınç çizgisel değerleri. (a) Sonbahar, (b) Kış, (c) İlkbahar, (d) Yaz.



Şekil 33. Akkuyu türbülans akımlarının mevsimlik kinetik enerji dağılımı. (a) Sonbahar, (b) Kış, (c) İlkbahar, (d) Yaz.



Şekil 34. Akkuyu mevsimlik eddy viskozite değerleri. (a) Sonbahar, (b) Kış, (c) İlkbahar, (d) Yaz.

5.1.3. Atmosferik Kararlılık Kriterlerinin Karşılaştırılması

Atmosfer kararlılığı hava kütlelerinin dikey hareketini belirlediği için hem hava olaylarının oluşumunda hem de havayı kirleten çeşitli partiküllerin dağılımında etkili olan temel faktördür. Geliştirilen atmosfer kararlılık indeksleri genel olarak atmosferdeki sıcaklığın dikey değişimine dayanmaktadır. Hava kütlelerinin yükselme şartlarına dayanan parsel metodu ya da diğer uygulamalarda hava kütlelerinin sıcaklığı, onu çevreleyen atmosferin sıcaklığı, hava kütlelerinin nemli ya da kuru oluşu, yükseldikçe kaybedilen sıcaklık değeri baz alınarak kararlılık şartları tespit edilmeye çalışılmıştır. Çünkü hava kütlelerinin yükselmesini yerçekimi, basınç gradyan kuvveti ve sıcaklık özellikleri belirler. Bu noktada sıcaklık değişimi, basınç gradyan kuvvetini de etkileyeceği için atmosfer kararlılığında dikkat edilen temel etken olmaktadır. Özellikle sıcaklığın belirli yüksekliklerde görülen basınç değerleri altındaki miktarı, kararlılık indekslerinin oluşturulmasını sağlamaktadır. Örneğin 850 hPa (1500 m), 700 hPa (3000 m), 500 hPa (5500 m)'daki sıcaklık değerleri ölçülmektedir. 1500 metre, çiy noktası (yoğunlaşmanın başladığı seviye) ve ülkemizdeki sınır tabakasının yaklaşık tavan seviyesi olarak kabul edildiği için (1500-2000 m) bu yükseltideki şartlar önemlidir. Atmosferdeki dikey sıcaklık ve basınç değerleri ise radiosonde rasatlarından elde edilmektedir.

Bugüne kadar geliştirilen kararlılık indekslerinin çoğu tropikal sahalardaki şiddetli yağış ve fırtınaların tahmini için kullanılmaktadır. Oluşan konvektif akımın dikey yükselme kapasitesi ve meydana getireceği yağış ya da fırtına ihtimaline odaklanmaktadır. Hava hareketlerinin tahmini için gerekli olsa da nükleer kirliliğin dağılımında tam olarak doğru sonucu vermeyebilir. Çünkü nükleer santrallerin baca yüksekliği yaklaşık 50-60 m civarındadır. Bu yükseklik çevresindeki dikey sıcaklık değişimi, basınç ve rüzgar şartları gaz dağılımında daha belirleyicidir. Nitekim nükleer santrallere ait çevre raporlarında 10 m-100 m ve 60 m-100 m arasındaki sıcaklık, rüzgar değişimleri dikkate alınarak kirleticinin atmosferdeki yükselimi tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Baz alınan değerler sınır tabakası ikliminin tavan yükseltisi olan 1500-2000 m'lere kadar çıkarılabilir. Ancak 3000 ya da 5500 m'ye kirleticilerle ulaşması ilk etapta mümkün olmadığı için bu indekslerin nükleer kirlilik için kullanılması pek uygun olmaz. Pasquill-Gifford hava kararlılık indeksi, nükleer santraller için en fazla tercih edilen hava kararlılık kriteridir. Güneş radyasyonu, rüzgar

hızı ve bulutluluk değerlerine göre hava kararlılığını tespit etmeye çalışmaktadır. İçerisinde birden fazla parametre barındırması tercih edilme sebeplerindedir.

Kararlılık indekslerinden Showalter indeksinde (1953), 500 hPa (5500 m) seviyesindeki atmosfer sıcaklığından (T), 850 hPa seviyesinden bu basınç seviyesine yükselen parselin sıcaklığı (Tp) çıkarılır. Bu indeks, şiddetli olmayan yağışlar ve fırtınaların tespiti için kullanılmaktadır. 850 hPa değerinden daha üst seviyelerdeki dikey atmosfer hareketini tespit etmeye çalışır. Negatif değerler kararsızlığa ve şiddetli fırtınalara işaret ederken, artı değerler şiddetli olmayan yağışlı havayı göstermektedir.

$$\text{Showalter İndeks} = T_{500} - T_{p500}$$

Showalter indeksi 850 hPa'daki nem seviyesine bağlı olarak hesaplama yaptığı için Curtis ve Panofsky 1958'de düzeltilmiş bir Showalter indeksi geliştirdiler. 850 hPa üzerindeki nem karışımı ve konvektif hareketin daha doğru tespitini amaçladılar. 500 hPa seviyesindeki sıcaklıktan bu seviyeye yükselen parselin sıcaklığını çıkardılar. Yılın belirli zamanlarında, özellikle yaz aylarındaki Amerika'da görülen konvektif hareketlerin tespitinde normal Showalter indeksine göre daha başarılı oldular.

Hovanec ve Horn 1975 yılında Colorado'da yaptıkları çalışmalarda yüksek seviyeli rawinsonde rasatlarından yararlanarak Showalter indeksini araştırmalarına göre Curtis ve Panofsky'den sonra ikinci defa düzenlediler. 300 hPa seviyesindeki atmosfer sıcaklığından (T), bu seviyeye yükselen parselin sıcaklığını (Tp) çıkardılar.

$$\text{Düzeltilmiş Showalter} = T_{300} - T_{p300}$$

K indeksi (George 1960), kararlılığı belirlerken 850 hPa ve 500 hPa seviyesindeki hava sıcaklığı, 850 hPa'ya yükselen havanın çiy noktası sıcaklığı (Td); 700 hPa sıcaklığı ve 700 hPa'daki çiy noktası sıcaklığını kullanmaktadır. Bu indekste fırtınaların oluşumunu tespit etmek için geliştirilmiştir.

$$\text{K İndeks} = (T_{850} - T_{500}) + Td_{850} - (T_{700} - Td_{700})$$

Düzeltilmiş K indeksi, 1977 yılında Charba tarafından geliştirilmiştir. 2 ve 6 saat arasında gelişen fırtınaları tespit amaçlıdır. Yer yüzeyinin sıcaklığı (T) ve yeryüzeyine ait çiy noktası sıcaklığını (Td) hesaplamanın içine dahil etmektedir.

Ayrıca 500 hPa ve 700 hPa sıcaklığı, 700 hPa'ya ait çiy noktası sıcaklığında hesaplamanın içerisinde yer almaktadır.

$$\text{Düzeltilmiş K İndeksi} = (T - T_{500}) + Td - (T_{700} - Td_{700})$$

Rackliff kararlılık indeksi (1962), İngiliz adaları ve ona yakın batı Avrupa karaları için geliştirilmiştir. 900 hPa'daki ıslak hazne sıcaklığı (Θ_w) ve 500 hPa'daki atmosfer sıcaklığını kullanır. Kuru ve nemli adyabatik süreçler hesaplamada etkilidir.

$$\text{Rackliff İndeksi} = \Theta_{w900} - T_{500}$$

Jefferson indeksi (1963,1966), Rackliff indeksine benzemekle birlikte onun biraz daha geliştirilmiş halidir. Avrupa ve Akdeniz üzerinde oluşacak fırtınaların tespiti için kullanılmaktadır. Belirli basınç değeri altındaki hava sıcaklıkları, ıslak hazne (Θ_w) ve çiy noktası sıcaklıkları (Td) kullanılarak kararlılık ölçümü yapılmaktadır. Kritere düzeltme katsayısı (1.6) ve değişim sabitesi (0.5) eklenmiştir.

$$\text{Jefferson İndeksi} = 1.6\Theta_{w850} - T_{500} - 0.5(T_{700} - Td_{700})$$

Adedokun indeksi (1981,1982), genel olarak Showalter indeksine benzemektedir. İntertropikal bölgedeki hava kararlılık koşulları ve batı Afrika'daki yağış ihtimallerinin tahmini için geliştirilmiştir. Belirli basınç seviyelerindeki ıslak hazne sıcaklığı (Θ_w) ve eşdeğer potansiyel sıcaklık (Θ_s) kararlılık ölçümünde kullanılmaktadır. İki farklı türü bulunur ve tespit edilmek istenilen meteorolojik duruma göre kullanılır.

$$\text{Adedokun}_1 = \Theta_{w850} - \Theta_{s850}$$

$$\text{Adedokun}_2 = \Theta_{sf_c} - \Theta_{s500}$$

Bu indekslerin dışında ayrıca daha şiddetli fırtına ve kasırgaların tahmini için kararlılık indeksleri geliştirilmiştir. Lifted indeksi, kronolojik olarak Galway 1956; Prosser ve Foster 1966; Sadowski ve Rieck 1977 yıllarındaki katkılarıyla geliştirilen ve diğer indekslerde olduğu gibi atmosferin dikey sıcaklık dağılışına dayanan bir indekstir. Atmosferdeki gizli kararsızlıkların tespiti için geliştirilmiştir. Böylece Amerika Birleşik Devletleri'nde oluşacak şiddetli fırtınaların öngörülmesi amaçlanmaktadır. İndeksin ilk halinde 500 hPa'daki atmosfer (T) ve parsel (T_p) sıcaklıkları kullanılırken, daha sonra geliştirilen hallerinde 100 hPa ve 50 hPa'daki

sıcaklıklar kullanılarak ani gelişen konvektif akımlar tespit edilmeye çalışılmıştır.
Lifted İndeks = $T_{500} - Tp_{500}$

Vertical, Cross ve Total Totals İndeksinde (Miller 1967), çiy noktası sıcaklığı (Td) ve belirli basınç değerlerine ait atmosfer sıcaklıkları (T) kararlılığın belirlenmesi için kullanılmaktadır. Vertical ve Cross değerleri birleşerek Total Totals indeksini oluşturur.

$$Vertical = T_{850} - T_{500}$$

$$Cross = Td_{850} - T_{500}$$

$$Total Totals = Vertical + Cross + Td_{850} - 2T_{500}$$

Düzeltilmiş Total Totals indeksi (Charba 1977), bahar ve yaz fırtınaları için geliştirilmiştir ve birkaç saatlik atmosfer gelişimini inceler. Bu nedenle K indeksine benzemektedir.

$$Düzeltilmiş Total Totals İndeks = T + Td - 2T_{500}$$

Total enerji indeksi (Darkow 1968), atmosferde belirli seviyelerde biriken statik potansiyel ve gizli enerjiyi (ET) baz alarak kararlılık kriteri oluşturmaktadır. Statik enerji yoğunluğunda havanın kararsızlığa doğru yöneleceğini savunmaktadır.
Total Enerji İndeksi = $ET_{500} - ET_{850}$

Potansiyel ıslak hazne indeksi (David ve Smith 1971; Bradbury 1977; Pickup 1982), ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri'nin doğu kıyılarındaki fırtınalar için David ve Smith tarafından geliştirildi. Daha sonra Bradbury ve Pickup bu indeksi İngiliz adaları ve Avrupa için kullandılar. İndeks 850 ve 500 hPa basınç değerleri arasındaki kararsızlığı tespit etmeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla bu seviyelerdeki ıslak hazne sıcaklığını (Θ_w) kararsızlığın tespiti için kullanır.
Potansiyel Islak Hazne İndeksi = $\Theta_w_{500} - \Theta_w_{850}$

Severe Weather Threat indeksi (Bidner 1970, Miller 1971,1972), diğer indekslerden farklı olarak rüzgar yönü ve hızını kararlılığı ölçmek için kullanılmaktadır. Ayrıca hesaplamada Total Totals indeksinde bir bağıllık bulunmaktadır.

$$Severe Weather İndeks = 12Td_{850} + 20(TT - 49) + 2f_{850} + f_{500} + 125(S + 0.2)$$

Formülde Td çiy noktası sıcaklığını, TT Total Totals indeksi sonucunu, f rüzgar hızını (mil/saat), S 850 hPa ve 500 hPa basınçları arasındaki rüzgar yönü farkının sinüsünü temsil etmektedir.

Konvektif İndekste (Barber 1975), atmosferin yeryüzü ile 100, 500, 600 hPa basınç altındaki eşdeğer potansiyel sıcaklıkları (Θ_e) dikkate alınmaktadır. Oluşacak konvektif hareket ve atmosfer kararlılığının tespiti indeksin genel amacıdır.

$$\text{Konvektif İndeks} = \Theta_{e_{\text{lowest}}} + \Theta_{e_{600-500}}$$

İndekste $\Theta_{e_{\text{lowest}}}$ yer ile 100 hPa arasındaki dilimin eşdeğer potansiyel sıcaklığını ifade eder. Diğer parametre 600 ve 500 hPa'daki eşdeğer potansiyel sıcaklık farkıdır.

Martin indeksinde, kararlılık için 850 hPa'daki atmosfer sıcaklığı ve bu noktaya çıkarılan parselin sıcaklığı kullanılmaktadır.

$$\text{Martin İndeks} = T_{850} - T_{p_{850}}$$

Miller indeksi (Miller 1957), belirli basınç seviyelerindeki sıcaklıkları ve bu sıcaklıkların gradyanlarını kullanarak kararlılığı tespit etmeye çalışmaktadır.

$$\text{Miller İndeksi} = (T_{850} - T_{500}) - 18.5 + 0.3T_{500}$$

Formülde verilen 18.5 sayısı 850 hPa ve 500 hPa arasındaki sıcaklık gradyanını, 0.3 ise 500 hPa'daki sıcaklık değişim katsayısını ifade eder (Peppler, 1988; Sarı, 1993).

Buraya kadar incelenen kararlılık kriterlerinin hemen hemen hepsinde atmosferin yüksek seviyelerinde görülen dikey sıcaklık değişimine bağlı olarak sonuca gidilmektedir. Severe Weather Threat indeksinde belirgin olarak rüzgarın etkisi dikkate alınmaktadır. Bu indekslerin çoğunluğu Amerika Birleşik Devletleri ve bazıları da Avrupa Kıtası'nda görülen fırtına ve şiddetli yağış gibi hava olaylarının tespitini amaçlamaktadır. Nükleer kirlilikte zeminin özelliği, sınır tabakası, karışım yüksekliği, yeryüzüne yakın alanlardaki sıcaklığın dikey dağılışı daha önemlidir. Bu açıdan bakıldığında buraya kadar anlatılan kararlılık indekslerinin nükleer kirlilikte kullanılması pek uygun olmayacaktır. Kirliliği oluşturan maddelerin dağılımı için atmosferik bir türbülansa yani karışıma ihtiyaç vardır. Bu türbülans mekanik ya da termal kökenli oluşabilmektedir (Panofsky ve Dutton, 1984). Termal kökenli karışım için sıcaklığın dikey dağılışı yani konvektif hareketler etkili olurken; mekanik türbülansla hava akımları yani rüzgarlar etkili olmaktadır. Pasquill ve Gifford'un

(1961) geliştirdiği hava kararlılığı sınıflandırmasında yeryüzüne yakın alanların rüzgar hızı, gündüz güneş radyasyonu ve gece boyunca ölçülen bulut örtüsü kararlılığın tespitinde kullanılmaktadır. Her türlü atmosfer kirliliğinin belirlenmesi ve dağılıımının tespitinde sınır tabakası fiziği, yüzeyin enerji bütçesi ve özellikleri dikkate alınmak zorundadır. Bu nedenle günümüzde atmosfer kirliliğine yol açan fabrika ve santral atıklarının dağılıımının öngörülmesinde aşağıda verilen Pasquill ve Gifford'a ait hava kararlılık indeksi yaygın olarak kullanılmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. Pasquill-Gifford Hava Kararlılık Sınıflandırması

Yer Seviyesinde (10 m'de) Rüzgar Hızı (m/sn)	Gündüz			Gece	
	Güneş Radyasyonu			Bulutluluk	
	Kuvvetli	Orta	Zayıf	$\geq 4/8$	$\leq 3/8$
<2	A	A-B	B	E	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

A: Çok Kararsız B: Orta Derecede Kararsız C: Az Kararsız D: Nötr
E: Orta Derecede Kararlı F: Çok Kararlı

5.1.4. Yeni Kararlılık Yaklaşımı

Atmosferin kararlılık özelliği dikey yöndeki hava akımlarının gelişimini belirleyen temel faktördür. Kararsız havalarda atmosferde dikey karışımlar kolay gerçekteşip, kirleticiler bulutsuların seyrelmesi (dispersiyon) hızlanırken; kararlı atmosfer koşullarında seyrelme minimum düzeye inmektedir. Yeni bir kararlılık yaklaşımından önce atmosferin kirlenmesine sebep olan nükleer santral bacalarından, diğer termik enerji santrallerinden ya da fabrikalardan atmosfere bırakılan kirleticilerin özelliklerine ve dağılış davranışlarına odaklanmak gerekir. Herhangi bir santral ya da fabrikadan atmosfere gaz ve katı unsurlardan (aerosol) oluşan kirleticiler salınır. Hava hareketleriyle bu kirleticilerin atmosferde dağılıımı ve taşınımı söz konusudur. Atmosfere salınan radyoaktif maddeler nükleer santrallerin çalışma anında meydana gelen kontrollü veya kontrolsüz salınımlardan, nükleer santral kazalarından, nükleer

silah denemelerinden, nükleer yakıt çevrimi sırasında meydana gelebilecek istenmeyen durumlardan kaynaklanabilir.

Normal şartlarda nükleer bacalardan atmosfere salınan gazlar ve aerosollerden oluşan bulutsu, atmosfer şartlarına ve rüzgar durumuna göre seyrelmeye ve dağılmaya başlar. Bulutsunun dağılımını sağlayan temelde bir kaç mekanizma vardır. Örneğin bulutsu bir yağmur bulutunun altından geçerken özellikle aerosoller yağmur damlaları yardımıyla toprağa taşınır. Bu taşınımına rainout denir. Bu durum bulutsudaki radyoaktif madde miktarını azaltan fakat buna karşılık topraktaki radyoaktiviteyi arttıran bir faktördür. Washout denilen azalım mekanizmasında bulutsudaki radyoaktif partiküller bulut içine karışarak yoğunlaşma sıcaklık şartlarına göre yağmur veya kar gibi yoğunlaşma ürünlerine dönerek yeryüzüne düşer. Atmosferde meydana gelen eddie akımları denilen, yönelimleri ve oluşumları tam olarak kestirilemeyen türbülanslarda bulutsunun seyrelmesi üzerinde etkilidir. Son olarak iyice atmosfere yayılan bulutsu bir noktada yeryüzü ile temas eder. Bu durumda dry deposition denilen radyoaktif maddelerin toprağa geçişi gerçekleşir. Genel olarak atmosfere herhangi bir kirleticiden salınan bulutsuların dağılım mekanizmaları bu şekildedir. Ancak bulutsuların hareketinde ve dağılımında atmosfer kararlılığı ile birlikte sınır tabakası iklimi de etkili olmaktadır (Till ve Meyer 1983).

Atmosfere salınan kirleticilerin dağılımı normal şartlarda 100 m'den itibaren gerçekleşmektedir. Nükleer santrallerin baca yüksekliği genel olarak 50-60 m civarındadır. Bacadan salınan bulutsu sahip olduğu sıcaklığa bağlı olarak yaklaşık 100 m civarında bulunan efektif yayılma yüksekliğine kadar fazla bir dağılıma uğramadan yükselir. Bu noktadan itibaren kirleticinin dağılımı gezegensel sınır tabakası ve onun içerisindeki atmosferik kararlılık şartlarına bağlıdır. Önceki bölümlerde anlatıldığı üzere gezegensel sınır tabakası yüksekliği dünya üzerinde yerel şartlara bağlı olarak yaklaşık 200-3000 m'ler arasında değişmektedir. Sınır tabakasında temel olarak atmosferdeki dikey karışımın önemli ölçüde azaldığı yükseklik baz alınmaktadır. Ülkemizde bu sınır kabaca 1500-2000 m'ye kadar çıkar (Culverwell, 2016). Sınır tabakasının yüksekliğini ve kirleticilerin dağılımını yine önemli ölçüde havanın kararlılık şartları belirler. Salınan bulutsunun yükselmeye devam etmesi her zaman onu çevreleyen atmosferden daha sıcak olmasına bağlıdır. Bu durum kararsız hava şartlarını ifade etmek için kullanılır. Kararlı atmosfer şartlarında bulutsunun sıcaklığı

onu çevreleyen atmosferden daha azdır ve bulutsu ilk etapta yükselse bile kararlılığa bağlı olarak yeryüzüne doğru çöker. Bulutsunun onu çevreleyen atmosferle aynı sıcaklığa sahip olması nötr kararlılık olarak ifade edilir ve bu şartlarda kirleticiler dağılmaz. Rüzgar hızı ve yönü, sıcaklık, bulutluluk, inversiyon durumu, güneş radyasyonu, nem ve yağış dağılımında önemli ölçüde etkilidir.

Atmosferik dağılım yaklaşımlarında belirli bir merkezden yapılan dağılımın hesaplanmasına dayanan Gradyent Transport Teori ve belirli bir dağılım merkezi olmadan parçacığın yapısına ve hareket özelliğine bakılarak geçmişinin tahmin edildiği İstatiksel Teori kullanılmaktadır. İstatiksel Teori’de parçacığın geçmişinin incelenmesiyle bir bulutsunun belirli bir noktadaki konsantrasyonu hesaplanmaktadır. Gauss dağılım formülüyle ifade edilen İstatiksel Teori atmosferin kaotik özelliğine bağlı olarak hesaplama yapar ve özellikle alana ait rüzgar verilerinin (yönü ve hızı) işlenmesine dayanır. Rüzgar hızının sıfırdan farklı kabul edilmesi, yönünün değişmemesi, kirleticilerin tamamının topraktan yansması, homojen ve kararlı türbülans durumu (Eddie akımlarının her yönden homojen olması), yeteri kadar uzun difüzyon süresi, kararlı salınım konsantrasyonu (salınımın sürekliliği) gibi baştan sabit kabul edilen bazı sınırlılıklara sahiptir. Belirli zaman aralıklarına göre (10 dk-20 dk gibi) hesaplamalar yapmaktadır. Koruyucu bir yöntem oluşu ve gerçek ölçüm verileriyle uyumu Gauss dağılımının avantajlarıdır ve yaygın olarak kullanılmasını sağlamıştır(Till ve Meyer, 1983).

Kirleticilerin yapı ve dağılım özellikleri, dağılıma etki eden faktörler ve dağılım yaklaşımları incelendikten sonra yeni bir kararlılık yaklaşımı için mevcut atmosfer kararlılık kriterlerine ait özelliklerin bilinmesi gerekmektedir. Önceki bölümlerde detaylı olarak ele alınan bu başlık altında, bu zamana kadar hazırlanan atmosfer kararlılık kriterlerinin tamamına yakınının, belirli basınç seviyelerindeki 500hPa (5500 m), 700 hPa (3000 m), 850 hPa (1500 m) sıcaklık değerlerinin kullanılarak atmosfer kararlılığının tespit edilmeye çalışıldığı görülmektedir. Ayrıca hazırlanan bu kararlılık kriterleri ABD, tropikal çevre ve Avrupa’da görülebilecek fırtına ya da tropikal siklonların tahmini için hazırlanmıştır (Peppler, 1988). Bu açıdan bakılacak olursa bu kriterlerin sadece nükleer santraller için değil, herhangi bir enerji santrali ya da fabrikalar için kullanılması mümkün değildir. Çünkü yüksek atmosfer gözlemlerine dayanmaktadırlar ve parametreleri sınırlıdır. Bu noktada yeryüzüne yakın

ölçümleri dikkate alan ve birkaç parametreden oluşan Pasquill (1961) kararlılık kriterleri detaylı olarak incelenmeli ve nükleer santral sahalarımızın özelliklerine göre hangi parametrelerin atmosfer kararlılığını daha fazla etkileyeceği, ayrıca kirleticilerin dağılımını sağlayacağı tespit edilmek zorundadır.

Pasquill kriterlerinde yer seviyesindeki (10 m yükseklikte) rüzgar hızı, gündüz güneş radyasyonu ve gece bulutluluk miktarı kullanılmaktadır. Rüzgar mekanik, güneş radyasyonu (ısınma) konvektif yolla havanın yükselmesini sağladığı için kullanılmaktadır. Gece bulutluluğunun seçilme sebebi ise bulut tavan seviyesinde gece radyasyon yoluyla ısı kaybedilmesi ve soğumanın aşağı seviyelere doğru devam etmesi, bu seviyelerdeki hava parsellerinin çevresindeki havadan daha sıcak hale gelmesine sebep olmasıdır. Bu şartlar altında çevresinden daha sıcak olan hava yükselmeye başlar ve havadaki kararsızlık artar. Oluşturulacak yeni atmosfer kararlılık yaklaşımında bu özelliklerden hangisinin ya da hangilerinin nükleer santral kurulacak sahalarımız için daha kullanışlı olacağını tespit etmek gerekir. Bu amaçla İnceburun ve Akkuyu'ya ait sıcaklık, rüzgar hızı ve yönü, güneşlenme, bulutluluk değerlerinin detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir. İnceburun nükleer santrali için meteorolojik veri temininde bir sıkıntı yaşanmazken; Akkuyu'ya ait veri temini için problem oluşmuştur. Çünkü Akkuyu'ya en yakın ve coğrafi benzerliği en fazla olan Yeşilovacık istasyonunun veri kaydı çok kısa süreli ve çeşitliliği sınırlıdır. Bu nedenle Akkuyu için uzun verilere sahip Anamur, Gülnar ve Silifke arasından coğrafi benzerliği en fazla ve veri kayıt süresi en uzun olan Silifke istasyonuna ait veriler kullanılmıştır.

Sıcaklık değerleri incelendiğinde Sinop daha düşük değerlere sahiptir (Tablo 2). Akkuyu bölgesinde ise atmosferde konvektif harekete kaynaklık edecek şartların daha uygun olduğu görülmektedir (Tablo 3). Konvektif hareketin fazlalığı havadaki dikey karışımı arttırmakta bu da radyoaktif maddelerin daha kolay seyrelmesine yol açmaktadır.

Tablo 2. Sinop ili aylık sıcaklık ortalamaları (°C)

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort
Sıcaklık	7	6.7	7.4	10.5	14.9	19.7	22.8	23.2	20	16.2	12.5	9.2	14.2

Kaynak: MGM verilerinden yararlanılmıştır (1938-2018).

Tablo 3. Silifke ilçesi aylık sıcaklık ortalamaları (°C)

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort
Sıcaklık	10.3	11.1	14	17.7	21.6	25.5	28.2	28.6	26.1	22	16.4	11.5	19.5

Kaynak: MGM verilerinden yararlanılmıştır (1930-2017).

Her iki alanımızın güneşlenme sürelerine bakıldığında yine sıcaklık değerlerinde olduğu gibi İnceburun çevresinin (Tablo 4), Akkuyu'ya göre dikey yönlü atmosfer karışımı için dezavantajlı olduğu görülmektedir (Tablo 5).

Tablo 4. Sinop ili aylık ortalama güneşlenme süresi (Saat)

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort
Güneşlenme	2.3	3	3.9	5.4	6.8	9	9.8	8.9	6.9	4.8	3.4	2.3	5.5

Kaynak: MGM verilerinden yararlanılmıştır (1938-2018).

Tablo 5. Silifke ilçesi aylık ortalama güneşlenme süresi (Saat)

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort
Güneşlenme	4.9	5.8	7.2	8.2	9	10.5	10.8	10.5	9.6	7.7	6.1	4.7	7.9

Kaynak: MGM verilerinden yararlanılmıştır (1930-2017).

Alanlara ait uzun yıllar aylık ortalama rüzgar hızı değerleri incelendiğinde İnceburun bölgesinin (Tablo 6), Akkuyu'ya göre rüzgar bakımından son derece avantajlı olduğu görülmektedir (Tablo 7). Her iki sahada da yaz mevsiminde azalan rüzgar hızları, kış mevsimine doğru artmaktadır.

Tablo 6. Sinop ili aylık ortalama rüzgar hızı (m/s)

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort
Rüzgar H.	4	4.3	4.2	3.8	3.2	3.2	3.4	3.2	3.1	3.2	3.3	3.7	3.6

Kaynak: MGM verilerinden yararlanılmıştır (1936-2017).

Tablo 7. Silifke ilçesi aylık ortalama rüzgar hızı (m/s)

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort
Rüzgar H.	2.9	2.8	2.4	2	1.7	1.7	1.8	1.9	2.1	2.3	2.4	2.8	2.2

Kaynak: MGM verilerinden yararlanılmıştır (1930-2017).

Bulutluluk değerleri incelendiğinde İnceburun bölgesinin Akkuyu'ya oranla çok daha fazla bulutlu olduğu görölmektedir(Tablo 8). Bu durumun oluşmasında karadeniz ikliminin görülmesi etkili olmuştur. Rüzgar hızının düşük olduğu bulutlu atmosfer şartları radyoaktif maddelerin dağılımı açısından olumsuz şartlar içerir. Bu bakımdan bulutluluk değerlerine göre Akkuyu bölgesi daha avantajlı konumdadır (Tablo 9).

Tablo 8. Sinop ili aylık ortalama bulutluluk (8 Okta)

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort
Bulutluluk	5.7	5.7	5.4	5	4.4	3.2	2.5	2.6	3.4	4.4	5	5.5	4.4

Kaynak: MGM verilerinden yararlanılmıştır (1936-2017).

Tablo 9. Silifke ilçesi aylık ortalama bulutluluk (8 Okta)

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort
Bulutluluk	3.8	3.8	3.3	3.1	2.6	1.6	1.2	1	1.2	2.2	2.9	3.8	2.5

Kaynak: MGM verilerinden yararlanılmıştır (1930-2017).

Pasquill kriterlerine göre incelenen iklim elemanlarına ait değerler sonucunda her iki saha için radyoaktif maddelerin dağılımını belirleyecek ve atmosfer kararlılığı üzerinde etkili olacak baskın kuvvet, rüzgar olarak görölmektedir. Deniz ve karalar arasındaki ısınma farkına bağlı olarak her iki sahada sürekli olarak rüzgara açıktır. Günlük sıcaklık farklarına bağlı olarak oluşacak meltemler ya da daha geniş ölçekli rüzgarlar her iki sahayı da kuvvetli olarak etkileyecektir. Hakim rüzgar yönü İnceburun'da KB-GD istikametindedir. İnceburun bir yarımada olduğu için bu rüzgar uzanışına göre radyoaktif maddeler ilk etapta Sinop'un doğu ilçelerine ve Samsun yönüne doğru taşınacaktır. Sinop'a ait güneşlenme değerleri karadeniz iklim sahasında yer aldığı için yüksek değildir. Güneşlenme hem kara ve deniz arasındaki ısınma farkını arttıracığı için rüzgar hızını olumlu etkileyecek, hem de atmosferde konvektif akımları tetikleyerek radyoaktif maddelerin yükselmesini ve seyrelmesini sağlayacaktır. Ancak Sinop sahip olduğu iklim sebebiyle yüksek güneşlenme özelliği göstermemektedir. Ayrıca Sinop'un bulutluluk ve nem oranıda yüksektir. Rüzgar hızının azaldığı bulutlu ve nemli hava şartları atmosferdeki karışımı ve kirleticilerin seyrelmesini azaltmaktadır (Cichowicz vd. 2017). Çünkü santrallerden atmosfere dağılan partiküller havadaki su zerreciklerine tutunacak ve uzaklara taşınması

güçleşecektir. Tüm bu özellikler dikkate alındığında Sinop için en uygun kriter rüzgar olarak görülmektedir. Ayrıca nükleer güç santralının kurulacağı İnceburun'da yer alan kısa süreli de olsa (2014-2017) meteorolojik kaydı bulunan fener istasyonu rüzgar hızı verilerine bakıldığında yıllık ortalama rüzgar hızının 6.2 m/s (22.3 km/s) olduğu görülmektedir (Tablo 10). Bu değer Sinop merkez istasyonunda 3.6 m/s (12.9 km/s), Silifke'de ise 2.2 m/s (7.9 km/s)'dir.

Tablo 10. İnceburun fener istasyonu aylık ortalama rüzgar hızı (m/s)

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort
Rüzgar H.	6.6	5.9	6.4	6.7	5.7	5.9	6.4	5.8	5.7	6.2	6.3	7.0	6.2

Kaynak: MGM verilerinden yararlanılmıştır (2014-2017).

Akkuyu bölgesinde ise sıcaklık değerleri yıllık ortalama 19.5°C'dir. Yaz aylarına ait ortalama sıcaklıklar 30°C'ye yaklaşırken, kış aylarında 10°C civarındadır. Bu sıcaklık değerleri kara ile deniz arasındaki ısınma farkını artırarak hem rüzgar oluşumunu ve hızını olumlu etkileyecek hem de kara üzerinde konvektif hareketleri tetikleyecektir. Yani sıcaklık Akkuyu için uygun kriterlerden biridir. Bu olumlu durumun dışında sıcaklık değerlerinin az da olsa kirleticinin yükselmesine olumsuz etkisi oluşacaktır. Bacadan çıkan kirletici gazın sıcaklığı onu çevreleyen atmosferin sıcaklığından ne kadar fazla ise yükselme o kadar uzun süre devam eder. Akkuyu'da sıcaklık ortalamaları yüksek olduğu için bacadan çıkan gaz ile çevre atmosfer arasındaki sıcaklık farkı İnceburun'a göre daha az olacaktır. Bu durum az da olsa kirleticilerin dağılımını etkileyecektir. Akkuyu'da coğrafi benzerlik sebebiyle Silifke verileri kullanıldığı için hakim rüzgar yönü KB-GD istikameti olarak görülmektedir. Çünkü Göksu Irmağı'nın vadisi bu yönde uzanmakta ve deniz kıyısına ulaşmaktadır. Nükleer santral bölgesinde ise yükselti çok az olmakla birlikte arazi uzanışı GB-KD istikametindedir. En azından kısa süreli yerel rüzgarların bu istikameti takip edeceği olası görülmektedir. Bu bakımdan bacadan çıkan kirletici unsurlar ilk etapta KD yönünde Koçaşlı, Hırmanlı, Yeşilovacık ve Silifke gibi yerleşim birimlerine doğru ilerleyecektir. Bulutluluk oranının düşük oluşu Akkuyu'da radyoaktif maddelerin atmosferde taşınması ve seyrelmesi adına olumlu görülmektedir. Ancak bulutluluk oranı tek başına hava kararlılığı için kuvvetli bir etken değildir. Rüzgar, Akkuyu için ikinci kararlılık kriteri olarak uygundur. Ancak Akkuyu bölgesine ait daha gerçekçi değerlendirmeler yapabilmek için hem burada bir meteoroloji istasyonunun kurulması

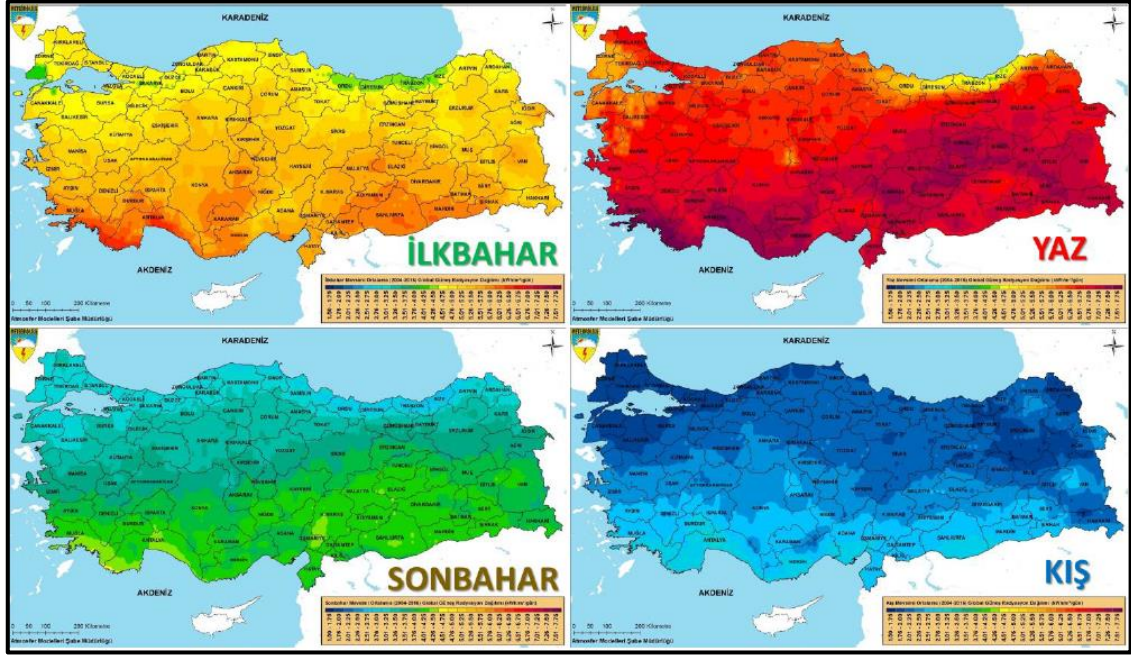
hem de Yeşilovacık istasyonunun sürekli ve çeşitli kayıtlar tutması elzem görülmektedir.

Sonuç olarak İnceburun nükleer güç santrali için rüzgar hızı, Akkuyu nükleer güç santrali için rüzgar hızı ve sıcaklık yeni kararlılık yaklaşımı ve radyoaktif kirliliğin dağılımı için uygun olan parametrelerdir. Çünkü İnceburun'da sıcaklık şartları konvektif bir yükselmeyi desteklemese de mevcut rüzgar hızı bulutsuları laminar bir akımla uzaklara taşıyacaktır. Akkuyu'da ise sıcaklık güç santralinden salınacak bulutsunun konvektif hareketini destekler. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan veriler ışığında Pasquill hava kararlılık sınıflandırmasına göre; gündüz koşullarında Sinop zayıf güneş radyasyonu (Harita 10; 11) ve 3.6 m/s'lik yıllık ortalama rüzgar hızı ile C kategorisinde (Az Kararsız) yer alır. Akkuyu ise 2.2 m/s yıllık ortalama rüzgar hızı ve yüksek güneş radyasyonu (Harita 10; 11) ile A-B kategorisinde (Çok-Orta Derecede Kararsız) yer alır. Ayrıca dört yıllık ölçüme sahip İnceburun-Fener istasyonu rüzgar verileri dikkate alınacak olursa burada yıllık ortalama rüzgar hızı 6.2 m/s'dir. Bu değer ve düşük güneş radyasyonu dikkate alınırsa İnceburun Pasquill sınıflandırmasına göre D kategorisinde (Nötr) yer almaktadır.

Bulutluluk atmosfer kararlılığını domine edecek bir kuvvete sahip olmasa dahi gece koşullarında sahalara ait kararlılık sınıflandırılmasına bakılacak olursa Sinop ve İnceburun yüksek bulutluluk ve ortalama rüzgar hızı özellikleriyle D kategorisinde (Nötr), Akkuyu ise düşük bulutluluk özelliğiyle F kategorisinde (Çok Kararlı) yer alır.



Harita 10. Türkiye yıllık ortalama güneş radyasyonu dağılım haritası. MGM 2004-2016 (URL 14).



Harita 11. Türkiye'de güneş radyasyonunun ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerine göre dağılışı. MGM 2004-2016 (URL 14).

Araştırma sahalarının atmosfer kararlılığını mevsimsel olarak değerlendirmek gerekirse iklim elemanlarının ortalama değerlerine odaklanmak gerekir (Tablo 11).

Tablo 11. Çalışma alanlarının iklim elemanlarına ait mevsimsel ortalama değerleri

Mevsim	Sinop	İnceburun	Akkuyu
Kış	Rüzgar Hızı: 4 m/s	Rüzgar Hızı:6.2 m/s	Rüzgar Hızı:2.8 m/s
	Sıcaklık Ort: 7.6°C	Sıcaklık Ort: 9.2°C	Sıcaklık Ort: 11.1°C
	Bulutluluk: > %50	Bulutluluk: > %50	Bulutluluk: < %50
İlkbahar	Rüzgar Hızı:3.7 m/s	Rüzgar Hızı:6.2 m/s	Rüzgar Hızı: 2 m/s
	Sıcaklık Ort: 10.9°C	Sıcaklık Ort: 12.2°C	Sıcaklık Ort: 17.7°C
	Bulutluluk: > %50	Bulutluluk: > %50	Bulutluluk: < %50
Yaz	Rüzgar Hızı:3.2 m/s	Rüzgar Hızı: 6 m/s	Rüzgar Hızı:1.8 m/s
	Sıcaklık Ort: 21.9°C	Sıcaklık Ort: 23.6°C	Sıcaklık Ort: 27.8°C
	Bulutluluk: < %50	Bulutluluk: < %50	Bulutluluk: < %50
Sonbahar	Rüzgar Hızı:3.2 m/s	Rüzgar Hızı: 6 m/s	Rüzgar Hızı:2.2 m/s
	Sıcaklık Ort: 16.2°C	Sıcaklık Ort: 17.9°C	Sıcaklık Ort: 21.5°C
	Bulutluluk: > %50	Bulutluluk: > %50	Bulutluluk: < %50

Kaynak: MGM verilerinden yararlanılmıştır.

Meteorolojik verilerin yıllık ortalamalarına göre gündüz koşullarında C kategorisinde (Az Kararsız); gece koşullarında D kategorisinde (Nötr) yer alan Sinop'ta mevsimler arasında sadece yaz mevsiminde değişiklik görülür. Gündüz, B-C kategorisinde (Orta Derecede Kararsız ve Az Kararsız); gece ise E kategorisinde (Orta Derecede Kararlı) yer alır. Diğer mevsimlerdeki kararlılık durumları yıllık ortalama durumla aynıdır.

Akkuyu yıllık ortalama meteorolojik verilere göre gündüz koşullarında A-B kategorisinde (Çok-Orta Derecede Kararsız); gece koşullarında ise F kategorisinde (Çok Kararlı) yer alır. Mevsimsel olarak değerlendirildiğinde ise gece koşullarında bütün mevsimlerde durum yıllık ortalama ile aynıdır. Bir değişiklik gözlemlenmez. Gündüz koşullarında ise sonbahar ve kış mevsimlerinde C kategorisinde (Az Kararsız), ilkbahar mevsiminde B kategorisinde (Orta Derecede Kararsız), yaz mevsiminde A kategorisinde (Çok Kararsız), yer almaktadır. Yıllık ortalamaya paralel olarak Akkuyu'da kararsızlık durumu bütün mevsimlerde de hakimdir.

Fener istasyonunun dört yıllık verileri ışığında değerlendirilecek olursa yıllık ortalama verilere göre gündüz ve gece koşullarında D kategorisinde (Nötr) yer alan İnceburun'da mevsimler arasında gündüz ve gece koşullarında herhangi bir değişiklik gözlemlenmemektedir. Bunun sebebi bütün mevsimlerde 6 m/s ve üzerinde olan rüzgar hızıdır. Fener istasyonunun kısa süreli ölçüm yapmasının dışında bulutluluk ölçümü yapmadığı için Sinop'un bulutluluk verileri kullanılmıştır. İki istasyon arası mesafe yaklaşık 20 km'dir.

6. ALTINCI BÖLÜM

6.1. SONUÇ VE TARTIŞMA

İnceburun ve Akkuyu’da kurulması planlanan nükleer güç santrallerine ait arazilerin topoğrafya ve sınır tabakası ikliminin atmosferik sirkülasyona ve olası radyolojik kirliliğe etkisi ANSYS Fluent programıyla hesaplanmış ve şu sonuçlara ulaşılmıştır:

İnceburun sahasında rüzgar akışından kaynaklı basınç çizgisel değerleri homojen arazi yüzeyine paralel olarak fazla bir değişime sahip değildir. Rüzgarın karaya ulaştığı en kuzey uçta basınç değerleri 1.9 Pa’ya kadar ulaşmaktadır. Bu durumun sebebi arazinin denizden hafifçe yüksek bir yapıya sahip olmasıdır. Arazi üzerinde basınç değerleri 0-1 Pa arasında değişmektedir. İç kısımlarda arazi üzerinde az da olsa engebenin arttığı alanlarda basınç değerlerinde ufak artışlar göze çarpmaktadır. Genel olarak hava akışı fazla bir engele maruz kalmadan arazi içerisine doğru ilerleme imkanı bulur.

Sahaya ait türbülans akımlarının kinetik enerji dağılımında en yüksek değerlere arazinin güneyindeki alanlarda rastlanmaktadır. Deniz üzerinde ve sahile yakın alanlarda rüzgarın türbülans kinetik enerjisi son derece düşüktür. Yani arazi yapısı türbülans oluşumunu desteklemez. Bu bakımdan İnceburun sahasında bulutsular türbülansif akımlarla değil daha çok laminar şekilde taşınacaktır.

Eddy viskozite değerlerinde ölçülen en yüksek sayı 0.74 Pa/s’dir. Bu değere iç kısımlardaki ufak tepelik alanlarda rastlanmaktadır. Denize yakın alanlarda ve yüksek değerlerin görüldüğü tepeliklerin güneyindeki arazilerde eddy viskozite değerleri son derece düşüktür. Arazi yapısının sadeliği viskozitenin az olmasına sebep olmuştur. Eddy viskozitesinin düşük oluşu bulutsunun zemin ile temasının az olacağını yani

yeryüzünde radyolojik birikimin bu sahalarda daha sınırlı gerçekleşeceğini göstermektedir.

İnceburun simülasyonunun doğu duvarına ait hız profil hesaplamasında en yüksek değerlere (3 m/s ve üzeri) engebenin bulunmadığı deniz üzerinde ve tepelik alanlarında daha üst seviyelerinde rastlanır. Rüzgar genel olarak tepelik alanlar arasındaki alçak arazilerde hız kaybetmektedir (2-2.5m/s). Rüzgar akışından kaynaklı basınç değerlerinde olduğu gibi santralin kurulacağı alanın denizden az da olsa yüksek oluşu hakim rüzgarın ilk etapta bu araziye çarparak hızının azalmasına sebep olmaktadır. İnceburun arazisinin rüzgar potansiyelinin yüksek olduğu göze çarpmaktadır.

Yıllık ortalama rüzgar hızının kullanıldığı analizlere ek olarak mevsimlik yapılan analizlerde yaz ve sonbahar mevsimlerinde rüzgar hızının azalışına bağlı olarak basınç çizgisel değerleri, türbülans akımlarının kinetik enerjileri ve eddy vizkoziteside azalmaktadır. İlkbahar ve kış mevsiminde ise değerler yıllık ortalamanın üzerindedir. Kış mevsimi 4 m/s ortalama rüzgar hızıyla en yüksek analiz değerlerinin ortaya çıktığı mevsimdir. Mevsimlik rüzgar hızları yıllık ortalamadan çok fazla bir fark içermediği için mevsimlik analizler yıllık ortalama ile benzer sonuçlar ortaya koymaktadır.

İnceburun sahasına ait değerlendirmelerden genel olarak sahanın rüzgar akışına açık olduğu ve sade arazi yapısı sebebiyle türbülans akımlarının oluşma ihtimalinin zayıflığı çıkarılmaktadır. Bu durumda atmosfere salınacak radyoaktif maddelerin ilk etapta herhangi bir engele maruz kalmayacağı sonucuna ulaşılmaktadır.

Akkuyu'ya ait rüzgar hızından kaynaklı basınç değerleri incelendiğinde yüksek basınç değerlerine kıyıya paralel uzanan dağların denize bakan yamaçlarında rastlanmaktadır. Bu noktalarda değerler 4 Pa'nın üzerindedir. Ayrıca iç kısımlarda rüzgar yönüne bakan yamaçlar yine yüksek basınç değerine sahiptir(2-4 Pa arası). Rüzgar hızı engebeye bağlı olarak azaldıkça basınç değerleri de düşme eğilimi göstermektedir. En düşük basınç değerlerine tepelik alanların kuzey yamaçlarında rastlanır. Bu sahalarda rüzgar gölgesinde kalırlar. Vadilerde kanalize olan rüzgarlar buralarda orta şiddette basınç değerleri göstermektedir(0-2 Pa arası). Akkuyu'nun rüzgar basınç değerlerinin İnceburun'dan iki kat daha fazla oluşu arazinin daha arızalı olması ile alakalıdır.

Türbülans kinetik enerji miktarında Akkuyu çevresi engebeli arazisi sebebiyle avantajlı konumdadır. Deniz üzerinden gelen hava akımlarının tepelik alanlara maruz kaldıkça türbülansif kinetik enerjileri artmaktadır. En yüksek kinetik enerjili alan nükleer santralin kurulacağı sahanın kuzeyindeki tepelik sahanın kuzey yamaçlarıdır. Çünkü denizden gelen hava, yerçekillerine bağlı olarak ilk defa bu alanda türbülansa uğrar. Atmosferde türbülansif akımların fazla oluşu meydana gelebilecek radyoaktif kirliliğin dağılımı adına olumludur. Bulutsunun seyrelme oranını arttırmaktadır.

Akkuyu çevresinde eddy viskozite değerleri genel olarak kıyıda iç kesimlere doğru artmaktadır. Denize yakın alanlarda 1 Pa/s olan viskozite değerleri iç kısımlarda 1.75 Pa/s'ye ulaşmaktadır. Bu durum hava akımlarının engellenmesini yani arızalı topoğrafyayı ifade etmektedir. Koçaşlı'nın güneyindeki arazi en yüksek değerlere sahiptir. Eddy viskozitesinin yoğunluğu radyolojik maddelerin zeminde depolanması anlamına gelir. İnceburun ve Akkuyu karşılaştırıldığında Akkuyu çevresinde eddy viskozitesinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

Akkuyu'ya ait dikey viskozite hesaplamalarında ise yeryüzüne yakın alanlarda yüksek olan viskozite değerlerinin yükselti arttıkça azaldığı görülmektedir. Dikey kesitlerin her ikisinde de deniz üzerinde ve sahile yakın olan alanlarda viskozite değerleri çok düşüktür (0.5-1 Pa/s arası). Büyükeceli ve Yanışlı çevrelerindeki engebeli alanlarda normal viskozite değerlerinde olduğu gibi dikey viskozitede de artış görülmektedir (1.5 Pa/s).

Akkuyu çevresine ait mevsimlik analizlerde İnceburun'da olduğu gibi yıllık ortalamadan aşırı farklılaşan bir durum gözlemlenmemektedir. Sonbahar mevsiminin ortalama rüzgar hızı yıllık ortalama rüzgar hızı ile eşit olduğu için analiz sonuçları aynıdır. İlkbahar ve yaz mevsimleri daha düşük ortalama rüzgar hızına sahip oldukları için analiz değerleri az da olsa yıllık analizlerden düşüktür. Kış mevsimi ise artan rüzgar hızına bağlı olarak İnceburun'da olduğu gibi en yüksek değerlere sahiptir.

Çalışma alanlarında yapılan bu ölçümler ışığında Sinop ve Mersin'in fiziki özellikleri dikkate alınarak olası radyolojik kirliliğin daha geniş ölçekli dağılımında şu sonuçlara ulaşılmaktadır:

Sinop ili, kıyıda alçak düzlükler ve iç kısımlara doğru yükseltisi artan arazilerle kaplıdır. Sinop'un batısına kadar batı-doğu uzanışlı ve kıyıya yakın devam eden dağ

sıraları il merkezinin bulunduğu alandan Samsun'a doğru kıyıdan uzaklaşarak hafifçe KB-GD uzanımlı bir hal alır. İnceburun yarımadasında nükleer santralin yapılacağı arazi denizden azda olsa yüksek kayalık bir zemine sahiptir. Yarımadanın genelinde ortalama 5 m yükseltiye sahip geniş kumul alanlar mevcuttur. Sinop il merkezinin bulunduğu Boztepe yarımadası ise ortalama 80-100 m yükseltiye sahiptir. En yüksek noktaları 200 m'nin biraz üzerindedir. Sinop ve İnceburun'da hakim rüzgar yönünün KB ve GD olduğu bilinmektedir. Topoğrafyaya ve hakim rüzgar yönüne ait bu bilgiler ışığında, güney sektörlü rüzgarlar yoğunlaştığında kirletici bulutsuların Karadeniz açıklarına doğru taşınacağı ve bu taşınımı sınırlayacak herhangi bir topoğrafik engelin bulunmadığı sonucuna varılmaktadır.

Nükleer santral alanı ve Sinop şehir merkezi arasındaki mesafe yaklaşık 20 km'dir. Hakim rüzgar yönü olan KB sektörlü rüzgarlarda bulutsular ilk etapta Sinop il merkezinin bulunduğu alana doğru taşınacaktır. İki alan arasında herhangi bir engebeli arazi bulunmamaktadır. Mesafenin uzak oluşu seyrelmeye yardımcı bir faktördür. İl merkezinin bulunduğu Boztepe yarımadasındaki 250 m'ye varan arazi, bulutsunun karşılaşacağı ilk topoğrafik engeldir. Şehir merkezinin bulunduğu alanın bu topoğrafik engele uzaklığı 2-3 km'dir. Şehir merkezi bu topoğrafik engelin bulutsunun geliş istikametine göre ters yönünde kalmaktadır. KB yönlü hareket eden bulutsular Sinop il merkezinin bulunduğu araziden sonra Karadeniz üzerinden GD istikametine doğru hareketlerine devam edecekler ve herhangi bir engel ile karşılaşmayacaklardır. Bulutsuların karşılaşacağı ikinci topoğrafik engel yaklaşık 100 km sonra ulaşılan Bafra ve Sinop'a 195 km uzaklıkta olan Çarşamba deltalarıdır. Ancak bu deltalarında ortalama yükselteleri 0-25 m arasındadır. Sonuç olarak KB yönlü rüzgarlarda da kuru ya da ıslak depolanmaya sebep olacak yüksek bir topoğrafik engel bulunmamaktadır. Nükleer santralin topoğrafik engellere olan mesafesi atmosferde meydana gelecek seyrelmeler açısından olumlu şartları oluşturmaktadır. Kuzey sektörlü rüzgarlarda Erfelek ve Gerze ilçeleri arasında kalan ortalama 1250-1500 m yükseltiye sahip araziler bulutsuların karşılaşacağı ilk büyük engellerdir. Ayrıca KD sektörlü rüzgarlar bulutsuyu ilk olarak deniz üzerinden geçirerek ortalama uzaklıkları 60 ve 90 km olan Ayancık ve Türkeli ilçelerinde bulunan engebeli araziye taşıyacaktır. Bu arazilerde de ortalama yükselti Erfelek ve Gerze'de olduğu gibi 1250-1500 m arasında değişmektedir.

Akkuyu nükleer santralinin bulunduğu arazinin topoğrafyası İnceburun'a oranla son derece engebeli ve yüksektir. Genel olarak Orta Toroslarda bulunan Mersin ilinde dağlar arazinin % 60'ını kaplamaktadır. Yükselti Bolkar Dağlarında 3500 m'yi aşmaktadır. Dağlar kıyıya paralel iki kuşak şeklinde uzanır. Kıyıda düzlükler son derece azdır ve falezler geniş alan kaplar. Gülnar ilçesinde de topoğrafik özellikler Mersin iline paraleldir. Gülnar'ın denizden yükseltisi 950 m'dir. Arazi son derece engebelidir. En yüksek noktalar 1500 m'yi aşmaktadır. Nükleer santralin bulunduğu alan Büyükeceli beldesine bağlıdır. Batıda Babadul Limanı ve doğuda Ovacık Körfezi arasında küçük bir yarımada üzerindedir. Ortalama yükselti 10 m'dir. İç kesimlere doğru yükselti hızla artar. Santralin bulunduğu alanda yerçekimleri GB-KD istikametinde uzanır ve Kızılın Tepesi 270 m ile yakın çevrenin en yüksek noktasıdır. Arazinin eğimi % 20-30 arasında değişir. Akkuyu'nun yerçekli özelliklerinin hakim rüzgarları etkileyeceği düşünüldüğünde bu topoğrafik özelliklere bağlı olarak oluşacak kuzey sektörlü bütün rüzgarlar radyolojik kirliliğe sebep olabilecek maddeleri Akdeniz üzerine taşıyacak ve herhangi bir topoğrafik engelle karşılaşmayacaktır.

Yerçekillerinin yönlendirmesi sonucunda GB-KD istikametinde hakim olacak rüzgar yönü bulutsuları ilk etapta KD yönünde Akkuyu çevresindeki 250-300 m yükseklikteki tepelik alanlara taşıyacaktır. Bulutsunun yeryüzü ile ilk temasının bu alanda olması beklenir. Bulutsu hareketinin devamında bu yönde Ovacık Körfezinden sonra Akkuyu-Silifke arasında bulunan ve 1000-1500 m yükseltiye sahip kıyıya paralel şekilde uzanan dağlık alan bulutsu önündeki ikinci topoğrafik engeldir. Ancak bu dağlar bulutsunun geliş yönüne dik değildir. Bulutsu araziye temas etsede direkt bir topoğrafya engeliyle karşılaşmaz. Bu alan içerisinde en yakın konumda Hırmanlı, Yeşilovacık, Işıklı, Akdere beldeleri bulunur. Arazi Taşucu ve Silifke merkezine doğru uzanır. Santral ile aradaki mesafe 50 km'dir. Hakim rüzgar yönüne bağlı olarak kuru ya da yağmurlarla meydana gelecek ıslak depolanmanın büyük kısmı Akkuyu-Silifke arasında uzanan bu arazi üzerinde meydana gelecektir. Güney sektörlü rüzgarlar bulutsuları kuzeye doğru Koçaşlı, Tepeköy istikametinde Sipahili Çayı'nın bir kolu olan Küre Deresi vadisi boyunca taşıyacaktır. Bu alanda yükselti 300-600 m arasında değişir ve Gülnar'ın doğusunda 1000 m'yi aşar. Güney sektörlü akımlarda depolanma bu alanlarda yoğunlaşacaktır. GD yönünde esecek rüzgarlar ise bulutsuyu KB'ya doğru Yanışlı ve Sipahili beldeleri üzerinden Kızılyokuş Deresi vadisi boyunca Gülnar şehir merkezinin güneyi ve batısına doğru taşıyacaktır. Arazi Taşeli platosunun bir

parçası olup son derece engebelidir. Yükselti Gülnar'da 1000 m'ye varır. Dağların denize paralel uzanması sebebiyle bulutsunun önünde direkt olarak engel oluşturmaktadır. Bu nedenle hem güney hem de GD sektörlü rüzgarlarda ülkemizdeki sınır tabakası yükseltisine de bağlı olarak bulutsu deniz seviyesi ile 1000-1500 m yükselti arasında radyolojik kirliliğe sebep olacaktır.

Hem Akkuyu'da hem de İnceburun'da esecek olan doğu ya da batı sektörlü rüzgarlar genelde bulutsuları kıyıya paralel bir şekilde deniz üzerinde taşıyacaklardır. İnceburun doğu ve batı yönünden herhangi bir topoğrafik engele sahip değilken; Akkuyu'nun batı kesimlerinde Aydıncık ve Bozyazı ilçelerinin kıyı kesimleri az da olsa bu akımlardan etkilenebilir. Ancak Aydıncık Akkuyu'ya yaklaşık 32, Bozyazı ise 100 km mesafededir. Ayrıca kıyıda yükselti çok az ve arazi uzanışı bulutsuya topoğrafik bir engel oluşturmamaktadır. İnceburun ve Akkuyu'nun topoğrafik özelliklerinin olası radyolojik kirlilik üzerindeki yönlendirici etkisi yukarıda bahsedildiği şekilde olacaktır.

Araştırma sahalarına ait sınır tabakası ve sınır tabakası iklimi çalışmalarının sonuçları şu şekildedir:

Sınır tabakası iklimi, gezegensel sınır tabakası içerisindeki coğrafi özelliklere bağlı olarak oluşan lokal atmosfer şartlarıdır. Atmosfere bırakılan kirleticilerin davranışlarında belirleyici etkiye sahiptir. Gezegensel sınır tabakası yeryüzündeki atmosferik olaylara kısa sürede cevap veren troposferin en alt bölümüdür. Gün içerisinde üç farklı şekilde gelişir. Gündüz koşullarında ısınmaya bağlı olarak oluşan dikey akımlarla kendini gösteren konvektif sınır tabakası, gece radyasyonla yeryüzünün ısı kaybetmesine bağlı olarak oluşan kararlı sınır tabakası ve gün doğumu ile gün batımı sırasında kısa süre gelişen nötr sınır tabakası gezegensel sınır tabakasının türleridir. Gündüz koşullarında oluşan konvektif sınır tabakası kirleticilerin atmosferde seyrelmesi için uygun koşullar oluştururken, kararlı sınır tabakası inversiyon benzeri şartlar meydana getirdiği için kirleticilerin dağılımını sınırlandırır. Yeryüzünde meydana gelen ısınma, rüzgar türbülansları konvektif sınır tabakasının yükseltisini arttırır. Konvektif sınır tabakasının yükseltisi ne kadar fazla ise kirleticilerin seyrelmesi o kadar fazla olacaktır. Yapılan araştırmalarda ülkemizde sınır tabakası yükseltisinin ortalama 1500-2000 m olduğu gözlemlenmiştir. Bu yükselti

ülkemizin güney enlemlerine doğru artarken, Avrupa kıtasında 1500 m dolaylarındadır(Culverwell, 2016; Siedel vd. 2012).

Bu verilere göre araştırma sahalarımız olan İnceburun ve Akkuyu’da sınır tabakası yükseltilerinin kabaca 1500-2000 m olacağı öngörülmektedir. Akkuyu sahip olduğu sıcaklık ortalamaları sebebiyle konvektif sınır tabakasının kolayca gelişebileceği iklim şartlarına sahiptir. Çünkü ısınma yeryüzünde dikey akımların oluşmasını sağlayacak, bu durum da kirleticilerin seyrelmesini kolaylaştıracaktır. İnceburun ise Akkuyu gibi sıcaklık şartları bakımından avantajlı olmasa dahi, rüzgar oluşumları bakımından konvektif tabakanın gelişimini olumlu etkileyecek şartlara sahiptir. Topoğrafyanın radyolojik kirliliğe etkisinde bahsedildiği üzere her iki çalışma alanında ilk topoğrafik engeller 1000-1500 m yüksekliğe sahip sahalardı. Bu engeller İnceburun bölgesinde güney, Akkuyu’ da ise kuzey kesimlerde yer almaktadır. Bu bilgilerden yola çıkarak ve sınır tabakasının ülkemizdeki ortalama yükseltisi olan 1500-2000 m yükseltisi dikkate alınacak olursa; sahalardaki radyolojik kirliliğin deniz seviyesi ile sınır tabakası yükseltisi olan 1500-2000 m’ye kadar ki topoğrafyalarda görüleceği sonucuna varılmaktadır. Her iki sahada gece radyasyonla soğumaya bağlı olarak kararlı sınır tabakaları gelişme gösterse de iki sahanında rüzgara açık deniz kenarında yer almaları kararlı sınır tabakasının kısa sürede etkisinin azalmasına sebep olacaktır. Ayrıca arazilerin yükseltilerinin az oluşu dağlık alanlarda gelişen ve uzun süre devam eden inversiyon benzeri durumlar için uygun değildir. Bu da kirleticilerin seyrelmesi adına olumlu şartlar oluşturmaktadır.

Yağmurlarla kirletici partiküllerin toprağa taşınması anlamına gelen ıslak depolanmaya burada bir parantez açmak gerekmektedir. Çünkü yerel şartlara göre değişmekle birlikte yaklaşık yoğunlaşma seviyesi olan 2000 m aynı zamanda ülkemizde sınır tabakasının tavan seviyesidir. İnceburun 686 mm olan yıllık toplam yağışının yarısını sonbahar ve kış mevsimlerinde; Akkuyu ise 582 mm olan toplam yağışının yarısını sadece kış mevsiminde almaktadır. Bu durum dikkate alındığında araştırma sahalarında 2000 m’ye kadar yükselen topoğrafik engeller aynı zamanda ıslak depolanmanın belirtilen mevsimlerde yoğun olacağı alanlardır.

İnceburun ve Akkuyu’ya ait kararlılık yaklaşımı çalışmada şu sonuçlara ulaşılmıştır:

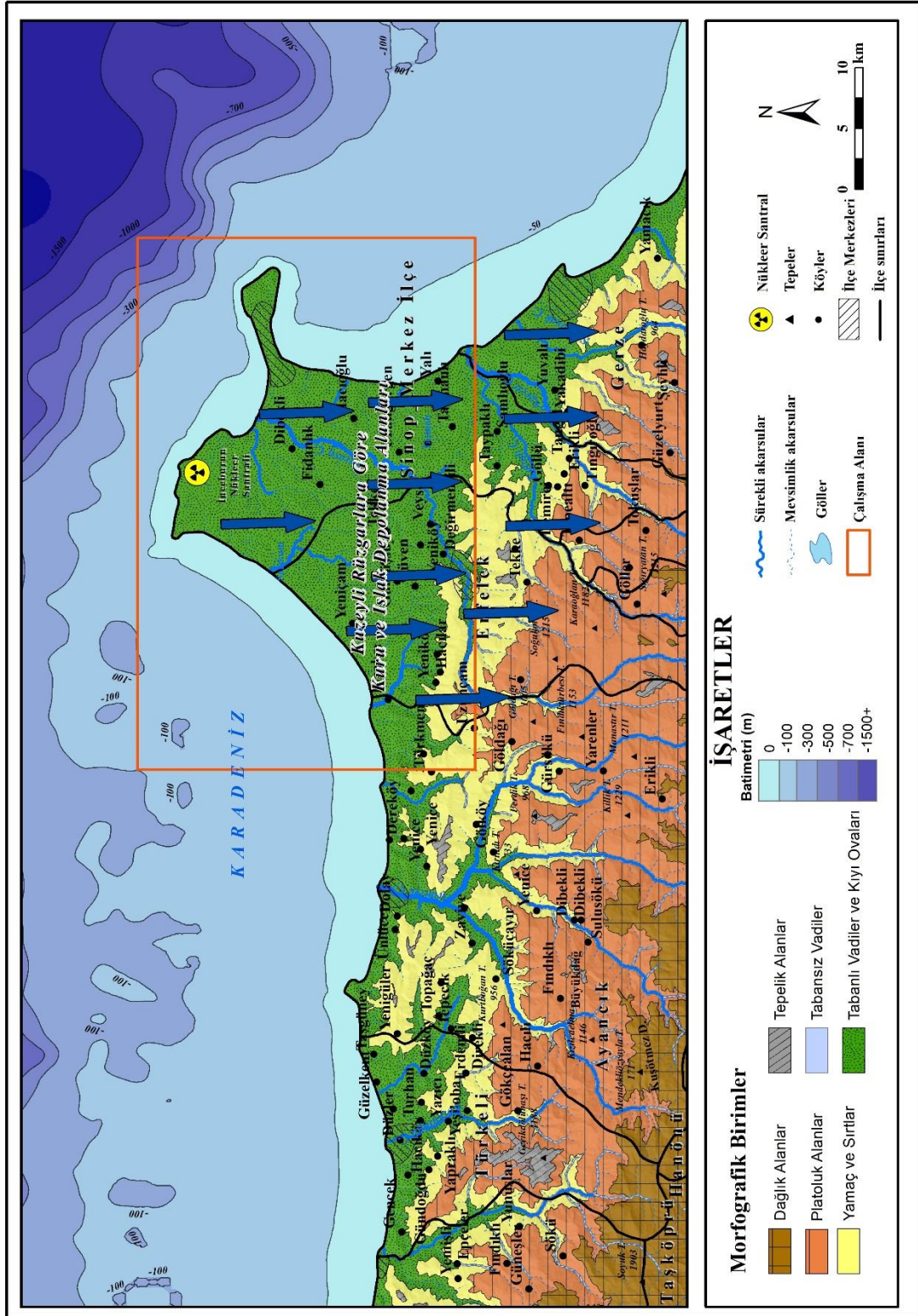
Atmosfer kararlılık sınıflandırmasında dünya literatüründe çoğunlukla ABD, ekvatorial bölgeler ve Avrupa Kıtası'nda şiddetli fırtınaları tespit etmeye yarayan yüksek atmosfer gözlemlerine dayalı sınıflandırma türleri yer almaktadır (Showalter, Rackliff, K indeks gibi). Bu sınıflandırmalarda 850 hPa (1500 m), 700 hPa (3000 m) ve 500 hPa (5500 m)'da ölçülen sıcaklık değerleri kararlılığın tespitinde kullanılmıştır. Oysa ki kirleticilerin bu seviyelere ulaşması ilk etapta mümkün değildir. O nedenle çalışma sahalarına ait radyoaktif kirliliğin dağılımında atmosfer kararlılığının tespiti için yeryüzüne yakın alanların iklim elemanlarının ölçümüne dayalı Pasquill kararlılık kriterleri uygun görülmüştür. Çünkü santrallerin baca yükseklikleri ortalama 50-60 m'dir. Kirleticilerin efektif dağılıma yüksekliği ortalama 100 m'dir. Bu nedenle yeryüzüne yakın sahalara ait dağılımı belirleyen iklim elemanlarının ölçülmesi gerekir. Pasquill sınıflandırmasında, 10 m seviyesindeki rüzgar hızını, gündüz güneş radyasyonunu ve gece bulutluluğunu kullanmaktadır. Rüzgar hızı hem kirleticilerin seyrilmesi hem de atmosferde oluşturduğu mekanik akımlar sayesinde konvektif sınır tabakası yükseltisini olumlu etkilemesi adına önemlidir. Güneş radyasyonu, yani sıcaklık havada konvektif akımlar oluşturarak kirleticinin yükselmesini sağlamaktadır. Gece bulutluluğu ise bulutun üst kısmının gece radyasyonla soğumasıyla alakalıdır. Bu soğuma bulutun alt seviyelerine doğru ilerleyerek mevcut hava ya da kirletici parselinin çevre sıcaklığını düşürür. Çevre sıcaklığından daha yüksek sıcaklığa sahip olan parsel dikey olarak yükselme imkanı bulur. Bu iklim elemanlarından İnceburun için rüzgar; Akkuyu için sıcaklık ve rüzgar atmosfer kararlılığının tespitinde uygun olan kriterlerdir. Çünkü İnceburun'un yıllık sıcaklık ortalaması 14.2°C, Akkuyu'nun ise 19.5°C'dir. Akkuyu sıcaklık olarak avantajlı şartlara sahiptir. Her iki sahanın deniz kıyısında yer alması bu alanları hem günlük olarak oluşacak deniz ve kara meltemlerine hem de daha büyük ölçekli rüzgarlara açık hale getirmektedir. Sinop'un aylık ortalama rüzgar hızı 3.6 m/s (12.9 km/s), Akkuyu bölgesinin ise 2.2 m/s (7.9 km/s)'dir. Ayrıca İnceburun'da yer alan kısa süreli de olsa (2014-2017) ölçüm yapan Fener istasyonu verilerine göre santral alanında ortalama rüzgar hızı 6.2 m/s (22.3 km/s)'dir. Bu durum kirleticilerin dağılımı adına son derece avantajlı şartlar oluşturmaktadır. Bulutluluk tek başına atmosfer kararlılığı için güçlü bir etken değildir. Bu gibi nedenlerden dolayı İnceburun'da rüzgar; Akkuyu sahasında ise iki bileşenden oluşan sıcaklık ve rüzgar hava kararlılığını belirleyecek ve radyoaktif maddelerin dağılımını sağlayacak kriterler olarak belirlenmiştir. Pasquill hava kararlılık

sınıflandırmasına göre gündüz koşullarında Sinop C kategorisinde (Az Kararsız), Akkuyu A-B kategorisinde (Çok-Orta Derecede Kararsız), İnceburun ise D kategorisinde (Nötr) yer almaktadır. Gece koşullarında ise Sinop ve İnceburun D kategorisinde (Nötr), Akkuyu ise F kategorisinde (Çok Kararlı) yer alır.

İnceburun santral sahasında kararlılık kriteri olarak belirlenen rüzgarın kirletici unsurların dağılımına etkisi hakim rüzgar yönüne paralel olarak gelişecektir. Sahada en fazla rüzgar KB ve sonrasında GD yönünden esmektedir. GD yönünden esen rüzgarlar kirleticileri deniz üzerine taşıyacaktır. KB yönlü rüzgarlar ise taşımayı ilk önce Sinop il merkezinin bulunduğu sahaya doğru yapacak, daha uzun ölçekte deniz üzerinden yoluna devam eden kirleticiler Samsun'un ilçeleri olan Bafra ve Çarşamba istikametine doğru ilerleyecektir. Akkuyu bölgesi için belirlenen sıcaklık sahada dikey karışımların sağlanmasını her mevsim olumlu etkileyecek ve kirleticilerin atmosferdeki yükselmesini kolaylaştıracaktır. Alandaki yeryüzü şekillerinin uzanışına paralel olarak GB istikametine hakim olacak rüzgarlar Akkuyu santralinden çıkan kirleticileri çoğunlukla Akkuyu-Silifke arasındaki sahaya taşıyacaklardır. Araştırmada İnceburun ve Akkuyu sahaları için uygun kararlılık kriterleri ve bu kriterlerin olası radyolojik kirliliğe etkisi yukarıda bahsedilen sonuçları kapsamaktadır.

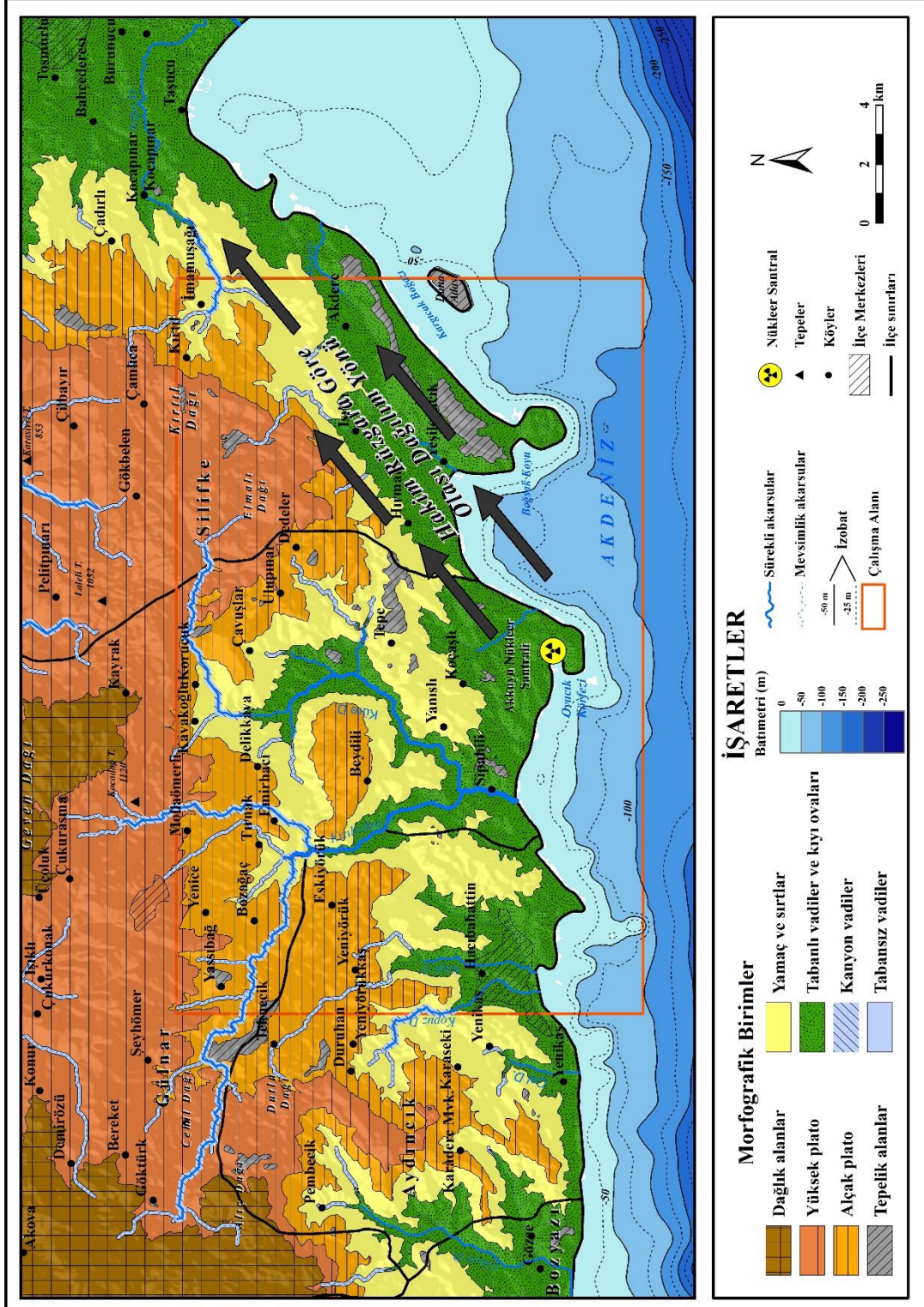
Araştırmaya ait ulaşılan bütün sonuçlar ışığında İnceburun sahasında yıl içerisinde en fazla rüzgarın estiği yönün (hakim rüzgar yönü) kuzeybatı olduğu düşünüldüğünde santralden salınacak bulutsuların ağırlıklı dağılım yönünün Harita 12'deki gibi olması muhtemeldir.

Ayrıca yıl içerisinde esecek olan kuzeyli rüzgarlarda arazideki engebeye bağlı olarak oluşacak olası kuru ve ıslak depolanma alanları Harita 13'te gösterilmiştir.



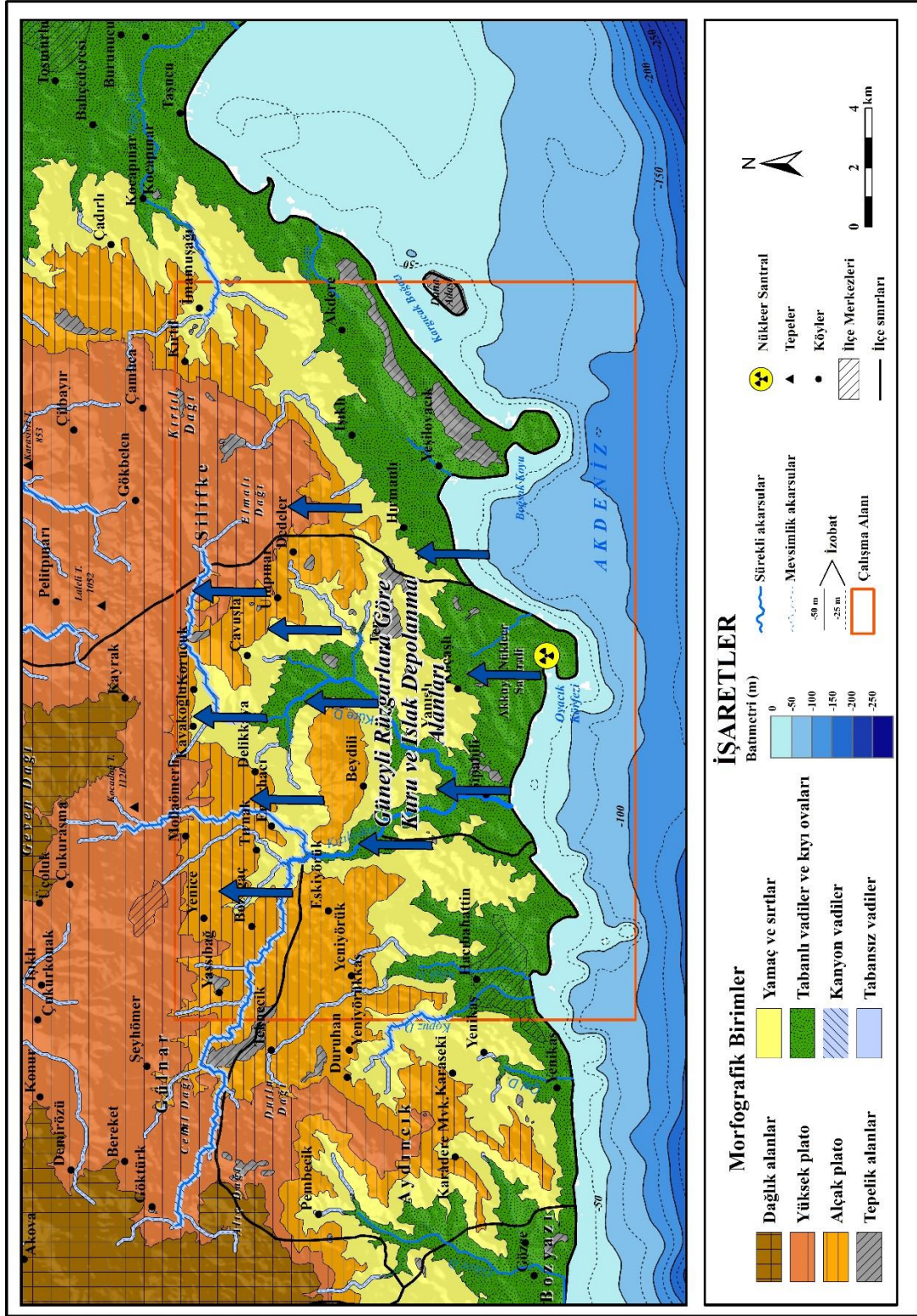
Harita 13. İnceburun ve çevresinin morfolofrafya haritası ve kuzeyli rüzgarlara bağlı olarak oluşacak olası kuru-ıslak depolanma alanları

Akkuyu çevresinde hakim rüzgar yönüne (Güneybatı) bağlı olarak yıl içerisinde ağırlıklı olarak gerçekleşecek olası bulutsu dağılım yönünün Harita 14'teki gibi olması muhtemeldir.



Harita 14. Akkuyu ve çevresinin morfolofy haritası ve olası dağılımın gösterilmesi

Akkuyu çevresinde yıl içerisinde esecek güneyli rüzgarlara bağlı olarak gerçekleşecek olası kuru ve ıslak depolanma alanları Harita 15’te gösterilmektedir.



Harita 15. Akkuyu ve çevresinin morfolofrafya haritası ve güneyli rüzgarlara bağlı olarak oluşacak olası kuru-ıslak depolanma alanları

Araştırmanın içeriği ile benzeşen çalışmalar değerlendirildiğinde alan kapsamıyla çalışması örtüşen Değer (2010), radyolojik kirlilikte topografya ve yükselti şartlarının dağılımda rol oynadığı sonucuna varmıştır. Ayrıca iklim elemanlarının dağılımda etkili olduğunu savunmaktadır. Çalışma sınır tabakası iklimi ve atmosfer kararlılığının dağılıma etkisinin açıklanmasında eksik kalmaktadır. Yine Bilgiç (2016) İnceburun ve Akkuyu'ya ait nükleer kaza modellemesinde her iki alanda da sıcak ağustos ayında kirleticilerin yer seviyesine yakın; daha soğuk aralık ayında daha yüksek seviyelerde taşınacağı sonucuna ulaşmaktadır. Bu sonuç coğrafi olarak ağustos ayında oluşacak sıcaklığa bağlı konvektif akımlara ve kış aylarındaki inversiyon ya da yüksek basınç şartlarına terstir. Çünkü genel olarak sıcak hava koşulları konvektif yükselmeye sebep olacak ve bulutsuları daha yüksek seviyelere taşıyacaktır. Nitekim Cichowicz vd. (2017), yaz ve kış mevsimlerindeki hava kirliliğini kapsayan çalışmalarında kirliliğin sıcaklığın daha düşük, hava akımlarının daha sınırlı olduğu kış mevsiminde arttığını dile getirmektedir. Apsimon vd. (1985), Nikolayev ve Yatsko (1995) radyolojik kirleticilerin dağılıma ait yaptıkları çalışmalarında kirliliği en fazla etkileyen iklim elemanlarının rüzgar ve sıcaklık (güneş radyasyonu) olduğu sonuçlarına varmışlardır. Bu durum yapılan araştırmada İnceburun ve Akkuyu için paraleldir. Ayrıca çalışmada ulaşılan sınır tabakası ikliminin radyolojik kirliliğin dağılımını etkileyeceği sonucu Huh vd. (2012) ve Sharan ve Gopalakrishnan (2003) tarafından desteklenmektedir.

Atmosfer kararlılığının kirlilik dağılımı üzerinde etkili olduğu ve kararlılık şartlarının iklim elemanlarından etkilendiği, buna bağlı olarak kararlılık tespitinde bu elemanlara ait özelliklere dikkat edilmesi gerektiği düşüncesi Rakesh vd. (2020) tarafından da desteklenmektedir. Ayrıca nükleer kirlilikte var olan birçok atmosfer kararlılık kriterleri arasından Pasquill kriterlerinin kullanılması gerektiği Apsimon vd. (1985) tarafından da dile getirilmektedir.

Kaza senaryosu dışında, İnceburun bölgesi sahip olduğu rüzgar şartları sebebiyle kirleticilerin atmosferde seyrelmesi açısından Akkuyu'ya göre daha avantajlı görülebilir. Ancak olası bir kaza durumunda kirleticilerin atmosferde fazla dağılması, uzaklara taşınması riski artırır. Bu nedenle böyle bir kaza olasılığında Akkuyu'nun daha uygun hava şartlarına sahip olduğu düşünülebilir. Nitekim Ünver (2014) araştırmasında bunu dile getirmiştir.

6.2. ÖNERİLER

Nükleer santral sahaları artık Türkiye'nin en stratejik alanlarından. Güvenlik önlemlerinin dışında, atmosfer şartlarının da düzenli olarak gözlemlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla hem İnceburun hem de Akkuyu için düzenli ve çok parametrelili meteorolojik kayıtların tutulduğu istasyonlara ihtiyaç vardır. Bu bakımdan İnceburun fener istasyonu ve Akkuyu'ya çok yakın olan Yeşilovacık istasyonunun ölçüm kapasiteleri arttırılmalıdır. Güç santrali alanları çevresindeki yerleşim birimlerinde yaşayan insanlara radyolojik kirlilik hakkında bilgi veren çalışmalar yapılmalıdır. Ayrıca bu zamana kadar Türkiye'de yapılan çalışmalar çoğunlukla olası kaza senaryoları üzerinedir. Akademik olarak radyolojik kirliliğin normal şartlardaki dağılımını araştıran daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan bu çalışmaların konu kapsamının genişletilmesi atmosfer, su, toprak kirliliği olarak çeşitlendirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Akkan, E. (1975). *Sinop Yarımadasının Jeomorfolojisi. Ankara Üniversitesi Dil Tarih Coğrafya Fakültesi Yayınları*. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi.
- Apsimon, H., Goddard, A., ve Wrigley, J. (1985). Long-Range Atmospheric Dispersion of Radioisotopes-i. Mesos Model. *Atmospheric Environment*, 99-111.
- Arıkan, İ. H. (2007). *Çevresel Radyasyonun Canlılığın Sürdürülebilirliğine Etkileri. Ankara Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. Yayımlanmamış Doktora Tezi*. Ankara.
- Atalay, İ. (2010). *Uygulamalı Klimatoloji*. İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri.
- Atalay, İ. (2017). *Türkiye Bölgesel Coğrafyası*. İstanbul: İnkılap Kitabevi.
- Bakır, G. (2013). *Türkiye'nin Nükleer Enerji Politikaları ve Mersin Akkuyu Nükleer Güç Santrali. Gazi Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Ankara.
- Başkurt, Z. M. (2017). *'Nükleer Santraller İçin Yer Belirleme Kriterlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Ankara.
- Bilgiç, E. (2016). *Atmospheric Dispersion of Radiation Originating From Nuclear Power Plant Accidents. Dokuz Eylül Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. İzmir.
- Blumsack, S. L. (1971). On the Effects of Topography on Planetary Atmospheric Circulation. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 1134-1143.
- Bourscheidt, V., Junior, P., ve Naccarato, K. (2009). The Influence of Topography on the Cloud-to-Ground Lightning Density in South Brazil. *Atmospheric Research*, 508-513.

- Christoudias, T., Proestos, Y., ve Lelieveld, J. (2014). Atmospheric Dispersion of Radioactivity from Nuclear Power Plant Accidents: Global Assessment and Study for the Eastern Mediterranean and Middle East. *Energies*, 8338-8354.
- Cichowicz, R., Wielgosinski, G., ve Fetter, W. (2017). Dispersion of Atmospheric Air pollution in Summer and Winter Season. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189:605/doi: 10.1007/s10661-017-6319-2.
- Clifford, S. F., Kaimal, C., Lataitis, J., ve Strauch, G. (1994). Ground-Based Remote Profiling in Atmospheric Studies. *Environmental Technology Laboratory. NOAA*, 313-355.
- Coşkun, M. (2019). İklim Değişmeleri ve Küresel Isınma. M. Alım ve S. Doğanay içinde, *Yer Bilimi* (s. 272-291). Ankara: Pegem Akademi.
- Culverwell, L. (2016). *The Calculation of Planetary Boundary Layer Heights in ROPP*. UK: Radio Occultation Meteorology.
- Çimen, N., Yağan, Y., ve Polatkan, Ö. (2007). *Aeroloji*. Ankara: T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü.
- Değer, A. (2010). *NBC (Nükleer, Biyolojik, Kimyasal) Tehdidine Topoğrafyanın Etkilerinin Araştırılması ve Oluşacak Radyoaktif Yayılım İçin Bir Mekansal Karar Verme Sistemi Geliştirilmesi*. Selçuk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Konya.
- Erdoğan, E. (2012). *Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinde Modellerin Kullanımının Karar Verme Sürecindeki Rolü*. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Erdösemeci, F. (2014). *Nükleer Güç Santrallerinin Çevre Etiği Açısından İrdelenmesi*. Gazi Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Erlat, E. (2016). *İklim Sistemi ve İklim Değişmeleri*. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.
- Flint, A. L. (1987). The Effect of Surrounding Topography on Solar Radiation. *Proceedings of the Vancouver Symposium*, 339-347.

- Güler, T. (2006). *Nükleer Enerji Üretim Sürecinde Kazalar, Nükleer Atıklar ve Çevre Sorunları. Gazi Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.* Ankara.
- Hass, H., Memmesheimer, M., Geib, H., Jakobs, H., Laube, M., & Ebel, A. (1990). Simulation of the Chernobyl Radioactive Cloud Over Europe Using the Eurad Model. *Atmospheric Environment*, 673-692.
- Huh, C. A., Hsu, S. C., ve Lin, C. Y. (2012). Fukushima-Derived Fission Nuclides Monitored Around Taiwan: Free Tropospheric Versus Boundary Layer Transport. *Earth and Planetary Science Letters*, 9-14.
- Hutchinson, P. (1968). An Analysis of the Effect of Topography on Rainfall in the Taieri Catchment Area. *Earth Science Journal*, 51-68.
- Iaea. (2003). *Extent of Environmental Contamination by Naturally Occuring Radioactive Material and Technological Options for Mitigation.* Vienna: International Atomic Energy Agency.
- İlkılıç, C., ve Behçet, R. (2006). Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerindeki Etkisi. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 66-72.
- Kadıoğlu, M., ve Çakır, S. (2015). *Atmosferimizi Anlamak. Understanding the Atmosphere (Steven A. Ackerman, John A. Knox) kitabından çeviridir.* Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Kantarcıoğlu, V. D. (2018). *Nükleer Güç Santrallerinde Ağır Kazalar İçin 3+ Seviye Olasılıklı Güvenlik Analizi Yönteminin Geliştirilmesi ve Akkuyu Nükleer Güç Santrali İçin Uygulanması. Hacettepe Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yayınlanmamış Doktora Tezi.* Ankara.
- Karadoğan, S., ve Kavak , T. (2017). Diyarbakır Havzasında İklim Üzerinde Etkili Olan Yer Şekilleri ve Litolojik Faktörlerin MODİS Uydu Görüntüsü Verileri İle İncelenmesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 557-568.
- Kaviani, F., Memarian, M., ve Eslami Kalantari, M. (2017). Simulation of Atmospheric Dispersion Transport and Deposition of Nuclear Pollutants Released from a Hypothetical Accident at Bushehr Power Plant. *Journal of the Earth and Space Physics*, 635-650.

- Küçük, R., ve Uzun, G. (1996). *Nükleer Santral Kurulması Planlanan Akkuyu'nun Doğal Özellikleri. Türkiye Birinci Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı*. Ankara: Emo Yayınları.
- Laiti, L., Zardi, D., Franceschi, M., ve Rampanelli, G. (2013). Atmospheric Boundary Layer Structures Associated with the Ora del Garda Wind in the Alps as Revealed from Airborne and Surface Measurements. *Atmospheric Research*, 473-489.
- Lehner, M., ve Rotach, W. (2018). Current Challenges in Understanding and Predicting Transport and Exchange in the Atmosphere over Mountainous Terrain. *Atmosphere.MDPI*, 2018, 9, 276.
- Leukauf, D., Ghom, A., Rotach, M., ve Wagner, J. (2015). The Impact of the Temperature Inversion Breakup on the Exchange of Heat and Mass in an Idealized Valley: Sensitivity to the Radiative Forcing. *Institute of Atmospheric and Cryospheric Sciences.*, 2199-2216.
- Liu, S., ve Liang, X. (2010). Observed Diurnal Cycle Climatology of Planetary Boundary Layer Height. *Journal of Climate*, 5790-5809.
- Mallaun, C., Giez, A., ve Baumann, R. (2015). Calibration of 3-D Wind Measurements on a Single-Engine. *Atmospheric Measurement Techniques.*, 3177-3196.
- Mayhoub, A., Essa, K., ve Aly, S. (2003). Analytical from of Pollutants Dispersion for Different Atmospheric Conditions. *Romanian Reports in Physics*, 94-101.
- Morino, Y., Ohara, T., Watanebe, M., Hayashi, S., ve Nishizawa, M. (2013). Episode Analysis of Deposition of Radiocesium from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident. *Environmental Science Technology*, 2314-2322.
- Nikolaev, V., ve Yatsko, S. (1995). A Mathematical Model, Algorithm and Package of Programs for Simulation and Prompt Estimation of the Atmospheric Dispersion Radioactive Pollutants. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics* , 325-333.
- Özkan, A. (2018). *Çevresel Güvenlikte Sınır Aşan Bir Tehdit Algısı: Nükleer Zarar. İstanbul Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. Yayımlanmamış Doktora Tezi*. İstanbul.

- Özlu, T. (1995). *Samsun ve Çevresinin Coğrafi Yönden Hava Kirliliği. Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Samsun.*
- Özmen, A. (2007). *Türkiye’de Kurulması Planlanan Nükleer Santraller İçin Kuruluş Yeri Seçimi. Abant İzzet Baysal Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Bolu.*
- Panofsky, H. A., ve Dutton, J. (1984). *Atmospheric Turbulence Models and Methods for Engineering Applications. New York.*
- Peppler, R. A. (1988). *A Review of Static Stability Incides and Related Thermodynamic Parameters. Illinois: Climate and Meteorology Section State Water Survey.*
- Rakesh, P., Venkatesan, R., Roubin, P., Srinivas, C., Baskaran, R., ve Venkatraman, B. (2020). Formulation of Turbulence Diffusion Relationships Under Stable Atmospheric Conditions and Its Effect on Pollution Dispersion. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 1-16 doi.org/10.1007/s00703-020-00729-2.
- Russell, A. (2009). *Computational Fluid Dynamics Modeling of Atmospheric Flow Applied to Wind Energy Research. Boise State University. USA.*
- Saharan, M., ve Gopalakrishnan, S. (2003). Mathematical Modeling of Diffusion and Transport of Pollutants in the Atmospheric Boundary Layer. *Pure and Applied Geophysics*, 357-394.
- Sarı, S. (1993). *İstanbul ve Çevresinde Atmosfer Kararlılık ve Kararsızlığının Tespitinde Yeni Bir İndeks Çalışması. İstanbul Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. Yayımlanmamış Doktora Tezi. İstanbul.*
- Schroeder, W. H., ve Lane , D. (1988). The Fate of Toxic Airborne Pollutants. *Environmental Science Technology*, 240-246.
- Sever, O. (2019). *Çevre ve Stratejik Bakış Açısıyla Türkiye’de Nükleer Santral Çalışmaları. Aksaray Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Aksaray.*

- Siedel, D., Zhang, Y., Beljaars, A., Golaz, C., Jacobsen, A., ve Medeiros, B. (2012). Climatology of the Planetary Boundary Layer Over the Continental United States and Europe. *Journal of Geophysical Research*, 117-D17106.
- Sipahioğlu, Ő., ve Sarsılmaz, Ő. (1982). *Aeroloji Ders Kitabı*. Ankara: Devlet Meteoroloji İşleri Genel müdürlüğü.
- Stull, R. B. (1988). *An Introduction to Boundary Layer Meteorology*. Kluwer Academic.
- Şahin, C. (1989). Hava Kirliliği ve Hava Kirliliğini Etkileyen Doğal Çevre Faktörleri . *Gazi Üniversitesi Coğrafya Araştırmaları*, Cilt:1 Sayı:1.
- Taek. (2009). *Radyasyon, İnsan ve Çevre*. Ankara: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu.
- Till, J. E., ve Meyer, H. (1983). *Radiological Assesment*. Washington: Division of Systems Integration Office of Nuclear Reactor Regulation.
- Türkeş, M. (2010). *Klimatoloji ve Meteoroloji*. İstanbul: Kriter Yayınları.
- Ünver, L. Ö. (2014). *'Development of a Radioecological Model for Accidental Release of Radionuclides: Akkuyu and Sinop Nuclear Power Plants. Orta Doğu Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yayınlanmamış Doktora Tezi*. Ankara.
- Mersin Valiliği. (2011). *Çevre ve Őehircilik İl Müdürlüğü 2011 Yılı Çevre Durum Raporu*. Mersin.
- Wang, B., Zhang, Q., ve Guo, R. (2016). Three Dimensional Numerical Simulation of Atmospheric Dispersion Influenced by Complex Underlying Surface Surrounding Nuclear Power Plant. (s. 1-4). Charlotte, Nort Carolina: International Conference on Nuclear Engineering.
- Wang, H., Zhu, H., ve Yu, C. (2020). Diffusion and Transportation of the Radioactive Airborne Pollutants: Challenges and Progresses. *Indoor and Built Environment*, 3-6.
- Yılmaz, F. V. (2017). *Sinop ve Akkuyu'da Kurulacak Nükleer Santral Alanı Çevresinde Doğal Radyoaktivite Seviyesinin Belirlenmesi. 19 Mayıs Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Samsun.

Yılmaz, H. (2017). *Nükleer Afetlerde Kriz Yönetimi. Gümüşhane Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Gümüşhane.*

İNTERNET KAYNAKLARI

URL 1. www.ekolojibirligi.org. Erişim Tarihi 20.07.2020

URL 2. www.aa.com. Erişim Tarihi 20.07.2020

URL 3. NASA https://www.nasa.gov/images/content/483897/main_Global-PM2.5-Map.JPG. Erişim Tarihi: 29.01.2020.

URL 4. <http://www.hgk.msb.gov.tr>. Erişim Tarihi: 22.02.2020

URL 5. <http://web.mst.edu>. Erişim Tarihi: 23.02.2020

URL 6. <https://www.telegraph.co.uk/news/picturegalleries/earth/3391311/2009-Australian-Weather-Calendar.html?image=5>. Erişim Tarihi: 29.01.2020

URL 7. sciencing.com/do-mountains-affect-precipitation-8691.html. Erişim Tarihi: 23.11.2019

URL 8. <https://mountaintownnews.net/2015/12/02/utah-ski-areas-and-the-clean-power-plan/> Erişim Tarihi: 21.03.2020

URL 9. NOAA

<https://www.esrl.noaa.gov/psd/events/2015/review/pdf/presentations/psd-review-theme2a-grachev.pdf>. Erişim Tarihi: 21.03.2020.

URL 10. www.romsaf.org. Erişim Tarihi: 08.02.2020

URL 11. www.thoughtco.com. Erişim Tarihi: 06.02.2020

URL 12. <https://docs.google.com>. Erişim Tarihi: 06.02.2020

URL 13. <https://www.ux1.eiu.edu/~jpstima/1400/stability.html>. Erişim Tarihi: 08.02.2020

URL 14. https://www.mgm.gov.tr/kurumici/radyasyon_iller.aspx. Erişim tarihi: 25.08.2020

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1. Pasquill-Gifford Hava Kararlılık Sınıflandırması.....	128
Tablo 2. Sinop ili aylık sıcaklık ortalamaları (°C)	131
Tablo 3. Silifke ilçesi aylık sıcaklık ortalamaları (°C).....	132
Tablo 4. Sinop ili aylık ortalama güneşlenme süresi (Saat).....	132
Tablo 5. Silifke ilçesi aylık ortalama güneşlenme süresi (Saat)	132
Tablo 6. Sinop ili aylık ortalama rüzgar hızı (m/s)	132
Tablo 7. Silifke ilçesi aylık ortalama rüzgar hızı (m/s).....	132
Tablo 8. Sinop ili aylık ortalama bulutluluk (8 Okta)	133
Tablo 9. Silifke ilçesi aylık ortalama bulutluluk (8 Okta)	133
Tablo 10. İnceburun fener istasyonu aylık ortalama rüzgar hızı (m/s)	134
Tablo 11. Çalışma alanlarının iklim elemanlarına ait mevsimsel ortalama değerleri	137

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Hava Kirliliği Uydu Ölçümü. PM: Partikül metre (URL 3).....	39
Şekil 2. Radon gazının yerkabuğundan binalara sızması(Taek 2009).....	41
Şekil 3. Olası nükleer kazalarda meydana gelecek doz riski (Christoudias vd, 2014). 43	
Şekil 4. Topoğrafik zorlanma ve yağmur gölgesi (URL 5).	70
Şekil 5. Farklı yüzeylere ait albedo değerleri (Karadoğan ve Kavak , 2017).....	74
Şekil 6. Atmosferik sınır tabakasının gün içerisindeki döngüsü (URL 9).....	75
Şekil 7. Sınır tabakasının ortalama yüksekliği (URL 10).....	79
Şekil 8. Rüzgarın ve oluşturduğu türbülansların sınır tabakası yüksekliğine etkisi (Russell, 2009).	80
Şekil 9. Gündüz ve kararsız hava koşullarında dağlık alanlarda meydana gelen sınır tabakası gelişimi (Lehner ve Rotach, 2018).	82
Şekil 10. Gece ve kararlı hava koşullarında dağlık alanlarda meydana gelen sınır tabakası gelişimi (Lehner ve Rotach, 2018).	82
Şekil 11. Sıcaklığın atmosferdeki taşınımı (URL 11).	85
Şekil 12. Kuru ve nemli adyabatik lapse rate (URL 12).	87
Şekil 13. Hava kütlelerinin atmosferdeki dikey hareketi-Atmosfer kararlılığı (Çimen vd. 2007).	88
Şekil 14. Mutlak kararsızlık (URL 13).....	89
Şekil 15. Mutlak kararlılık (URL 13).	90
Şekil 16. Şarta bağlı kararsızlık (URL 13)	91
Şekil 17. Analizi yapılan İnceburun ve Akkuyu'ya ait araziler	95
Şekil 18. İnceburun'un topoğrafik özelliklerinin detaylandırılması	96
Şekil 19. İnceburun topoğrafyasının atmosfer içerisinde oluşturduğu yüzey	97
Şekil 20. İnceburun rüzgar akışından kaynaklı basınç çizgisel değerleri.....	98

Şekil 21. İnceburun türbülans akımlarının kinetik enerji dağılımı.....	100
Şekil 22. İnceburun eddy viskozite değerleri	102
Şekil 23. İnceburun doğu duvarı rüzgar hız profili	104
Şekil 24. Akkuyu topoğrafyasının atmosfer içerisinde oluşturduğu yüzey.....	106
Şekil 25. Akkuyu rüzgar akışından kaynaklı basınç çizgisel değerleri	107
Şekil 26. Akkuyu türbülans akımlarının kinetik enerji dağılımı	109
Şekil 27. Akkuyu eddy viskozite değerleri.....	111
Şekil 28. Akkuyu eddy viskozite dikey değişim değerleri	113
Şekil 29. İnceburun rüzgar akışından kaynaklı mevsimlik basınç çizgisel değerleri. (a) Sonbahar, (b) Kış, (c) İlkbahar, (d) Yaz.	116
Şekil 30. İnceburun türbülans akımlarının mevsimlik kinetik enerji dağılımı. (a) Sonbahar, (b) Kış, (c) İlkbahar, (d) Yaz.	117
Şekil 31. İnceburun mevsimlik eddy viskozite değerleri. (a) Sonbahar, (b) Kış, (c) İlkbahar, (d) Yaz.	118
Şekil 32. Akkuyu rüzgar akışından kaynaklı mevsimlik basınç çizgisel değerleri. (a) Sonbahar, (b) Kış, (c) İlkbahar, (d) Yaz.	120
Şekil 33. Akkuyu türbülans akımlarının mevsimlik kinetik enerji dağılımı. (a) Sonbahar, (b) Kış, (c) İlkbahar, (d) Yaz.	121
Şekil 34. Akkuyu mevsimlik eddy viskozite değerleri. (a) Sonbahar, (b) Kış, (c) İlkbahar, (d) Yaz.	122

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1. Radyasyon kaynaklarından maruz kalınan radyasyon dozlarının oransal değerleri (Taek, 2009).....	40
Grafik 2. Sinop aylık sıcaklık ortalamaları grafiği (MGM 1938-2018)	48
Grafik 3. Sinop aylık yağış ortalamaları grafiği (MGM 1938-2018)	48
Grafik 4. Sinop aylık güneşlenme süresi ortalamaları grafiği (MGM 1938-2018)	49
Grafik 5. Sinop aylık rüzgar hızı ortalamaları grafiği (MGM 1938-2017)	49
Grafik 6. Sinop rüzgar frekans gülü (MGM 1936-2017)	50
Grafik 7. Sinop aylık basınç ortalamaları grafiği (MGM 1936-2017)	50
Grafik 8. Sinop aylık bulutluluk oranı ortalamaları grafiği (MGM 1936-2017).....	51
Grafik 9. Sinop aylık nispi nem ortalamaları grafiği (MGM 1936-2017).....	51
Grafik 10. Silifke aylık sıcaklık ortalamaları grafiği (MGM 1930-2017).....	52
Grafik 11. Silifke aylık yağış ortalamaları grafiği (MGM 1930-2017).....	53
Grafik 12. Silifke aylık güneşlenme süresi ortalamaları grafiği (MGM 1930-2017)..	53
Grafik 13. Silifke aylık rüzgar hızı ortalamaları grafiği (MGM 1930-2017).....	54
Grafik 14. Silifke rüzgar frekans gülü (MGM 1930-2017).	54
Grafik 15. Silifke aylık basınç ortalamaları grafiği (MGM 1930-2017).....	55
Grafik 16. Silifke aylık bulutluluk oranı ortalamaları grafiği (MGM 1930-2017).....	55
Grafik 17. Silifke aylık nispi nem ortalamaları grafiği (MGM 1930-2017).....	56

HARİTALAR LİSTESİ

Harita 1. Çalışma alanlarının lokasyon haritası.....	46
Harita 2. İnceburun ve çevresinin fiziki haritası	58
Harita 3. İnceburun ve çevresinin eğim haritası	59
Harita 4. İnceburun ve çevresinin bakı haritası	60
Harita 5. İnceburun ve çevresinin toprak haritası.....	61
Harita 6. Akkuyu ve çevresinin fiziki haritası.....	63
Harita 7. Akkuyu ve çevresinin eğim haritası	66
Harita 8. Akkuyu ve çevresinin bakı haritası	67
Harita 9. Akkuyu ve çevresinin toprak haritası	68
Harita 10. Türkiye yıllık ortalama güneş radyasyonu dağılım haritası. MGM 2004-2016 (URL 14).....	136
Harita 11. Türkiye’de güneş radyasyonunun ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerine göre dağılışı. MGM 2004-2016 (URL 14).....	136
Harita 12. İnceburun ve çevresinin morfografya haritası ve olası dağılımın gösterilmesi.....	148
Harita 13. İnceburun ve çevresinin morfografya haritası ve kuzeyli rüzgarlara bağlı olarak oluşacak olası kuru-ıslak depolanma alanları	149
Harita 14. Akkuyu ve çevresinin morfografya haritası ve olası dağılımın gösterilmesi	150
Harita 15. Akkuyu ve çevresinin morfografya haritası ve güneyli rüzgarlara bağlı olarak oluşacak olası kuru-ıslak depolanma alanları	151

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

Fotoğraf 1. İnceburun Nükleer Güç Santrali Alanı (URL 1).....	19
Fotoğraf 2. Akkuyu Nükleer Güç Santrali Alanı (URL 2)	19
Fotoğraf 3. Katabatik rüzgar. Fotoğraf: Margaret Brown (URL 6).....	71
Fotoğraf 4. İncersiyon. Fotoğraf: Allen Best (URL 8).....	73

ÖZGEÇMİŞ

Onur CANBULAT Samsun'un Terme ilçesinde dünyaya geldi. İlk ve orta öğrenimini burada tamamladı. Gümüşhane Mareşal Fevzi ÇAKMAK Anadolu Öğretmen Lisesi mezuniyetinden sonra üniversite hayatına Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Coğrafya Öğretmenliği Bölümü'nde devam etti. 2018 yılında Karabük Üniversitesi'nde Yüksek Lisans eğitimine başladı. Halen Karabük Cumhuriyet Anadolu Lisesi'nde Coğrafya öğretmeni olarak görev yapmaktadır.