

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ



KURAKLIK RİSKİ VE ÖLÇÜMÜ

SERDAR ÖZER

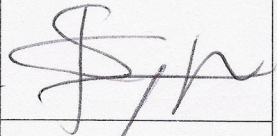
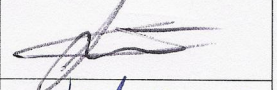

TEZ DANIŞMANI

YRD. DOÇ. DR. Ş. KASIRGA YILDIRAK

EDİRNE 2010

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

SERDAR ÖZER tarafından hazırlanan **KURAKLIK RİSKİ VE ÖLÇÜMÜ** Konulu **YÜKSEK LİSANS** Tezinin Sınavı, Trakya Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin 12.-13. maddeleri uyarınca **23.12.2010** **Perşembe** günü saat **12.00**'da yapılmış olup, tezin *
...*kabul edilmesine*... (**OYBİRLİĞİ/OYÇOKLUĞU**) ile karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYELERİ	KANAAT	İMZA
Yrd. Doç. Dr. Ş. Kasırga YILDIRAK (Tez Danışmanı)	<i>Kabul edilmesine</i>	
Doç. Dr. Nurcan METİN	<i>kabul edilmesine</i>	
Yrd. Doç. Dr. Nural YILDIZ	<i>Kabul edilmesine</i>	

* Jüri üyelerinin, tezle ilgili kanaat açıklaması kısmında "Kabul Edilmesine/Reddine" seçeneklerinden birini tercih etmeleri gerekir.

T.C
YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
ULUSAL TEZ MERKEZİ

TEZ VERİ GİRİŞİ VE YAYIMLAMA İZİN FORMU

Referans No	390163
Yazar Adı / Soyadı	SERDAR ÖZER
Uyruğu / T.C.Kimlik No	T.C. 41440117316
Telefon / Cep Telefonu	2842122989 5327677069
e-Posta	serdar.ozer@yahoo.com
Tezin Dili	Türkçe
Tezin Özgün Adı	Kuraklık Riski ve Ölçümü
Tezin Tercümesi	Risk and Measurement of The Drought
Konu Başlıkları	Ekonomi
Üniversite	Trakya Üniversitesi
Enstitü / Hastane	Sosyal Bilimler Enstitüsü
Bölüm	İktisat Bölümü
Anabilim Dalı	İktisat Anabilim Dalı
Bilim Dalı / Bölüm	
Tez Türü	Yüksek Lisans
Yılı	2010
Sayfa	175
Tez Danışmanları	Yrd. Doç. Dr. Ş. Kasırga YILDIRAK
Dizin Terimleri	Risk değerlendirilmesi=Risk evaluation
Önerilen Dizin Terimleri	
Yayımlama İzni	<input type="checkbox"/> Tezimin yayımlanmasına izin veriyorum <input checked="" type="checkbox"/> Ertelemesini istiyorum [1 Yıl]

b. Tezimin Yükseköğretim Kurulu Tez Merkezi tarafından çoğaltılması veya yayımının **04.01.2012** tarihine kadar ertelenmesini talep ediyorum. Bu tarihten sonra tezimin, internet dahil olmak üzere her türlü ortamda çoğaltılması, ödünç verilmesi, dağıtım ve yayımı için, tezimle ilgili fikri mülkiyet haklarım saklı kalmak üzere hiçbir ücret (royalty) talep etmeksizin izin verdiğimi beyan ederim.
NOT: (Erteleme süresi formun imzalandığı tarihten itibaren en fazla 3 (üç) yıldır.)

04.01.2011

İmza:..........

Yazdır

Tezin Adı: Kuraklık Riski ve Ölçümü

Hazırlayan: Serdar ÖZER

ÖZET

Kuraklığın etkilerinin yoğun miktarda hissedilmesi ve doğanın dengesinin bozulması bilimsel çalışmaların bu doğrultuda artmasına neden olmuştur. Özellikle Kyoto Protokolünün Avrupa Birliği Ülkeleri tarafından imzalanmasıyla birlikte Türkiye'nin de buna dahil olması kuraklık izlemede kullanılan çeşitli algoritmaların geliştirilmesi için bir zemin hazırlamıştır. Şu an mevcut indislerin kuraklığı izlemede tam sonuç vermemesi ve yetersiz kalması yeni yöntemlere kapı aralamaktadır.

Günümüzde dünya ülkelerinin bu konuya ağırlık vermesi özellikle FAO 'nun tarımda erken uyarı sistemini hayata geçirmek istemesi ve bununla ilgili çeşitli ülkelerde açlıkla mücadelede erken uyarı sisteminin kurulması küresel iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması yönünde son derece önemli gelişmelerdir. Türkiye'de de Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Çevre ve Orman Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve İçişleri Bakanlığı ile işbirliği içerisinde hazırlanan Tarımsal Kuraklık Eylem Planı erken uyarı ve tahminde zamanında karar verilerek olası risklerin etkilerinin en aza indirgenmesi için yapılmış olan en önemli çalışmadır.

Yapılan çalışmanın temeli de kuraklığın etkilerinin en aza indirilmesi için erken uyarı algoritmalarının incelenmesine yöneliktir. Şüphesiz kuraklık önceden izlenebilir ve olası zararları hesap edilirse ekonomiye etkileri ve insan yaşamına etkileri en aza indirgenmiş olacaktır. Örneğin kuraklığın olası bir durumu için ona göre sulama sisteminin oluşturulması, tohum geliştirilmesi, kurak bölgelerdeki insanların sosyo ekonomik gelişimi gibi konularda zarar en aza indirgenebilecektir.

Çalışmada ilk olarak iklim değişikliği konusu ele alınmış iklim değişikliğinin nedenleri ve oluşturduğu riskler incelenmiştir, ikinci bölümde Türkiye'nin de imzalamış olduğu Kyoto Protokolü ve bu Protokolün karbon salınımını azaltmak için getirdiği emisyon ticareti incelenmiş, üçüncü bölümde kuraklık ve bu kuraklığı izleme ve tahminde kullanılan indisler, FAO 'nun kullandığı ve halen geliştirilmekte olan

Agrometshell programı incelenmiş, son bölümde ise risk kavramının tanımı yapılmış ve Türkiye’de tarıma yönelik risk kavramları ve Tarım ve Köyişleri Bakanlığı’nın Tarımsal Kuraklık Eylem Planı çalışmaları incelenmiştir. Son olarak da yapılan çalışmanın değerlendirilmesi sonuç bölümünde yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kuraklık, Kuraklık İndisleri, Risk, Risk Analizi.

Name of Thesis: Risk and Measurement of The Drought

Prepared by: Serdar ÖZER

ABSTRACT

Perceived intensively the effects of drought and disruption of the nature's balance cause to increase the scientific studies in this field. Especially with the sign of the Kyoto Protocol by the European Union countries, also Turkey's being in this group has led up to the development of various algorithms used to monitoring drought. Being insufficient and giving not the exact results when monitoring the drought, the current indices offer chance to new methods.

Today, the world's countries dealing with this matter intensively, particularly FAO's request to implement the early warning system in agriculture and related to this in several countries the establishment of early warning system to the fighting with hunger are vital developments to reduce the effects of global climate change. Agricultural Drought Action Plan, prepared in cooperation with the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, the Ministry of Environment and Forestry, the Ministry of Natural Resources and the Ministry of Interior in Turkey too, is the most important work having been done to minimize the effects of the possible risks by deciding the early warning and predictions on time.

The basis of this work is for examining the early warning algorithms for minimizing the effects of drought. If drought can be seen and its possible damages can be estimated in advance, surely the effect of it to the economy and the human life will be minimized. For instance, the harm for some issues such as people's socio-economic development in drought regions, creation of an irrigation system, developing a seed according to the drought's possible case can be minimized.

In this paper, firstly the subject of climate change has been considered and reasons of the drought change have been examined. In the second part Kyoto Protocol, also signed by Turkey, and the emission trade got by this Protocol to reduce emissions have been examined. In the third part drought and the indices of

monitoring and predicting the drought, Agrometshell programme still being developed and used by FAO's have been examined. And in the final part, the concept of the risk has been defined, and also risk concepts for agriculture and studies of Agricultural Drought Action Plan of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs in Turkey have been examined. Finally, in the conclusion part, the study has been evaluated.

Keywords: Drought, Drought Indices, Risk, Risk Analysis.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
TABLO LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ	x
KISALTMALAR LİSTESİ	xi
ÖNSÖZ.....	xii
GİRİŞ.....	1
I. BÖLÜM	3
1. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ	3
1.1. Küresel İklim Değişiminin İşaretleri	7
1.2. Küresel İklim Değişiminin Oluşturduğu Riskler	13
1.3. Türkiye'ye Olası Etkiler	16
1.4. Çevreye İlişkin Temel Kavramlar ve Tanımlar	20
1.5. Çevre Sorunları	21
1.6. Küresel Isınma, Nedenleri ve İnsan Kaynaklı Sera Gazları	21
1.6.1. Küresel Isınma	22
1.6.2. Küresel Isınmanın Nedenleri	23
1.6.2.1. Doğal Nedenler	23
1.6.2.2. Yapay Nedenler	26
1.7. Küresel Isınmanın Etkileri	28
1.7.1. Küresel Isınmanın İnsan Yaşamına Etkileri	28
1.7.2. Türkiye'de Küresel Isınmanın Etkileri	30
1.8. İklim Değişikliği	31
1.8.1. İklim Değişikliğinin Etkileri	32
1.8.2. İklim Değişikliğinin Tarihsel Süreci	33

1.8.2.1.İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (İDÇS)	36
1.8.3.Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye	39
1.8.4.Gelecekteki İklim	41
1.8.5.Kuraklığın Etkileri	42
II. BÖLÜM	45
2. KYOTO PROTOKOLÜ VE TÜRKİYE	45
2.1. Kyoto Protokolü'nün Oluşumu	45
2.2. Kyoto Protokolü'nün Kapsamı ve Yükümlülükleri	48
2.3. Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları	53
2.3.1.Temiz Kalkınma Mekanizması.....	56
2.3.2.Ortak Yürütme Mekanizması.....	58
2.3.3.Emisyon Ticareti.....	59
2.4. İDÇS VE Kyoto Protokolü Arasındaki Temel Farklılıklar.....	60
2.5. Kyoto Protokolünün Türkiye İçin Önemi.....	63
2.6. Türkiye'nin Kyoto Protokolü Karsısındaki Durumu	64
2.6.1.Türkiye'nin Kyoto Protokolünü İmzalamamasının Nedenleri.....	65
2.6.2.Türkiye'nin Kyoto Protokolüne Taraf Olmasının Yararları	66
2.6.3.Türkiye'nin Kyoto Protokolü'nü İmzalamasından Sonraki Süreç	67
2.7. Emisyon Ticareti ile Ortaya Çıkan Karbon Piyasası ve Türkiye	69
2.7.1.Emisyon Ticareti	69
2.7.2.Avrupa Birliği Emisyon Sistemi (EU ETS)	74
2.7.2.1.Güçlü Yanları	76
2.7.2.2.Zayıf Yanları	79
2.7.2.3.Sağladığı Fırsatlar.....	82
2.7.2.4.Tehditler	83
2.7.2.5.Eğilimler	83
2.7.3.Karbon Ticareti.....	84
2.7.4.Gönüllü Karbon Piyasaları ve Türkiye	87
2.7.5.Türkiye'de Karbon Piyasaları	92
2.7.6.Türkiye'de Karbon Ticaretinin Geleceği	96

III. BÖLÜM	98
3. KURAKLIK	98
3.1. Kuraklık	98
3.2. Kuraklık Çeşitleri	99
3.2.1. Meteorolojik Kuraklık;	99
3.2.2. Tarımsal Kuraklık;	99
3.2.3. Hidrolojik Kuraklık;	100
3.2.4. Sosyo-ekonomik Kuraklık;	100
3.3. Kuraklık İndisleri;	101
3.3.1. Normalin Yüzdeleri İndeksi	103
3.3.2. Kuyruk Yöntemi	103
3.3.3. Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi	104
3.3.4. Yüzey Suyu Sağlama İndisi	110
3.3.5. Ürün Nemi İndisi	110
3.3.6. Standart Yağış İndisi	111
3.3.6.1. Standart Yağış İndisi Kullanarak Kuraklık Tahmini	117
3.3.6.2. Kuraklık Sınıflarının Geçiş İhtimallerinin Analitik Kökeni	119
3.3.6.3. SYI tahmini	121
3.3.7. Aydeniz Kuraklık İndisi	125
3.3.8. W. Köppen Formülleri	126
3.3.9. De Martonne Formülleri	127
3.3.10. Thornthwaite Formülleri	127
3.3.11. Erinç İndisi	130
3.3.12. Kuraklık Oranı	131
3.3.13. İstatistiksel Yöntemler	133
3.3.13.1. Kurak Devrelerin İstatistiksel Analizi	133
3.3.13.2. Gidişler Analizi;	135
3.3.13.3. Frekans Analizi;	136
3.4. Evotransporizasyon	137
3.5. Fenolojik Gözlemlerin Detaylı Anlatımı	139
3.6. Penman-Monteith (PM) Modeli	140

3.7. Kuraklığın Kışlık Buğdayın Gelişmesi ve Verimine Etkisi.....	142
3.8. AgroMetShell Modeli Kullanılarak Türkiye’de Buğdayın.....	
Verim Tahmini	144
IV. BÖLÜM.....	148
4. RİSK ÖLÇÜMÜ ve ANALİZİ.....	148
4.1.Riskin Tanımı	148
4.2.Beklentiler ve Belirsizlik	148
4.3.Riskten Kaçınmanın Mantığı.....	150
4.4.Tarımda Karşılaşılan Riskler.....	150
4.5.Risk Kaynakları.....	151
4.6.Risk Yönetimi Stratejileri	152
4.7.Tarım Sigortaları ve Uygulamaları.....	153
4.8.Türkiye’de Tarım Sigortası Çalışmaları.....	154
4.9.Tarım Sigortası Nasıl Uygulanıyor?	155
4.10.Tarım Sigortasından Beklentiler	156
4.11. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı TAKEP Çalışmaları	157
4.11.1. Tarımsal Kuraklık Yönetimi	157
4.11.2. Ekonomik Spekülasyonların Önlenmesi.....	158
4.11.3. Eğitim, Yayın ve Yayımlar	158
4.11.4. Alınacak Tedbirler	159
4.11.5. Parasal Kaynaklar	160
4.12. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Kuru Tarım Alanlarında Tarımsal Kuraklık Eylem Planı	160
SONUÇ	163
KAYNAKÇA.....	165

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Sera Gazları ve bu gazların küresel ısınmadaki etki yüzdeleri.....	28
Tablo 2: İDÇS (İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi) 'inde Yer Alan Ek-I ve Ek-II Ülkeleri.	38
Tablo 3: Kyoto Protokolü.....	47
Tablo 4: Kyoto Protokolü EK-A Listesinde Yer Alan Sera Gazları ve Kaynak Sektörleri.	49
Tablo 5: Kyoto Protokolü EK-B Listesinde Yer Alan Ülkeler ve 1990 Yılından 2008-2012 Dönemine Kadar Olan Emisyon Hedefleri.....	50
Tablo 6: Kyoto Protokolü'nde yer alan Ek 1 ülkeleri.....	51
Tablo 7: Kyoto Protokolü'nde yer alan Ek 2 ülkeleri.	52
Tablo 8: Kyoto Protokolünde Tanımlanan Esneklik Düzenekleri.....	55
Tablo 9: İDÇS ve Kyoto Protokolü Arasındaki Temel Farklılıklar.	61
Tablo 10: Kyoto Protokolü Ek B Listesinde Yer alan Ülkeler ve 1990 Yılından 2008-2012 Dönemine Kadar Olan Emisyon Hedefleri.....	71
Tablo 11: Avrupa Birliği Emisyon Ticareti, 2005-2007, Birinci Safha.	81
Tablo 12: 2006 yılı Küresel Karbon Piyasalarında Gönüllü Karbon Ticareti.....	89
Tablo 13: Gönüllü Karbon Ticaretinde Kullanılan Standartlar.	90
Tablo 14: 2005-2008 döneminde Türkiye'de gönüllü karbon ticaretinin dönüm noktaları.....	95
Tablo 15: Sulak ve kurak periyodlar için Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi sınıflandırılması.	106
Tablo 16: SYİ'nin toplam olasılığa karşılık gelen değerleri.	116
Tablo 17: SYİ indisine göre yağış ve kuraklık periyot sınıflandırması.	118
Tablo 18: Akdeniz Kuraklık İndisine göre kuraklık sınıflandırması.	126
Tablo 19: Kuru tarım alanlarında tarımsal kuraklık eylem planı	161

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: IPCC (Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli)'ne göre günümüzden 440,000 öncesi gözlenen ve 100 yıl sonrası ulaşılması beklenen atmosferik karbondioksit seviyesinin karşılaştırılması.....	4
Şekil 2: IPCC'ye göre değişik senaryolar sonucu 2100 yılında olması beklenen sıcaklık artımları.....	5
Şekil 3: Tüm nedenlerden dolayı gözlenen (kırmızı) ve doğal nedenlerin sebep olduğu ısınmaların (siyah) yıllık değişimi.....	10
Şekil 4: Tüm nedenlerden dolayı gözlenen (kırmızı) ve sadece insan etkinliklerinin sebep olduğu ısınmaların (siyah) yıllık değişimi.....	11
Şekil 5: Tüm nedenlerden dolayı gözlenen (kırmızı) ile doğal ve insan etkinliklerinin birlikte sebep olduğu ısınmaların (siyah) yıllık değişimi.....	12
Şekil 6: Küresel iklim değişiminden etkilenmesi beklenen sektörlerin şematik gösterimi.....	15
Şekil 7: Sera gazlarının küresel ısınmaya etkilerinin şematik açıklanması.....	27
Şekil 8: Küresel İklim Değişikliği ile Mücadelede Oluşturulan Uluslararası Süreç. ...	35
Şekil 9: Temiz Kalkınma Mekanizması Projelerinin Aşamaları.	57
Şekil 10: Ortak Yürütme Mekanizması Projelerinin Aşamaları.....	59
Şekil 11: Avrupa Birliği Emisyon Ticareti Programı'nın Uygulanışı.	78
Şekil 12: Karbondioksit Emisyonuna Etki Eden Faktörler.	85
Şekil 13: 2006 yılı itibarı ile gönüllü karbon piyasalarında kullanılan standartlar.....	91
Şekil 14: Kuraklık Çeşitleri.	101
Şekil 15: Gamma dağılımından standart normal dağılıma eşit olasılıkla dönüşümünün örneği.....	113
Şekil 16: SYİ "0" ortalama ve "1" standart sapma ile standart normal dağılım.	115
Şekil 17: Kurak ve sulak gidişler (Mj: eksiklik; Lj; kurak süre).	135

KISALTMALAR LİSTESİ

BM: Birleşmiş Milletler.

CDM: (Clean Development Mechanism) Temiz Kalkınma Mekanizması.

ETS: Emisyon Ticaret Sistemi.

FAO: (Food and Agriculture Organization) Gıda ve Tarım Teşkilatı.

GYÜ: Gelişme Yolundaki Ülkeler.

IPCC: (Intergovernmental Panel on Climate Change) Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli.

İTÜ: İstanbul Teknik Üniversitesi.

İDÇS: İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi.

OECD: (Organisation for Economic Co-operation and Development) Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü.

PKŞİ: Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi.

STK: Sivil Toplum Kuruluşları.

SYİ: Standart Yağış İndisi.

TAKEP: Tarımsal Kuraklık Eylem Planı.

TKYKK: Tarımsal Kuraklık Yönetimi Kordinasyon Kurulu.

UNCED: (United Nations Conference on Environment and Development) Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı.

WMO: (World Meteorological Organization) Dünya Meteoroloji Organizasyonu.

WWF: (World Wild Fund for Nature) Doğal Hayatı Koruma Vakfı.

ÖNSÖZ

Günümüzde önemle üzerinde durulması gereken en önemli sorunlardan biri olan kuraklık, gerek insan yaşamı üzerine etkileri gerekse doğa üzerine etkileri açısından dünyamızın gündemini meşgul etmektedir. Bu doğrultuda kuraklığın izlenmesi, etkilerinin azaltılması için çeşitli akademik çalışmaların sayısı hızla artmaktadır. Yapısı gereği tahmini çok zor bir olgu olan kuraklığı izleme çalışmaları gelişirse şüphesiz kuraklığın meydana getirdiği zararlar önemli oranda azalacaktır.

Bu çalışmada iklim değişikliği, iklim değişikliğinin nedenleri ve oluşturduğu riskler ve risk kavramı incelenmiş, bu doğrultuda kuraklığı izlemede yaygın olarak kullanılan indislerin analizi yapılmıştır. Eğer kuraklığın riskini hesaplayabilirsek kuraklığa karşı alınacak önlemlerin artırılması ve bu sayede olası risklerinin azaltılması söz konusu olabilecektir. Bu doğrultuda mevcut indisler hakkında çeşitli eleştirilerde bulunulmuştur.

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesindeki değerli katkılarından dolayı tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ş. Kasırga YILDIRAK 'a ve bu uzun süreçte bana her zaman destek olan aileme teşekkürü borç bilir, çalışmanın tüm ilgililere yol gösterici olmasını dilerim.

Serdar ÖZER

EDİRNE, 2010

GİRİŞ

Şu an ki hava sıcaklığını atmosferin sera etkisinin neden olduğu bilinmektedir. Atmosferin sera etkisi hava sıcaklığını sanayi devriminden bu yana 33°C arttırmıştır. Bunun en büyük etkisi de sanayi devrimi ve bunun iklim üzerine yaptığı etkilerdir. Bu etkiler sadece havanın ısınması değildir, toprak neminin azalması, şiddetli yağışlarla birlikte yaşanan sel felaketleri, buzulların erimesiyle deniz suyu seviyelerinin artması en önemli etkileridir. İnsanlar için bu hızlı değişimler gerekli korunma yöntemleri ve adaptasyon ile çok sorun yaratmasa da, doğa için bu değişimin etkileri daha tehlikeli boyuttadır. İnsanoğlu atmosfere saldırdığı sera gazları ile sera etkisini hızla arttırmaktadır. Özellikle fosil yakıtlardan çıkan karbondioksit bunun en önemli kaynağıdır. Son yıllarda artan fosil yakıt kullanımı bu süreci gitgide hızlandırmakta ve sera etkisini arttırmaktadır.

Sera etkisinin meydana getirdiği, ani seller, tropikal fırtınalar, kuraklık dünya genelinde alarm zillerinin çalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle gelişmiş ülkeler 30, 50 ve 100 yıl hatta daha uzun sürelerde iklim değişiminin nasıl olacağı ve bu değişimin kendilerini nasıl etkileyeceği konusunda çalışmalar yapmaktadır. Bunun için birçok model üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Küresel çapta birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen, küresel iklim değişikliğinin ülkemize etkisi ile ilgili detaylı ve değişik senaryolar içeren henüz açıklanan bir çalışma yapılmamıştır. Bu değişen iklim sürecinde su havzalarının ve tarımsal alanların korunması büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda bir erken uyarı sisteminin geliştirilmesi ve uygulamaya konması küresel ısınma nedeni ile meydana gelebilecek afetlerin önlenmesi ve etkilerinin en aza indirgenmesi için son derece önemlidir. Dünya genelinde bir çevre bilincinin ortaya çıkması ve çevresel bozulmanın oluşturduğu tehditlerin anlaşılmasıyla birlikte uluslararası alanda önemli adımlar atılmaya başlanmıştır. Bu adımların en önemlisi Kyoto Protokolüdür. Bu protokol küresel ısınma ve insan etkileri arasında ilişki olduğunu kabul etmekte ve buna çözüm aramaktadır.

Kuraklık en zararlı ve en az anlaşılan doğal afetlerden birisi olmakla birlikte iklimin doğal bir parçasıdır. Kuraklık eğer izlenebilirse etkisi en aza indirilebilir. Çeşitli indisler yardımıyla bu kuraklığı izlemek mümkündür fakat yeterli olmamaktadır. Temel istatistik kuraklık izlemede tam olarak yeterli olmamaktadır. Bunlara ilaveten yeni yöntemlerin, algoritmaların kullanılarak gerçekçi fonksiyonel

özüme ulaşılması gerekmektedir. Bu doğrultuda FAO'nun uygulamakta olduğu Agrometshell programı dünya çağında kuraklık izleme ve tahmin çalışması olarak yapılmış en büyük programdır ve uygulama alanının genişletilmesine devam edilmektedir. Türkiye'de de bu doğrultuda kuraklığın etkilerini en aza indirmek için Tarımsal Kuraklık Eylem Planı uygulamaya konmuştur. Bu plan doğrultusunda özellikle ölkemizde yoğun bir biçimde yapılan kuru tarım alanlarında meydana gelebilecek zararların erken uyarı ve tahmini için çalışmalar yapılmaktadır.

Temel anlamda risk, bir zarar, kayıp ve bunun gibi durumlara yol açabilecek bir olayın ortaya çıkma ihtimalidir. Kuraklık riski ile anlatılmak istenen kuraklığın ortaya çıkma ihtimalidir. Eğer bu ihtimal (risk) hesaplanırsa kuraklığın etkilerinin en aza indirilmesi mümkün olabilecektir. Ayrıca yine tarım sektörü için gelişen sigorta sisteminin prim hesaplamaları yapılırken iftçiyi koruyacak ve iki tarafı da memnun edecek bir çözüm bulunması kolaylaşacaktır.

I. BÖLÜM

1. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

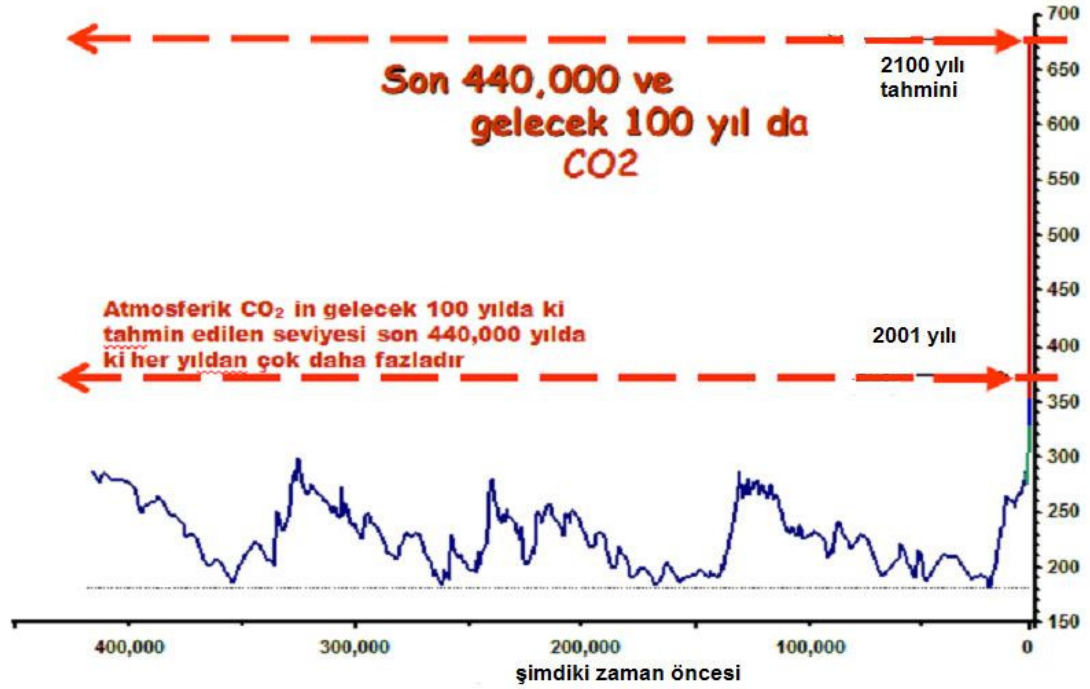
İnsanlığın son yüz yıl içinde karada ve suda yaptığı ve hala yapmakta olduğu tahribatın bir sonucu olarak toprak ve su ile birlikte havanın da bileşimi önemli ölçüde bozuldu. Artık hızla artan sanayi ve yerleşim bölgelerinden çıkan sera gazları ile çevre ve atmosferin büyük miktarda kirlenmekte ve küresel ölçekte havanın ısınma eğilimi de giderek artmaktadır. Sonuç olarak, artık insan iklimi, iklim de insanı büyük ölçüde etkilemektedir. Bunun neticesinde 3. bin yılda insanlık küresel iklim değişimi problemiyle karşı karşıyadır.

Dünyanın iklim sistemi, atmosfer ve okyanusların doğal güçleri ile rüzgâr, yağmur ve sıcaklık dağılımını kontrol eder. Bu dinamik sistem, bir buzul çağından diğerine doğru sürekli değişmektedir. Geçen 3 milyon yıl içinde, iklimdeki doğal değişimleri ve ekolojik sistemlerin kendilerini bu değişimlere nasıl ayak uydurduğunu, jeolojik bulgulardan kabaca görmek mümkündür. Buzul çağlarda bitki örtüsü güneye, iki buzul çağın arasında da kuzeye doğru gelişmiştir. İnsan ve hayvanların sayısında da bu bitki örtüsündeki değişim sürekli olarak yansımıştır. Buna rağmen, 1980'li yıllardan önce iklim değişimi konusunun önemi, kamuoyunda az iken akademik camiada büyüktü. En büyük problem "Buzul çağına ne yol açtı?" sorusuna yanıt vermektir. Aslında 19. ve 20. yüzyılların başlarındaki bir düşünceye göre iklim değişimleri geçmişe ait bir olaydı ve sadece çok uzun jeolojik zamanlarda meydana geldiğine inanılıyordu. Sonuçta, bilim insanları özellikle geçen 10 veya 20 yılda, iklimin tüm zamanlar boyunca değişerek bugünkü haline geldiği fikrinde birleşti. Ancak, son zamanlarda hükümetler de, dünya iklimi üzerindeki olası değişikliklerle ilgilenir hale geldi.

Yaklaşık olarak son 150 yıldır gittikçe artan ve aşırı miktarda tüketilen petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtları ve arazi örtüsündeki değişimler nedeniyle, büyük miktarda zararlı gaz ve parçacıklar atmosfere salınmaktadır. Şekil 1' de görüldüğü gibi, atmosferdeki CO₂ ozon (O₃)'ü seyrelten kloroflorokarbon (CFC) gazları ve karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ile diazotmonoksit (N₂O) gibi sera gazlarının miktarlarında önemli artışlar olmuştur. Bu artışlardan dolayı atmosferde

kuvvetlenen sera işlemleri de beraberinde günümüzdeki küresel iklim değişimi ve küresel ısınma problemini ortaya çıkartmıştır (Kadioğlu,2008:2).

Şekil 1: IPCC (Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli)'ne göre günümüzden 440,000 öncesi gözlenen ve 100 yıl sonrası ulaşılması beklenen atmosferik karbondioksit seviyesinin karşılaştırılması.

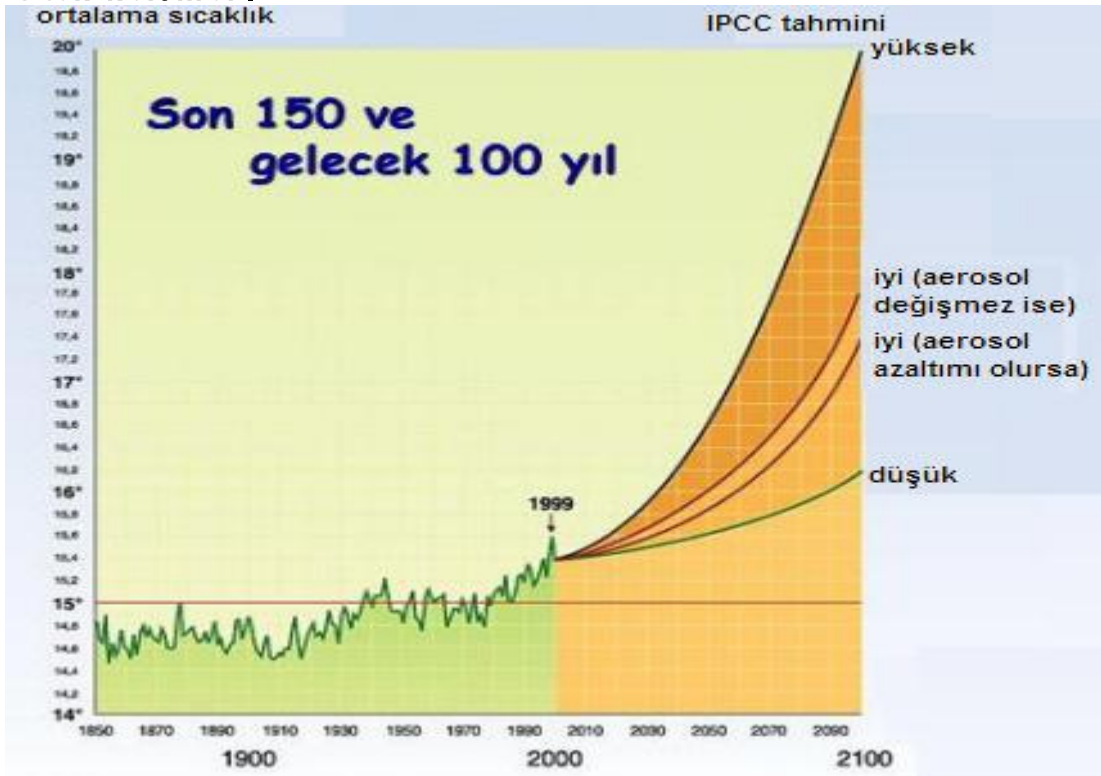


Kaynak: IPCC, "Special Report on Emission Scenarios, A Special Report of Working Group 111 of The Intergovernmental Panel On Climate Change" (IPCC), Cambridge University Press, page 34, Cambridge, 2001.

Böylece, yeryüzünde 19. yüzyılın ortalarından günümüze kadar olan süre içinde küresel ortalama hava sıcaklığı 0,3 – 0,6 °C artmıştır. 1860 yılından 1996 yılına kadar kaydedilen en sıcak dört yıl ise 1990 yılından sonra olup, en sıcaktan itibaren sırasıyla 1995, 1990, 1991 ve 1994 yıllarıdır. Böylece 1990'lı yıllar en sıcak 10 yıldır ve 1998 de 1961–90 ortalamasından 0,57 °C daha sıcak olmuştur. Araştırmalara göre, şekil 2'de gösterildiği gibi gelecek 40 yıl içindeki her 10 yılda 0,1 °C'den daha fazla miktarda küresel ısınmanın kuvvetlenerek devam edeceği tahmin edilmektedir. Diğer bir deyişle, sanayi devrimi dünyanın ortalama hava sıcaklığı 15 °C olmasına neden olmuştur. Atmosferin sera etkisi olmasaydı dünyada ortalama hava sıcaklığı -18 °C olacaktı. Yani, atmosferin sera etkisi hava sıcaklığını 33 °C arttırmıştır. Sanayi devriminden sonra atmosfere salınan sera gazları nedeniyle de dünyanın ortalama hava sıcaklığı 15,6 °C ye yükselmiştir. Yani Dünyada bugün

ortalama 15 °C hava sıcaklığına göre bildiğimiz bir şekilde yaşam artık değişmek zorundadır. Şimdi temel problem, insan etkinlikleri nedeniyle atmosferin güneş enerjisini yutması ve yayılması şeklinin değiştirmiş olmasıdır. Bunun potansiyel tehlikeleri sadece havayı ısıtarak bizi terletmesi vb. problemler değildir. Örneğin; yükselen deniz su seviyesi azalan toprak neminin çok daha sosyo-ekonomik etkileri olabilecektir. Aslında insanlar hızlı bir iklim değişimine kendini uydurabilir ve ondan korunabilir, fakat bitkiler ve hayvanlar bu değişimlere ayak uyduramadığı için insanların besin zincirini de oluşturan tüm ekolojik sistem tehlikededir (Kadioğlu,2008:2).

Şekil 2: IPCC'ye göre değişik senaryolar sonucu 2100 yılında olması beklenen sıcaklık artımları.



Kaynak: IPCC, "Special Report on Emission Scenarios, A Special Report of Working Group 111 of The Intergovernmental Panel On Climate Change" (IPCC), Cambridge University Press, page 36, Cambridge, 2001.

Özetle, fosil yakıtları ve tarımsal atıkların yakılmasıyla beraber büyük miktarda aeresollar ve parçacıklar atmosfere salınmaktadır. Tarımsal faaliyetler için açılan alanlar, orman alanlarının yok edilmesi, ormansızlaşma ve çölleşmeyle

beraber gelen problemler, uçakların neden olduğu kimyasallar ve diğer etkenler ile iklimleri değiştiriyoruz. Kuzeyin zengin ülkeleri yüksek endüstriyel karbon üretimleri ile Güneyin fakir ülkeleri ise daha çok kötü arazi kullanımı ile bu probleme katkıda bulunmaktadır.

Sonuç olarak, yer örtüsünü değiştirerek ve çok büyük miktarlarda fosil yakıtını yakarak iklimi hızla değiştirilmektedir. Diazot monoksitler, karbondioksit, metan ve halokarbonlar, kloro flor karbonlar belli başlı sera gazlarıdır. Bunlarda en büyük miktarı da karbondioksit oluşturmaktadır. Karbondioksitin kaynağı petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtlarıdır. Metan ise, pirinç ekimi vb. gibi bazı tarımsal faktörler, hidroelektrik barajlar, bataklıklar ve çöplüklerden gelir. Bunlar da sürekli olarak şekilde atmosferin sera etkisini kuvvetlendirmekte ve dünyayı ısındırmaktadır. Bu nedenle, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde "iklim değişimi" sadece atmosferin kimyasal bileşenini değiştiren (doğal değil, sadece) insani nedenlerden dolayı iklimde görülen değişimlere atıfta bulunur. "Küresel ısınma" atmosferde artan sera gazlarının potansiyel etkilerinden sadece birini ifade eden bir terimdir. Diğer bir deyişle, şu anki küresel ısınma da yapay iklim değişiminin en belirgin semptomlarından biri "ısınmadır". Yaklaşık olarak son 150 yıldır gittikçe artan ve aşırı miktarda tüketilen petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtları ve arazi örtüsündeki değişimler nedeniyle, büyük miktarda zararlı gaz ve parçacıklar atmosfere salınmaktadır. Bunların sonu olarak, atmosferdeki CO₂ ozon (O₃)'ü seyrelten kloroflorokarbon (CFC) gazları ve karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ile diazot monoksit (N₂O) gibi sera gazlarının miktarlarında önemli artışlar olmuştur. Bu artışlardan dolayı atmosferde kuvvetlenen sera işlemi de beraberinde günümüzdeki küresel iklim değişimi ve küresel ısınma problemini ortaya çıkartmıştır. Diğer bir deyişle günümüzde tüm Dünya'da şehirleşme hareketleri, kırsal kesimden olan göçler ile birlikte hızlanmakta, nüfus yoğunluğunun aşırı bir şekilde artması ve değişen yaşam standartları sonucu da daha çok sanayi üretimine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunların sonucunda da artan şehirleşme, özellikle sanayi ve yerleşim bölgelerinden çıkan sera gazları ile çevre ve atmosferin büyük miktarda kirlenmekte ve küresel ölçekte havanın ısınma eğilimi de giderek artmaktadır. Böylece, canlı küreden (biyosferden) yukarı atmosfere (stratosfere) kadar olan kısım başta olmak üzere, günümüzde dünya atmosferinin kirlenmesi giderek artmaktadır. Bütün bunlar, doğayı tahrip ederek kentlerin iklimini değiştirmek ile birlikte su, kara

ve havadaki yaşamı tümüyle tehdit eden çevre problemlerini de beraberinde getirmektedir (Kadioğlu,2001:54).

1.1. Küresel İklim Değişiminin İşaretleri

Halk arasında, iklim değişikliklerinin daha belirginleşmesi ile mevsimlerin sürelerinde bir değişiklik olup olmadığı ve hatta “mevsimler kaydı mı?” gibi sorular daha çok gündeme gelmektedir. Diğer bir deyişle, meteorolojinin çok farklı konuları olan iklim ve hava şartları ölkemizde birbirine çok karıştırlmaktadır. Hava şartları ile iklim arasındaki farkı kısaca şöyle ifade edebiliriz: Hava şartları, belirli bir zaman ve kısa bir dönemde gözlenen hava olaylarıdır; fakat iklim, hava şartlarının uzun bir dönem boyunca ki ortalamaları veya eğilimleridir. Uzun yıllar boyunca bir yerin iklimini belirleyen bu hava durumları içinde birçok aşırı sıcaklıklar, soğuk hava dalgaları, kuraklıklar, seller ve fırtınalar da vardır.

Son yıllarda küresel iklim değişiminden dolayı hava ve iklim parametrelerinde gözlenen değişimler şunlardır:

- Buharlaşma ve yağmur miktarı artıyor;
- Yağmurun büyük kısmı sağanak şeklinde oluyor;
- Tundralar eriyor;
- Mercanlar beyazlıyor;
- Buzullar geriliyor;
- Denizlerdeki buzullar küçölüyor;
- Deniz su seviyesi yükseliyor;
- Orman yangınları artıyor;
- Fırtına & sel hasarları artıyor.

Bununla birlikte günümüzde değişen mevsimlerin bazı işaretlei şunlardır:

- Günümüzde ABD'ye ilkbahar üç hafta daha erken geliyor.
- İngiltere'de 20 kuş türü, daha önceki yıllara göre yuvalarını dokuz gün önce yapmaya başladı.
- İngiltere'nin güneyinde Marsham ailesi 1736'dan beri ilkbaharın işaretlerini kayıt etmektedir. Bu kayıtlara göre meşe ağacının yaprak açmasında en erken davrandığı yıllar 1990'larda oldu.
- Sıcakların artması ile ağaçlar ve sincap vb küçük hayvanlar Kanada'da kuzeye doğru göç ediyor.
- İngiltere'de geçen 30 yılın her 10 yılında sonbaharın 2 gün geciktiği görülmüştür. ilkbaharın ilerlemesi ise her on yılda 6 gün olmuştur.

Genel ve bilimsel olarak küresel iklim değişimine işaret olarak şunları kabul edilir;

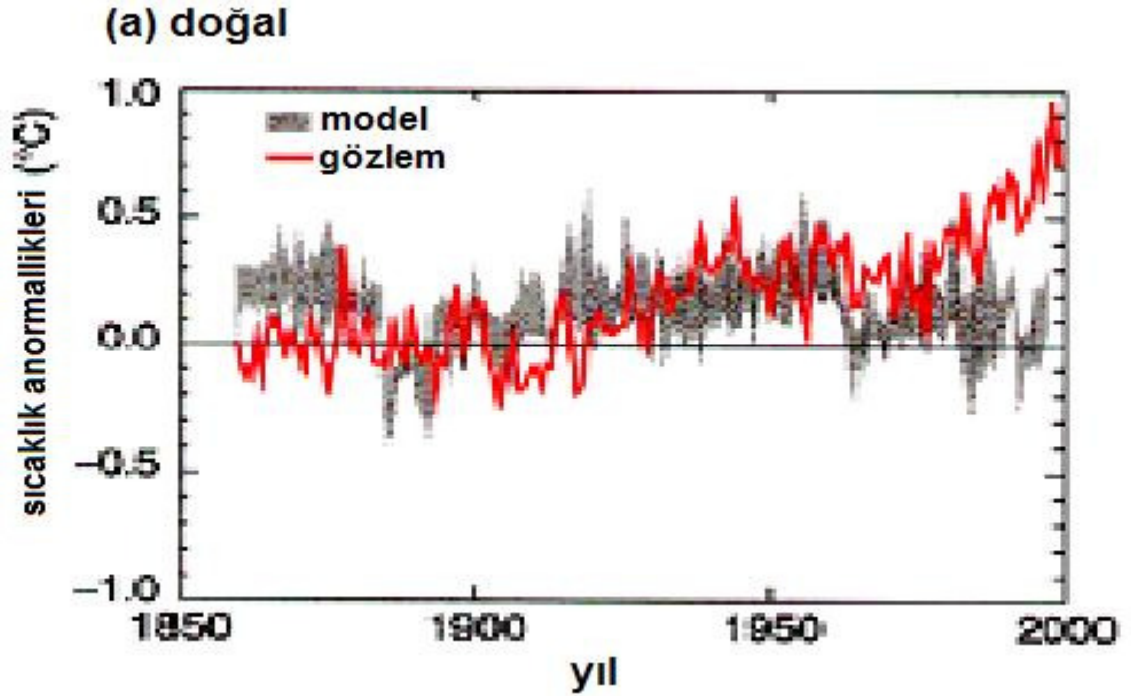
- Buzulların eriyerek, kutuplara doğru çekilmesi ile birlikte yüksek dağların tepelerindeki buzulların ve kar örtüsünün azalması.
- Deniz su seviyelerinin yükselmesi.
- Sıcak havayı ve suyu seven tropikal bitki ve balıkların kutuplara doğru yayılması. Artan iklim göçmenleri ve mülteci problemleri.
- Havadaki kirleticilere karşı hassas olan narin kuş türlerinin azalması.
- Ağaçlardaki yaş halkalarının daha hızlı bir büyüme göstermesi.
- Son 1400 yılın dünyanın en sıcak yılları olarak kabul edilen 1990'lı yılların ardı sıra gelmesi.

Kamuoyunda küresel iklim değişimi daha çok ısınma ile bilinmekte ve küresel ısınma şeklinde adlandırılmaktadır. Çünkü aşağıda sıralandığı bir şekilde son 1400 yılı en sıcak yazları ile dünyanın ortalama hava sıcaklığı son yıllarda yükselmektedir.

- Son 140 yılda (aletsel kayıtlara göre) artış $0,7 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ oldu;
- 1860 yılından beri görülen en sıcak 20 yılın 19'u 1980'den sonra gerçekleşti. 1860 yılından beri görülen en sıcak 20 yılın 11'i ise 1990'dan sonra gerçekleşti;
- 1998 yılı aletsel kayıtlara göre en sıcak yıl ve ağaç halkası, buz örneklerine göre son 1,000 yılın en sıcak yılı; 2002 ise ikinci en sıcak yıldır;
- Son 50 yıl, buzul kayıtlarına göre son 6,000 yılda gözlenen en sıcak yarım yüzyıldır;
- Okyanus sıcaklık kayıtlarına göre 1950'li yılların ortalarından 1990'ların ortalarına kadar önemli bir ısınma yaşandı.

21. Yüzyıldaki ısınma gerçek mi veya bu ısınmayı sadece doğal nedenler açıklayabilir mi? gibi soruların yanıtı Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından net bir şekilde verilmiş ve literatürde büyük kabul görmüştür. IPCC'nin bu konudaki grafiksel açıklaması şekil 3, 4 ve 5'de yapılmıştır. Bu grafiklerde gözlemler (şu anda dünya üzerinde gözlediğimiz ısınma) kırmızı çizgiler ile bu değişimleri açıklamak için yapılan modelleri ise siyah çizgiler temsil etmektedir. Eğer şuan ki ısınma sadece doğal (natural) nedenlerden olsaydı, yani dünyanın eksenini, güneş patlamaları gibi şeyler den kaynaklansaydı durum şekil 3' deki gibi olacaktı. Ama burada gözlenen ve aradaki fark da bir fark vardır; işte o fark insan etkisidir (anthropogenic). Benzer şekilde, sadece insana bakarak, yani doğal nedenleri ihmal ederek şuan ki ısınmayı tam olarak açıklayamayız. Ama tüm etkenleri dikkate aldığımız (all forcing), yani doğal nedenler (şekil 3) ile insani nedenleri eklediğimiz (şekil 4) zaman şu andaki ısınmayı (şekil 5'den görüldüğü gibi) tam olarak açıklanmaktadır (IPCC, 2001:45).

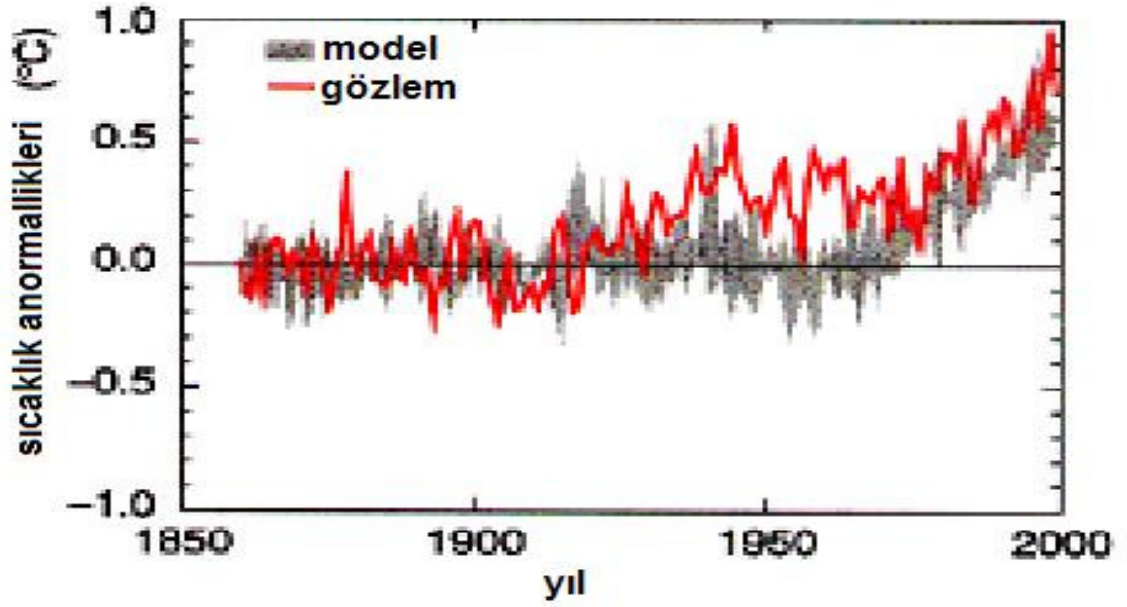
Şekil 3: Tüm nedenlerden dolayı gözlenen (kırmızı) ve doğal nedenlerin sebep olduğu ısınmaların (siyah) yıllık değişimi.



Kaynak: IPCC, "Special Report on Emission Scenarios, A Special Report of Working Group 111 of The Intergovernmental Panel On Climate Change" (IPCC), Cambridge University Press, page 42, Cambridge, 2001.

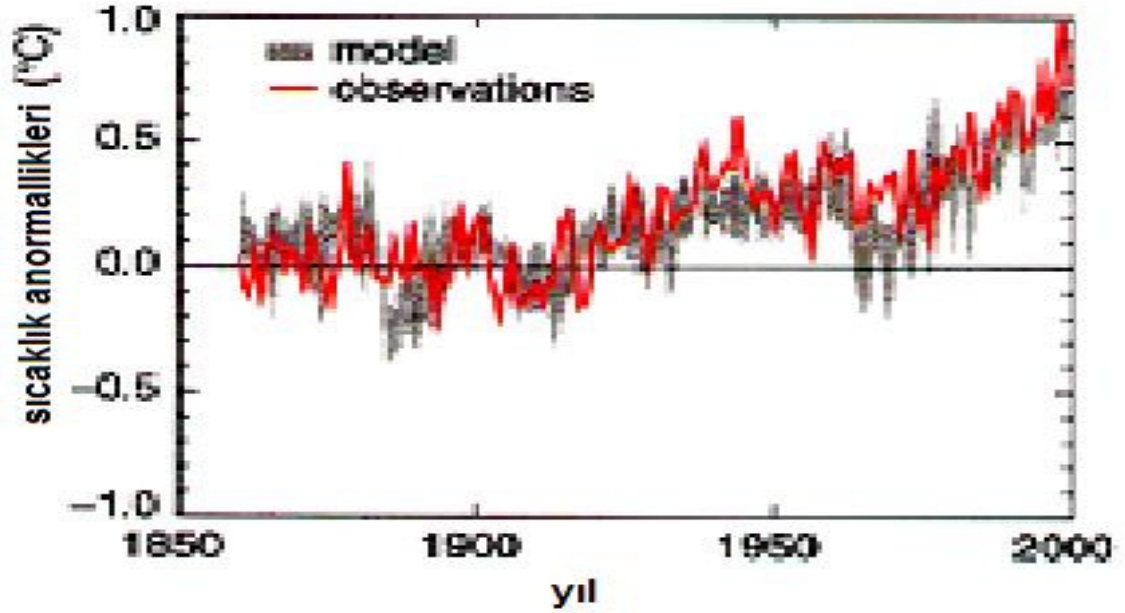
Şekil 4: Tüm nedenlerden dolayı gözlenen (kırmızı) ve sadece insan etkinliklerinin sebep olduğu ısınmaların (siyah) yıllık değişimi.

(b) insan etkileri



Kaynak: IPCC, "Special Report on Emission Scenarios, A Special Report of Working Group 111 of The Intergovernmental Panel On Climate Change" (IPCC), Cambridge University Press, page 43, Cambridge, 2001.

Şekil 5: Tüm nedenlerden dolayı gözlenen (kırmızı) ile doğal ve insan etkinliklerinin birlikte sebep olduğu ısınmaların (siyah) yıllık değişimi.
(c) insan ve doğa etkileri



Kaynak: IPCC, "Special Report on Emission Scenarios, A Special Report of Working Group 111 of The Intergovernmental Panel On Climate Change" (IPCC), Cambridge University Press, page 44, Cambridge, 2001.

1.2. Küresel İklim Değişiminin Oluşturduğu Riskler

İnsanları korkutan şey iklim değişimi teorisi değildir. Bu teoride küresel iklim değişiminin pozitif ve negatif etkileri olacaktır. Pozitif etkiler arasında kuzey enlemlerde tahıl veriminin artması gibi şeyler fakat insanlar doğal olarak olası negatif etki potansiyeli korkutmaktadır. Fakat insanları, doğal olarak orta ve güney enlemlerin sıcak iklimlerde yaşanan ve yaşanabilecek olası negatif etkiler korkutmaktadır.

Özetle, IPCC tarafından 2030 yılı için yapılan senaryolara göre artacak olan olası iklimsel tehlikeler (uç meteorolojik olaylar) şunlardır:

- Sıcak hava dalgaları,
- Orman yangınları,
- Tarımsal haşereler,
- Kuraklık,
- Şiddetli yağışlar (ani sel ve şehir sellerinde artış),
- Tropikal fırtınaların, yani tayfunlar sayısı ve şiddeti,
- Tarım, agro-kültür, hayvancılık, tatlı su depolamasının üzerindeki etkiler,
- Sıtma ve malarya gibi hastalıkları taşıyan böceklerin normalde buldukları bölgeden çıkarak yayılması.

Böylece su, kara ve havadaki yaşamı tümüyle tehdit eden çevre problemlerinde büyük artışlar olabilecek ve tarım ile beraber ekonomi, insan sağlığı ve yaban hayatı da kötü bir şekilde etkilenebilecektir.

Atmosferik sera etkisi kuvvetlendikçe kutuplar ve çevresi, tropikal bölgeden daha fazla ısınacağı düşünülmektedir. Türkiye'nin de yer aldığı orta enlemlerdeki alçak basınç merkezleri, atmosferik cepheler, jet akımları ve benzerinin "yakıtını", gücünü kutuplar ile ekvator arasındaki sıcaklık farkından kaynaklanmaktadır. Kutuplar ile ekvator arasındaki sıcaklık farkının azalması jet akımlarını ve dolayısı ile daha az ve zayıf (orta enlem) fırtınasına neden olacaktır. Ayrıca yapılan bazı

çalışmalar fırtınaları takip ettiği yolların da Türkiye'den yukarı çok daha kuzey enlemlerine çekileceğini göstermektedir.

Her ne kadar alçak basınç merkezlerinin ve atmosferik cephelerin neden olduğu fırtına vb. olaylarda azalmalar olacaksa da, küresel ısınma nedeniyle havada miktarı aratan su buharı nedeniyle alçak basınç ve cephelere bağlı olmayan, daha çok ilkbahar ve yaz aylarında görülen kısa süreli, sağanak yağışların artacağı beklenmektedir. Bu tür düzensiz, ani ve şiddetli yağışlar seller, heyelan ve erozyonu artırması beklenmektedir. Ayrıca, Avrupa'nın kuzeyin de olduğu gibi Türkiye'nin de kuzeyinde daha fazla sele maruz kalması beklenirken güney kısımlarında daha fazla kuraklık beklenmektedir. Böylece, Küresel İklim Modellerinin tahminleri, zaten fakir olan güney ülkelerinde, sel, kuraklık ve fırtınaların sayı ve şiddet bakımından da artacağını göstermektedir. Diğer bir deyişle, son yıllarda giderek artan şiddette ve sıklıkta, sel, kuraklık ve fırtınalar gibi meteorolojik afetlerin küresel iklim değişimi ile birlikte daha da artması beklenmektedir. Son yıllarda sadece tropiklerde fırtınaların sayısı ve şiddetinde artış yoktur, Türkiye gibi tropiklerin dışındaki ülkelerde de şiddetlenen gök gürültülü sağanak yağışlardan dolayı, şehirlerdeki ani sellerin sayısı ve şiddetinde de artış vardır. Artık deprem, sel vb. tehlikeler, hızla artan çarpık yerleşim bölgelerinde daha fazla afete dönüşmektedir (Kadioğlu,1993:34).

Sonuç olarak günümüzde bilimsel anlamda hiçbir şüphe yok ki artık insan iklimi değiştiriyor, hem de çok hızlı bir şekilde değiştiriyor; dünyada jeolojik evrelerde hiç gözlenmemiş kadar hızla değiştiriyor. Bu yüksek ısınma yüzünden de yeryüzünde Katrina gibi şiddetli tropikal fırtınalar, kuraklık ve ani seller şeklinde alarm zilleri çalıyor. Bu nedenle, gelişmiş ülkeler gelecek 30, 50 ve 100 yıl hatta daha uzun sürelerde iklim değişiminin nasıl olacağını, bundan kendilerinin ve dolayısıyla dünyanın nasıl etkileneceğini bilmek amacıyla araştırmalar yapmaktadır. IPCC Küresel İklim Modelleri ile yaptığı projeksiyonlara göre 2030 yılında Türkiye'nin de büyük bir kısmı oldukça kuru ve sıcak bir iklimin etkisine girebilecektir. Türkiye'de sıcaklıklar kışın 2°C, yazın ise 2 ila 3°C artabilir. Yağışlar kışın az bir artış gösterirken yazın % 5 ila 15 azalabilir. Söz konusu senaryolara göre Akdeniz Havzasındaki su seviyesinde 2030 yılına kadar 18 cm - 12 cm'lik; 2050 yılına kadar 38 cm - 14 cm ve 2100 yılına kadar 65 cm - 35 cm'lik bir yükselme beklenmektedir. Küresel ısınmanın sonucu ısınarak genişleyen deniz suları ile birlikte kutup ve dağ buzullarındaki erime nedeniyle yükselen deniz suyu

seviyeleri, kıyılarımızı olumsuz bir şekilde etkileyebilecektir. Küresel ısınma ile birlikte deniz seviyelerindeki yükselme de, önümüzdeki yüzyılın sonuna kadar 65 – 100 cm'ye ulaşabilir. İlk bakışta bu ısınmalar nedeniyle, konutlarda ısıtma amacıyla tüketilen fosil yakıtlarında ve onları vasıtasıyla atmosfere salınan CO₂ ve benzeri sera gazlarında da azalmaya neden olacağı düşünülebilir. Fakat yapılan çalışmalar aylık ısıtma enerjisi taleplerindeki, ısınmaya bağlı düşüşler bahar aylarında daha fazla olacağını göstermektedir. Örneğin, İstanbul'da 1 °C'lik hava sıcaklığındaki artışta ısıtma için enerji talebinde %10'luk düşüşlere neden olabileceği hesaplanmıştır. Diğer bir deyişle, sıcak olan aylardaki ısıtma enerjisi talebi ısınmaya karşı daha hassastır. Örneğin, her 1 °C'lik sıcaklık artışı Adana'da binaların soğutma ihtiyacını %32 arttıracığı hesaplanmaktadır (Kadioğlu,1993:35). Şekil 6'da küresel iklim değişiminden etkilenmesi beklenen sektörler şematik olarak gösterilmiştir, buna göre deniz suyu seviyesinin yükselmesi, sıcaklık artışı, yağış düzensizliğinden kaynaklanan etkiler nedeni ile sağlık, tarım, orman, su kaynakları, kıyı alanları, canlı türleri zarar görecektir.

Şekil 6: Küresel iklim değişiminden etkilenmesi beklenen sektörlerin şematik gösterimi.



Kaynak: Kadioğlu, M., *Türkiye'de İklim Değişikliği ve Olası Etkileri*, Çevre Koruma, 1993, s.35.

Dünyada iklim değişimi nedeni ile (sel, kuraklık, vb.) ekstrem hava olaylarında büyük artışlar beklenmekte ve bu nedenle, 21. yüzyılda meteorolojik afetlerden dolayı olacak kayıpların önemli ölçüde artacağı bilinmektedir. Örneğin, 1990'larda afetlerden dolayı görülen küresel ekonomik kayıplar 608 milyar dolardan daha fazla oldu. İklim değişimi nedeniyle, örneğin, 2050 yılına kadar ekonomik kayıpların yılda 300 milyar dolara ulaşması bekleniyor. Yine IPCC göre 1990 iklim şartlarına göre Türkiye'de bir yılda kişi başına düşen su miktarı şuan 3,070 metreküptür. Fakat bu suyun büyük bir kısmı suya ihtiyaç olan yerlerde bulunmamaktadır. İklim şartlarının değişmeyeceğini kabul etsek bile, sadece nüfusu artışı nedeniyle 2050 yılında Türkiye'de bir yılda kişi başına düşen su miktarı 1,240 metreküp olacaktır. Artan nüfusumuz ile beraber bir de küresel iklim değişimi sonucu daha kurak bir iklime sahip olacağımız göz önüne alındığında 2050 yılında Türkiye'de bir yılda kişi başına düşen su miktarı 700 ila 1,910 metreküp arasında olacaktır. (Kadioğlu,1993:37).

Suyun kısıtlı, yağışların bazı bölgeler dışında miktar ve dağılımının düzensiz olduğu, büyük şehirlerde ve tarımsal üretimde suyun kısıtlı bulunduğu, içme, kullanma ve sulama suyu kalitesinin gün geçtikçe artan sanayi ve diğer çevre kirlilikleri neticesinde düştüğü ve küresel ısınma düşünülürse, ülkemizin kuraklığın şiddetini çok yakın bir zamanda bugünkünden çok daha fazla hissedeceği açıkça görülmektedir. Böylece küresel iklim değişimi projeksiyonları, zaten fakir olan güney ülkelerinde, sel, kuraklık ve fırtınaların sayı ve şiddet bakımından da artacağını göstermektedir. Diğer bir deyişle, son yıllarda giderek artan şiddette ve sıklıkta, sel, kuraklık ve fırtınalar gibi meteorolojik afetlerin küresel iklim değişimi ile birlikte daha da artması beklenmektedir (Kadioğlu,1993:37).

1.3. Türkiye'ye Olası Etkiler

Türkiye, bugüne kadar insan kaynaklı iklim değişikliği ile ilgili çalışmalarını küresel ölçekte incelemiş, bunların ülkemiz coğrafyasına etkilerinin değerlendirilmesinde ise yetersiz kalmıştır. Hâlbuki iklim değişikliği senaryolarının küresel ölçekten bölgesel ölçeye, iklim modelleri yoluyla indirgenmesi ve sonuçlarının incelenmesi, ülkemizin enerji, tarım ve su kaynakları yönetimi gibi alanlardaki gelecekle ilgili planlamalarını yakından ilgilendirmektedir. İlk defa İTÜ

Meteoroloji Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi Dr. Barış Önel, doktora çalışması olarak iklim modellerini kullanıp Türkiye coğrafyasının gelecekteki olası küresel iklim değişikliğinden, bölgesel olarak nasıl etkileneceğini ayrıntılı biçimde göstermiştir.

IPCC iklim değişikliği senaryoları genellikle 2070-2100 yılları arasında, atmosferdeki karbondioksit oranlarının günümüzden en az iki kat ve daha fazla olacağı varsayımından yola çıkar. Kötü senaryolardan biri, SRES A2 olarak adlandırılır. Bu senaryoya göre model sonuçlarından üretilen sıcaklık ve yağıştaki değişimler, bugünün (1961-1990) ve geleceğin (2070-2100) iklimini temsil eden 30 yıllık periyodların farkının alınmasıyla ortaya çıkar. Önel'un (2007) elde ettiği sonuçlara göre, Türkiye üzerinde, yıllık ortalama sıcaklıktaki artış 2.5 - 4°C arasında olmakla beraber, özellikle Ege Bölgesi ve Doğu Anadolu'nun önemli bir kısmındaki artış 4°C'ye ulaşmakta. Ege Bölgesi üzerinde yıllık ortalamadaki bu değişimin asıl nedeni, yaz aylarındaki Avrupa kaynaklı sıcak hava dalgasının bu bölgemizi etkilemesidir. Yaz aylarında sıcaklıklarda 6°C'ye varan artışlar beklenmektedir. (Kadioğlu,1997:84).

Ortalama sıcaklıktaki bu düzeyde bir yükselmenin orman yangınlarından hayvan ve bitki çeşitliliğine, oradan insan sağlığına kadar çok çeşitli alanlarda etkilerinin olacağı aşikârdır. Sıcaklık artışı ayrıca mevsim geçişlerini de etkileyecek, ülkemiz üzerinde yaz mevsimi ilkbahar ve sonbahar aylarını da kapsayacak şekilde genişleyecek, yağış açısından önemli değişiklikler yaşanacaktır. Özellikle kış aylarında, Türkiye'nin Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu'yu da kapsayan güney bölümünde yüzde 20 ila 50 arasında azalmaktadır. Verilere göre, bu bölgelerdeki su havzalarımız ciddi tehlike altında ve Karadeniz bölgemiz aynı oranda olmasa da önemli ölçüde yağış artışıyla karşı karşıyadır. Rüzgâr patenlerindeki değişimler güney bölgelerimize nem girişini yavaşlatacak ve yağışın azalmasına sebep olacaktır. Yine yağıştaki değişimin belirgin olduğu sonbahar mevsiminde ise Güneydoğu ve Doğu Anadolu'nun bir kısmını kapsayan bölgede yüzde 50'yi aşan artışlar beklenmekte. Yukarı ve orta Fırat-Dicle havzasını da kapsayan, ülkemizin su-enerji politikaları için çok önemli olan, bu bölgedeki sonbahar mevsimindeki yağış artışının tek başına değerlendirilmesi yanlış olabilir. Çünkü kış mevsiminden kalan yağış bütçesindeki açık ve gelecekteki sıcaklık artışıyla paralel artacak

buharlaşma göz önünde bulundurulduğunda, ortaya pek olumlu bir görüntü çıkmamaktadır. (Kadioğlu,1997:85).

Bununla birlikte hangi senaryoya bakılırsa bakılsın küresel iklim değişikliğinden Türkiye ve gelişmekte olan ülkeler, olumsuz bir şekilde etkilenecektir. Bu olumsuzluklar IPCC'nin projeksiyonlarına göre, ülkemizin de içinde bulunduğu enlemlerde sıcaklıklarda artışların, yağış rejiminde değişimler, deniz su seviye yükselmesi ve toprak su içeriğinde önemli azalmalar şeklinde olacağı tahmin edilmekte. Bütün bunların sonucu, 1. Kuraklık (kıtık, orman yangını, sıcak hava dalgaları, tarımsal haşereler, ...), 2. Ani Seller (şiddetli yağmur ve yıldırımlar), 3. Deniz Su Seviye Yükselmeleri (kıyılarda erozyon, dere ve nehirler ile birlikte yeraltı sularının ve alçak arazinin tuzlanması) gibi üç önemli problemin etkilerini gelecekte daha fazla hissedilecektir (Kadioğlu,1997:86).

Türkiye yarı kurak bir ülkedir. Ayrıca kuraklık sosyo-ekonomik etkileri, kalıcılığı ve çözüm bulmadaki zorluk nedeniyle dünyadaki en tehlikeli doğal afet olarak kabul edilmektedir. Kuraklık şehirlerde kullanma suyu kıtlığının yanı sıra, tarımsal ürün ve hidro elektrik üretiminde de büyük düşüşlere yol açabilir. Bu nedenle, su havzalarının ve tarım alanlarının korunması büyük önem arz etmektedir. Ayrıca kuraklık, ülke içinde şehir sınırlarını aşan sular ile beraber ülke sınırlarını aşan sularda da büyük sıkıntılara yol açabilecektir. Ülkemizde kuraklığın şiddetini yakın bir gelecekte bugünkünden çok daha fazla hissedebileceği açıktır. Bu nedenle, suyun artan önemi göz önünde bulundurularak, ilerideki yıllarda, suyun yönetimine, kuraklık planlarına, suyun yeniden kullanımıyla ilgili sistemlerin geliştirilmesi ve sulama tekniklerinin iyileştirilmesi çabaları yoğunluk kazanmalıdır. Akdeniz havzası genelindeki su kaynaklarıyla ilgili bölgesel değişiklikleri belirlemek üzere, bölgesel çalışmalara gereksinim vardır. Bu nedenle, su kaynakları yatırımlarının ve tesislerin planlanması ve işletilmesinde iklim değişiminin söz konusu etkilerinin de göz önünde bulundurulması zorunludur (Kadioğlu,1997:87).

Ülkemiz için su, enerji ve tarım açısından da son derece önemlidir. Sulama ve enerji amaçlı ülkemizde çok sayıda su yapısı inşa edilmiş ve edilmektedir. Bu su yapılarının amaçlarına uygun faaliyet gösterebilmesi, ancak yeterli miktarda yağışın düşmesi ile mümkündür. Buharlaşma, küresel ısınma ile artacak ve ülkemizde daha şiddetli ve uzun süreli kuraklıklar görülecektir. Ayrıca hidrolojik döngüdeki

değişimler, sulama ve su sağlama problemlerinin yanı sıra ani sel olaylarında da artışı beraberinde getirebilecektir (Kadioğlu,1997:88).

Özetle, küresel iklim değişiminin ülkemizdeki su kaynaklarına olası kötü etkileri başlıklar halinde şu şekilde özetlenebilir:

- Yağışta yazın büyük azalma olacak fakat buharlaşma artabilecek.
- Yağışların mevsimsel dağılımı ve şiddeti değişecek. Ani sellerde artışlar beklenmekte.
- 1987'den beri zaten ortalamanın altında gerçekleşen kar örtüsü daha da azalabilecek.
- Akımları sadece miktarı azalmayacak aynı zamanda pik zamanları da değişecektir.
- Kuraklığın sıklığı ve şiddeti artabilecek.
- "Su stresi" artacak. şehir ve ülke sınırlarını aşan nehirlerin kullanımı dâhil birçok uluslararası, ulusal ve yerel su kaynağının paylaşımında problemler çıkabilecek.
- Yüksek basınç kuşağının kuzeye kayması ile ülkemizde hâkim olabilecek tropikal iklime benzer bir kuru hava, daha sık, uzun süreli kuraklıklara, orman yangınlarına ve tropikal hastalıklarda artışlara neden olabilecek.
- Kuş cenneti ve benzeri milli parklar tahrip olup, kuşların göç yolları ve konaklama yerleri değişecek.

Sonuç olarak suyun kısıtlı, yağışların bazı bölgeler dışında miktar ve dağılımının düzensiz olduğu, büyük şehirlerde ve tarımsal üretimde suyun kısıtlı bulunduğu, içme, kullanma ve sulama suyu kalitesinin gün geçtikçe artan sanayi ve diğer çevre kirlilikleri neticesinde düştüğü ve küresel ısınma düşünülürse, ülkemizin kuraklığın şiddetini çok yakın bir zamanda bugünkünden çok daha fazla hissedeceği açıkça görülmektedir (Kadioğlu,1997:88).

Diğer bir deyişle, küresel iklim değişimi sonucunda Çevre, Tarım, Orman ve Su Kaynakları gibi pek çok alanın kötü bir şekilde etkilenmesi beklenmekte. Şu an ülkemizde yapılan planlar, kuru tarım yani yağışın doğal miktar ve dağılımına bağlı

olarak yapılan tarım yerine, sulu tarım yapılabilecek arazilerin arttırılmasına yönelik. İklimin değişiminden bu projelerin nasıl etkileneceğinin şimdiden belirlenmesi gerekir. Bu nedenle meteorolojik afetlerle gelişmiş ülkelerde olduğu gibi erken uyarı ile mücadele edebilecek şekilde DMİ, DSİ, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Türkiye Acil Yardım Genel Müdürlüğü, vb.nin mevzuatlarında değişikliklere ve bu kurumlarda köklü reformlara gidilmesi gerekmektedir.

1.4. Çevreye İlişkin Temel Kavramlar ve Tanımlar

Günümüzde çevre konusunda birçok tanım söz konusudur. Örneğın; insanların ve diğer canlıların yaşamları boyunca ilişkilerini sürdürdükleri ve karşılıklı olarak etkileşim içinde buldukları fiziki, biyolojik, sosyal, ekonomik ve kültürel ortama çevre denildiğı gibi, bir başka ifade ile çevre, bir organizmanın var olduğu ortam ya da şartlardır ve yeryüzünde ilk canlı ile birlikte var olmuştur. Sağlıklı bir yaşamın sürdürülmesi ancak sağlıklı bir çevre ile mümkündür (Çevre ve Orman Bakanlığı,2005:33).

Tüm canlılar için elverişli yetişme ve gelişme çevrelerini (habitat) içeren doğa yaşamın temelidir. Hiçbir canlının çevresinden ya da gereksindiğı koşullardan soyutlanarak yaşamını sürdürmesi düşünülemez. Bu bakımdan çevre, canlıların yaşam ve davranışlarını sürekli biçimde etkileyen etmenler, olay ve olgular bütününi içeren bir sistem olarak da tanımlanabilir (Uslu,Türkman,1982:115).

18. Yüzyılın son çeyreğinde başlayan, 19. ve 20. Yüzyıl'da daha da hızlanan sanayi devrimi; kâr maksimizasyonu, refah artışı, hızlı kentleşme ve sanayileşme gibi kavramları insanlığın gündemine getirmiştir. Kârın maksimize edilebilmesi için doğal kaynakların acımasız bir şekilde kullanılması, çevresel kayıpları hesaplamaksızın elde edilen refah, yenilenmesi mümkün olmayan kaynakların aşırı kullanımı ile sağlanan teknolojik gelişim, süratli nüfus artışı ve düzensiz şehirleşme hem kırsal hem de kentsel toplum yapılarını bozmuştur. Bu bozulma sonucunda hava kirliliğı, su kirliliğı ve toprak kirliliğı gibi pek çok çevresel sorunlar doğmuştur (Özbirecikli,1999:53).

Çevre sürekli değişim içindedir. Bu kaçınılmaz bir olgudur. Bu değişimin biçimlenmesinde insan ve doğa etkili olmuştur. İnsanın doğal kaynakları kullanması ile çevre biçimi zaman içinde değişikliğe uğramıştır. İnsan kaynaklı etkilerin doğal dengeleri bozmasıyla oluşan değişiklik sonucunda bir ilişkiler sistemi olan çevrenin bozulması ve çevre sorunlarının ortaya çıkması kaçınılmaz olmuştur.

1.5. Çevre Sorunları

Kişinin yaşadığı ortamın sağlığı üzerine etkisi çok büyüktür. Hiçbir canlı kendisi için zararlı olan bir ortamda uzun süre barınamaz. İnsanların yaşam koşullarını düzeltmek için sürdürdükleri tüm çabalar giderek doğal çevreyi bozmaktadır. Çevre sorunları her çağda vardı fakat sanayileşme ve üretimde makinelerin kullanılması ile birlikte ön plana çıktı. Doğa milyonlarca yıl içinde çeşitli ilişkiler kurarak bir denge sağlamış ve bir bütünlük oluşturmuştu. Sanayileşme ve düzensiz kentsel yerleşme doğanın dengesini bozmaktadır. Görünen odur ki; dengenin bu bozulması insanlığı giderek dönüşü olmayan bir çıkmaza sürüklemektedir (Ural,1981:133).

Ekolojik dengeleri meydana getiren canlı ve cansız varlıklar zincirinin halkalarından bir veya bir kaçında olabilecek herhangi bir kopma, zincirin bütün halkalarına yansiyarak bu dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Bu halkalardan en önemlisi olan insan, ekoloji dengeleri bozmaya yönelik faaliyetlerde bulunarak çevre sorunlarının meydana gelmesine neden olmaktadır. Çevre sorunları, doğal kaynakların aşırı, yanlış ve sağlıksız kullanılarak tahribi sonucu meydana gelmektedir (Altınok,1983:17).

1.6. Küresel Isınma, Nedenleri ve İnsan Kaynaklı Sera Gazları

Günümüzün en önemli sorunlarından biri çevre kirliliğidir ve bu sorun son yıllarda dünyayı ciddi anlamda tehdit etmektedir. Çevre kirliliğinin en önemli nedeni ise, insanoğlunun sınırsız ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik faaliyetleri ve bu faaliyetler sonucu çevreye saldırdığı atıklardır. İnsanoğlu, sınırsız ihtiyaçlarını

karşılmak üzere üretim-tüketim ilişkileri kurmakta, bu ilişkiler sonucu çevreyi kirletmekte ve kendisi de bu kirlenmeden etkilenmektedir. İnsan temelli bu kirlenme, küresel ısınmaya ve buna bağlı olarak da iklim değişikliğine neden olmaktadır.

1.6.1.Küresel Isınma

Küresel ısınma, insan etkinlikleri sonucu oluşan sera gazlarının atmosferin iç düzeyini bir tabaka halinde kaplayıp, güneşten gelen ışınların geri yansımalarını önleyerek yeryüzündeki sıcaklığın artması şeklinde tanımlanabilir. Küresel sıcaklıklardaki bu artışların da toplam su döngüsünün değişmesi, kara ve deniz buzullarının erimesi ya da azalması, deniz seviyesinin yükselmesi, kıyı ekosistemlerinin olumsuz etkilenmesi, kuraklık ve sellerde artış, tarım ve mera bölgelerinde azalma, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi gibi ekolojik sistemleri ve insan yaşamını doğrudan etkileyecek önemli değişikliklere neden olabileceği, bilim adamlarınca yapılan araştırmalar sonucu oluşturulan senaryolarda görülmektedir (Türkeş,Sümer,Çetiner,2000:24).

Yapılan çok sayıda araştırma, özellikle son on beş ile yirmi yıl içerisinde bütün dünyada meydana gelen sıcaklık artışları ve büyük kütleler halinde buzul erimeleri; küresel ısınmanın hiçbir kuşkuyla yer vermeyecek şekilde somut belirtilerle ortaya çıktığını göstermiştir. Bu belirtilerin bazıları aşağıda belirtilmiştir (Çepel,2003:132).

Son yüzyılın en sıcak ve kurak yazları sıcaklık sırasına göre 1983, 1987, 1991 ve 1998 yıllarıdır. Bu kadar kısa bir periyotta bu derece sıcak yıllar, meteorolojik ölçümlerin basından beri hiç kaydedilmemişti. Son yıllarda Alp Dağları'ndaki buzullar, şimdiye kadar görülmeyen bir hızla erimeye başlamıştır.

İzlanda Üniversitesi profesörlerinden Helgi Björnson, yaptığı araştırmalar dayanarak, İzlanda'nın %8'ini oluşturan ve kutuplar dışındaki en büyük buzul olan Vatna dev buzulunun, 1930 yılından bu yana hızla erimeye başladığını ve küresel ısınmanın böyle devam etmesi halinde, bu dev buzulun yüz yıl sonra yok olacağını ve bütün İzlanda'nın sular altında kalacağını 2002 Şubat ayında bildirmiştir.

Yapılan ölçümlerde denizlerde 0,1 ve 1.0 dereceleri arasında sıcaklık artışı olduğu tespit edilmiştir.

Son yıllarda küresel olarak ortalama hava sıcaklığı, son altı yüz yılın en yüksek sıcaklığı olarak belirlenmiştir.

Amerikan Kar ve Buz Verileri Merkezi'nden (NSIDC) yapılan açıklamaya göre, Güney Kutbu'ndaki ana buzullardan Larsan-B Buzulu kopmuştur. Sulara karışan kütlelerin, yedi yüz milyar ton buza karşılık olduğu belirtilmektedir. Larsen- B Buzulu, beş yıl içerisinde beş bin yedi yüz kilometre karelik bölümünü kaybetmiştir (Son kırılma tarihi 31 Ocak 2002 senesidir).

Her on yılda sıcaklık 0,5 derece artmıştır. Antarktika'da son elli yıl içerisinde 2.5 derecelik bir sıcaklık artışı olmuş ve yedi dev buz kütlelerinin alanı, 1974 yılından bu yana 13 bin 500 kilometre azalmıştır.

1.6.2. Küresel Isınmanın Nedenleri

Küresel ısınmanın en büyük sebebinin atmosferde artan sera gazları olduğu bilinmektedir. Karbondioksit, su buharı, metan gibi bazı gazların güneşten gelen radyasyonu bir yandan dış uzaya yansımalarını önleyerek ve diğer yandan da radyasyondaki ısıyı soğutarak yer kürenin fazlaca ısınmasına yol açtığı ileri sürülmektedir. Sera gazlarının ve radyasyonun küresel ısınma üzerindeki en önemli yapı etkenler olmasının nedenleri, dünya genelindeki sanayileşme ve bu sanayilerin kullanmış oldukları fosil yakıtlardır. Küresel ısınmanın yapay sebeplerinin yanı sıra doğal sebeplerinin de var olduğu düşünülmektedir. Bu nedenler aşağıda açıklanmıştır.

1.6.2.1. Doğal Nedenler

Küresel ısınma sonucunda oluşan doğal nedenler; güneşin etkisi, dünya'nın presizyon hareketi, el nino etkisi ve akıntı sistemleri olmak üzere dört kısımda incelenmiştir.

a) Güneşin Etkisi

Bilim adamlarından Paal Brekke; iklim bilimcilerinin uzun yıllardır güneş beneklerinin 11 yıllık döngüsel hareketini ve güneşin yüzyıllık süreçler içinde parlaklık değişimini incelediklerini ifade etmektedir (Spence,2007:27). Bunun sonucunda Güneş'in manyetik alanı ve protonlar ile elektronlar biçiminde ortaya çıkan güneş rüzgârının, güneş sisteminde kozmik ışımalara karşı bir kalkan görevinde olduğu belirtilmektedir.

Güneş'in değişken faaliyetleriyle zayıflayabilen bu kalkan, kozmik ışımaları geçirmektedir. Kozmik ışımaların artışı bulutlanmayı beraberinde getirmekte, güneşten gelen radyasyon oranını değiştirerek küresel sıcaklık artışını meydana getirmektedir.

Güneşten gelen ultraviyole ışınlar, aynı zamanda kimyasal reaksiyonların meydana geldiği ozon tabakası üzerinde de değişimlere yol açmaktadır (Uzmen,2007:34). Bunlara ilaveten güneş lekeleri de dünyanın aldığı enerji miktarını etkilemektedir (Aksay,Ketenoğlu,Kurt,2005:34).

Güney yarım küredeki Antartika kıtasının dünya iklimi üzerinde önemli bir etkisi vardır. Dünya iklim sisteminin soğutucu birimi olup rüzgâr modellerinin oluşumunu etkiler. Ayrıca okyanusla olan ilişkisi de son derece önemlidir. Antartika kıtası kalınlığı yer yer değişen (1,5-4,5 km) buzla kaplı olduğu için gelen güneş ışınlarının %80-85'ini geri yansıtır. Bu nedenle bu kıta bu kadar soğuktur (Denhez,2007:16).

b) Dünya'nın Presizyon Hareketi:

1930 yılında Sırp araştırmacı Milutin Milankoviç, dünyanın güneş çevresindeki yörüngesinin her doksan beş bin yılda biraz daha basıklaştığını göstermektedir (Marda, Şahin, 2007: 45) İlaveten her kırk bir bin yılda dünyanın ekseninde doğrusal bir kayma ve her yirmi üç bin yılda dairesel bir sapma bulunduğunu da gözler önüne sermiştir.

Günümüz bilim adamlarının büyük bir kısmı, dünyanın bu hareketlerinden dolayı zaman zaman soğuk dönemler yaşandığını ve bu soğuk dönemler içindeyse yüz bin yıllık periyotlarda on bin yıl süreyle sıcak dönemler geçirdiğini ifade

etmektedir. Bu da küresel ısınmanın doğal nedenlerinden birini oluşturmaktadır (Aksay, Ketenoğlu, Kurt, 2005: 37).

c) El Nino Etkisi:

"Güney salınımı sıcak hareketi" olarak da tanımlanabilen El Niño hareketi, 1990 - 1998 yıllarında tropikal doğu Pasifik Okyanusu'nda deniz yüzeyi sıcaklıklarının normalden 2-5° daha yüksek olmasına sebep olmaktadır. Özellikle 1997 ve 1998 yıllarında yüzey sıcaklıklarının rekor düzeyde seyretmesinde, 1997-1998 El Niño hareketlerinin önemli bir etkisinin olduğu kabul edilmektedir. 1998'de meydana gelen El Nino bu yılın küresel rekor ısınmasına katkıda bulunan ana etmen olarak addedilmektedir (Flannery,2006:12).

d) Akıntı Sistemleri

Dünya iklimlerini etkileyen en önemli unsurlardan biri de 'taşıyıcı bant' denilen okyanus akıntı sistemidir (Denhez, 2007: 16). Dünyadaki tüm ırmakların taşıdığı suyun 20 katını taşıyan bu akıntı sistemi İzlanda yakınlarında soğur ve dibe inmektedir. Yön değiştiren akıntı güneye Afrika'ya doğru inerek Antarktika yakınında 2 kola ayrılmaktadır: Birinci kol Avustralya'nın doğusunda Pasifik Okyanusunun kuzeyine uzanarak yol boyunca ısınmakta ve yüzeye çıkmaktadır. Daha sonra A.B.D.'nin batı kıyılarını izleyerek güneye inmekte ve Avustralya'nın kuzeyinden geçmektedir. Diğer kol ise Hint okyanusunda bir çember çizmekte; ısınan ve yüzeyden akan sular Avustralya'nın batısında diğer kola birleşmekte ve tek bir kol halinde Afrika'nın batısını takiben kuzeye ilerlemektedir. İzledikleri yol boyunca suları azalan akıntının tuz miktarı artmıştır, kuzeye ilerledikçe soğuyarak İzlanda yakınlarında dibe batar ve sirkulasyon tamamlanmış olur. Taşıyıcı bant okyanuslar arasında su ve ısı alışverişi sağlar. Bu sistemde Pasifik ve Hint okyanusunun sıcak suları Atlantik'e taşınırken yüzeyden giden akıntının üzerinde hava ısınarak yakınından geçtiği karaların iklimini ılımanlaştırır. Örneğin kuzey batı Avrupa bu bant sayesinde 10 derece daha sıcak olur. Güney yarıkürede yaz mevsiminde Antartika'da eriyen buzların soğuk suları dibe çökerek taşıyıcı banta katılıp kuzeye yönelmektedir (Aksay, Ketenoğlu, Kurt, 2005: 38). Bundan dolayı Antarktika hem soğukluğu hem de taşıyıcı banta aktardığı soğuk sular nedeniyle dünya iklim sisteminin dengesi açısından son derece önemlidir.

1.6.2.2. Yapay Nedenler

Küresel ısınma sonucunda oluşan yapay nedenler; fosil yakıtlar ve sera gazları olmak üzere iki kısımda incelenmiştir.

a) Fosil Yakıtlar

Kömür, petrol ve doğalgaz, dünyanın mevcut enerji ihtiyacının yaklaşık %75`lik bölümünü karşılamaktadır (Denhez,2007:16). Yapılarında karbon ve hidrojen elementlerini bulunduran bu fosil yakıtlar, uzun bir zaman süreci içerisinde oluşmakta lakin çok çabuk tüketilmektedir (Göksu,2008:24). Dünyanın belirli bölgelerinde toplanmış bu yakıtların günümüz teknolojisiyle %35`inin çıkarılması imkansız; diğer %35`inin ise çıkarılması oldukça maliyetlidir. Bu da fosil yakıtları yenilenemeyen ve sınırlı yakıtlar kategorisine sokmaktadır (Uzmen,2007:34).

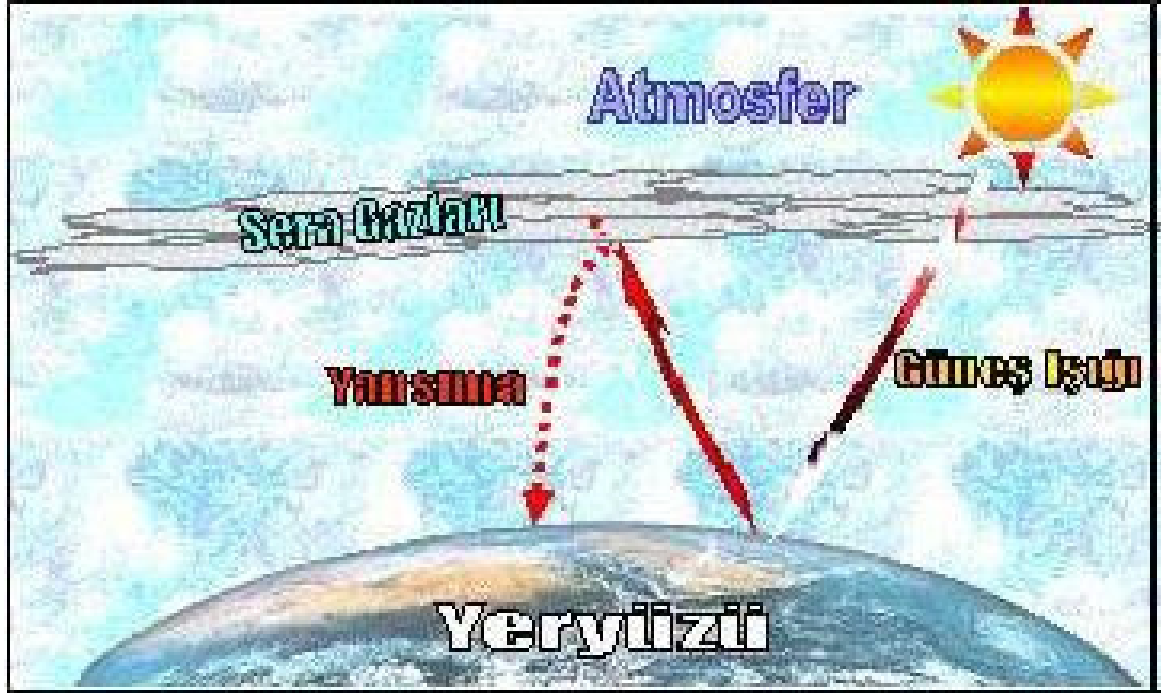
b) Sera Gazları

Güneş'ten gelen ışınların bir bölümü ozon tabakası ve atmosferdeki gazlar tarafından soğurulmakta; bir kısmı litosferden, bir kısmı ise bulutlardan geriye yansımaktadır.

Yeryüzüne ulaşan ışınlar geriye dönerken atmosferdeki su buharı ve diğer gazlar tarafından emilerek dünyayı ısıtmakta; bu nedenle de yüzey ve troposfer, olması gerekenden daha sıcak olmaktadır. Bu durum, güneş ışınlarıyla ısınan ama içindeki ısıyı dışarıya bırakmayan seralar ile paralellik gösterdiğinden; doğal sera etkisi olarak adlandırılmaktadır. Diğer bir deyişle güneşten gelen kısa dalga boylu ışınların yeryüzüne çarptıktan sonra, uzun dalga boylu ısı ışınları şeklinde atmosferdeki sera gazları tarafından tekrar yeryüzüne geri yansıtılmasıdır (Aksay, Ketenoğlu, Kurt, 2005: 41).

Sera gazlarının, tıpkı cam seralarda olduğu gibi küresel ısınmayı nasıl meydana getirdikleri şekil 7`de şematik olarak gösterilmektedir.

Şekil 7: Sera gazlarının küresel ısınmaya etkilerinin şematik açıklanması.



Kaynak: Çepel Necmettin - Ergün C., "Temel Çevre Sorunları", (www.tema.org.tr), (Erişim Tarihi: 16.03.2010).

Sera etkisinin büyük bir kısmı, atmosferik sudan kaynaklanmaktadır. Toplam sera etkisinin %85'ini su buharı,%12'sini atmosferdeki küçük su molekülleri meydana getirmektedir (Göksu,2008:35). Su kaynaklı sera etkisi dışında antropojenik kaynaklı gazlar da sera etkisine neden olmaktadır. CO₂, CFC'ler, Metan, Azot oksitler ve Ozon son yıllarda atmosferde önemli ölçüde artmaktadır (Uzmen,2007:35). Doğal olarak meydana gelen sera etkisi, iklim üzerinde önemli rol oynamaktadır. Sanayi devrimi ile birlikte, özellikle de 2. Dünya Savaşı'ndan sonra, beşeri faaliyetler nedeniyle sera gazlarının miktarı her geçen yıl artarak yüksek oranlara ulaşmaktadır (Göksu,2008:35).

Tablo 1: Sera Gazları ve bu gazların küresel ısınmadaki etki yüzdeleri.

SERA GAZLARI	
Karbondioksit (CO ₂)	50
Kloroflourkarbon (CHF)	22
Metan (CH ₄)	13
Azot oksitleri (NO ₃)	5
Ozon (O ₃)	7
Su buharı (H ₂ O)	3

Kaynak: Özcan Rifat Erdem, Kayman Selçuk, *Enerji Tüketimindeki Değişimin Küresel Isınmaya Etkisi ve ABD, AB ülkeleri, Japonya, Çin ve Türkiye Karşılaştırması: 1980 - 2004*, (http://www.tcmb.gov.tr/yeni/iletisimgm/Ozcan_Kayman.pdf), Erişim Tarihi: 29.03.2010), s:10.

Yapılan araştırmalar sonucunda tablo 1'de sera gazları ve bu gazların küresel ısınmadaki etki yüzdeleri hesaplanmıştır.

1.7. Küresel Isınmanın Etkileri

1.7.1. Küresel Isınmanın İnsan Yaşamına Etkileri

Küresel ısınma sorununa çözüm arayışları çalışmalarının yanı sıra yaşanacak etkilerin neler olabileceği konusunda kullanılan en güvenilir bilgi ve değerlendirme çalışmaları; Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli'nin her beş yılda bir yayınladığı değerlendirme raporları ve çeşitli konularda yayınlanan özel ve teknik raporlardır (Çağlar, Şengül ve diğ., 2008:24).

Çalışmanın bu bölümünde genel olarak IPCC'nin değerlendirme raporlarındaki bilgilerden yararlanılmış, küresel ısınmanın etkilerinin neler olabileceği açıklanmıştır.

i. IPCC'nin 2001 yılında yayınladığı rapora göre, doğal ve sosyo-ekonomik sistemlerin, sıcaklık ve yağışlardaki değişimlere ek olarak, hava olaylarının sıklık ve şiddetindeki değişimlerden doğrudan; deniz seviyesi yükselmesi, toprak nemi, alan kullanımı ve su durumundaki değişimler, tarım zararlıları ve yangınların oluşma sıklıkları, bulaşıcı hastalıkların yayılması gibi iklim değişikliği sonuçlarının etkilerinden de dolayı olarak etkilenmesi beklenmektedir.

ii. Sera gazlarının etkisiyle okyanuslarda ısınma olacak ve atmosferdeki su buharı miktarı artacaktır. Ekolojik dengede meydana gelen değişiklikler sonucunda, yağışlar azalacak veya rejiminde sapmalar olacaktır. Çok yağış alan bölgelerde, hızlı yağışlar yüzünden akarsuların debileri hızlanacak, az yağış alan bölgelerde ise kuraklık yüzünden buharlaşma çok hızlı olacak ve kullanılabilir su miktarında azalma olacaktır.

Ekosistemde meydana gelen bu aksaklık toprakların kuraklaşmasında en etkili faktör olacaktır. Dünya nüfusunun %40'ı su sıkıntısı çekmekte, önümüzdeki 30 yıl içerisinde ise bu rakamın %70 olacağı beklenmektedir (Fındık,2007:28).

iii. Küresel ısınmadan etkilenecek önemli yapılardan biri de topraktır. Toprak; insan hayvan ve bitkiler için çok önemli bir role sahip olduğundan, toprağın görececi zararlar tüm canlılarda etkisini ciddi anlamda gösterecektir. Farklı yağış sistemleri tarım alanlarının değişmesine neden olacak, verimli arazilerin azalması ülkelerin ekonomilerini sarsacak ve maliyeti artıracaktır. Ayrıca organik besinlerin azalmasıyla beslenme ve buna bağlı olarak yaşam kalitesinde de düşüşe yol açacaktır (Varınca,2004:42).

iv. Küresel ısınmanın bitkiler üzerinde de önemli derecede olumsuz etkileri vardır. Bitki türlerinde %10 azalma riski göz önüne alındığında bu durum canlılar için ciddi boyutta bir tehdit teşkil etmektedir. Özellikle son yıllardaki aşırı orman kayıpları küresel ısınmanın artmasına neden olmuştur. Kuru ve ormanların yok edilmesi özellikle tropikal alanlarda inanılmaz bir hıza ulaşmıştır. Korular ve ormanlar fotosentez işlemiyle atmosferden karbondioksit emerler, dönüştürürler ve atmosferdeki karbondioksitin emilmesi ve yeniden çevrilmesinde en temel aracı oluştururlar. Son yıllarda, her yıl İsviçre büyüklüğünde bir alanın çölleştiği hesap edilmektedir.

v. Küresel ısınmanın anlatılan sonuçlarının insan sağlığı üzerinde de büyük etkileri vardır. Su ve hava kalitesinin bozulması, gıda elde edebilirliğinin azalması ve küresel ısınma sonucu meydana gelen iklim değişikliği nedeniyle yapılan göçlerde birçok insan sıcak hava dalgaları, besin yetersizliği, bulaşıcı hastalıklar, yaralanmalar ve psikolojik yorgunluklardan dolayı hayatını kaybetmektedir. Küresel ısınmanın oluşturacağı etkiler küresel bir sorundur. Ülkelerin sınırlarına veya egemenliklerine bakmaz. Bir ulustan başkasına geçmesi için izne ihtiyaç duymaz ve en sıkı sınır devriyesi bile onu engelleyemez, ayırım yapmaz ve favorisi yoktur. Küresel ısınma kimin suçlu veya neden olduğunu umursamadan kendini gezegenin bütününe yaymaktadır. Kısacası iklim sistemi küreseldir ve sistemdeki değişikliklerde küresel olarak hissedilecektir. Bazı uzmanlar durumu açıklamak için su örneğini kullanmaktan hoşlanmaktadır. Gezegenimizi bir cankurtaran sandalına benzetmektedirler. Eğer sandalın bir tarafı su almaya başlarsa sandalın geri kalanını sızdırmaz olmasının veya mükemmel bir şekilde sudan korunmasının hiçbir anlamının olmadığı ifade edilmektedir. Bundan alınacak ders açıktır: ya bu gezegenin tamamını ilgilendiren sorun için uluslar arası düzeyde bir iş birliği yapılır ya da sorunu kontrol altına alınmaya çalışılır (Spence, 2007: 27).

1.7.2. Türkiye’de Küresel Isınmanın Etkileri

Türkiye farklı topografik yapısına ve konumuna bağlı olarak karmaşık iklim özelliğine sahiptir. Bu nedenle de küresel ısınma olgusundan en çok etkilenecek ülkelerden biridir. Örneğin, Güneydoğu, İç Anadolu, Akdeniz ve Ege bölgeleri gibi yarı kurak bölgeler, küresel ısınmanın tetiklemesiyle çölleşmeye doğru bir yol izleyecektir. Kuraklığın artması, içme ve kullanma suyu ihtiyacının karşılanamaz duruma gelmesine neden olacağından, insan yaşamı da büyük tehdit altında olacaktır. Atık ve artıkların miktarının artması, mevcut bitki ve hayvan türlerini tehdit edecektir. Sonuçta bu güç koşullara uygun türler buralara gelirken, mevcut türlerin çoğu ortadan kalkma durumuyla karşı karşıya kalacaktır. Küresel ısınma baskısı arttıkça, yörelerdeki farklı iklimler ve canlılar bundan değişik biçimlerde etkilenecek yörelerde tür çeşidi ve sayısında değişimler görülecektir. İleride geri dönüşümü olmayan çevre tahribine varan olaylarla karşılaşılabilir. Ülkemizde küresel ısınmadan belki en çok etkilenecek ve varlıkları tehlikeye girecek ormanlarımızdır. Küresel ısınma ile ortaya çıkan ısınmadan kuraklıktan, aşırı yağışlardan, heyelanlar

ve erozyon oluşumlarından zarar görecektir ormanlarımızdır. Bunların yanması ve tahribiyle ortaya çıkacak CO₂ gibi sera gazları atmosfere karışarak küresel ısınmanın etkilerini artıracaktır. Küresel ısınma, özellikle su kaynaklarının azalmasına sebep olacak ve temiz su bulmayı güçleştirecektir, hatta imkânsız hale getirecektir. Çünkü sanılanın aksine ülkemiz su azlığı çeken ülkeler arasındadır (Cemre, 2006: 10).

Suyun azalması tarım alanlarında tuzlanmayı, çoraklaşmayı artıracak verim elde etmek uğruna kullanılan aşırı gübre ve pestisitler de su ve toprak kirlenmesi miktarını artıracaktır. Susuz hayat olamayacağı hatırlandığında tarım yapmanın olanaksızlaşacağını kolayca tahmin edebiliriz. Su, bitki ve hayvanlar için, olmazsa olmaz koşul olduğundan küresel ısınmayı önlemek için gerekli acil önlemler alınmadığında ileride yaşamdan söz etmek olanaksız hale gelecektir (Kadioğlu, 2001: 266).

1.8. İklim Değişikliği

İklim değişikliği, günümüzde hemen hemen tüm bilim adamları tarafından kabul gören bir olgu olarak karsımıza çıkmaktadır. Ancak son yıllarda iklim değişikliğinin üzerinde yoğun olarak durulmaya başlanmasının nedeni, tüm ekolojik sistemi etkilemeye başlayan bir hal almasından kaynaklanmaktadır. İklim değişikliği genel olarak, küresel ısınma sonucu iklim sistemi üzerinde meydana gelen değişiklikleri ifade etmektedir. Küresel bir sorundur ancak etkileri itibarıyla yerel nitelikler kazanabilmektedir. Küresel iklim değişikliğinin küresel ısınmadan farkı; Küresel ısınma, dünyanın ortalama sıcaklık değerlerindeki iklim değişikliğine yol açabilecek bir artışı ifade ederken, iklim değişikliği belirli bir bölgedeki mevsimlik sıcaklık, yağış ve nem değerlerindeki değişimleri ifade etmektedir. Başka bir deyişle, küresel ısınma günlük, aylık ve yıllık maksimum sıcaklıklardaki artıştan ziyade minimum sıcaklıklardaki artışı ifade etmektedir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (BMİDÇS) yapılan tanıma göre iklim değişikliği, karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenen doğal iklim değişikliklerine ek olarak, doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetleri sonucunda iklimde oluşan bir değişikliktir şeklinde tanımlanmaktadır (Türkeş,1997:36).

İklim değişikliği, Hükümetlerarası İklim Paneli'nin IPCC raporlarında, doğal nedenler ve beşeri faaliyetler yüzünden meydana gelen değişimi şeklinde tanımlanmıştır.

IPCC'nin 2001 yılındaki Üçüncü Değerlendirme Raporu'nda, son elli yılda gözlemlenen ısınmanın çoğunun beşeri faktör kaynaklı yani insan faaliyetleri sonucunda meydana geldiğine yönelik yeni ve daha güçlü delillerin olduğu belirtilmektedir. Raporda, beşeri faktörlerin ısınmaya neden olan en önemli faktör olduğu belirtilmekle birlikte, ısınmaya sebep olan diğer faktörlerin rolünün daha iyi anlaşıldıkça bu ilişkinin de değişebileceğini belirtmektedir. 2007 yılındaki raporda ise insan faaliyetleri sonucu meydana gelen değişimin % 90 oranında olduğu sonucuna varılmıştır (Cemre, 2005:56).

İklim değişikliğine neden olan faktörlere bakıldığında ise, sera gazı etkisi yaratan fosil yakıtların yoğun olarak kullanılmasının ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Özellikle kömür, petrol ve doğalgazın daha önce sayılan amaçlarla yoğun olarak kullanılması, küresel anlamda ısınmaya neden olmakta, bu ise yerel boyutlarda iklimde değişiklikler meydana getirmektedir. Ekosistemin doğal isleyiş sürecinde meydana gelen bazı gelişmeler de iklim değişikliği üzerinde etkili olabilmektedir. Fakat bu etkiler insan kaynaklı etkilerin yanında önemsiz kalmaktadır. Yanardağlardaki volkanik patlamalar esnasında, bazı sera gazlarının ve toz bulutunun açığa çıkmasını bu duruma örnek olarak vermek mümkündür. Ancak, tüm dünyadaki yanardağların harekete geçme potansiyeli göz önüne alındığında, bu etkinin insan temelli etkinin yanında ne kadar önemsiz kalacağını görmek pek de zor olmayacaktır.

1.8.1. İklim Değişikliğinin Etkileri

Küresel ısınmanın bir sonucu olarak ortaya çıkan iklim değişikliği çeşitli alanlarda önemli etkiler oluşturmaktadır. İklim değişikliği sonucunda; hidrolojik döngünün değişmesi, kara ve deniz buzullarının erimesi, kar ve buz örtüsünün alansal daralması, deniz seviyesinin yükselmesi, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi ve yüksek sıcaklıklara bağlı salgın hastalıkların ve zararlı canlıların artması gibi dünya ölçeğinde sosyo-ekonomik yapıları, ekolojik sistemleri ve insan yaşamını doğrudan etkileyecek önemli değişikliklerin oluşacağı beklenmektedir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2005:33).

İklim değişikliğinin etkileri nedeniyle, insanoğlu yeni risklerle ve yoğun tehlikelerle yüz yüze kalacaktır. Beslenme sorunu global ölçekte bir sorun haline gelecek, ancak belli bölgelerde açlık ve kıtlık daha yoğun olarak hissedilecektir. Su kaynakları öncelikli olarak etkilenecek ve buharlaşma etkisinin artmasıyla dünya genelinde su kıtlığı yaşanacaktır. Buzullar eriyecek, denizlerdeki su seviyesi yükselecek, aşırı hava olayları artacak ve bunun sonucunda fiziksel altyapı hasar görecektir. İklimdeki değişiklik, ekonomik faaliyetleri olumsuz etkileyecek, göç olgusu yoğunlaşacak, insan sağlığı olumsuz etkilenecektir. İnsanoğlu doğrudan ya da dolaylı olarak bu veya benzeri birçok etkiye daha yoğun olarak maruz kalacaktır. Özellikle yoksullar ve zayıf durumda olanlar, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden çok daha fazla etkileneceklerdir (UNFCCC-UNEP, 2002: 55).

Ancak iklim değişikliğinin tam olarak etkilerini belirlemek oldukça zordur. Çünkü; ekolojik sistem, dünya iklimi ve bunlar arasındaki ilişki oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu durumdan dolayı, iklim değişikliğinin belirgin yansımasını taşıyan, iyi tanımlanmış ve ölçülebilir öğelerdeki değişiklikler üzerinde durmak daha gerçekçi olacaktır (EEA,2004:101).

1.8.2. İklim Değişikliğinin Tarihsel Süreci

İklim değişikliği ve küresel ısınmayla ilgili olarak ilk akademik ifade 1896 yılında tüketilen fosil yakıtlarının atmosferdeki CO₂ birikiminin etkilemesine bağlı olarak sera gazı etkisinin iklimi değiştirdiği yönündeki Nobel ödülü sahibi İsveçli S.Arrhenius`ın raporlarına dayanmaktadır. 1930'larda Amerikalı amatör bir bilimci olan Callendar tarafından ısrarlı şekilde desteklenen rapor, 1950'lerde Amerikalı bilim adamlarınca da benimsenmeye başlanmıştır (Spence, 2007:27).

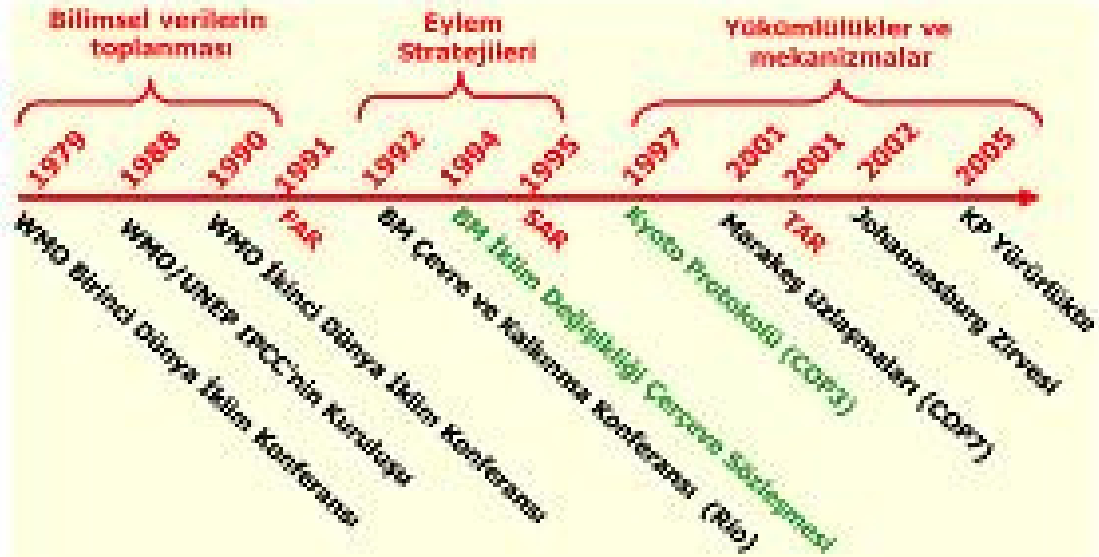
Küresel iklim değişikliği ve her yıl artan küresel ısınmanın varlığı 1961 yılında kanıtlanmış bunu takiben 1967'de 21. yüzyıldaki sıcaklık artışlarının hızlanabileceği projeksiyonları yayınlanmıştır (Spence, 2007:27).

1970'lere gelindiğinde ise konu üzerine gerçekleştirilen araştırmalar, iklim mekanizmalarını etkileyen faktörleri ortaya koyarak; bilgisayar ve uydu teknolojilerinden yararlanan güvenilir stratejilerin oluşturulması yönünde önemli adımlar atılmıştır (Uzmen,2007:37).

1972'de BM Stockholm İnsan Çevresi Konferansı' ile çevre duyarlılığının uluslararası örgütlenme ve ulusal etkinliklere yansımaları; beraberinde bir dizi uluslararası zirve, hükümetler arası toplantılar ve bilimsel işbirliğinin meydana gelmesine yol açmıştır (Marda,Şahin,2007:56). Ancak, atmosferde artan CO2 birikiminin yol açabileceği olumsuz etkiler konusundaki uluslararası ilk ciddi adımın atılması için 1979 yılına kadar beklenilmiştir. Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (WMO) öncülüğünde 1979 yılında düzenlenen Birinci Dünya İklim Konferansı'nda durumunun önemi dünya ülkelerinin dikkatine sunulmuştur (Aksay,Ketenoglu,Kurt,2005:38).

Sonrasında, 1985 ve 1987 yıllarında Villach'ta (Avusturya) ve 1988'de Toronto'da düzenlenen toplantılar, dikkatleri ilk kez iklim değişikliği karşısında siyasal seçenekler geliştirilmesi konusu üzerinde toplamıştır. Villach 1985 Toplantısı, Karbondioksit ve Öteki Sera Gazlarının İklim Değişimleri Üzerindeki Rolünü ve Etkilerini Değerlendirme Uluslararası Konferansı başlığını taşımaktaydı. 1988 yazının kayıtlara en sıcak yaz olarak geçmesi de bu ilgiyi daha da arttırmış; 1988'de Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli' kurulmuş; yine 1988 yılında düzenlenen Değişen Atmosfer Toronto Konferansı'nda, uluslararası bir hedef olarak, küresel CO2 salımlarının 2005 yılına kadar % 20 azaltılması ve protokollerle geliştirilecek olan bir çerçeve iklim sözleşmesinin hazırlanması önerilmiştir. Aşağıdaki şekil 8'de küresel iklim değişikliği ile mücadelede oluşturulan uluslar arası süreç tarihsel olarak gösterilmiştir.

Şekil 8: Küresel İklim Değişikliği ile Mücadelede Oluşturulan Uluslararası Süreç.



Kaynak: Arıkan, Yunus, Gülçin Özsoy, "A'dan Z'ye İklim Değişikliği Başucu Rehberi Bölgesel Çevre Merkezi - REC Türkiye Raporu", Ankara, Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008, s:42.

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) öncülüğünde 29 Ekim–7 Kasım 1990 tarihlerinde Cenevre'de yapılan İkinci Dünya İklim Konferansı'nda, ana konusu iklim değişikliği ve sera gazları olan Bakanlar Deklarasyonu, aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 137 ülke tarafından onaylanmıştır. Hem Konferans sonuç bildirisi, hem de Bakanlar Deklarasyonu, Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda (UNCED) imzaya açılmak üzere, bir iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi görüşmelerine ivedilikle başlanması açısından tarihsel bir önem taşımaktadır. Bu belgelerde, sera gazlarının atmosferdeki birikimlerinin azaltılmasını sağlayacak önlemler savunulmuştur. Bunu takiben 1992 yılında ise Rio'da gerçekleştirilen BM Çevre ve Kalkınma Konferansı kapsamında BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi imzalanmıştır. İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (İDÇS), İklim değişikliğine neden olan sera gazı salımlarını azaltmaya yönelik eylem stratejilerini ve yükümlülüklerini düzenlemektedir. Haziran 1992'de imzaya açılan ve Mart 1994'te yürürlüğe giren İDÇS'ne, bugüne kadar yaklaşık 185 ülke ve Avrupa Topluluğu taraf olmuştur. 24 Mayıs 2004 itibariyle ülkemiz de bu sözleşmenin tarafları arasında yer almıştır. Sözleşme'nin nihai amacı, "Atmosferdeki sera gazı birikimlerini, insanın iklim sistemi üzerindeki tehlikeli etkilerini önleyecek bir düzeyde durduracaktır" (Uzmen, 2007: 36).

Sözleşme'de, ülkelerin ortak fakat farklı sorumlulukları, ulusal ve bölgesel kalkınma öncelikleri, amaçları ve özel koşulları dikkate alınarak, tüm Tarafalara insan kaynaklı sera gazı salımlarının azaltılması, iklim değişikliğinin önlenmesi ve etkilerinin azaltılması vb. alanlarda ortak yükümlülükler verilmiştir. İnsan kaynaklı sera gazı salımlarını 2000 yılına kadar 1990 düzeyine çekme Ek I Taraflarına (OECD ve eski sosyalist Doğu Avrupa ülkeleri); gelişme yolundaki ülkelere (GYÜ) mali kaynak ve teknoloji aktarılması, onların özel gereksinimlerinin karşılanması, vb. temel konulardaki ana yükümlülükler ise Ek II (yalnız OECD ülkeleri) taraflarına bırakılmıştır (Aksay, Ketenoğlu, Kurt, 2005: 41). 1997 yılı da önemli gelişmelere tanıklık etmiş; gelişmiş ülkelerin 2000 yılındaki sera gazı emisyonlarını 1990 yılı seviyesinde tutmak için İDÇS'nin yetersiz olduğu kabul edilerek, yükümlülüklerin daha sıkı hale getirilmesine yönelik yasal bağlayıcı bir belge olması amacıyla Kyoto Protokolü hazırlanmıştır (Uzmen, 2007:35). Kyoto Protokolü, 2004 Rusya'nın onayı almış 18/11/2004 tarihinde Rusya Federasyonunun da onayıyla 16/2/2005 de yürürlüğe girmiştir. 19 Eylül 2005 itibariyle protokol 156 ülke tarafından kabul edilmiştir. 2005 yılı Montreal`de gerçekleştirilen uluslar arası görüşmelerde ise Kyoto kararlarının 2012 yılından sonrada geçerli olması konusunda ABD ile görüşmelere devam kararı alınmıştır.

1.8.2.1. İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (İDÇS)

Küresel sorunların çözümü küresel seviyede bir işbirliğini gerektirmektedir. İklim değişikliği ve iklim değişikliğinin önlenmesiyle ilgili uluslararası bilimsel ve teknik bilgilenme, örgütlenme ve yasal bir çerçeveye yönelik hazırlıklar ile hükümetler arası görüşmeler ve anlaşmalar sürecinde, yaklaşık 20 yıllık bir dönemde önemli değişiklikler yaşanmaktadır (Türkeş, 1999: 46).

Küresel ısınmanın muhtemel sonuçlarının giderek çevre alanındaki en temel sorunu oluşturmaya başlaması karşısında; Haziran 1992'de Brezilya'nın Rio De Janerio kentinde, Birleşmiş Milletler Kalkınma ve Uluslararası Çevre Konferansı-United Nations Conference on Environment and Development (UNCED) adında bir Dünya Zirvesi gerçekleştirilmiştir. UNCED (3-11 Haziran 1992) ve Dünya Zirvesi (12-14 Haziran 1992) olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilen Rio Toplantısı

uluslararası alanda en fazla katılımın olduğu bir çevre etkinliği olmuştur. UNCED sırasında yapılan, yüz seksen beş ülkenin devlet başkanı ve yetkililerini bir araya getiren bu toplantıya BM kuruluşları, yerel yönetimler, iş dünyası, bilim dünyası, gönüllü kuruluşlar ve diğer çevrelerden yüzlerce yetkili katılmıştır. Türkiye'nin de içinde bulunduğu 185 ülke ve AB'inde taraf olduğu İDÇS, küresel iklimi korumaya ve sera gazı salımlarını azaltmaya yönelik genel ilkeleri, eylem stratejilerini ve yükümlülüklerini düzenlemektedir. Gelişmiş ülkelerin bu konudaki yükümlülüğü, insan kaynaklı sera gazı salınımlarını 2000 yılına kadar 1990 yılı seviyesinde tutmaktır (Cemre, 2005:43).

İDÇS'de, Ek-I ve Ek-II olmak üzere toplam iki liste bulunmaktadır. İDÇS ülkeleri, Sözleşme metnine eklenen listelerde buldukları konum ve sorumluluklarının belirlenmesi açısından iki liste halinde açıklanmıştır.

Ek-I'de Pazar ekonomisine geçmiş Doğu Avrupa ve Eski Sovyet ülkeleri ile ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Teşkilatı- Organisation For Economic Co-operation and Development (OECD) üyesi ülkeler bulunurken, Ek-II' de ise sadece OECD üyesi ülkeler yer almaktadır.

Tablo 2: İDÇS (İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi) 'inde Yer Alan Ek-I ve Ek-II Ülkeleri.

SADECE EK-I DE YER ALAN ÜLKELER	HEM EK-I DE HEM EK-II DE YER ALAN
Bevaz Rusva	Almanva
Bulqaristan	ABD
Cekovlovakva	Avrupa Topluluğu
Estonva	Avustralva
Hırvatistan	Avusturya
Letonva	Belcika
Litvanva	Büyük Britanva ve Kuzev İrlanda Birlesik Krallığı
Macaristan	Danimarka
Polonva	Finlandiva
Romanva	Fransa
Rusva Federasyonu	Hollanda
Slovakya	İrlanda
Slovenva	İspanva
Ukrayna	İsvec
	İsvicre
	İtalya
	İzlanda
	Japonva
	Lüksemburg
	Kanada
	Norvec
	Portekiz
	Türkiye
	Yeni Zelanda
	Yunanistan

Kaynak: Arıkan, Yunus, Gülçin Özsoy, "A'dan Z'ye İklim Değişikliği Başucu Rehberi Bölgesel Çevre Merkezi - REC Türkiye Raporu", Ankara, Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008, s:54.

Sözleşmeye göre genel olarak hükümetler;

- Sera gazı emisyonları sınırlandırılarak, ulusal politikalar benimsenerek ve en iyi uygulamaları ile ilgili bilgi toplamak ve bunu paylaşmakla,
- Gelişmekte olan ülkelere ihtiyaç duydukları finansal ve teknolojik desteği de sağlayarak, sera gazı emisyonlarına ve olası etkilerine ilişkin ulusal stratejilerini geliştirmekle,
- İklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamak için işbirliğine hazır olmakla birlikte hükümet dışı kuruluşların da bu işleme katılmasına teşvikle yükümlüdürler.

Sözleşme'nin amacının gerçekleşmesi için ülkeler, ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklara sahiptir. Bunun anlamı, Sözleşmeye taraf ülkeler, ulusal ve bölgesel kalkınma önceliklerine, amaçlarına ve özel koşullarına göre farklılık gösterirler ve bu nedenle de farklı düzeydeki ülkeler için yükümlülüklerinin değişmesi gerekmektedir.

Sözleşme'nin EK-II listesinde yer alan gelişmiş ülkelerin, az gelişmiş ülkelere finansal destek ve teknoloji transferi sağlamakla yükümlü olmaları, ortak fakat farklılaştırılmış sorumlulukları ilkesinin bir sonucudur (Yamanoğlu, 2006:44).

1.8.3.Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye

Türkiye karmaşık iklim yapısı içinde, özellikle küresel ısınmaya bağlı olarak görülebilecek bir iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek ülkelerden biridir. Amacı küresel ısınmaya neden olan atmosferdeki sera gazı birikimlerini ve insanoğlunun iklim sistemi üzerindeki olumsuz etkilerini önleyecek bir düzeyde durdurmak olan ve ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluk ilkesi üzerine kurulan İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Sözleşme, daha önce de belirtildiği üzere, belli kriterleri göz önünde bulundurarak ülkeleri EK1 ve EK2 gibi iki gruba ayırmış ve bu çerçevede ilgili ülkelere buldukları gruba göre sorumluluklar yüklemiştir.

Türkiye OECD üyesi olduğu için hem seragazı emisyonlarını azaltmada birinci derecede sorumlu olacak EK1 ülkeleri grubuna hem de azgelişmiş ülkelerin

emisyollarının azaltılması için finansal destek sağlayacak EK2 ülkeleri grubuna dahil edilmiştir. Bunun üzerine Türkiye, ilke olarak sıcak baktığı halde, bu koşullar altında yükümlülüklerini yerine getiremeyeceği gerekçesiyle, 1992 yılında Rio de Janeiro'da imzaya açılan İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ni ilk basta imzalamamıştır (Karakaya, Özçağ, 2003:7). Türkiye'nin sözleşmeyi ilk basta imzalamamasının temel nedeni, temel göstergeler açısından gelişmekte olan ülke statüsünde olduğunu, her iki listede de yer alması nedeniyle yükümlülüklerin kendisine ağır geleceğini ve kalkınma çabalarının olumsuz yönde etkileneceğini düşünmesidir (Aktürk, Aysen, 2004:67). Bu ve benzeri nedenlerle Türkiye, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ni uzun bir süre imzalamamıştır. Ancak buna rağmen Türkiye'nin İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi karşısındaki tutumu 1992 ve 1997 ile 1997 ve sonrası dönemleri için görelî farklılıklar göstermektedir. Türkiye'nin 1992'den 1997'ye kadar olan dönemdeki ana tutumu sözleşmenin her iki ekinde de çıkmak ve yalnız bu koşullar altında İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne taraf olmağı (Türkeş, 2001:45).

Kyoto ile başlayan 1997 yılı sonrasında, Türkiye tavrını biraz daha yumuşatmış ve nihayet 2000 yılında Lahey'de düzenlenen 6. Taraflar Toplantısı'nda ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluk ilkesi gereği ve bölgesel koşulları göz önünde bulundurularak EK2 listesinden çıkmayı ve geçiş ekonomisi olarak adlandırılan gelişmekte olan ülkelere tanınan haklardan yararlanma koşulu ile sözleşmeye EK1 tarafı olarak katılmayı teklif etmiştir. Türkiye'nin sözleşmenin EK2 listesinden çıkarılma isteğinin kabul edilmesinden sonra, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne katılmasının uygun bulunduğuna dair 4990 Sayılı Kanun, Türkiye Büyük Millet Meclisi Genel Kurulu'nda 21 Ekim 2003 tarihinde kabul edilmiş ve sözleşmeye taraf olmasına ilişkin Bakanlar Kurulu Kararı 18 Aralık 2003 tarih ve 25320 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmıştır.

İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu'nun 20 Kasım 2003 tarihinde yapılan toplantısında alınan kararlar doğrultusunda, İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu'nun yeniden düzenlenmesine ilişkin Başbakanlık Genelgesi 18 Şubat 2004 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Türkiye, Sözleşmeye resmen taraf olmak için katılım belgelerini 24 Şubat 2004 tarihinde Birleşmiş Milletler Genel Sekreterliği'ne teslim etmiş ve sözleşme gereği 24 Mayıs 2004 tarihinde İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine resmen taraf olmuştur (ETKB, 2005:100).

Sonuç olarak, Türkiye bugün İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin EK1 listesinde yer alarak sözleşmeye taraf olmuştur.

1.8.4. Gelecekteki İklim

Bugün hemen bütün iklim bilimciler tarafından, dünya iklimi sisteminde bir bozulmanın olduğu kabul edilmektedir. Doğal dengenin bozulmasına neden olan insanların, gerekli önlemler alınmadan çeşitli etkinliklerinin devam etmesi hâlinde iklimdeki bu bozulmaların artarak, sonucu çok ürkütücü olan, küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliklerinin yaşanacağı kesin olarak vurgulanmaktadır. Çünkü beşerî nedenlerle, atmosferdeki sera gazı birikimlerindeki ve partiküllerdeki artış, doğal çevrenin tahribi, ozon tabakasındaki incelme, küresel boyutta sıcaklık artışına neden olacaktır.

Gelecekte görülebilecek iklim değişikliği ile ilgili olarak, çeşitli kaynaklarca daha çok sera gazı emisyonlarının dikkate alındığı, senaryolar üretilmektedir. Bunlar çeşitli matematiksel iklim modellerine yüklenmesiyle ortaya çıkan sonuçlar, iklimde başlayan değişikliklerin gelecekte de süreceğini göstermektedir.

Birleşmiş Milletler, IPCC tarafından ortaya konulan senaryolara göre, küresel sıcaklıkta 2100 yılına kadar ortalama 1 ilâ 3,5 derecelik bir artış olacağı bilinmektedir. Bunun anlamı, en iyimser koşullarda her on yılda yaklaşık 0,1 derecelik bir sıcaklık artışı görülecektir (IPCC,2001:44). Bunun sonucunda; deniz seviyesinin yükselmesinden, sıcaklık ve yağış rejimlerinin değişmesinden kaynaklanan ve afet boyutlarına ulaşan çok değişik sonuçlar yaşanacaktır. Seller, taşkınlar, kuraklık ve sonuçta çölleşme, fırtınalar, biyolojik kökenli afet niteliğindeki salgınlar, bu sorunlardan bazıları olup, bunlar daha geniş alanlara yayılacak ve çok daha sık görülecektir.

1.8.5. Kuraklığın Etkileri

Kuraklık etkileri üç gruba ayrılabilir. Bunlar:

1) Ekonomik; 2) Çevresel; 3) Sosyal;

1) Ekonomik Etkileri

- Üründe kayıp
- Böcek istilâsı
- Bitki hastalıkları
- Ürün kalitesinde düşüklük
- Hayvancılıkta kayıp
- Otlakların verimliliğinin azalması
- Hayvanlar için su ve besin temin edilememesi
- Orman ürünlerinde kayıplar
- Orman yangınları
- Ağaç hastalıkları
- Böcek istilâsı
- Orman alanlarının verimliliğinin azalması
- Su ürünlerinde kayıp
- Ulusal büyümede kayıp, ekonomik gelişmede gecikme
- Yiyecek üretiminde düşüş, yiyecek stoklarında azalma
- Finanssal kaynak bulmada zorluk kredi riski
- Yeni ve ilâve su kaynaklarının geliştirilmesindeki pahalılık
- Çiftçi gelirlerinde kayıplar
- Turizmde kayıplar

- Enerji üretiminde azalma
- Tarımsal üretimin doğrudan bağlı olduğu endüstriler de kayıplar
- Üretimdeki düşüşe bağlı işsizlik
- Hükûmetlerin vergi gelirlerinde kayıplar

2) Çevresel Etkileri

- Toprakta ki su ve rüzgâr erozyonu
- Bitki alanlarının zarara uğraması
- Su kalitesinin bozulması
- Hayvan kalitesindeki bozulmalar
- Hayvanların doğal yaşam alanlarının daralması

3) Sosyal Etkileri

- Sosyal huzursuzluk
- Göç olaylarında artış
- Yoksullukta artış
- Yiyecek kıtlığı

Dünyamız, 4,5 milyar yıllık jeolojik tarihi boyunca çok büyük iklim değişmelerine sahne olmuş, bazı dönemlerde coğrafyası tamamen değişmiştir. Şüphesiz bundan sonrada doğanın evrimi gereği yavaş da olsa bir değişme görülecektir. Ancak, insanlık tarihinin başlaması ile birlikte ve özellikle de 18. yüzyılın ikinci yarısından itibaren insanların çeşitli etkinliklerinin de iklimi etkilediği bir döneme girilmiştir. Nitekim iklim sistemini oluşturan atmosfer, hidrosfer ve litosferde bozulmalar başlamış, doğal denge bozulmuş, bunun sonuçları da iklimi etkilemiştir. Yapılan çalışmalar, küresel boyuta bir ısınma ile ortaya çıkan iklimdeki bozulmaların bazı belirsizlikler göstermesi ve bunlara karşı önlemler alınmasına rağmen, gelecekte de bu belirsizliğin devam edeceğini ve sorunların yaşanmasına neden olabileceğini göstermektedir. Hemen bütün iklim bilimcilerin üzerinde birleştiği nokta ise, gelecekte olabilecek iklim değişikliğinin, atmosferdeki sera gazı

emisyollarındaki artıştan kaynaklanan küresel ısınmadan olacağı şeklindedir. Türkiye dünyanın oluşumundan bugüne kadar görülen, iklim değişikliğinden en fazla etkilenen ülkeler arasındadır. Bundan sonrada tartışmasız iklimde meydana gelebilecek bir gök değişiklikten en fazla etkilenecek ve büyük sorunlar yaşayabilecek bir ülke konumundadır (ztrk, 2006:24).

II. BÖLÜM

2. KYOTO PROTOKOLÜ VE TÜRKİYE

2.1. Kyoto Protokolü'nün Oluşumu

Dünya genelinde bir çevre bilincinin ortaya çıkması ve çevresel bozulmanın canlı yaşamı üzerinde ciddi tehditler oluşturmaya başladığının anlaşılmasıyla birlikte, özellikle uluslar arası alanda önemli adımlar atılmaya başlanmıştır. Bu sürecin başlamasındaki ilk adımı, 1988 yılında Birleşmiş Milletler Çevre Programı ve Dünya Meteoroloji Örgütü'nün desteğiyle kurulan Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPPC) oluşturmaktadır. Oluşturulan bu panel, insan kaynaklı iklim değişikliği riskinin anlaşılması konusuna ilişkin bilimsel, teknik ve soysa-ekonomik bilgilerin değerlendirilmesi amacına yöneliktir. Panel, 1990, 1996 ve 2001 yıllarında üç tane geniş çaplı değerlendirme raporu yayınlanmıştır. Bu değerlendirme raporlarının yanında, özel raporlar da hazırlanmakta ve teknik çalışmalar yapmaktadır. Uluslararası politika ve iklim değişikliği hakkındaki müzakerelerde yol gösterici rehberler olarak kullanılmaktadır (Paketçi, Söylemez, Tekcan, 2006:6).

Son birkaç yıl sanayi devriminin insanlık ile doğa arasındaki ilişkiyi kalıcı bir şekilde değiştirdiğinin daha anlaşılır bir biçimde ortaya konduğu bir dönem olarak ifade edilebilir. Çünkü yirmi birinci yüzyılda kendini iyice hissettiren insan etkinlikleri yeryüzünde devamı zorunlu olan bazı koşulları değiştirmeye başlamıştır. "İnsanlık için oldukça tehlikeli olan iklim değişikliğinin gelecekteki etkileri de bu süreler içerisinde özellikle uluslararası platformlarda sık sık tartışılmaya başlanmış, iklim değişikliği sorunu bir resmiyet kazanmıştır. Ancak doğanın insanlığa karşı açtığı savaşta bir de dünyanın zengin ve yoksul devletleri arasında zaten sorunlu olan ilişkileri de önem kazanmaya başlamıştır. Sanayileşme sürecini erken yasayan gelişmiş ülkeler, atmosfere büyük miktarlarda zarar vermişlerdir. Gelişmekte olan ülkeler ise birçok anlaşma sonrasında endüstriyel etkinliklerini kısıtlamaları içerisindedirler. Uluslararası platformda yapılan çeşitli anlaşmalar, günümüzde, iklim değişikliği sorununun çözüm aşamalarındaki birçok belirsizliğe karşın, uluslar arası hukukta önleyici tedbir ilkesi olarak bilinen ilke temelinde harekete geçilmesine yardımcı olmuştur. Bu ilkeye göre ciddi ya da telafisi mümkün olmayan sonuçlara yol

açabilecek etkinlikler, sonuçları hakkında mutlak bilimsel kesinlik olmasa bile sınırlanabilecek; hatta yasaklanabilecektir (UNFCCC-UNEP, 2002:10).

Küresel ısınmanın, gelecekte çok ciddi sonuçlar doğuracağıının anlaşılması ve bu ısınmanın büyük ölçüde insanoğlunun kendi faaliyetleri sonucunda oluştuğunun anlaşılması üzerine, hükümetler ani önlemler alınması konusunda harekete geçme ihtiyacı hissetmişlerdir. Bu noktada yapılan çalışmalar sonucunda çözüm önerileri bulunmuştur. Bu çözüm önerileri doğrultusunda günümüze kadar birçok küresel işbirliği çalışması oluşturulmuştur. Kapitalist büyümenin yol açacağı ekolojik sorunlara dair tezler bir takım teorisyenler tarafından daha önce belirtilmiş olsa da çevre sorunları, akademisyenler, siyasetçiler, kamuoyu, BM ve diğer uluslar arası kuruluşların ilgi alanına 1960'lı yılların sonu 1970'li yılların başında girmeye başlamıştır. Başlangıçta doğal kaynakların sınırlılığı ve bunların tükenmesi, üçüncü dünyanın hızla artan nüfusu ve bunun neden olduğu sorunlar üzerinde durulmuştur. Zamanla ilgi odakları genişlemiş ve çevre kirliliği, atmosferin ısınması, ozon tabakasının incelenmesi gibi global risklerde ekolojik sorunlar olarak görülmeye başlamıştır. Küresel ısınma ve küresel ısınmanın iklim değişikliği üzerindeki etkilerinin en aza indirebilmesi amacıyla uluslar arası alanda oluşturulan ilk çaba Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (İDÇS)'dir (Kayabaş, Burak,Coskun,2008:9).

Haziran 1992'de Rio'da düzenlenen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda imzaya açılan ve 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe giren İDÇS'nin amacı; atmosferdeki seragazı birikimlerini, insanın iklim sistemi üzerindeki tehlikeli etkilerini önleyecek bir düzeyde durdurma (Türkeş, 2003:12). Söz konusu sözleşme genel itibariyle, küresel iklim sisteminin korunması ve seragazı emisyonlarını azaltmaya yönelik ilkeleri, eylem stratejilerini ve yükümlülükleri düzenleyen bir sözleşme niteliği taşımaktadır. İDÇS'de ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluk ilkesi benimsenerek, tüm tarafların ulusal ve bölgesel farklılıkları da göz önünde bulundurularak, insan kaynaklı sera gazlarının azaltılması konusunda ortak yükümlülükler getirilmiştir (Ulueren, 2001:9). İnsan kaynaklı sera gazı salınımlarını azaltmaya yönelik genel ilkeler ortaya koyan İDÇS sonrasındaki iklim değişikliği ile mücadele konusunda en önemli diğer uluslararası çerçeve Kyoto Protokolü'dür.

Kyoto Protokolü, Birleşmiş Milletlerin 1997 yılında Japonya'nın ilk başkenti kyoto şehrinde düzenlediği çevre toplantısında katılımcı ülkeler tarafından kabul edilen, küresel ısınmaya karşı mücadelenin en önemli basamaklarından birisidir. Kyoto Protokolü de sözü edilen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin devamı niteliğinde bir özelliğe sahiptir. Kyoto Protokolü 169 devlet ile Avrupa Birliği tarafından onaylanarak, 16 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Protokol, küresel ısınma ve insan etkinlikleri arasında ilişki olduğunu kabul etmekte ve de buna çözüm aramaktadır. Aşağıdaki tablo 3'de Kyoto Protokolu hakkında özet bilgi verilmiştir.

Tablo 3: Kyoto Protokolü.

İmzalanma Yeri	Kyoto, Japonya
İmzalanma Tarihi	11 Aralık 1997
Yürürlüğe Giriş Tarihi	16 Şubat 2005
Yürürlüğe Giriş Şartları	BM İDÇS Ek-I ülkelerinden en az 55 ülkenin katılımı ve bu ülkelerin karbondioksit salınımlarının toplam karbondioksit salınımının %55'ini oluşturması.
Katılımcılar	169 ülke ve diğer devlete bağlı örgütler (Aralık 2006)

Kaynak: Güneş, Ahmet M. "İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nden Kyoto Protokolü'ne Küresel Isınmaya Karşı Uluslararası Alandaki Hukuki Gelişmeler", *Türkiye Barolar Birliği Dergisi*, Yıl 2010, Sayı 87, S 43.

İDÇS'nin yürürlüğe girmesinden itibaren yılda bir defa, Sözleşme'nin uygulanmasını hızlandırmak, izlemek ve iklim değişikliği sorununun en iyi nasıl ele alınabileceği konusunda karşılıklı görüşmelerde bulunmak üzere, sözleşmeye taraf veya izleme amacıyla olan ülkeler Taraflar Konferansı'nda bir araya gelmektedirler (Babuş, 2006,85). Sözleşme çerçevesinde en üst karar verme organı, Taraflar Konferansı'dır. Sözleşme'nin yürürlüğe girmesinin ardından 2009 yılına kadar 14 adet Taraflar Konferansı düzenlenmiştir. 2005 yılında düzenlenen Taraflar Toplantısı

COP11 (COP/MOP1), Kyoto Protokolü'nün yürürlüğe girmesinden sonra gerçekleştirilen ilk Taraflar Buluşması olması nedeniyle ayrı bir nitelik kazanmıştır.

2.2. Kyoto Protokolü'nün Kapsamı ve Yükümlülükleri

İklim değişikliği konusunda mücadeleyi sağlayacak uluslararası tek çerçeve olan İDÇS ve buna ait Kyoto Protokolü, yasal bağlayıcı bazı limitler oluşturmaktadır. Bu kararlardan en önemlisi, anlaşmanın, gelişmiş ülkelerin sera etkisi yaratan gazlarının salınımını 2008-2012 yılları arasında 1990 seviyesinden % 5.2 aşağı çekmesini öngörmesidir. Salınım azaltımı ortalama % 5 olarak belirlenmiştir. Bu oran farklılıklar gösterebilmektedir. Örneğin, AB üyesi ülkelerin salınım hedefleri % 8 azaltma ile, İzlanda tarafından belirlenen % 10 artırıma kadar değişmektedir. (Ek-A, Ek-B Listesi)

Kyoto Protokolü, dünyanın iklim değişikliği konusu hakkında ele alınmış en kapsamlı ve en geniş ilgiyi gören anlaşmadır. Kyoto protokolünde iki ek bulunmaktadır; ilk ekte (Ek A) salınımlarının sınıflandırılması gereken 6 sera gazı (Karbon dioksit, Diazomonoksit, Metan, Hidroflorokarbonlar, Küfürheksoflörür, Perflorokarbonlar) ve bu sera gazlarını oluşumuna neden olan sektörlerden (Enerji, endüstriyel işlemler, tarım atık) bahsederken, ikinci ekte ise (Ek B) İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinin Ek-I kısmında yer alan ülkelere sera gazı salınımlarını 2008-2012 yılları arasında 1990 seviyesinin ortalama %5 altına indirme yükümlülüğü getirmektedir (Tablo 4) ve bu ülkelerin dışında kalan ülkeler, salınımlarını azaltma yükümlülüğü getirilmemiş tamamen gönüllük esasına dayandırılmıştır. Bu çerçevede, Sözleşme'nin Ek-I listesinde yer alan Taraf ülkelere Ek-B listesi ise 1990 yılına oranla sayısal emisyon azaltım hedeflerini içermektedir (Tablo 5).

Tablo 4: Kyoto Protokolü EK-A Listesinde Yer Alan Sera Gazları ve Kaynak Sektörleri.

Sera Gazları			
Karbondioksit CO ₂	Nitrooksit N ₂ O	Hidroflorokarbonlar HFC	
		Sülfür Heksaflorür SF ₆	
Sektörler / Kaynak Katagorileri			
Enerji	Endüstriyel İşlemler	Tarım	Atık
Yakıt Yanması *Enerji Endüstrisi *İmalat Endüstrisi ve İnşaat *Ulaşım *Diğer Sektörler *Diğerleri	- Mineral ürünler - Kimyasal ürünler - Metal üretimi - Diğer üretimler - Helokarbonlar ve sülfür hekzaflorürün üretimi - Diğerleri	Bağırsak fermantasyonu -Çiftlik gübresi yönetimi - Çeltik yetiştiriciliği - tarımsal topraklar -Samanların düzenli bir şekilde yakılması	Araziye katı atık boşaltımı -Atık su işlemi -Atık yakma - Diğerleri
Yakıttan Kaynaklanan Kaçak Emisyon *Katı Yakıtlar *Petrol ve Doğalgaz *Diğerleri	- Çözücü ve diğer ürün kullanımı	-Tarımsal kalıntıların tarlada yakılması -Diğerleri	

Kaynak: Arıkan, Yunus, *Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü*, Bölgesel Çevre Merkezi, 2006, s 55.

Tablo 5: Kyoto Protokolü EK-B Listesinde Yer Alan Ülkeler ve 1990 Yılından 2008-2012 Dönemine Kadar Olan Emisyon Hedefleri.

Taraf Ülke	Yükümlülük (%)	Taraf Ülke	Yükümlülük (%)
ABD	-7	Bulgaristan	-8
Avustralya	+8	Çek Cumhuriyeti	-8
Avrupa Birliği	-8	Estonya	-8
İzlanda	+10	Letonya	-8
Japonya	-6	Litvenya	-8
Kanada	-6	Slovakya	-8
Lihtanytayn	-8	Macaristan	-6
Monako	-8	Polonya	-6
Norveç	+1	Hırvatistan	-5
İsviçre	-8	Slovenya	-8
Yeni Zelanda	0	Rusya Federasyonu	0
		Ukrayna	0

Kaynak: Arıkan, Yunus, *Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü*, Bölgesel Çevre Merkezi, 2006, s 57.

Protokol kapsamındaki ülkelere bakıldığında, ülkeler genel olarak iki gruba ayrılmışlardır. Bunlardan biri, İDÇS' de Ek-I, Protokol'de ise Ek-B ülkesi olarak yer alan OECD ve Pazar ekonomisine geçiş ülkeleridir. Gelişmiş ülkeler, Ek-I ülkeleri olarak anılmaktadır. Bu ülkeler sera gazı salınımlarını azaltmayı kabul etmişlerdir. Ek- I'de yer almayan gelişmekte olan ülkelerin ise bu konuda sorumlulukları yoktur. Bu ülkeler her yıl sera gazı envanteri vermelidirler. Küresel ısınmanın azaltılmasında sorumluluğun gelişmiş ülkelerde olduğu görülmektedir.

Tablo 6: Kyoyo Protokolü'nde yer alan Ek 1 ülkeleri.

Almanya	Fransa	Kanada
Amerika Birleşik Devletleri	Hırvatistan	Macaristan
Avrupa Topluluğu	Hollanda	Norveç
Avustralya	İrlanda	Polonya
Avusturya	İspanya	Portekiz
Belçika	İsveç	Romanya
Beyaz Rusya	İsviçre	Rusya Federasyonu
Bulgaristan	İtalya	Slovakya
Büyük Britanya ve Kuzey	İzlanda	Slovenya
Çek Cumhuriyeti	Japonya	Türkiye
Danimarka	Letonya	Ukrayna
Estonya	Litvanya	Yeni Zelanda
Finlandiya	Lüksemburg	Yunanistan

Kaynak: Arıkan, Yunus, *Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü*, Bölgesel Çevre Merkezi, 2006, s 38.

Tablo 7: Kyoto Protokolü'nde yer alan Ek 2 ülkeleri.

Almanya	Finlandiya	İzlanda
Amerika Birleşik Devletleri	Fransa	Japonya
Avrupa Topluluğu	Hollanda	Lüksemburg
Avustralya	İrlanda	Kanada
Avusturya	İspanya	Norveç
Belçika	İsveç	Portekiz
Büyük Britanya ve Kuzey	İsviçre	Yeni Zelanda
Danimarka	İtalya	Yunanistan

Kaynak: Arıkan, Yunus, *Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü*, Bölgesel Çevre Merkezi, 2006, s 38.

Kyoto Protokolü'ne taraf olan ülkeler genel olarak şu koşulları kabul etmiş sayılırlar: (Kadioğlu, 2001:267).

- Gelişmiş ülkeler sera gazı emisyonları, onlar için belirlenmiş miktarların üzerine çıkmayacaktır.
- İklim değişimini engellemeye yönelik politikalar geliştirilip uygulanacaktır.
- Enerji verimini ve tasarrufunu artırıcı önlemler alınacaktır.
- Çöp ve benzeri atıklarla birlikte ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonlar sınırlandırılacak ve/veya azaltılacaktır.
- Sera gazı yutakları (lavaboları, kuyularını) korunacaktır.
- Protokolün hedeflerine ulaşmasını engelleyecek her türlü faaliyetleri ortadan kaldırılacaktır.
- Sürdürülebilir tarım ve benzeri konularda bilimsel araştırmalar desteklenecektir.

- Tüm bu etkinlikler gelişmekte olan ülkelere zarar vermeyecek şekilde yapılacaktır.

Kyoto'da düzenlenen konferansta varılan anlaşmanın uluslararası geçerlilik kazanması ise, anlaşmayı imzalayan ülke parlamentolarının % 55'inin bu anlaşmayı onaylamasıyla mümkün olacaktır. Bir başka deyişle, anlaşmanın bağlayıcılık kazanması, sera gazı emisyonunun % 55'ine tekabül eden ve en az 55 ülkenin bu yükümlülük altına girmesini gerektirmektedir.

Sözleşme'de yer alan hedefleri yansıtan bu genel yükümlülükler şunlardır;

- Emisyon verilerinin kalitesini arttırmaya yönelik adımların atılması
- İklim değişikliğine yol açan etmenlerin azaltılması ve iklim değişikliği etkilerine uyum alanlarında ulusal ölçekte programların hazırlanması
- Çevre dostu teknolojilerin transferinin yaygınlaştırılması
- Bilimsel araştırma ve uluslararası iklim gözlem ağları çerçevesinde işbirliği Eğitim, öğretim, halkın bilinçlendirilmesi ve kapasite geliştirilmesi girişimlerinin desteklenmesidir.

2.3. Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları

Daha öncede belirttiğimiz üzere, iklim değişikliğine neden olan insan temelli seragazı emisyonlarını azaltmaya yönelik en önemli adım niteliğindeki Kyoto Protokolü, insan temelli seragazı emisyonunu azaltmaya yönelik hedefine ulaşma yönünde tarafların kullanabileceği üç yeni mekanizmayı devreye sokmuştur. Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları (Flexibility Mechanisms) olarak adlandırılan bu mekanizmaların ana amacı, iklim değişikliğine yol açan etmenleri azaltıcı uygulamaların daha düşük maliyet ile etkin hale getirilmesidir. Protokol bu amacına ulaşabilmek için, tarafların kendi ülkelerinin dışında seragazı emisyonunu azaltıcı etkinlikler yürütmesinin yolunu açmıştır. Sera gazı emisyonlarının birim azaltma maliyetleri ülkelere göre değişiklik göstermektedir. Maliyetin düşük olduğu ülkelerde indirim gidilmesi daha ekonomik olacaktır. Esneklik mekanizmaları ile Ek-1 ülkelerinin bu ucuz maliyetten yararlanmaları söz konusu olacaktır. Protokol'de

tanımlanan esneklik mekanizmaları ise Ortak Uygulama (Joint Implementation-JI), Temiz Kalkınma Mekanizması (Clean Development Mechanism-CDM) ve Emisyon Ticareti (Emission Trading-ET) olarak adlandırılmaktadır. Temiz Kalkınma Mekanizması ve Ortak Yürütme Mekanizması proje temelli mekanizmalardır. Emisyon Ticareti ise piyasa temelli bir mekanizmadır. Bu mekanizmalar Kyoto Protokolü ile düzenlenmektedir. Bu mekanizmalarla, tarafların emisyon azaltma ve karbon yutaklarını geliştirme girişimlerini, kendi ülkeleri yerine başka yerlerde daha düşük maliyetlerle gerçekleştirebilmelerine olanak tanımaktır. Ayrıca bu esneklik düzenekleri, gelişmiş ülkelere, ulusal sınırlarının dışına çıkma kolaylığı da sağlamaktadır (Türkeş, 2009:103).

Emisyonların sınırlandırılmasının ya da uzaklaştırma araçlarını yaygınlaştırılmasının maliyeti bölgeden bölgeye değişmekle birlikte, bölgelerden bağımsız olarak bunların atmosfer etkileri aynı olmaktadır. Bununla birlikte, bu mekanizmaların Protokol'de yer alan çevresel hedeflere ters düşen biçimlerde kullanılabileceği yolunda kimi endişeler de ortaya çıkmıştır. Örneğin taraflar, iklim değişikliğine yol açan etmenlerin azaltılması girişimlerini, kendi ülkelerinde uygulamaktan kaçabilecek ya da EK-I taraflarına emisyon hakkı'nın devredilmesi gibi bir süreç ortaya çıkabilecek veya gerçek karşılığı olmayan azaltmaların ülkeler arasında değişimine yol açabilecektir. Protokol'ün 17. maddesinde, herhangi bir EK-I tarafının kendisi için belirlenen emisyon miktarının bir kısmının ticaretini yapmasına olanak tanınmıştır. Emisyon Ticareti olarak adlandırılan bu mekanizmaya göre, emisyonlarını kendi hedefinden daha fazla azaltan herhangi bir taraf ülke, bu fazlalığı başka bir taraf ülkeye satabilecektir. Emisyon Ticareti Mekanizması sonucu, uluslararası piyasada on milyarlarca dolara ulaşan yeni bir iktisadi araç ortaya çıkacaktır. Ortak Yürütme Mekanizması ise Protokol'ün 6. maddesi ile düzenlenmiştir. Bu esneklik mekanizmasına göre, emisyon hedefi belirlemiş bir ülke, emisyon hedefi belirlememiş diğer bir ülkede, emisyon azaltıcı projelere yatırım yaparsa, emisyon azaltma kredisi (Emission Reduction Unit) kazanır ve kazanılan bu krediler toplam hedeften düşülür.

Bir diğer Esneklik Mekanizması olan Temiz Kalkınma Mekanizması ise, Protokol'ün 12. maddesi ile düzenlenmiştir. Bu mekanizmada, emisyon hedefi belirlemiş bir ülke, emisyon hedefi belirlememiş az gelişmiş bir ülke ile işbirliğine giderek, o ülkede seragazi emisyonlarını azaltmaya yönelik projeler yaparsa,

Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltma Kredisi (Certified Emission Reductions) kazanır ve toplam hedeften düşülür (Karakaya, Özçağ, 2004: 40). Tablo 8’de Kyoto Protokolünde tanımlanan esneklik düzenekleri özetlenmiştir.

Tablo 8: Kyoto Protokolünde Tanımlanan Esneklik Düzenekleri.

	EK-1 (EK-B) ÜLKELER ARASINDA		EK-1 (EK-B) DIŞI ÜLKELERLE BERABER
DÜZENEK TÜRÜ	ORTAK YÜRÜTME (J1)-ERU 6. Madde	SALIM TİCARETİ (ET)-AAU 17. Madde	TEMİZ KALKINMA DÜZENEĞİ (CDM)-CER 12. Madde

Kaynak: Arıkan, Yunus, Gülçin Özsoy, "A'dan Z'ye İklim Değişikliği Başucu Rehberi Bölgesel Çevre Merkezi - REC Türkiye Raporu", Ankara, Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008, s 55.

Emisyon Ticareti dışında kalan, Temiz Kalkınma Mekanizması ve Ortak Yürütme Mekanizması, proje temelli mekanizmalardır. Bu iki mekanizmanın temel hareket noktası, seragazi emisyonunu azaltmaya yönelik yapılan projelerdir. Emisyon Ticareti ise, piyasa temelli bir mekanizmadır. Emisyon Ticareti ve Ortak Yürütme Mekanizması'ndan ancak emisyon azaltım hedefi belirlemiş ülkeler yararlanabilmektedir. Temiz Kalkınma Mekanizması'ndan yararlanabilmek için ise emisyon azaltım hedefi belirlemiş olmaya gerek yoktur. Ancak Kyoto Protokolü'nü imzalamış olmak bu üç mekanizma içinde ön koşul niteliğindedir. Seragazi emisyonu azaltımı amacıyla Esneklik Mekanizmaları'nın kullanılması, bu mekanizmalardan yararlanan tüm taraflara önemli avantajlar sağlamaktadır. Özellikle proje temelli Esneklik Mekanizmaları olan Temiz Kalkınma Mekanizması ve Ortak Yürütme Mekanizması'nın kullanılması, gelişmiş ülkelere önemli maliyet avantajları sağlarken, gelişmekte olan ülkelere de önemli miktarlarda yabancı sermaye girdisi ve daha yeni teknoloji elde etme imkanı sunmaktadır. Piyasa temelli Esneklik Mekanizması olan Emisyon Ticareti'nin kullanılması yoluyla ise bazı ülkeler

önemli düzeylerde gelir elde etme imkanı bulabilecektir. Belirli bir emisyon azaltım hedefi belirlemiş ve bu hedefi bildirmiş olarak Kyoto Protokolü'nün EK-B listesinde yer alan ilgili ülkeler, eğer belirledikleri hedeflerinden daha fazla azaltım sağlayabilirler ise, bu tutarı belirli bir fiyat karşılığı satma imkanına sahiptirler. Aynı şekilde emisyon artırımı hakkına sahip olan bazı ülkeler de bu haklarını satıp gelir elde edebileceklerdir (Dolu, 2005:42). Esneklik Mekanizmaları'nın kullanılmasının bir diğer önemli faydası ise, taraflar arasında yükün dengeli dağılımına yöneliktir. Esneklik Mekanizmaları'nın kullanılması sayesinde, toplam seragazi emisyonlarının azaltılmasına yönelik olarak belirli hedefleri olan ve İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin EK1 ve EK2 listelerinde yer alan taraflar arasındaki yük daha dengeli dağılmış olacaktır.

2.3.1. Temiz Kalkınma Mekanizması

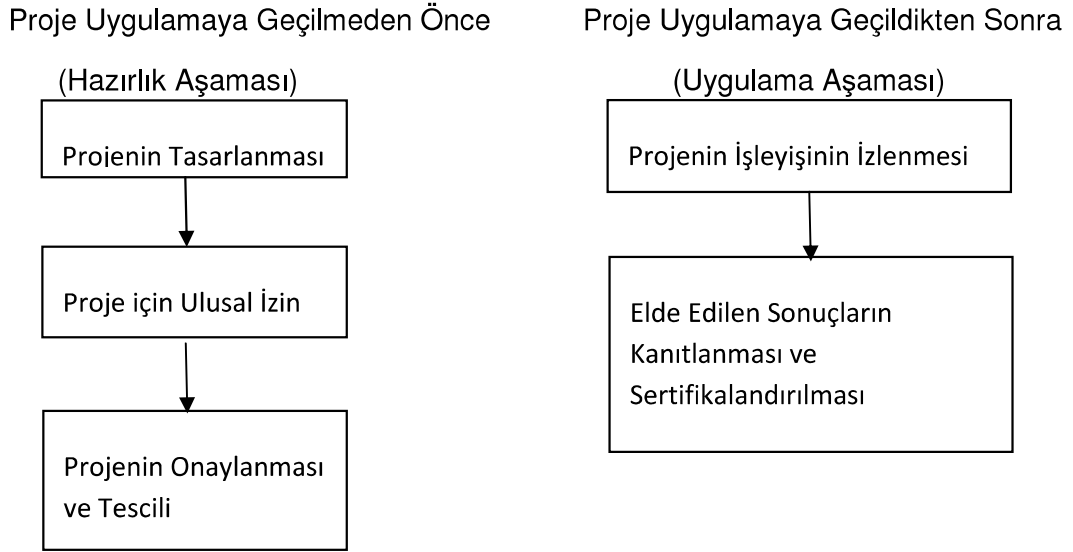
Kyoto Protokolü kapsamında sanayileşmiş/zengin ülkeler ile gelişmekte olan ülkeler arasındaki en somut işbirliği alanlarından birisini oluşturan Temiz Kalkınma Düzeneği (CDM), aynı zamanda, kapsadığı proje sayısı, hedeflediği sera gazı tasarruf potansiyeli, oluşturduğu kurumsal işleyişi açılarından değerlendirildiğinde en popüler ve gelişmiş Esneklik Düzeneği olarak göze çarpmaktadır (Arıkan, Özsoy, 2008:77).

Ek-1 ve Ek-1 dışı ülkeler arasında uygulanacak bu mekanizma sayesinde, özellikle özel sektörün gelişmekte olan ülkelerdeki yatırımlarının artması, çevre dostu teknolojilerin transferinin yaygınlaşması noktasında ilerleme sağlanması beklenmektedir (Baumert ve diğ., 2000:56).

Bu mekanizmaya göre, Kyoto Protokolü'nün EK-B listesinde yer alan, yani seragazi emisyon azaltım hedefi belirlemiş herhangi bir EK1 ülkesi, emisyon azaltım hedefi belirlememiş EK1 dışı azgelişmiş herhangi bir ülke ile işbirliğine giderek, projeler yapabilecek ve bu sayede ilgili EK1 dışı ülkede seragazi emisyon azaltımı sağlamaya yoluna gidebileceklerdir. Bu projeler sonucunda EK1 ülkesi, eğer emisyon azaltımı sağlayabilirse, Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltım Kredisi kazanacak ve bu miktarı kendi belirlemiş olduğu emisyon azaltım hedefinden düşebilecektir. Bu sayede projeye yatırım yapan EK1 ülkesi, azgelişmiş ülkelerde yatırım maliyetleri daha düşük olduğundan hem maliyet avantajı sağlamış olacak

hem de bu azaltmış olduğu miktar kadar kendi azaltım hedefinden düşme imkânı bulacaktır. Ülkesine seragazi azaltım amacıyla proje çerçevesinde yatırım kabul eden az gelişmiş ülke ise, hem daha yeni teknolojiye sahip olmuş olacak hem de bu sayede önemli miktarda Doğrudan Yabancı Sermaye (Foreign Direct Investment-FDI) çekmiş olacaktır (Dolu, 2005:43).

Şekil 9: Temiz Kalkınma Mekanizması Projelerinin Aşamaları.



Kaynak: Dolu Ömer, "Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları ve Kurumsal Kapasite Gelişimi", Adnan Menderes Üniversitesi İ.İ.B.F. Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Bölümü Yüksek Lisans Tezi, Aydın 2005, s 55.

Şekil 9'da gösterildiği gibi proje uygulamaya geçmeden önce hazırlık aşamaları tamamlanmalı ve proje uygulamaya geçtikten sonrada uygulama aşamaları tamamlanmalıdır. Projenin seragazi azaltımı yönünde elde ettiği sonuçların sertifikalandırılabilmesi için, Temiz Kalkınma Mekanizması projelerinin performanslarının uygulama sırasında izlenip değerlendirmeye alınması aşamasında elde edilen ve arşivlenen veriler kullanılarak, projenin genel hedeflerine ulaşma başarısının kanıtlanması gerekmektedir.

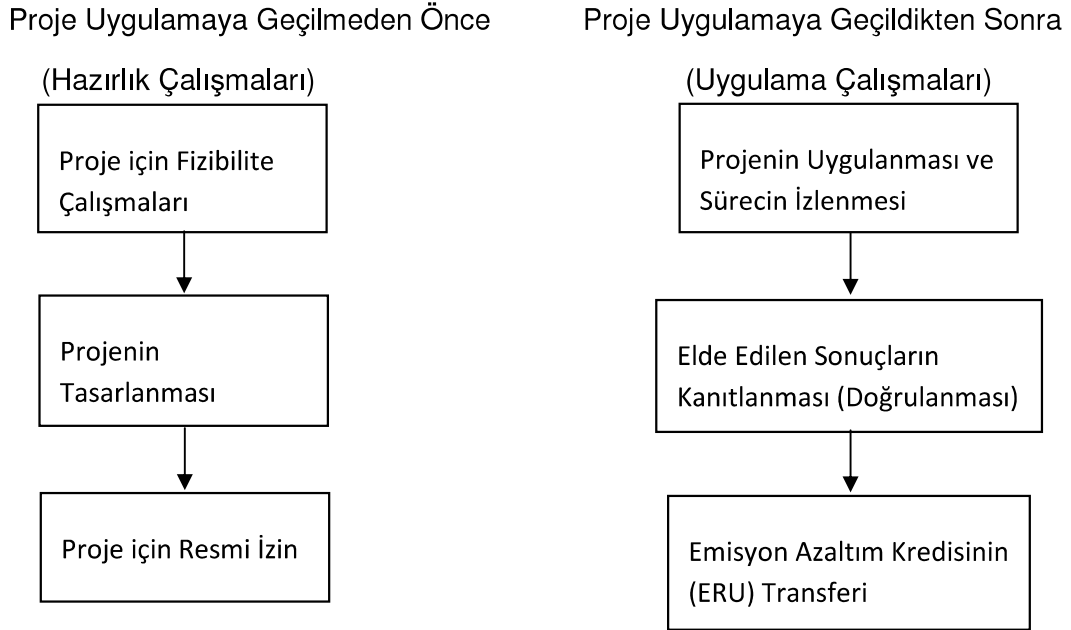
2.3.2.Ortak Yürütme Mekanizması

Protokol'de yer alan esneklik mekanizmalarından diğeri, Protokol'ün 6. maddesinde düzenlenen Ortak Yürütme'dir. Temiz Kalkınma geliştirmekte olan ülkelere hitap ederken, ortak yürütme ise gelişmiş ülkelere hitap eden bir mekanizmadır. Esasen Temiz Kalkınma ile Ortak Yürütme mekanizması birbirine benzer iki esneklik mekanizmasıdır. Temiz Kalkınma Düzenneği için, yükümlülük sahibi gelişmiş bir ülke ile yükümlülük sahibi olmayan geliştirmekte olan bir ülke arasında gerçekleşen bir çeşit Ortak Yürütme mekanizmasıdır denilebilir (Türkeş, 2009:12).

Ayrıca Ortak Yürütme (JI) uygulamaları, CDM sürecinden farklı olarak, Ek-B Listesi'nde bulunan bir ülke yatırımcısının, bir başka Ek-B ülkesinde sera gazı salımı tasarrufu projelerini gerçekleştirmelerine ve elde edilen sera gazı salım tasarrufunun yatırımcı tarafından kullanılmasına olanak tanımaktadır. Bu uygulamalarda, Kyoto Protokolü kapsamında salım azaltım yükümlülüğü bulunan iki Ek-B tarafı ülke yer aldığı için, sera gazı tasarruflarının çok daha ayrıntılı bir şekilde hesaplanması ve kayıtlara geçirilmesi gerekmektedir. Özellikle geçiş ekonomisi ülkelerinin sürece katılımının kolaylaştırılabilmesi için, kayıt sistemlerinin yeterli teknik altyapıya henüz ulaşmayan ülkelerde, düzeyde 2. Yol olarak adlandırılan prosedürler geliştirilerek kayıt ve belgeleme işlemlerinin JI Yürütme Kurulu'nu gözlem ve denetiminde yürütülmesine olanak sağlanmıştır (Arıkan,Özsoy:2008:79).

Ortak Yürütme'ye göre, bir Ek-I ülkesi, diğer bir Ek-I ülkesinde, insan kaynaklı sera gazı salınımlarını azaltmaya yönelik bir projeye yatırım yaparsa Emisyon İndirim Birimleri kazanır. Bu ise o ülkenin kendi için belirlenmiş salınım yükümlülüklerine sayılmaktadır. Ek-I ülkesinin aktardığı Emisyon indirim Birimleri ise, o ülkenin kendi fazla indirimlerinden düşülecektir (Yönten, 2007:77).

Şekil 10: Ortak Yürütme Mekanizması Projelerinin Aşamaları.



Kaynak: Dolu Ömer, "Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları ve Kurumsal Kapasite Gelişimi", Adnan Menderes Üniversitesi İ.İ.B.F. Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Bölümü Yüksek Lisans Tezi, Aydın 2005, s 55.

Şekil 10 'da belirtildiği gibi Ortak Yürütme Mekanizması Projeleri belli aşamalardan geçerek hazırlanmakta ve uygulanmaktadır. Projenin tanımlanması, projeye ilgili teknik, ekonomik, yasal ve organizasyonel fizibilite çalışmalarının yapılması, projenin hazırlanması, projenin yürütülmesi, projeye ilgili işlemlerin izlenmesi bu sürecin parçalarını oluşturmaktadır.

2.3.3.Emisyon Ticareti

Kyoto Protokolü tarafından getirilen ve iklim değişikliğine neden olan insan temelli seragazı azaltımına yönelik olarak tarafların çabalarına önemli katkılar sağlaması beklenen Esneklik Mekanizmaları'ndan biri de Emisyon Ticareti'dir. Piyasa temelli bir Esneklik Mekanizması olması hasebiyle Temiz Kalkınma Mekanizması ve Ortak Yürütme Mekanizması'ndan ayrılmaktadır. Kyoto Protokolü'nün 17. Maddesi'nde üzerinde durulan Emisyon Ticareti'ne göre, seragazı emisyonu ile ilgili olarak ve belli tarihler dikkate alınarak maksimum kirletme sınırı belirlenmiş herhangi bir ülke, eğer belirlenen tarihte bu miktardan daha az kirletmeyi

başarabilmiş ise, kendisi için belirlenmiş maksimum miktar ile gerçekleşen miktar arasındaki emisyon farkını, uluslararası piyasada satabilmektedir. Daha basit bir anlatımla Emisyon Ticareti, emisyon hakkının satılmasıdır. Bu ticaret, ülkeler arasında olabileceği gibi ülke içi veya uluslararası sektörler arasında da olabilmektedir. Ancak, Ülkelerin Emisyon Ticareti uygulamasından yararlanabilmesi için Ek-B çerçevesinde azaltım taahhüdünde bulunması gerekmektedir (Numanoğlu, 2002:18).

Bu işlemde bir taraf satıcı, diğer tarafta alıcı olmaktadır. Alım ve satım ile ilgili söz konusu olacak fiyat mekanizması ise, piyasada arza ve talebe göre belirlenmektedir. Buna göre piyasada ne kadar çok emisyon yapma hakkı satın almak isteyen olursa, fiyatlar o kadar yüksek olur. Emisyon ticaretine üçüncü bölümde ağırlıklı olarak yer verileceği için burada üzerinde çok kısa durulmuştur.

2.4. İDÇS VE Kyoto Protokolü Arasındaki Temel Farklılıklar

Kyoto Protokolü, İDÇS içinde imzalanan ve İDÇS'nin eki niteliğindeki uluslararası bir çevre anlaşmasıdır. Her ikisi de atmosferdeki sera gazı birikimlerini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkiyi önleyecek bir düzeyde durdurmayı hedeflemektedir de, aralarında bazı temel farklılıklar bulunmaktadır. Tablo 9'da bu farklılıklar karşılaştırılmıştır.

Tablo 9: İDÇS ve Kyoto Protokolü Arasındaki Temel Farklılıklar.

BMİDÇS	KYOTO PROTOKOLÜ
Tüm iklim görüşmelerinin temel metni.	Sadece 1. Dönemi (2008-2012) için yükümlülükler tanımlı. 2005 yılından itibaren 2012 sonrası dönem için (süre, yükümlülük oranları, ülkeler) yeni görüşmeler başlayacak, bu amaçla yeni ittifaklar kurulabilecektir.
Yürürlüğe girmesi için 50 ülkenin taraf olması yeterli.	Yürürlüğe girmesi için, 55 ülkenin Taraf olması ve bu ülkelerin toplam salımlarının da, EK-1 ülkelerinin toplam salımlarının %55'i aşması gerekli.
Sera gazları tanımlanmamaktadır.	Protokol kapsamında azaltılması hedeflenen gazlar (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, PFC, HFC, SF ₆) EK-A listesinde belirtilmiştir.
Sadece ana sektörler (enerji, sanayi, ulaştırma, tarım, atık, ormancılık) belirlenmiştir.	Salınımların sınırlandırılması kapsamında ele alınacak alt sektörler tanımlanmıştır. (EK-A) dolayısıyla bazı alt sektörler kapsam dışına alınmıştır. (ör. Uluslar arası sivil havacılıktan kaynaklanan salınımlar)
EK-1 ülkeleri için sadece 2000 yılı hedefi (niyet düzeyinde) var.	1.Döneminde (2008-2012), her bir EK-1 ülkesinin sayısal sera gazı salım azatlım hedefi EK-B listesinde belirtilmiştir.
Listelerin oluşumu için sadece OECD üyeliği ve sanayileşmişlik derecesi esas alınıyor.	Müzakereler sonucunda, EK-1 listesindeki her ülke, EK-B listesinde kendisi için farklı bir yükümlülük belirlemiştir.

Yaptırım gücü zayıf.	Hedeflerin tutmaması halinde sonraki dönemler için yükümlülükler ağırlaştırılıyor.
Esneklik kuralları sadece belli ülkeler (Geçiş Ekonomisi Ülkeleri) için geçerli.	Tüm Taraf ülkeler, kurallarına uymak kaydıyla, Esneklik Düzeneklerine (CDM, JI, ET) katılabilir.
Taraflar Konferansı'nda kabul edilen bir değişiklik, ülkeler 6 ay içerisinde itiraz etmezse yürürlüğe girer.	Değişikliğin yürürlüğe girebilmesi için Taraf ülkelerin 3/2 'sinin onay belgeleri gerekir.
Uyum konusu sınırlı da olsa dile getirilir.	Uyum konusu hiçbir şekilde ele alınmaz.
EK-1 dışı ülkelerin yükümlülükleri tanımlanır.	EK-1 dışı ülkeler için yeni hiçbir yükümlülük getirmez, onlara CDM projelerine ev sahipliği hakkı tanır.
Karar alma ve uygulama organları vardır.	Ek olarak, yaptırım gücüne sahip Uygunluk Komitesi tanımlanmıştır.
İDÇS'de somut sayısal hedefler yer almamaktadır.	Protokolde ise, 2008-2012 arasını kapsayan dönemde EK-1 ülkeleri için somut sayısal hedefler yer almaktadır.

Kaynak: Arıkan, Yunus, Gülçin Özsoy, "A'dan Z'ye İklim Değişikliği Başucu Rehberi Bölgesel Çevre Merkezi - REC Türkiye Raporu", Ankara, Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008, s 55.

2.5. Kyoto Protokolünün Türkiye İçin Önemi

Türkiye'nin coğrafi konumu ve sahip olduğu fiziksel coğrafya özellikleri nedeniyle karşı karşıya bulunduğu kuraklık ve çölleşme, doğal afetler, hassas ekosistemler, ekonomide ve enerji üretiminde fosil yakıtlara bağımlılığın yüksek olması vb özel koşullardan dolayı Kyoto Protokolü Türkiye için önemli bir hale gelmektedir.

Kyoto Protokolü'nü Türkiye açısından bu kadar önemli yapan başlıca sorunlar:

- Su sorunu,
- Turizm imkânları,
- İnsan sağlığı,
- Bölgesel göçler,
- Su kaynaklarının kullanılmaz, onarılmaz hale gelmesi ve kirlenmesi,
- Taşkın, sel vb gibi olaylar sonucu hastalık oluşturan virüslerin artması,
- Besin maddelerindeki azalış,
- Oluşabilecek ekonomik kriz vb. sonucu, kendini çaresiz hisseden bireyde gelişecek psikolojik sorunlar küresel ısınmanın insanlığa tehditleridir.

Türkiye Kyoto Protokolü'nü imzalayıp yürürlüğe sokarak enerji, sanayi, ulaşım, ve tarım politikalarında hem küresel ısınma, hem de ekoloji açısından olumlu yönde atılımlar yapabilir. Türkiye'nin belli bir sera gazı salınım hedefi belirlemiş bir ülke olması, bu nedenle, yeni yatırımları fosil yakıtlara değil yenilebilir enerji, toplu taşıma gibi alanlara kaydırması ve enerji verimliliğinde yol alması Türkiye açısından büyük bir adım olacağı düşünülmektedir. Bu sayede Türkiye 2012 yılından sonraki dönemde Kyoto sürecinde aktif bir rol alacaktır (Güven, 2006:69).

2.6. Türkiye'nin Kyoto Protokolü Karsısındaki Durumu

Türkiye'nin Kyoto Protokolü karsısındaki durumu, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi karsısındaki durumundan farklıdır. Çünkü Türkiye Kyoto Protokolü'nü 2009 yılına kadar imzalamamıştır. Daha öncede belirtildiği üzere Kyoto Protokolü, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin hedeflerinin hayata geçirilmesi açısından önemli bir adım niteliğindedir. Kyoto Protokolü de İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi gibi iki ekten oluşmaktadır. Protokol'ün iki ekinden biri olan EK-A listesinde iklim değişikliğine neden olan altı seragazı ve bu seragazlarının kaynağı olan sektörler sayılmıştır. Protokol'ün EK-B listesinde ise, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin EK1 listesinde yer alan ülkeler ve bu ülkeler için sayısal olarak belirlenmiş seragazı emisyonlarını azaltma ve sınıflandırma hedefleri yer almaktadır (DPT, 2000:116). Buna göre Protokole taraf olan ve EK-B listesinde yer alan ülkeler belirledikleri emisyon azaltım hedeflerini 2008-2012 dönemlerine kadar gerçekleştirmek zorundadır.

2001 yılında Marakeş'te gerçekleştirilen 7. Taraflar Konferansı'nda alınan 26 numaralı karar uyarınca Türkiye'nin adı BMİDÇS Ek-II Listesinden çıkartılmış ve Taraflar Türkiye'nin özgün koşullarını tanımaya davet edilmiştir. Böylelikle Türkiye 24 Mayıs 2004 tarihinde, Sözleşme'nin Ek-I Listesindeki diğer ülkelerden farklı konumdaki bir Ek-I Ülkesi olarak Sözleşme'ye katılmıştır. Bilindiği gibi ABD ve Avustralya, Kyoto Protokolü'nün bütün süreçlerine baştan sona katılmış olmalarına ve kabul edilen metni imzalamış olmalarına rağmen, daha sonra, kendi iç politik gerekçeleri sebebiyle Protokol'ü onaylamamışlardır. Kyoto Protokolü 1997 yılında kabul edildiğinde Türkiye henüz Sözleşme'ye taraf olmadığı için Kyoto Protokolü kapsamında Türkiye'ye özgü herhangi bir sayısallaştırılmış salım sınırlaması veya azaltılması belirlenmemiştir. Bu nedenle Türkiye'nin adı Kyoto Protokolü Ek-B Listesinde yer almamaktadır. Bu çerçevede Türkiye, Kyoto Protokolü'ne henüz taraf değildir. Beyaz Rusya da, BMİDÇS'ye 2001 yılında katıldığı için Kyoto Protokolü Ek-B Listesinde yer almamaktadır. Bununla beraber Beyaz Rusya, 2005 yılı Ağustos ayında Kyoto Protokolü'ne taraf olmuş, Protokol'e katılmasının ardından da Ek-B Listesinde yer almak üzere Sekretarya'ya başvurmuştur. Daha sonra kendi talebi doğrultusunda yürütülen müzakereler sonrasında, -%8 hedefiyle Ek-B'de yer alma hakkına sahip olmuştur. Türkiye, bugün Sözleşme'de Ek-I Listesinde olan ancak Protokol'de Ek-B Listesinde yer almayan tek ülkedir.

Bu gelişmeler ışığında Tasarının maddelerin görüşülmesinden sonra, yapılan açık oylamada 3'e karşı 243 oyla kanun tasarısı kabul edildiği açıklanmıştır. Tasarının kabul edilmesiyle Kyoto Protokolü'nün ilk yükümlülük dönemi olarak bilinen 2008-2012 periyodu için sera gazı salımı azaltım veya sınırlama taahhüdünü içerdiği ifade edilmektedir. Ülkelerin üstleneceği sorumlulukların Aralık 2009'da Kopenhag'da yapılacak 15. Taraflar Toplantısında belirlenmesi hedeflenmektedir. Türkiye, Kyoto Protokolü'ne taraf olan bir ülke olarak 2013'ten itibaren uygulanacak iklim değişikliği kontrolü rejiminde ülkemiz çıkarlarını ortaya koyarak, görüşlerimiz doğrultusunda şekillenecek yeni rejime taraf olma imkânına kavuşması umut ediliyor.

2.6.1. Türkiye'nin Kyoto Protokolünü İmzalamamasının Nedenleri

Ekonomik kalkınmayı azaltacağı endişesiyle Türkiye 2001 yılına kadar protokole imza atmamış, protokolün asıl yükümlülüğünü yerine getiren ülkelerin yer aldığı Ek I ve teknolojik yardım sağlanması gereken az gelişmiş ülkelerin olduğu Ek II listelerinde yer almıştır. 2001 yılında Marakeş Konferansında Ek II listesinden çıkarılan Türkiye, 24 Mayıs 2004 tarihi itibarıyla BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinin 189. tarafı olmuş ve bundan sonraki süreçlere daha aktif katılma hakkını elde etmiştir. Kyoto Protokolü esneklik mekanizmalarının Türkiye'nin gündemine girebilmesi için ülkemizin protokole taraf olup, sayısal bir indirim taahhüdü vermesi gerekmektedir. Bu şartların yerine getirilmesinden sonra uygulanabilecek en uygun mekanizma ise Ek-I ülkeleri arasında proje karşılığında; karşılıklı anlaşmaya dayalı olarak gerçekleştirilecek Ortak Uygulama Projeleri'nin olduğu görülmektedir. Bu kapsamda sera gazı emisyonlarını azaltmada önemli bir yeri olan enerji tasarrufu, enerji verimliliği, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi, ormanlaştırma ve yeniden ormanlaştırma ile ilgili projeler dikkat çekmektedir. Türkiye'nin CO2 Emisyonlarını azaltması için Kyoto Protokolü çerçevesinde devreye sokacağı önlemler, pahalı yatırımları da beraberinde getirmektedir. Daha az enerji ile ısınma, daha az enerji tüketen araçlarla uzun yol alma, daha az enerji tüketen teknoloji sistemlerini endüstriye yetiştirmeyi amaçlayan Kyoto Protokolü, henüz gelişme yolundaki ülkeler arasında bulunan Türkiye'nin

kalkınması üzerinde olumsuz bir etki oluşturmaktadır (Kayabaş, Burak, Çoşkun, 2008:25).

2.6.2. Türkiye'nin Kyoto Protokolüne Taraf Olmasının Yararları

Türkiye'nin Kyoto Protokolü'ne taraf olmaması tartışılan konuların başında gelmektedir. BM Gelişmişlik Endeksi hesaplarında bile Kyoto Protokolü'ne taraf olmak artı bir puan kazandırmaktadır. Protokol'e uzun süre taraf olmayan Türkiye, bu nedenle her yıl bu hesaplarda negatif puan almıştır.

Türkiye'nin Protokole taraf olmasının sağlayacağı yararlar şöyle sıralanabilir:

- Ülkemizin, kurucu üyelerinden olduğu BM'nin saygın bir ülkesi olarak, Protokol'e taraf olması, uluslararası gündemin en öncelikli ve acil sorunlarından biri haline gelen iklim değişikliği ile mücadele konusundaki kararlılığını ve uluslararası toplumun güvenilir bir ülkesi olduğunu göstermesi bakımından önem arz etmektedir.
- Protokole taraf bir Türkiye'nin, hemen hepsi Protokole taraf olan Sözleşmeye taraf ülkeler nezdinde itibarı ve 2012 sonrasına ilişkin müzakerelerde ağırlığı artacak, iklim değişikliği ile mücadele konusunda 2012 sonrasının şekillenmesinde ülkemiz kendi özgün koşullarını daha iyi müzakere edebilecektir.
- Kyoto Protokolü kapsamındaki uluslararası rejime katılacağımız için, özel sektörde sera gazı salım azaltımı için yapılabilecek projeler daha kolay teşvik edilebilecek ve özellikle uzun vadede başta enerji güvenliği olmak üzere ülke ekonomisine katkı sağlanabilecektir.
- Kyoto Protokolü, AB çevre müktesebatının bir parçasıdır. AB, Protokolün yerini alacak olan yeni anlaşmayı da müktesebatına dahil edecektir. Dolayısıyla, 2012 sonrasını önemseyen AB, ülkemizin Protokole taraf olarak, geleceğe yönelik hazırlıklarını bir an önce başlatmasını istemektedir. Ülkemizin Kyoto Protokolüne taraf olması halinde, AB ile

iklim değişikliği ile m¼cadele ve uyum konularında ve AB m¼ktesebatına uyum bağlamında işbirliği olanaklarını geliştirmesi de m¼mk¼n olacaktır.

2.6.3.T¼rkiye'nin Kyoto Protokol¼'n¼ İmzalamasından Sonraki S¼reç

T¼rkiye'nin Kyoto'yu imzalaması, geç de olsa iklim değişikliğiyle m¼cadeleye katıldığını gösteriyor. WWF-T¼rkiye (Doğal Hayatı Koruma Vakfı), 1990-2004 yılları arasında emisyon artış hızı en y¼ksek ¼lke olan T¼rkiye'nin emisyonlarını d¼ř¼rme yolunda sorumluluklarını ¼stlenme anlamında önemli bir adım attığını vurguluyor.

T¼rkiye'nin, 5 şubat 2009'da TBMM Genel Kurulu tarafından alınan kararla, ¼lkelerin sera gazı emisyonlarını d¼zenlemeye y¼nelik en önemli ve tek uluslararası yasal araç olan Kyoto'yu imzalaması; yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik edeceği ve enerji g¼venlięinde gelişmeler kaydedeceği anlamına geliyor.

Birinci ve İkinci D¼nya Savaşı ile B¼y¼k Buhran'ın etkilerinin toplamından daha b¼y¼k bir zarara yol açması beklenen k¼resel iklim değişikliğiyle m¼cadelede T¼rkiye'nin geç de olsa sorumluluk alması sevindirici bir gelişmedir. Bununla birlikte, Kyoto'yu imzalamış olsa da T¼rkiye'nin, 2012 yılına kadar emisyon indirimi taah¼d¼nde bulunma zorunluluğu bulunmamaktadır. T¼rkiye Kyoto Protokol¼ tarafından getirilen karbon finansman araçlarından da yararlanmamaktadır. Ancak g¼n¼ll¼ pazarda kısıtlı adımlar atabilmektedir. WWF-T¼rkiye; 2012 yılında Kopenhag'da yapılacak BM 15. Taraflar Konferansı'na kadar T¼rkiye'nin, emisyonlarını sabit bir seviyede tutma hedefi koyarak, iklim değişikliğiyle m¼cadele konusundaki kararlılığını g¼stermesi gerektiğini belirtmektedir.

T¼rkiye'nin 2012'ye kadar yasal mali y¼k¼ml¼l¼ę¼ olmamasına rağmen protokol¼n getirdiği y¼k¼ml¼l¼kler bulunmaktadır. Birincisi, hiçbir şekilde artık karbon salınımı y¼ksek teknolojilere yatırım yapılmaması gerekmektedir. Bunun başında k¼m¼rl¼ termik santraller geliyor. Santraller şu anki teknolojiyle karbon salınımına devam ediyor, bunun d¼nya genelinde k¼resel iklim değişikliğine y¼zde 41 oranında katkısı olduğu g¼r¼lmektedir. T¼rkiye'de halen işleyen 15, yapılması planlanan 47 termik santral vardır. Bu santrallere kesinlikle lisans verilmemesi gerekmektedir. Ç¼nk¼ h¼k¼metin Kyoto'nun imzalanmasından sonra açıkladığı önlemler listesinde

yer alan “Karbon salınımı düşük termik santrallere ağırlık verilecektir” kavramı içerisinde bunun olması mümkün değildir. İkinci yapması gereken ise yenilenebilir, karbon salınımı olmayan enerji çözümlerine geçmesi gerekmektedir. Bunlar güneş, rüzgar, jeotermal ve en önemlisi de enerji verimliliği olarak göze çarpmaktadır. Bunun yanında bütün sektörler her türlü üretim sektöründe çöp depolama sahalarındaki metal salınımlarının enerjiye dönüştürülmesine kadar pek çok şey vardır. 2012’den sonra Türkiye’nin kendi politikalarını Avrupa ile uyumlaştırarak beraber hareket etmesi gerekiyor. Avrupa Birliği’ne üyelik sürecinde de bundan farklı bir durum düşünülemez. Böyle olunca Türkiye kalkınmasını eşitlikçi bir biçimde sürdürürse, bu kalkınma süreci içerisinde de yine düşük karbonlu teknolojilere geçişi gerçekleştirecektir. 2012 sonrası Kyoto sürecinde Türkiye’nin üzerinde durması gereken kişi başı karbon salınımları konusunda bir yaklaşım belirlemek olmalıdır. Kyoto içerisindeki temiz kalkınma içerisinde nükleer enerji yok. Dolayısıyla zaten geçmişte kalmış, artık bir çözüm olarak görülmeyen, son derece kirli ve tehlikeli bir enerji. Üstelik ekonomik açıdan da rakamlarında ortaya koyduğu gibi arkasında durulamayacak özellikle yenilenebilir enerjilere göre çok daha pahalı bir teknoloji. Türkiye Kyoto’yu çok geç imzaladığı için 2012’ye kadar girdiği rakamsal bir yükümlülük yok. Ama bu herhangi bir şey yapmaması anlamına gelmiyor. Kyoto’ya taraf olmak demek, sera gazı emisyonlarını düşürmek için bir niyet beyanı yapmak anlamına gelir. 2009 sonunda Kopenhag’da başlayacak ikinci dönemde bir sorumluluk altına girmesi gelecek. Artık protokole taraf olduk, masadayız. Dolayısıyla bundan sonraki dönemde 2012 sonrası için biz de belli bir emisyon indirimi yükümlülüğü altına gireceğiz. Eğer imzalamasaydı bugüne kadar sürdürdüğü tavrı devam ettirseydi Kopenhag sürecinin dışında kalacaktı.

2.7. Emisyon Ticareti ile Ortaya Çıkan Karbon Piyasası ve Türkiye

2.7.1.Emisyon Ticareti

Kelime anlamı olarak bakıldığında emisyon, yakıt ve benzerlerinin yakılmasıyla; sentez, ayrışma, buharlaşma ve benzeri işlemlerle; maddelerin yığılması, ayrılması, taşınması ve diğer mekanik işlemler sonucu bir tesisten atmosfere yayılan hava kirleticileri olarak tanımlanır.

Emisyon ticareti ise, katılımcı şirketlerin hedeflerine ulaşmak için emisyon izinlerini alıp-satarak Kyoto Protokolü yükümlülüklerinin en az maliyetle yerine getirmelerini amaçlayan bir sistemdir. Bu sisteme göre, gelişmiş ülkelerle pazar ekonomisine geçiş sürecindeki ülkeler (Ek-I ülkeleri), kendi aralarında Ek-B'de belirlenmiş olan emisyon azaltım hedefleri doğrultusunda, sera gazı emisyonlarında gerçekleştirdikleri azalmaları alıp-satarak ticaretini yapabilirler. Taahhüt edilen emisyon miktarından daha fazla azaltım yapan Taraf ülkeler, emisyonundaki bu ilave azaltımı taahhüdünü yerine getirememiş bir başka Ek-I ülkesine satabilir. Bu ticaret, ülkeler arasında olabileceği gibi ülke içi veya uluslararası sektörler arasında da olabilmektedir. Ancak, Ülkelerin Emisyon Ticareti uygulamasından yararlanabilmesi için Ek-B çerçevesinde azaltım taahhüdünde bulunması gerekmektedir (Numanoğlu, 2002:18).

Kyoto Protokolü'nün 17. Maddesi'nde üzerinde durulan Emisyon Ticareti'ne göre, seragazı emisyonu ile ilgili olarak ve belli tarihler dikkate alınarak maksimum kirletme sınırı belirlenmiş herhangi bir ülke, eğer belirlenen tarihte bu miktardan daha az kirletmeyi başaramamış ise, kendisi için belirlenmiş maksimum miktar ile gerçekleşen miktar arasındaki emisyon farkını, permi hakkıyla uluslararası piyasada satabilecektir.

Daha basit bir anlatımla Emisyon Ticareti, emisyon hakkının satılmasıdır. Emisyon Ticareti ile ilgili bu hak sadece ülkeler arasında değil aynı zamanda şirketler arasında da geçerli olabilecektir. Bu işlemde bir taraf satıcı, diğer taraf ta alıcı olacaktır. Alım ve satım ile ilgili söz konusu olacak fiyat mekanizması ise, piyasada arza ve talebe göre belirlenecektir. Buna göre piyasada ne kadar çok emisyon yapma hakkı satın almak isteyen olursa, fiyatlar o kadar yüksek olacaktır.

Kyoto ile yükümlü ülkeler arasından emisyonların azaltılması önemli bir maliyet unsuru oluşturmaktadır. Maliyetlerin azaltılmasına yönelik olarak söz konusu protokolde esneklik mekanizmaları geliştirilmiştir. Bunlar arasından en dikkati çeken emisyon ticaretidir. Emisyon ticareti, 1997 yılında Kyoto'da yapılan toplantı ile gündeme gelmiş ve 39 gelişmiş ülke 2008–2012 yılları arasında sera gazı emisyon limitlerini 1990 yılı seviyelerinin yüzde 5 daha da altına çekmeyi kabul etmişlerdir. Emisyon ticaretinde Kyoto ile yükümlü olan gelişmiş ülkeler kadar, gelişmekte olan ülkelerin de çıkarı söz konusudur.

Emisyon Ticareti Mekanizması, emisyon hedefi belirlemiş ülkelerin, taahhüt ettikleri indirimi tutturmak için, ilave olarak kendi aralarında emisyon ticareti yapabilmelerine imkan tanımaktadır. Söz konusu madde uyarınca, seragazı emisyonunu belirlenen hedeften daha da fazla miktarda azaltan bir Ek I ülkesi, gerçekleştirmiş olduğu söz konusu bu ek indirimi, başka bir taraf ülkeye satabilmektedir. Son yıllarda ülkelerin CO2 salımlarına bakıldığında, emisyon ticareti bağlamında, en büyük alıcılar ABD (eğer Kyoto Protokolü'nü imzalarsa), Japonya ve bazı Avrupa Birliği ülkeleri, en önemli satıcılar ise Rusya, Ukrayna, bazı Doğu Avrupa Ülkeleri ve Kazakistan (eğer Kyoto Protokolü'nü imzalarsa) olacaktır (Karakaya,Özçağ,2004:5). Tablo 10'da Kyoto Protokolüne göre ilgili ülkelerin belirlenen emisyon hedefleri yer almaktadır.

Tablo 10: Kyoto Protokolü Ek B Listesinde Yer alan Ülkeler ve 1990 Yılından 2008-2012 Dönemine Kadar Olan Emisyon Hedefleri.

Taraf Ülke	Yükümlülük (%)	Taraf Ülke	Yükümlülük (%)
ABD	-7	Bulgaristan	-8
Avusturalya	+8	Çek Cumhuriyeti	-8
Avrupa Birliği	-8	Estonya	-8
İzlanda	+10	Letonya	-8
Japonya	-6	Litvenya	-8
Kanada	-6	Slovakya	-8
Lihtanytayn	-8	Macaristan	-6
Monako	-8	Polonya	-6
Norveç	+1	Hırvatistan	-5
İsviçre	-8	Slovenya	-8
Yeni Zelanda	0	Rusya Federasyonu	0
		Ukrayna	0

Kaynak: Arıkan, Yunus, *Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü*, Bölgesel Çevre Merkezi, 2006, s 12.

Emisyon Ticareti Mekanizması sonucu, uluslararası piyasada on milyarlarca dolara ulaşan yeni bir iktisadi araç ortaya çıkacaktır. Bu tutar, ABD'nin Kyoto Protokolü'ne imza atıp atmamasına göre büyük değişiklik arz etmektedir. ABD'nin Kyoto Protokolü'ne dahil olması durumunda ton başına emisyon ticaretinin 100 dolar ve üzeri olabileceği, dışında bulunması halinde ise ton başına 0-10 dolar arasında gerçekleşeceği tahmin edilmektedir (Zhang, 2000:101).

Genel bir tanım yapmak gerekirse; Emisyon ticareti; emisyon oranlarını kendilerine tanınan kotanın altına indirebilen şirketlere, fazla kotalarını, kotalarını aşan şirketlere satma imkanı tanıyan sistemdir. Daha önce de belirtildiği gibi emisyon ticareti, Kyoto Protokolü'nün bir esneklik mekanizmasıdır. Bir başka deyişle

ülkelerin emisyon oranlarını sınırlarken bunu minimum maliyetle yapmalarını sağlayan bir sistemdir. Varsayımsal bir örnekle bunu açıkladığımızda; A ve B firmalarının her birine kontrol mekanizması 95000 ton emisyon hakkını vermektedir. Bu firmaların yıllık emisyon oranı 100000 tondur. Bu durumda her firma emisyon oranını 5000 ton indirmek zorundadır. Firmaların bu oranı elde edebilmek için iki yolu bulunmaktadır; ya yeni teknolojiler kullanacaklar ya da emisyon hakkını satın alacaklardır. Bu kararların rekabetçi piyasanın bir getirisi olarak en az maliyetle yapmak isteyeceklerdir. Firma en iyi karar için 5000 ton emisyon azaltımının piyasadaki maliyetine bakacaktır. Piyasada 1 ton karbondioksit emisyon indirim maliyeti 10TL iken, bu maliyetin A firması için 5TL olduğunu, B firması için ise 15TL olduğunu varsayalım. Dolayısıyla A firması, piyasaya ve B firmasına göre daha az maliyete sahip olduğu için yeni teknolojiler aracılığı ile indirim yolunu seçecektir, B firması ise piyasadaki karbon alımı kararına varacaktır. Çünkü kendisinin maliyeti piyasa oranından daha fazladır. Emisyon Ticareti olmasaydı, A firması için aynı üretim düzeyi 25000TL ye mal olurken B firması için 75000TL ye mal olacaktı. Emisyon Ticaretinin varlığında ise A firması 10000TL harcayarak 10000 ton azaltım yapar ve sonuçta 50000TL harcar, fakat fazla emisyon azaltım oranını piyasada satarak 50000TL kazanır, B firması 5000 tonu satın alarak 50000TL harcar fakat bu rakam Emisyon Ticareti'nin olmadığı durumda katlanacağı maliyetten 25000TL daha azdır (Yamanoğlu, Çılgın, 2006:65).

Yukarıda anlatılmaya çalışılan bu basit örnek, iki firmayı kapsamaktadır. Fakat piyasada çok sayıda firma ve ülkenin olduğunu, bununla birlikte sürecin de çok daha karmaşık bir hal aldığı unutmamak gerekmektedir. Ancak buna rağmen bu örnek, Emisyon Ticareti'nin taraflara sağlayacağı avantajları göstermesi açısından oldukça önemlidir. Olaya bu açıdan bakıldığında Emisyon Ticareti'nin, hem iklim değişikliğine neden olan insan temelli seragazı emisyonunu azaltmaya yönelik çabasıyla hem de tarafların iklim değişikliğini önlemeye yönelik faaliyetlerinden doğan maliyetleri azaltıcı etkisiyle ne kadar önemli bir mekanizma olduğunu görmek mümkündür. Ayrıca emisyon azaltım faaliyetlerini düşük maliyetle gerçekleştirebilen ve kendi emisyon azaltım zorunluluğundan daha fazla azaltım sağlayabilen ülke ve firmaların, önemli miktarlarda gelir elde etmesi olasıdır (Dolu, 2005:60).

Bu çerçevede, Avrupa Birliği'nin, Kyoto Protokolü'nün yürürlüğe girmesini beklemeksizin, Uluslararası CO2 Emisyon Ticaret Sistemini kurması, bu durumun ispatı niteliğindedir. Avrupa Emisyon Ticaret Sistemi (European Emission Trading Scheme-EETS) olarak adlandırılan bu sistem, 2005 yılı Ocak ayında çalışmaya başlamıştır (Rehan, Nehdi, 2005:108).

Avrupa Emisyon Ticaret Planı'na katılım, Avrupa Birliği'ne üye olan 15 ülke için zorunlu olacaktır ve plan ilk aşamada 6 sektörü kapsayacaktır. Enerjiyi yoğun olarak kullanan, elektrik üretimi, ısı ve buhar üretimi, mineral yağ rafinerileri, metal ve demir üretimi, tuğla-seramik ve çimento üretimi, kağıt hamuru ve kağıt üretimi gibi sektörlerde faaliyet gösteren yaklaşık 12.700 kuruluşun bu plan içerisinde yer alması beklenmektedir (Jiq,2005:12). Avrupa Birliğine yeni üye olan 10 ülke şimdilik bu sistemin dışındadır.

Emisyon piyasasının dünyadaki örneklerine tarih sıralaması açısından baktığımızda ilk olarak Amerika'daki Kükürtdioksit piyasası karşımıza çıkmaktadır. 1995 yılından beri devam eden bir piyasa olup başladığı yıllarda en çok emisyon üreten enerji piyasaları ile sınırlıydı. Daha sonrasında ise bu tesislerle baskı kurmuştur. 2002 yılında 3208 elektrik üretim tesisi bu kapsam içine alınmış ve bunların emisyonlarının ABD'nin toplam emisyonunun %70'ine oluşturdğu hesaplanmıştır. Bu oran ise %68'ine yakın bir oranının (7 milyon ton) indirilmesinde başarı sağlanmıştır. 2010 yılında ise toplam hedef 8.95 tondur. 2002 verilerine göre ABD Kükürtdioksit piyasasındaki şirketler arası ticaretinin değeri 3.4 milyar dolar seviyesindedir (Berrin, 2006:29).

İngiltere Emisyon Ticaret Sistemi (UK ETS) ise 2 Nisan 2002 tarihinde resmen faaliyete başlamıştır. 6000 adet şirkete sisteme katılma şansı verilmiştir. İlk yıl 1.2 milyar ton karbondioksit işlem görmüş 2003 yılında ise bu oran 900 bin tona düşmüştür. Yani olası bir başarıdan söz etmek çok da mümkün değildir.

2.7.2. Avrupa Birliği Emisyon Sistemi (EU ETS)

Avrupa Birliği'nin Emisyon Ticareti Sistemi'nin (ETS) temel amacı AB üye ülkelerinin sera gazlarını ekonomik açıdan verimli bir şekilde azaltılması veya sınırlandırılmasının sağlanmasıdır. Bu bağlamda, emisyon ticareti vasıtası ile katılımcı kuruluşlar emisyon tahsisatlarını alıp satabilmekte ve böylece bu işlemleri en az maliyetle karşılayabilmektedirler.

ETS, Avrupa Birliği'nin iklim değişikliği ile mücadele alanında oluşturduğu temel stratejinin ana öğelerinden birisidir. Sistem dünya'da karbondioksit emisyonlarının uluslar arası ticaret sistemine dahil edilmesi hususundaki ilk uygulamadır.

ETS ile ilgili kapsam ve temel göstergeler aşağıda özetlenmiştir:

- ETS, 2 ayrı uygulama dönemi belirlemiştir.
 1. uygulama dönemi; 2005-2007 yılı arası,
 2. uygulama dönemi ise 2008-2012 yılları arasındadır.
- AB-27 ve Avrupa Ekonomik Alanı'nda yer alan Norveç, İzlanda ve Lihtenştayn gibi ülkeler sisteme dahildir.
- Enerji ve sanayi sektöründe 10000'den fazla tesis ETS kapsamdadır. Bu tesislerin AB CO₂ emisyonlarının yarısını, sera gazı emisyonlarının ise %40'ını temsil ettiği söylenebilir (Kyoto Protokolüne göre sera gazları CO₂, N₂O, CH₄, SF₆, HFC's, PFC's olarak belirtilmektedir).
- Sistem sadece CO₂ emisyonları için geçerlidir.
- Sistem, basit olarak ifade edilirse, çeşitli kriterler ile belirli kota hakkı tanınmış tesislerin tahsisatlarının 1. uygulama dönemi için en az %95, 2. uygulama dönemi için ise en az %90 oranındaki kısmı peşinen sağlanmış kabul edilmek üzere kalan miktarın tesisler tarafından uygulanacak emisyon azaltıcı faaliyetlerle karşılanması, eğer tesis kendi imkanları ile bunu karşılayamıyorsa piyasadan ücreti mukabilinde karbon kredisi satın almasını amaçlamaktadır (örneğin 100 birim CO₂ kotası olan bir tesis, 1.uygulama döneminde (bulunduğu ülkenin kararına bağlı olarak) bu kotanın en az %95'ini ücretsiz olarak almakta, kalan 5 birimlik kısmı için ya piyasadan ücreti

mukabilinde karbon kredisi almak ya da 5 birimlik emisyon azaltıcı bir faaliyeti hayata geçirmek zorundadır).

- Kendilerine tahsis edilmiş kotanın üzerinde CO2 emisyonuna sebep olan işletmelerin 1 ton CO2 için 1.uygulama döneminde 40 Euro, 2.uygulama dönemi için 100 Euro ile cezalandırılmaları öngörülmüştür.
- Sistemde tesislere sağlanacak tahsisatlar her iki uygulama döneminde de üye ülkeler tarafından ayrı ayrı olmak üzere, ulusal tahsisat planları doğrultusunda dağıtılmaktadır.

Buna göre, her üye ülke hangi sektörlerle ne kadar tahsisat yapacağını belirlemektedir.

Tahsisatların hangi kriterler ile yapılması gerektiği Emisyon Ticareti Direktifi (13.10.2003) içerisinde belirtilmiştir. Ulusal tahsisat planları içerisinde belirlenen tahsisat miktarlarının AB'nin Kyoto Protokolü kapsamında üye ülkeler için belirlediği kotalar ile uyumlu olması, yeni girişler için rezerv ayrılması, AB üyesi olmayan ülkelerle olan rekabet durumunun ve erken aksiyonların göz önüne alınması gerekmektedir.

- ETS içerisinde 1. ve 2. uygulama dönemleri içerisinde yapılmak şartıyla tahsisat aktarımında (ileriye doğru aktarım "banking" ya da geriye doğru aktarım "borrowing") herhangi bir sınırlama getirilmemiştir. Örnek verecek olursak, 2005 yılı sonunda kendisine tahsis edilen kotanın üzerinde emisyonuna sebep olan işletmeler fazlalıklarını kapatmak için 2006 yılı tahsisatlarından yararlanabilmiş (borrowing), ya da kotanın altında emisyonuna sebep olan işletmeler bir sonraki yıla bakiye kısmı aktarabilmişlerdir. (banking).

Ancak, tahsisat aktarımlarına 2 uygulama dönemi arasında izin verilmemiştir. Bir başka deyişle, 2007 yılı sonunda 1. uygulama dönemi kapanmıştır. 2008-2012 dönemi ve müteakip uygulama dönemleri arasında sadece ileriye doğru aktarım (banking) mümkün olabilecektir.

- ETS'nin Kyoto Protokolü'ne tanımlanan esneklik mekanizmaları ile bağlantısını kuran önemli bir direktif Bağlantı Direktifi (Linking Directive) olup, 27.10.2004 tarihinde yürürlüğe girmiştir. ETS, tesislere emisyonları alıp satabilme imkanı tanımakla birlikte, Kyoto Protokolü içerisinde tanımlanan Temiz Kalkınma Düzenliği

(CDM) ve OrtakYürütme (Joint Implementation) mekanizmalarının da kullanılmasına imkan tanımaktadır. Bağlantı Direktifi, adından da anlaşılacağı üzere, Kyoto Protokolü esneklik mekanizmaları ile ETS arasında bir bağ kurmak için çıkarılmıştır. Kısaca bahsedecek olursak Temiz Kalkınma Düzeneği ve Ortak Yürütme (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Ek-1'de yer alan ülkelerin kendi arasında) mekanizmaları ile karbon emisyonunu azaltıcı projelere yapılacak katkıların karbon kredisi olarak değerlendirilebilmesine olanak tanınmaktadır. Örneğin, İngiltere'de bir firmanın Çin'de bir karbon azaltma projesine katılması ve temiz kalkınma düzeneği üzerinden elde edilecek krediyi ETS içerisinde kullanması mümkündür. Her ne kadar Kyoto Protokolü içerisinde söz konusu esneklik mekanizmaları yoluyla alınacak kredilerinin toplam tahsisat içerisindeki oranlarına ilişkin bir sınır getirilmemiş olsa da, tamamlayıcılık (katkı) prensibi gereğince bu oranın toplam tahsisatın %50'sini aşmaması gerektiği yönünde genel bir kabul oluşmuştur (Pamukçu, 2007: 17).

2.7.2.1. Güçlü Yanları

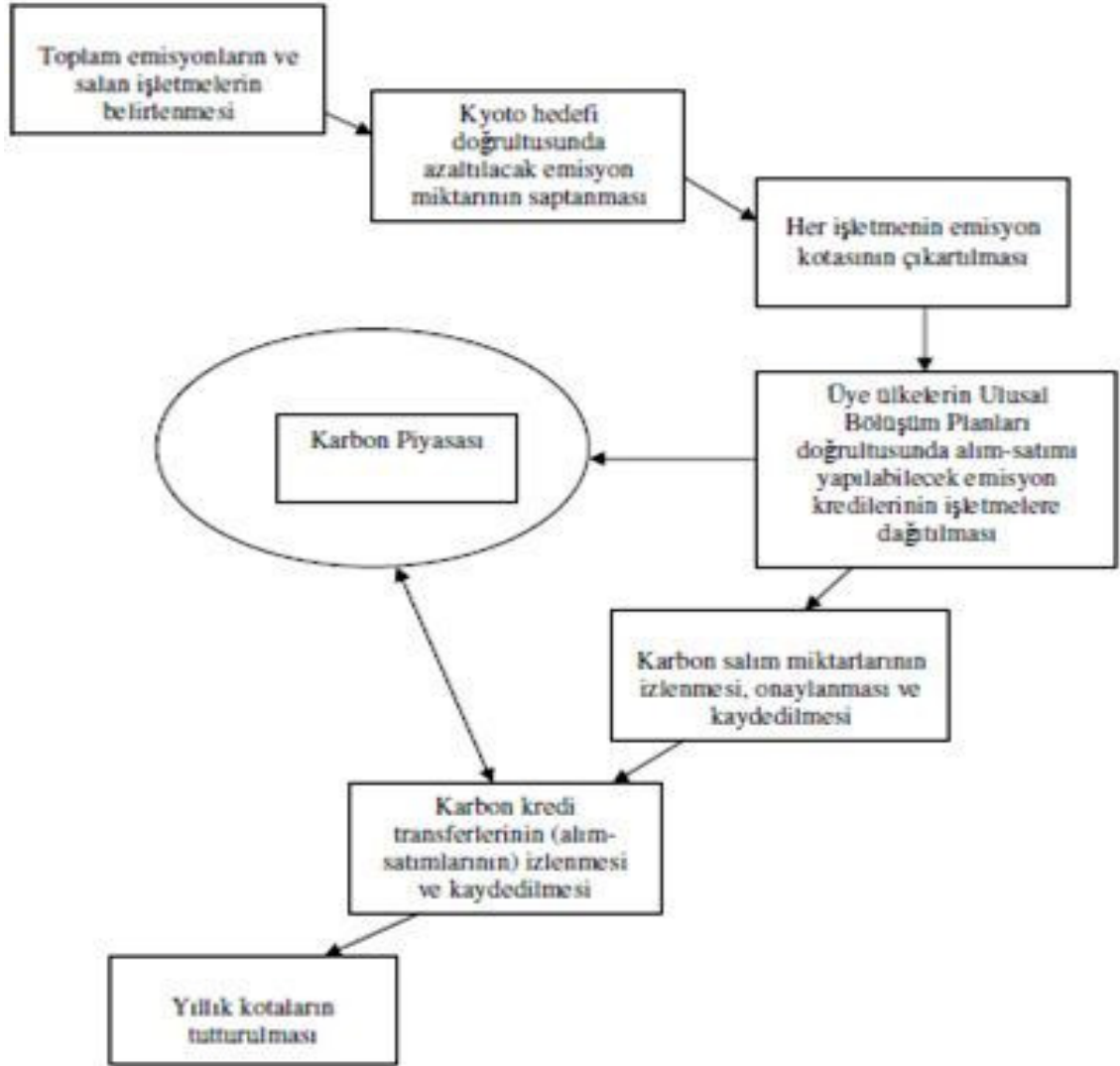
Kyoto Protokolü tarafından tanıtılan ve emisyon indirimlerinin en ekonomik şekilde gerçekleşmesine katkıda bulunan esnek mekanizmalar (Temiz Kalkınma Mekanizması, Ortak Uygulama ve ETS dünyasının ilk ve en büyük emisyon ticaret programıdır.

Program AB sınırları içinde kalan işletmelerinin gaz salınımlarını bir piyasa mekanizması dahilinde önce kontrol etmelerine, sonra da düşürmelerine olanak sağlamaktadır (Pamukçu, 2007:19).

Kyoto hedefini göz önüne alarak AB, önce üye ülkelerin emisyon kotalarını belirledi. Ulusal kotalara dayanılarak, her üye ülkede program dahiline alınan işletmelerin yıllık emisyon hedefleri saptandı. Bu yıllık emisyon hedefleri, bir başka deyişle, emisyon kotaları gözetilerek işletmelere emisyon kredileri dağıtıldı. Bir karbon piyasasının işlerlik kazanması için, yani karbon kredisi alım-satımın yapılabilmesi için, dağıtılan karbon kredileri sınırlı tutuldu. Geliştirdikleri karbon salmayan üretim teknolojileri, kullandıkları sıfır karbondioksit salımlı yenilenebilir enerji kaynakları ve yükselttikleri ekonomik üretkenlikleri ile bazı Avrupalı firma ve işletmeler, kendilerine ait yıllık emisyon kotalarının altında kalmayı başarmakta ve

kullanmadıkları emisyon kredilerini, Avrupa'da her gecen gün sayısı artan karbon borsalarında satarak gelir elde etmektedir. Karbondioksit emisyonlarını kısa vadede düşürmekte zorlanan, hedeflerini tutturamayan ve yahut kendi imkanları ile emisyonlarını düşürmenin fazla maliyetli olacağı kaygısını taşıyan firma ve işletmeler ise, piyasadan satın aldıkları karbondioksit ile salınımlarını kotalarının altında tutabilmektedir. 1 Ocak 2005 tarihinden aktif olan piyasa kökenli ETS, AB'yi Kyoto hedefine taşıyacak en önemli araç olarak örülmektedir (Pamukçu, 2007:19). Şekil 11'de Avrupa Birliği Emisyon Ticareti Programının Uygulanışı Şematik olarak gösterilmiştir.

Şekil 11: Avrupa Birliği Emisyon Ticareti Programı'nın Uygulanışı.



Kaynak: Pamukçu, Konuralp, "Küresel Emisyon Ticareti Sistemi için Bir Model: Avrupa Birliği Emisyon Ticareti Programı", *İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, No:37 Ekim 2007, s 18.

ETS hem daha esnek bir mekanizma sunmakta hem de karşılaştırmalı olarak daha az bir refah maliyetine yol açmaktadır. İşletmeler üretim maliyetlerini düşürmenin yolunu aradıkları için, ETS gibi piyasa kökenli bir emisyon azaltma programını, diğer alternatiflere göre daha avantajlı ve kabul edilebilir bulmaktadır. Bu program getirdiği esneklikler sayesinde, emisyonlarını en az ekonomik maliyetle düşürmek için AB sınırları içerisindeki tüm olanakları değerlendirmektedir. Emisyon ticareti olanağından mahrum, her işletmenin kendi fabrikasında emisyon uzatması

zorunlu tutulsaydı; toplam maliyetlerin çok daha fazlası olacağı kestirilmektedir (Luisa, 2006: 32).

ETS'in ekonomik olmasının ötesinde bir diğer avantajı ise, Kyoto Protokolü'nün esneklik mekanizmaları ile kurduğu bağıdır. ETS bünyesindeki Avrupalı işletmeler, Temiz Kalkınma Mekanizmaları ile gelişmekte olan ülkelerde ve Ortak Uygulama ile serbest piyasa ekonomisine geçiş süresince bulunan Doğu Avrupa ülkelerinde gerçekleştirecekleri emisyon azaltıcı projeler ile karbon kredisi kazanabilmekte, bu karbon kredileri kendi yıllık kotalarından düşürebilmektedir. Bu sayede, işletmeler yıllık emisyon hedeflerini tutturmak için hem az maliyetli ek bir seçenek elde etmekte hem de AB dışındaki ülkelerde emisyon düşürme projelerine katkıda bulunmaktadır. Bu yol ile düşük karbon ya da sıfır karbon üretim teknolojilerinin gelişmekte olan ya da az gelişmiş ülkelere yayılması hızlanmakta ve bu ülkelerdeki sürdürülebilir kalkınma projelerinin sayısı artmaktadır. Ayrıca ETS, AB dışındaki ülkelerde planlanan ya da uygulamaya konulmuş yerel ve ulusal emisyon ticareti sisteminin kurulmasında önemli bir rol oynayabilecektir (EUAction,2005:20).

2.7.2.2. Zayıf Yanları

Tablo 11'de gösterildiği gibi işletmelerin programda yer almalarını teşvik etmek amacıyla ve politik baskılardan dolayı, karbon kredileri ETS'nin ilk safhası olan 2005–2007 yılları arasında işletmelere bedava olarak dağıtıldı. Hâlbuki ekonomik teori, bir piyasa oluşturma sürecinde, alım-satım yapılacak ticari değerler açık artırma yolu ile satılması gerektiğinin söyler. Bu sayede, daha etkin ve istikrarlı işleyen bir karbon piyasası kurulabilir. Fakat 13 Ekim 2003 tarihli ve 2003/87/EC sayılı Direktif'in 10. maddesinde belirlendiği üzere, AB, karbon kredilerinin dağıtılması yetkisini, Ulusal Bölüşüm Planları doğrultusunda üye ülkelere bıraktı. (Ulusal bölüşüm planları her üye ülke tarafından dağıtılacak toplam karbon kredilerini ve bunların işletmelere ne şekilde paylaşılacağını belirler). Bunun sonucunda, üye ülkelerde hükümet üzerinde etkisi bulunan şirketler fazla karbon kredisi alabilmek için nüfuslarını kullandılar ve 2005 yılında karbon kredileri cömertçe %2,4'lük bir fazlalıkla, dağıldı. Aynı yıl içinde, işletmeler 1.785 milyar ton karbondioksiti atmosfere salarken, kendilere verilen karbon kredilerin miktarı bunun

üzerinde, 1,829 milyar ton karşılığını buldu. Neticede, programın ilk yılı büyük bir hayal kırıklığı yarattı ve kayda değer bir emisyon azaltımı sağlanamamış oldu.

Tablo 11: Avrupa Birliği Emisyon Ticareti, 2005-2007, Birinci Safha.

Üye Ülkeler	Dağıtılan	Toplam	İşletmenin	Kyoto	Kyoto Hedefini
Almanya	1,479.00	22.8	1.849	-21	Evet
Avusturya	99	1,5	205	-13	Hayır
Belçika	188,8	2,9	363	-7,5	Hayır
Birleşik Krallık	736	11,2	1078	-12,5	Evet
Bulgaristan	NA	NA	NA	-8	Evet
Çek Cumhuriyeti	292,8	4,4	435	-8	Evet
Danimarka	100,5	1,5	378	-21	Hayır
Estonya	56,85	0,9	43	-8	Evet
Finlandiya	136,5	2,1	535	0	Evet
Fransa	469,5	7,1	1.172	0	Evet
Hollanda	285,9	4,3	333	-6	Evet
İrlanda	67,0	1,0	143	13	Hayır
İspanya	523,3	8,0	819	15	Hayır
İsveç	68,7	1,1	499	4	Evet
İtalya	697,5	10,6	1.240	-6,5	Hayır
Kıbrıs Rum Kesimi	16,98	0,3	13	Hedefi yok	Hedefi yok
Latviya	13,7	0,2	95	-8	Evet
Letonya	36,8	0,6	93	-8	Evet
Lüksemburg	10,00	0,2	19	-28	Evet
Macaristan	93,8	1,4	261	-6	Evet
Malta	8,83	0,1	2	Hedefi Yok	Hedefi yok
Polonya	717,3	10,9	1.166	-6	Evet
Portekiz	114,5	1,7	239	27	Hayır
Romanya	NA	NA	NA	-8	Evet
Slovakya	91,5	1,4	209	-8	Evet
Slovenya	26,3	0,4	98	-8	Evet
Yunanistan	223,2	3,4	141	25	Evet

Kaynak: European Commission, "EU Action Against Climate Change: EU Emission Trading Scheme-An Open Scheme Promoting Global Innovation", *The EU Brochure, Belgium: European Communities*, Eylül 2005, s.12.

ETS'in bir diğer zayıf yanı, karbon kredilerinin işletmelere dağıtılmasında üye ülkeler tarafından farklı metotların izlenmiş olmasıdır. Üye ülkeler arasındaki bu uyumsuzluk, programın hedefine zarar vermekte, güvenilirliğini azaltmaktadır (Hobday, 2006:12).

Almanya, Fransa, ve Polonya gibi bazı üye ülkeler, gereğinden fazla karbon kredilerini kendi işletmelerine sunarken; İngiltere, İrlanda ve İspanya gibi üye ülkeler kredilerin dağıtılmasında çok daha sorumlu ve ciddi yaklaşım içindedirler. Haliyle, bu ikinci, gruptaki ülkelerin işletmeleri haksız bir rekabet ile karşı karşıya kalmaktadır. Daha ötesi, kendi ülkelerindeki karbon kredisi azlığı yüzünden, karbon kredilerinin bolca dağıtıldığı ülkelerdeki işletmelerden bu kredileri satın almaktalar, böylece sorumsuzca davranan ülkelere finansal kaynak aktararak bir anlamda bu ülkeleri ödüllendirmektedirler. Sonuçta, bu durum programın varlık amacına balta indirmektedir (The Economist, 2006:46).

2.7.2.3. Sağladığı Fırsatlar

Daha sık, kurallara uygun ve doğru şekilde hazırlanacak emisyon raporları ve karbon kredisi dağıtım bildirimleri, programın kapsamının diğer sera etkisi yaratan gazları ve bunları salan diğer endüstri kollarını da içine alarak genişletmesi ile, Komisyon sadece Kyoto hedefinin yakalanmasında değil, aynı zamanda ETS'in küresel bir emisyon ticareti sistemine model olmasında da önemli bir rol oynayabilir. İlk safhasında görülen aksaklıklara rağmen katettiği yol ile ETS, küresel ısınma ile mücadelede tüm dünyaya iyi bir araç ve fırsat sunmaktadır. Uzmanların da altını çizdiği gibi, bu fırsat harcanmamalıdır. ETS'in taşıdığı fırsatları maddeler halinde gösterirsek;

- Kyoto hedefinin tutturulmasında önemli işlevi olması,
- Küresel emisyon ticareti sisteminin kurulmasında gösterdiği önderlik,
- Üçüncü ülkelerde sürdürülebilir kalkınma projelerine katkısı,
- Diğer ülkelere ve bölgelere aktardığı tecrübesi noktasında fırsatlar sunar.

Ayrıca ETS, Kyoto Protokolü'nün esneklik mekanizmaları ile ilişkilendirildiğinden dolayı, sadece AB'ye üye ülkelere değil, aynı zamanda gelişmekte olan ülkelere de emisyonlarını düşürme yolunda fırsatlar sunmaktadır.

2.7.2.4. Tehditler

ETS'e yönelik en büyük tehdit, karbon kredilerin sorumsuzca dağıtılan bazı üye ülkelerden gelmektedir. Programın ilk safhasında bu durum, karbon fiyatlarında çalkalanmalara ve karbon piyasasında durgunluğa neden olduğu gibi, aynı zamanda çevresel açıdan etkileyici bir sonuç alınmamasına yol açtı. Piyasada gereğinden fazla karbon kredisinin bulunması, politik ve ekonomik belirsizliklere, çevre politikalarında bir başı bozukluğa sebep oldu. Programa azalan güven ile işletmelerde karbon sıfırlı üretim teknolojilerine yatırım konusunda kendilerinden beklenen insiyatifi göstermediler. Her ne kadar, Komisyon 2008 yılında başlayacak ETS'in ikinci safhası için üye ülkelere karşı daha sert bir tutum takındıysa da, programın başarısı, üye ülkelerin sorumluluklarını ne kadar ciddiye alıp almayacakları ile belirlenecektir (Pamukçu, 2007:32).

- ETS'ye yönelik olan tehditleri maddeler halinde gösterecek olursak;
- İkinci safhasında dağıtabilecek gereğinden fazla karbon kredisi,
- Göreceli düşük ekonomik ve çevresel getirisi,
- Karbon piyasasında görülebilecek sorunlardır.

2.7.2.5. Eğilimler

2013 yılında başlayacak ETS'in üçüncü aşaması için Komisyon, daha fazla çevresel kazanımları sağlamak amacıyla programı, yeni endüstri kollarını ve diğer sera etkisi oluşturan gazları içinde alacak şekilde genişletmek arzusundadır.

ETS'in eğilimlerini maddeler halinde gösterecek olursak;

- Daha ciddi emisyon azaltım hedefleri
- Programın etkinleştirilmesi
- Kapsanan endüstri kollarının artırılması
- Daha fazla sera gazının kapsanması
- Programın dünyadaki diğer küçük ölçekteki emisyon ticareti programlarına bağlanmasıdır.

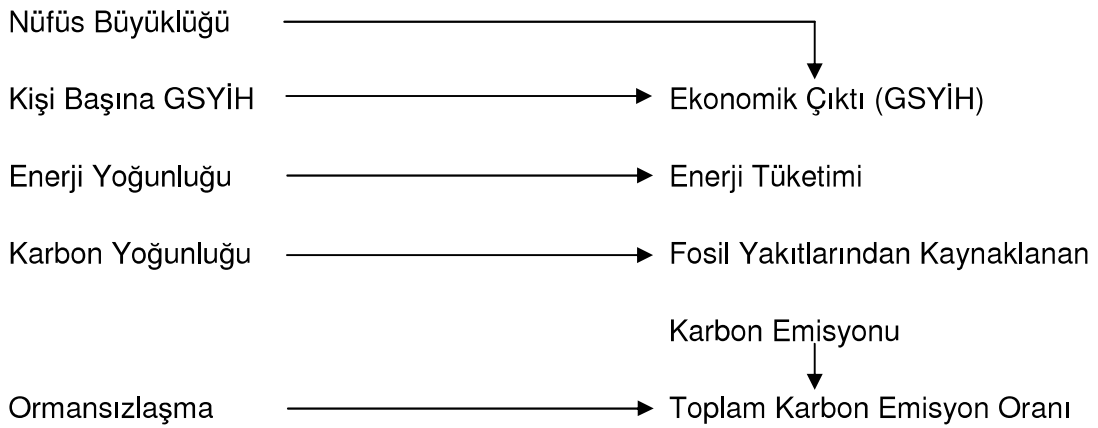
2.7.3.Karbon Ticareti

Karbon ticareti hızla büyüyen multi milyar dolarlık uluslararası bir pazar olarak ortaya çıkmıştır. Günümüzde “karbon” olarak adlandırılan sera gazlarını kontrol altında tutmanın, azaltmanın ve sürdürülebilir kalkınmayı finanse etmenin en etkin yolu olarak görülmektedir. Karbon ticareti, 1997 yılında 189 ülke tarafından kabul edilen ve sanayileşmiş ülkelerin sera gazı salımlarını 2012 yılında kadar 1990'daki seviyelerinin %5'i oranında azaltmalarını öngören Kyoto Protokolü'nün bir sonucu olarak doğmuştur. Protokol, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin salacağı maksimum sera gazı için kotalar belirleyerek gelişmiş ülkelere sera gazı salımlarını uygun maliyetlerle azaltmaları için yasal olarak bağlayıcı hedefler koymuştur.

Basitçe söylemek gerekirse, karbona havayı kirletmesi sebebiyle ekonomik/parasal bir değer veriliyor ve insanlar, şirketler ve/veya hükümetler bunun ticaretini yapıyor. Bir başka deyişle, karbon satın alan ülkeler onu yakma hakkını almış oluyor ve karbonu satan ülkeler ise onu yakma hakkından vazgeçmiş oluyor. Bu sebeple, karbon pazarı karbonun alım ve satımını kolaylaştırmak için oluşturulmuş bir ortam. Böylece, sera gazı salınım kotalarını asmak üzere olan işletmeler ve hükümetler, karbon kredileri satın alabiliyor. Bu krediler daha sonra küresel ısınmayla mücadele etmeyi amaçlayan projelerde kullanılabilir. Kyoto Protokolü'ne göre, anlaşmaya taraf ülkelerin sera gazı salınımlarının eşit ölçüde salınım iznine denk olması gerekiyor (Özcan, Kayman, 2004:17).

Daha önce de belirtildiği gibi, global ısınmaya neden olan seragazları içerisinde en önemlisi CO₂'dir ve toplam seragazları içindeki payı %80'i aşmaktadır. Doğaya salınan CO₂, temelde fosil kaynaklı yakıtların yanması sonucu oluşur. İklim değişikliğini kontrol altına almak amacıyla oluşturulacak detaylı ve etkin politikaların belirlenmesi için CO₂ emisyonunu etkileyen değişik faktörlerin oynadığı rolün iyi anlaşılması gerekir. CO₂ emisyonunun temel belirleyicileri, beş ana gruba ayrılmaktadır. Aşağıdaki şekil 12'de yıllık CO₂ emisyonu ve emisyon belirleyicileri arasındaki ilişki gösterilmiştir. Yıllık CO₂ salımını etkileyen bu faktörler, enerji yoğunluğu, karbon yoğunluğu, kişi başına milli gelir, nüfus artışı ve ormansızlaştırma olarak belirtilebilir.

Şekil 12: Karbondioksit Emisyonuna Etki Eden Faktörler.



Kaynak: Karakaya Etem, Özçağ Mustafa, İklim Değişikliği ve Kyoto Protokolü Çerçevesinde Türkiye Cumhuriyetlerin Durumu, (<http://www.econturk.org/Turkiyeekonomisi/alatoo.pdf>) Erişim Tarihi: 16.05.2010

Nüfus etkisi, yalnızca nüfus artışının yaratmış olduğu etki ile ölçülmektedir. Nüfusa dahil olan her bir insan, kendi yaşamı için zorunlu olan besin, su, giyim gibi çeşitli gereksinimlerini karşılayabilmek için enerji talep edecektir. Nüfus artışı iki şekilde seragazı salımına katkıda bulunur. Bunlardan birincisi; yüksek bir nüfus düzeyinin enerji, taşımacılık ve endüstri sektörlerinde daha yüksek bir enerji talebine yol açması, diğeri de nüfus artışının ormansızlaştırma etkisiyle birlikte seragazı emisyonuna katkıda bulunmasıdır (Shi,2001:09).

Nitekim, Shi'nin yapmış olduğu çalışmanın bulgularından biri de, % 1'lik bir nüfus artışının, seragazı salımında % 1.28'lik artışa yol açtığıdır (Shi,2001:91). CO₂ emisyonunu belirleyen bir diğer faktör de karbon yoğunluğu etkisidir ve toplam CO₂

salımı miktarının kullanılan fosil yakıt tüketimine bölümü ile elde edilir (Hamilton, Turton,2000:69). Söz konusu etki, birim tüketilen enerji sonucu salınan CO2 miktarını ölçer ve büyüklüğü enerji üretiminde sarf edilen fosil yakıtların ne oranda kullanıldığına bağlıdır. Karbon yoğunluğu, önemli oranda yenilenebilir enerji kaynakları, nükleer veya hidro-elektrik santralleri kullanan ülkelerde daha düşük oranda gerçekleşmektedir. Ayrıca kullanılan fosil yakıtların türü de önemlidir. 1 birim enerji üretimi için kömürün yakılması sonucu karbon salımı, doğalgaza göre yaklaşık iki kat daha fazladır (Zhang, 2000:55).

Türkiye'nin mevcut durumu ve ekonomik büyümesi dikkate alındığında sera gazı emisyonları artma eğilimindedir. Ekonomik büyümenin önüne set çekmeden sera gazı emisyonlarının kontrolünü sağlamak için Türkiye'nin önündeki politika ve stratejik önlemler daha çok emisyonlardaki mevcut artış hızını yavaşlatmaya yönelik olacaktır.

Kyoto Protokolü Ek-I ülkelerinin sera gazı salımlarını başka ülkelere sera gazı salım kredisi olarak azaltmasına imkan veren "esnek mekanizmalar" içermektedir. Bu krediler finansal değiş-tokuş ile Ek-I dışındaki ülkelere yer alan ve sera gazı salımında azalmaya yol açan projelerden doğan karbon kredilerinin Temiz Kalkınma Mekanizması (CDM) dahilinde satın alınmasıyla oluşur. Karbon kredisine konu olacak projenin ve hazırlanan raporların geçerliliği yani projenin gerçekten var olduğu, ölçülebilir bir teknolojiye sahip olduğu ve uzun vadeli karbon salımı azaltılmasına yardımcı olacağı bağımsız bir üçüncü tarafça onaylanır. Her karbon kredisi metrik bazda bir ton karbondioksite eşittir ve baseline hesabı ile projenin sağlayacağı karbon salımı azaltımı arasındaki farka eşittir. Doğal olarak, salımdaki azalma projenin olmadığı bir durumda oluşacak karbon salımına bağlıdır. Bu şekilde oluşturulan teorik senaryo baseline çalışması olarak adlandırılır. Baseline aynı ülkede gerçekleştirilen benzer projelere bakılarak veya proje öncesi salımı hesaplayarak oluşturulabilir. Bu hesaplar projenin sağlayacağı karbon gelirlerini doğrudan etkilediğinden çalışmanın bağımsız bir üçüncü tarafça gerçekleştirilmesi çok önemlidir.

Karbon finansmanında en önemli nokta projeye gelecek karbon finansmanı gelirlerinin projenin uygulamaya geçmesinde hayati rol oynadığını ispat etmektir. Bu kavram karbon finansmanı uygulamasında "additionality" olarak tanımlanır. Bu nedenle karbon finansmanı fikrinin projenin finansman arayışı aşamasında oluşması

gereklidir. Aksi takdirde proje inşaat ve uygulama aşamasında iken karbon finansmanının projede hayati rol oynadığını iddia etmek çok zorlaşmaktadır

2.7.4. Gönüllü Karbon Piyasaları ve Türkiye

Gönüllü Karbon Piyasası ile karbon salım azaltımlarının denetimli Kyoto Protokolü mekanizmalarından bağımsız elde edilmesi kastedilir. Kyoto Protokolü piyasa mekanizmalarının aksine, gönüllü karbon piyasasında zorunlu bir belirleyici kural veya standart yoktur. Pek çok farklı standartla onaylanabilen salım azaltımları piyasada farklı alıcılar tarafından talep edilebilmektedir. Gönüllü salım ticaretinin geçmişi 1989 yılına dayanmakla birlikte asıl yükselişini Kyoto Protokolüne borçludur (Ayrıçay, Karataş, 2008:26).

Kyoto Protokolü piyasa mekanizmalarına paralel büyüyen gönüllü karbon piyasa hem Kyoto Protokolü yükümlülükleri altında bulunan ülkelerde hem de bunun dışındaki ülkelerde gelişme olanağı bulmaktadır. Sosyal sorumluluk çerçevesinde, küresel iklim değişikliklerine duyarlı şirketlerin, kuruluşların, örgütlerin, bireylerin karbon salımlarını dengeleme kolaylığını sağlamak amacı ile ortaya çıkmış bir pazardır. Gönüllü Karbon Azaltım Projeleri'nden elde edilen Onaylı Salım Azaltım'ları (VER) gelişmiş kuzey ülkelerindeki firmalar tarafından talep edilmekte ve iklimsel değişiklik bilincinin oluşması ile birlikte bu talep yükseliş göstermektedir (Taşdan, 2009:6).

Gönüllü Karbon Piyasaları, işletmelerin, etkinliklerin ve kar amacı gütmeyen kuruluşların sera gazı salımlarını gönüllü olarak dengeleyebilmesini kolaylaştırmak amacıyla oluşturulan bir pazardır. Bu süreç, Kyoto Protokolü kapsamında zorunlu olarak uygulanan esneklik düzeneklerine göre daha karmaşık bir süreçtir. Karbon ticareti farklı şekillerde gerçekleştirilebilir, bundan dolayı karbon salım azaltımı daha esnek ve yeni biçimlerde sağlanabilir. Devletin belirlediği politikalar ve hedeflerden bağımsız olarak geliştirilebilir. Katılım için bir sınırlama yoktur. Gönüllü karbon azaltım süreçlerinde oluşan karbon kredilerinin (VER) standartları ve ticareti kuralları konusunda belirsizlikler vardır. Gönüllü Karbon Ticareti, Kyoto Protokolü kapsamına girmeyen sektörler ve ülkelerde geçerlidir. Bu süreç, kanuni zorlamalardan farklı olarak;

- İklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması için istekli olmak (çevreci duyarlılık),
- Kamu yararı için finans sağlama konusunda yenilikçi yaklaşımlar içerisinde olmak,
- Halkla ilişkiler yararları,
- Ulusal ve bölgesel yükümlülükler ve planlamalar için hazırlanılması,
- Karbon kredilerinin tekrar satılmasıyla kar elde edilmesi,
- Yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği programlarının birleştirilmesi gibi amaçlar için geliştirilmektedir (Cemre, 2006:2).

Gönüllü Karbon ticaretinde yer alan temel aktörlerin tanımı;

Alicılar

- Kyoto Protokolü Ek-A Listesinde yer almayan sektörlerin firmaları (ör. Uluslararası sivil havacılık firmaları)
- Kyoto Protokolü'ne taraf olmayan ya da Kyoto Protokolü Ek-B Listesinde yer almayan ülkelerde karbon salımlarını dengelemek isteyen firmalar
- Bireyler ya da Kyoto Protokolü ile doğrudan yükümlülük altına girmelerine rağmen, kurumsal sosyal sorumluluk bilinciyle salımlarını dengelemek isteyen tüzel kişilikler (ör. Kültürel ve sportif buluşmalar, bankalar, ticaret merkezleri, perakende sektörü)

Satıcılar

- Kyoto Protokolü'ne taraf olmayan ülkelerde,
- Kyoto Protokolü Ek-B Listesinde yer almayan ülkelerde,
- Kyoto Protokolü'ne taraf olan ancak CDM/JI süreçlerinin aşırı bürokratik ve maliyetli olduğu sera gazı salımlarının azaltılmasını sağlayan yenilenebilir enerji, enerji tasarrufu ve sürdürülebilir atık yönetimi projeleridir.

Tablo 12: 2006 yılı Küresel Karbon Piyasalarında Gönüllü Karbon Ticareti.

	2005		2006		2005-2006	
	Ticaret Hacmi (CO2)	Piyasa Değeri (milyon dolar)	Ticaret Hacmi (CO2)	Piyasa Değeri (milyon dolar)	Ticaret Hacmi %	Piyasa Değeri %
Birincil CDM	241	2417	460	4813	%22	%99
İkincil CDM	10	221	25	444	%60	%101
Jl	14	68	15	141	%46	%100
Diğer	20	157	17	79	%55	%58
Gönüllü	8	44	18	100	%67	%127

Kaynak: Arıkan, Yunus, "2012 'ye Kadar Türkiye'de Sera Gazı Salımlarının Azaltılması Projelerinin Finansmanı İçin Öncelikli Seçenek; Gönüllü Karbon Ticareti", *Bölgesel Çevre Merkezi*, 2008, s 89.

Tablo 13' de ise küresel karbon ticaretinde gönüllü karbon piyasasının konumu gösterilmektedir. Yaklaşık 100 milyon dolarlık bir ciroya sahip gönüllü karbon ticaretinin, tüm dünyadaki karbon piyasasının oldukça küçük bir bölümünü oluştursa da, hızla büyümekte olduğu gözlenmektedir.

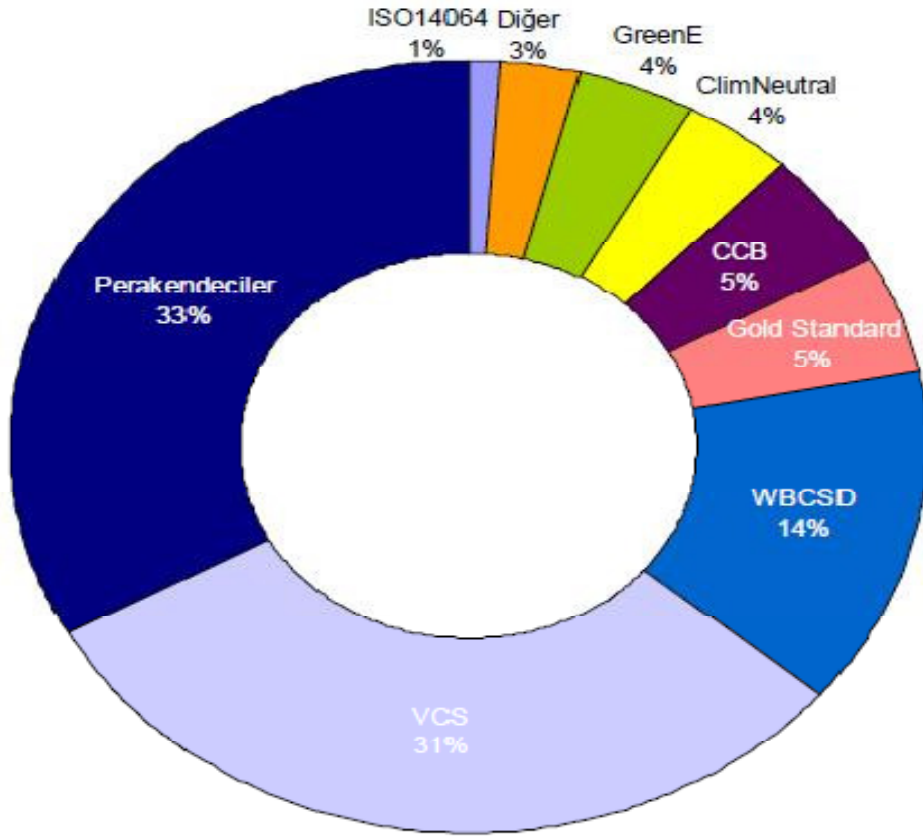
Özellikle 2006 yılından itibaren, gönüllü karbon piyasasının daha tüketici dostu olarak şekillendirilmesi için birçok çalışma başlatıldı. Bu kapsamda kullanılan standartların bir kısmı Tablo 14 'de ve şekil 13 'de sunulmaktadır. Söz konusu standartlar karbon satıcılarının görüşleri, azaltım rehberleri, sertifika programları ve kayıt süreci dikkate alınarak hazırlanmaktadır. Bütün bu çabalar, bu pazarın meşruiyetini/yasallığını arttırmak ve daha çok katılımcıyı sürece çekmektir.

Tablo 13: Gönüllü Karbon Ticaretinde Kullanılan Standartlar.

Standart adı	Genel Özellikleri
Gold Standard	Uluslar arası bir standarttır, dengeleme projelerinin ve karbon kredilerinin sertifikalandırılmasında kullanılır, çevresel ve sosyal yararlar özel olarak dikkate alınır.
VCS	Uluslar arası Salım Ticareti Derneği (IETA) ve Dünya Bankası (WB) uluslar arası ölçekte uygulanan bir standarttır, dengeleme projelerinin ve karbon kredilerinin sertifikalandırılmasında kullanılır, çevresel ve sosyal yararlar öncelikli değildir.
Green-e	Kuzey Amerika'da kullanılmaktadır, dengeleme projelerinin sertifikalandırılmasında kullanılır.
CCB Standards	Ormanlaştırma çalışmalarında özellikle biyolojik çeşitlilik ve sosyal yararların ortaya konulması amacıyla uluslar arası alanda geçerliliği olan bir standarttır. Dengeleme projelerinin sertifikalandırılmasında kullanılır.
CCX	Chicago Climate Exchange tarafından geliştirilen ve bu sistemde yer alan proje ve karbon sertifikaları için kullanılır.
Plan Vivo	Tarım ve ormancılık sektörlerindeki projelerde çevresel yararların gözetmesi amacıyla kullanılır.
Climate Neutral Network	Çoğunlukla Kuzey Amerika'da dengeleme projelerinin ve karbon kredilerinin sertifikalandırılmasında kullanılır.
Greenhouse Friendly	Avustralya'da aynı adla anılan program kapsamında dengeleme projelerinin ve karbon kredilerinin sertifikalandırılmasında kullanılır.
WBCSDWRI Protocol	Firma, işletme, proje boyutunda sera gazı salımlarının hesaplanmasında kullanılan bir rehberdir.
CCAR	Kaliforniya'da kullanılan bir raporlama aracıdır.
VER+	TÜV Súd firması tarafından geliştirilmiş ve dengeleme projelerinin ve karbon kredilerinin sertifikalandırılmasında kullanılır.
ISO 14064	Uluslar arası Standartlar Enstitüsü tarafından uluslar arası alanda geçerli olan, dengeleme projelerinin ve karbon kredilerinin sertifikalandırılmasında kullanılan bir standarttır.
Social Carbon	Güney Amerika ve Portekiz'de yeniden ormanlaşma projelerinde çevresel ve sosyal yararların gözetilmesi için kullanılır.
DEFRA	İngiliz hükümeti Çevre Bakanlığı tarafından tüketicilere rehberlik edecek bir belgeleme sistemidir.

Kaynak: Ayrıcaç, Yücel, Abdülmecit Karataş, *Çevre Finansmanı, Muhasebe ve Finansman için Yeni Trendler*, Ankara 2008, s 26.

Şekil 13:2006 yılı itibarı ile gönüllü karbon piyasalarında kullanılan standartlar.



Kaynak: Arıkan, Yunus, Gülçin Özsoy, "A'dan Z'ye İklim Değişikliği Başucu Rehberi Bölgesel Çevre Merkezi - REC Türkiye Raporu", Ankara, Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008, s 85.

Kyoto Protokol'ü bir süre TBMM tarafından yürürlüğe konmadığından ülkede yaratılan karbon kredileri ancak gönüllü piyasalarda işlem görebilmektedir. 2006 ve 2007 yılları süresince karbon salımını dengelemek isteyen kurum ve kuruluşlardan Türkiye gibi Kyoto Protokolü'ne dahil olmayan ülkelerde yaratılan karbon kredilerine olan ilgi çok belirgin şekilde artmıştır. 2006 pek çok yeni oyuncunun bu piyasalara girdiği bir yıl olmuştur. 2002 yılından beri piyasadaki oyuncu sayısı % 200 artmıştır.

Gönüllü karbon piyasası genelde sera gazı salımlarını dengelemek isteyen ama bu konuda bağlayıcı herhangi bir denetime tabi olmayan firmalar, şahıslar ve kurumlar tarafından oluşturulmuştur. Havacılık, otomotiv, bilişim, finans vb. sektörlerde faaliyet gösteren şirketler ve ya da çeşitli organizasyonlar (G8 Zirvesi, 2006 Dünya Kupası) bu kredilerin başlıca alıcıları arasındadır. Gönüllü karbon piyasasında süreçler Kyoto Protokolü kapsamında zorunlu olarak uygulanan

esneklik düzeneklerine göre daha karmaşıktır. Karbon ticareti farklı şekillerde gerçekleştirilebilir, bundan dolayı karbon salım azaltımı daha esnek ve yeni biçimlerde sağlanabilir. Devletin belirlediği politikalar ve hedeflerden bağımsız olarak geliştirilebilir.

Gönüllük esasına dayalı olması nedeniyle bu piyasalar çok dar olmakla beraber birçok araştırma bu pazarın hızla büyüdüğünü göstermektedir. Birçok analist gönüllü piyasaların çok önemli hale geleceğini öngörmektedir. ICF Consulting tarafından hazırlanan bir rapor, 2005 yılında 10-25 milyon ton CO2 olan pazar büyüklüğünün 2010 yılında 400 milyon tona çıkacağını bildirmektedir. Michael Molitorof Climate Wedge raporuna göre ise pazar üç yıl içinde 500 milyon ton büyüklüğe ulaşacaktır. Bu öngörülere paralel olarak, 2008 Mayıs ayında yayımlanan yeni bir rapor gönüllü piyasalarda gözlemlenen bazı çarpıcı trendlere dikkat çekmiştir (Ecosistym,2008:23).

2.7.5. Türkiye’de Karbon Piyasaları

Türkiye’nin 2004 yılında BMİDÇS’ye katılmasının ardından, doğal olarak, Türkiye’nin Kyoto Protokolü ve bu kapsamda gelişen karbon piyasalarındaki konumu da gerek ulusal gerekse uluslararası çevrelerce dikkatle izlenmeye başlanmıştır. Kamu kurumlarının mevcut durum belirlenmesi çalışmalarına odaklandığı 2005-2007 döneminde, özel sektör de karbon kredilerinin kullanımına yönelik çeşitli girişimlerde bulunmaya başlamıştır. Bu dönemin ilk aşamalarında, özel sektörde, Türkiye’nin gelişmekte olan ülke konumundan hareketle, benzer konumdaki ülkelerde çok yoğun bir gelişme gösteren CDM projelerine ev sahipliği yapabileceği yönünde beklenti ve girişimler oluştu. Ancak çok kısa bir sürede, Türkiye’nin, BMİDÇS kapsamında Ek-I Listesinde yer alması nedeniyle CDM Projelerine ev sahibi olamayacağı, Kyoto Protokolü kapsamında da Ek-B Listesi’nde yer almaması nedeniyle de JI projelerine ev sahipliği yapamayacağı ve Salım Ticareti kapsamına giremeyeceği ortaya çıktı. Bu bilgilenmeler ışığında Türkiye’nin karbon piyasaların dışında kalacağı beklentisi yaygınlaşırken, 2006 yılından itibaren tüm dünyada yaygınlaşmaya başlayan gönüllü karbon ticaretinin Türkiye için de bir seçenek oluşturabileceğine dair öneri ve girişimler yoğunlaşmaya başladı.

İlk uygulamalar kapsamında, Türkiye'den satışa sunulan karbon kredilerinin, Türkiye'nin Kyoto Protokolü karşısındaki konumunu riske atabilecek çeşitli fiili durumlar yaratılabileceği yönündeki çekinceler nedeniyle, bir belirsizlik süreci yaşanmıştır. Ancak, gerek karbon ticaretinde ağırlıklı olarak Kyoto Protokolü Ek-B listesi dışındaki ülkelerin yer aldığı ortaya çıkması ve uygulamalarda 2012 sonrasına yönelik bu bilginin, kamuoyuyla da çeşitli araçlar kullanılarak paylaşılması, Türkiye'de gönüllü karbon piyasasının, özellikle 2007 yılının ikinci yarısından itibaren hızla büyüdüğü gözlemlenmiştir. Türkiye'de gönüllü karbon ticaretini oluşturmadaki asıl hedef, karbon salımlarının azaltılması için önemli bir girişimde bulunmak olmalıdır. Türkiye'nin şu anki koşullarında bu talebin oluşması için bütün koşullar vardır. Gönüllü karbon ticareti, hiç kuşkusuz uluslararası boyutlarda oluşturulan zorunlu mekanizmaların yürütülmesine alternatif olamaz. Ancak Türkiye'de sera gazı salınımlarının azaltılmasında gönüllü karbon ticareti uygulamaları, yakın gelecekte, yeni enerji ve çevre politikalarının tanımlanmasına ve kurgulanmasına zemin sağlayacaktır.

Türkiye'de gönüllü karbon piyasalarının genişlemesi, aşağıda listelenen olumlu sonuçlara yol açabilir;

- Çevre yönetimine yepyeni bir açılım getirerek, sürdürülebilir kalkınmanın daha etkin uygulanmasının önü açılabilir;
- İşletmelerde enerji ve hammadde tasarrufunu sağlayarak rekabet ve verimliliği güçlendirebilir;
- Özellikle yenilenebilir enerji, enerji verimliliği, atık yönetimi gibi konularda kurumsal sosyal sorumluluk projelerinin daha da genişleyebilir;
- Kyoto Protokolü'nün 2012 sonrasındaki dönemindeki Esneklik Düzenekleri (JI/CDM) Projelerinde ev sahibi olarak yer alabilmesi için teknik altyapının oluşturulmasına katkı sağlanabilir.

Türkiye, Kyoto Protokolüne taraf olmadığından, protokolün piyasa mekanizmalarına (CDM, JI) ev sahipliği yapamamaktadır. Fakat 2006 yılından itibaren gönüllü karbon piyasasına, sera gazı salım azaltım projeleri ile yer alan Türkiye'de ilk kez Futurecamp GMBH adlı danışman şirket tarafından sera gazı salım azaltım projesi olarak hazırlanan 30 MW kurulu gücündeki Bandırma Rüzgar Enerjisi Santrali

(BARES) yıllık 72.000 ton CO₂'e azaltımı sağlamıştır. Bu projenin hazırlanmasından sonra Türkiye piyasasında enerji yatırımlarının gönüllü karbon piyasasından yararlanmak için hızla proje hazırlandığı görülmektedir. Aşağıdaki tablo 15'de 2005-2008 yılları arasında Türkiye'de gönüllü karbon ticaretinin dönüm noktaları özetlenmiştir.

Tablo 14: 2005-2008 döneminde Türkiye’de gönüllü karbon ticaretinin dönüm noktaları.

Tarih	Olay
2005 Şubat	Boğaziçi Üniversitesi tarafından gerçekleştirilen CDM çalıştayında 6 proje önerisi geliştirildi, ancak Türkiye'nin konumu nedeniyle bu projeler CDM kapsamına alınmadı.
2005 Temmuz	Bilgin Elektrik (BARES), Çevre ve Orman Bakanlığı ve REC Türkiye'ye konu ile ilgili olarak başvurdu. (REC Türkiye yetki dışı olması nedeniyle firmayı Bakanlığa yönlendirdi)
2006 Temmuz	BARES Çevre ve Orman Bakanlığı'ndan destek mektubu aldı. (indicative statement of interest) Konu REC Türkiye tarafından İDKK COP12 Hazırlık çalışmaları gündemine taşındı.
2006 Aralık	REC Türkiye, COP12 kapsamında Bali'de Futurecamp, Pioneer Carbon ve Gold Standard yetkilileri ile görüştü. CNBC-E Dergisinde BARES Projesi "Havadan para kazanma dönemi" kapak haberiyle "kurumsal sosyal sorumluluk" kapsamında hayata geçirildiği açıklandı.
2007 Ocak	Sebenoba ve Karakurt TÜV tarafından uluslararası kamuoyuna "Türkiye'de JI Projeleri" olarak duyuruldu, REC Türkiye'nin müdahaleleriyle projelerin tanımlamaları "Gönüllü Karbon Projeleri" olarak değiştirildi.
2007 Haziran	REC Türkiye, konuyla ilgili ilk kamuoyu bilinçlendirme etkinliğini ÇET'07 kapsamında Kocaeli'nde düzenledi. One Carbon, Futurecamp, Pioneer Carbon, Eco Securities ve İSTAÇ firmaları panele katıldı.
2007 Haziran	TSE, ISO14064 standardını Türk standardı olarak kabul etti.

2007 Eylül	Türkiye’de uygulanan ve Gold Standard sürecine başvuran projelerin PDD belgeleri ve Türkçe tanıtımları ilk defa bir Türkçe web sayfasından (www.iklimlerdegisiyor.info) Türkçe ve İngilizce olarak duyuruldu.
2007 Kasım	REC Türkiye tarafından düzenlenen çalıştayda, Türkiye’de ilk defa kamu kuruluşları, proje sahipleri ve karbon danışmanlık firmaları biraraya gelerek katılımcı yöntemlerle süreci tartışıp görüş ve önerilerini paylaştılar.
2008	Mare, Anemon ve Sayalar, Türkiye’nin ve dünyanın ilk Gold Standard tescilli gönüllü karbon projeleri olarak kayıtlara geçti.

Kaynak: Arıkan, Yunus, Gülçin Özsoy, "A'dan Z'ye İklim Değişikliği Başucu Rehberi Bölgesel Çevre Merkezi - REC Türkiye Raporu", Ankara, Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008, s 87.

2007 yılı itibarı ile Türkiye’de gönüllü karbon ticareti çalışmalarını doğrudan izleyen, derleyen ve yönlendiren kurumsal bir odak noktası bulunmamaktadır. Bu nedenle çeşitli platformlarda yürütülen çalışmalara ait bilgilerin tek bir elde toplanmasında sıkıntılar yaşanmaktadır. Karbon finansmanında en önemli nokta projeye gelecek karbon finansmanı gelirlerinin projenin uygulamaya geçmesinde hayati rol oynadığını ispat etmektir. Bu kavram karbon finansmanı uygulamasında "additionality" olarak tanımlanır. Bu nedenle karbon finansmanı fikrinin projenin finansman arayışı aşamasında oluşması gereklidir. Aksi takdirde proje inşaat ve uygulama aşamasında iken karbon finansmanının projede hayati rol oynadığını iddia etmek çok zorlaşmaktadır.

2.7.6. Türkiye’de Karbon Ticaretinin Geleceği

Diğer ülkelerden farklı olarak, Türkiye’de oluşturulacak gönüllü karbon piyasasında kamunun rolü daha da etkinleştirilmelidir. Tüm sektörlerde ve firmalarda karbon ayak izi hesaplamalarının gerçekleştirilmesi planlanmalıdır. Tüm firmaların, karbon yönetimi ilkelerini, hem çevre yönetiminin bir parçası hem de işletme verimliliği ve rekabetinin artırılmasının bir aracı olarak uygulamaya sokması desteklenmelidir. Firmalar için çevre yönetiminde yeni bir açılım getirerek, sürdürülebilir kalkınmanın daha etkin uygulanmasının yolu açılabilir.

Karbon etkinliklerinde vergi muafiyeti, dengeleme projelerine mali destek, çevresel vergilerden kısmen muafiyet gibi mali destekler sağlanabilir.

Sürece girecek projelerin salım azaltımı için bir alt sınır belirlenebilir.

Yerli firma ve kuruluşların karbon talebini destekleyecek ve yönetecek ulusal bir piyasa oluşturulması halinde, yabancıların bu piyasadaki rolleri ve katkıları belirlenmelidir.

Gönüllü karbon ticaretinde satışlarla ilgili bilgilendirme amacıyla temel aktörlerin katılımıyla basit ve verimli bir kurumsal çerçevenin oluşturulması sağlanmalıdır.

III. BÖLÜM

3. KURAKLIK

3.1. Kuraklık

Kuraklık, Türkiye’de en zararlı ve en az anlaşılan doğal afetlerden birisidir. İklimin doğal bir parçasıdır, fakat rastgele ve seyrek bir şekilde oluştuğu düşünülür. Bazen tek bir mevsim sürse ve sadece küçük bir alanı etkilese de, eski iklim kayıtları kuraklığın bazen yıllarca devam ettiğini ve kilometrelerce kare alanı etkileyebildiğini göstermektedir.

Literatürde kuraklığın tek bir tanımı yoktur. Kuraklığın tanımı her disiplin için farklıdır. En basit ve genel anlamda kuraklık, arz ve talep ilişkisinde su sıkıntısıdır. Meteorolojik ölçümler, diğer bir deyişle yağışların azlığı kuraklığın ilk işaretidir. Tarımsal kuraklık meteorolojik kuraklıktan sonra oluşur. Böylece tarım kuraklık tarafından etkilenen ilk ekonomik sektör olur. Yağışların akışa geçerek nehir ve göllerin su seviyeleri etkilemesi belli bir zaman alır. Bu nedenle hidrolojik gözlemler kuraklığın ilk işaretlerinden sayılamaz. İçme ve kullanma su sıkıntıları ile birlikte tarımsal ve hidrolojik kuraklığın sonuçları zamanla sosyo-ekonomik kuraklık olarak kendini gösterir.

Kuraklık, eğer izlenebilirse etkileri en aza indirilebilir. Ülkemiz dünya üzerinde yarı kurak bir bölgede yer almaktadır. Bu durum kuraklığın farklı dönemlerde büyük felaketlerle karşımıza çıkacağını göstermektedir.

1860’lı yıllardan beri insanoğlu kömür ve yağları kullanmaya başladığında yeryüzündeki karbondioksit oranı %30 ve ortalama küresel sıcaklık 0.6 derece yükselmiştir. Bu şekilden görüleceği üzere, yerküre bir ısınma evresine girmiştir. Bu ısınmanın, ülkemizin yer aldığı enlemler diliminde kış aylarında daha çok kar ve buzulun erimesi sonucu taşkınlara, yaz aylarında ise kuraklığa yol açacağı beklenebilir (Baykan, 1994:392).

3.2. Kuraklık Çeşitleri

3.2.1. Meteorolojik Kuraklık;

Belirli bir dönemin ortalamasına göre yağış miktarının az olması, ya da belirli bir zaman periyoduna ait normallerden meydana gelen sapma olarak tanımlanır. Bu tanımlamalar genellikle bölgeseldir ve bölgenin klimatolojisinin tam olarak anlaşılması temeline dayanır. Normal olarak meteorolojik ölçümler kuraklığı ifade etmede başta gelen göstergelerdir. Kuraklık periyodları genellikle, belirlene eşik değerlerinin altında yağışlı olan günlerin sayısı olarak da tanımlanır.

Öte yandan, meteorolojik kuraklığın tanımı farklı iklim bölgeleri ve farklı su kaynakları için de değişiklikler gösterir. Örneğin, Suudi Arabistan'ın bazı bölgelerinde yağışsız geçen 2 yıldan daha fazla süre, Bali'de yağmursuz geçen 6 gün veya daha fazla süre, Libya'da yıllık toplam yağışın 180 mm'den düşük olması, ABD'de 48 saat içinde 2.5 mm'den daha az yağış ölçülmesi, İngiltere'de ise günlük toplam yağış miktarı 0.25 mm'den düşük olan 15 ardışık gün kuraklık olarak ifade edilir. Türküye için böyle bir tanımı vermek mümkün değildir, çünkü böyle bir tanımı yapıp kuraklık var demek ile resmen görevli veya sorumlu bir kurum ya da kuruluş Türkiye'de mevcut değildir. Bununla birlikte 400 mm ve daha düşük yıllık yağış miktarına sahip olan bölgeler ülkemizde kurak bölgeler olarak bilinir.

Meteorolojik kuraklığın nedeni belli bir zaman dilimi içinde yeterli miktarda ya da hiç yağmur yağmamasıdır.

3.2.2. Tarımsal Kuraklık;

Toprakta bitkinin ihtiyacını karşılayacak miktarda suyun bulunmaması olarak tarif edilebilir. Yetiştirilen bitki için toprakta tutulan elverişli su miktarına da toprak nemi denir. Bitkiler gelişme dönemlerinde farklı miktarlarda suya ihtiyaç duyar. Böylece tarımsal kuraklık bitkinin kök bölgesinde, büyüyüp genişlemesi için yeterli nem bulunmaması durumu olarak da ifade edilir. Büyüme periyodu boyunca, belirli bir bitkinin suya ihtiyaç duyduğu belirli bir kritik döneminde yeterli toprak nemi olmadığı zaman tarımsal kuraklık meydana gelir. Tarımsal kuraklık meteorolojik kuraklıktan sonra ve hidrolojik kuraklıktan önce ortaya çıkan tipik bir durumdur.

Kuraklık zamanla (yağış mevsiminin başlamasında gecikmeler, ürün büyüme mevsimi – yağış zamanının ilişkisi) ve yağışların tesirleri (yağış şiddeti, yağışlı gün sayısı) ile ilişkilidir. Yüksek sıcaklık, şiddetli rüzgar ve düşük nem miktarı gibi diğer değişkenler de birçok bölgede kuraklıkta etkili olur.

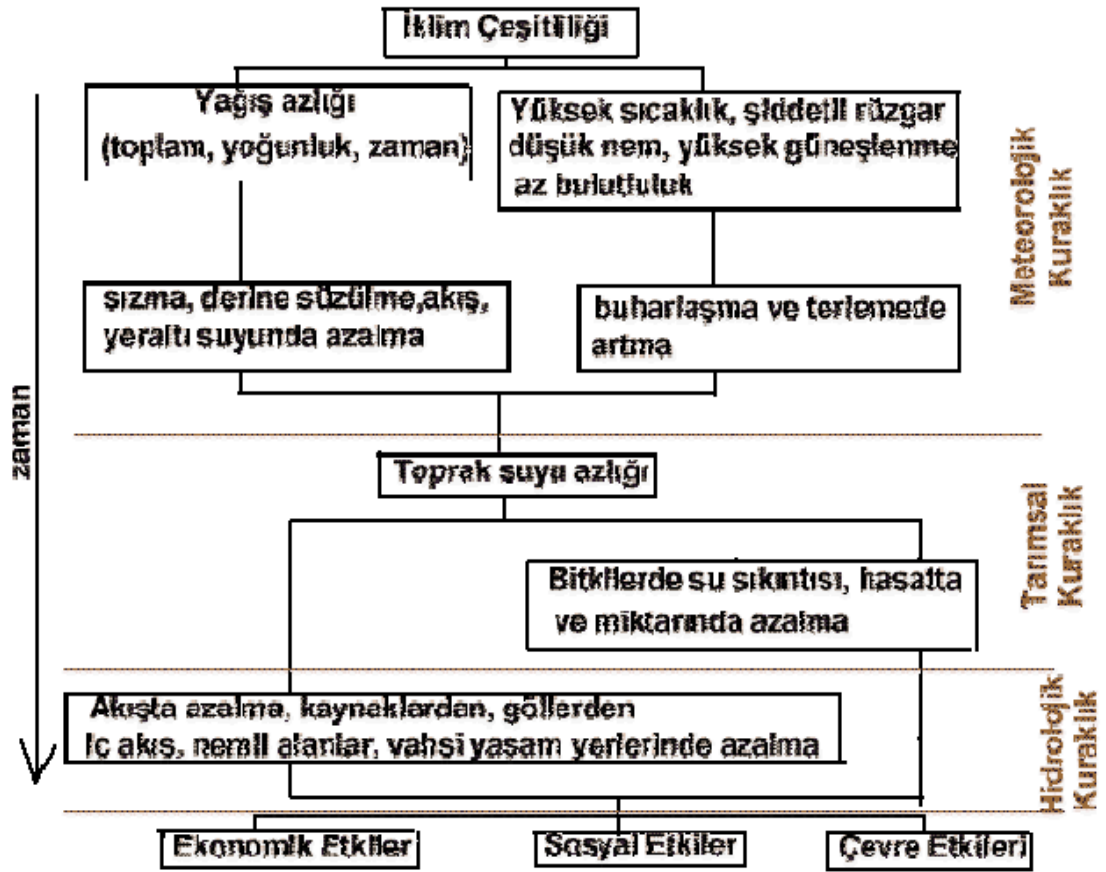
3.2.3. Hidrolojik Kuraklık;

Nehir, göl ve yer altı su kaynaklarında azalan su miktarı olarak tarif edilir. Hidrolojik kuraklık, uzun süre devam eden yağış eksikliği neticesinde ortaya çıkan yeryüzü ve yer altı sularındaki azalma ve eksikliklerini ifade eder. Bu nedenle kuraklık, su kaynaklarının (yağışlar, yer altı ve yüzey suları) beklenen normal seviyelerin ve ortalamaların altında kalması olarak da tanımlanabiliyor. Nehir akım ölçümleri ve göl, rezervuarlardaki su seviyesi ölçümleri ile takip edilebilir. Yağmur eksikliği ile akarsu, dere ve rezervuarlardaki su eksikliği arasında bir zaman aralığı olduğundan dolayı hidrolojik ölçümler kuraklığın ilk göstergelerinden değildir. Meteorolojik kuraklık sona erdikten uzun bir süre sonra dahi hidrolojik kuraklık varlığını sürdürebilir.

3.2.4. Sosyo-ekonomik Kuraklık;

Toplumun üretim ve tüketim faaliyetlerini etkileyen su eksikliğidir. Kuraklığın sosyo-ekonomik tanımı meteorolojik, hidrolik ve tarımsal kuraklıkla bağlantılı bazı ekonomik ürünlerin arz ve talebiyle etkilidir. Sosyo-ekonomik kuraklık diğer kuraklık tiplerinden farklı bir durum arz eder. Çünkü bu kuraklık yer ve zamana bağlı olarak ortaya çıkar. Su, gıda, balık ve hidroelektrik santralleri gibi birçok ekonomik ürünün temini hava şartlarına bağlıdır. İklimin doğal değişkenliği nedeniyle bazı yıllar su kaynakları yeterli olsa da sonraki yıllarda bu su kaynakları gerek insanların ve gerekse çevrenin ihtiyaçlarını karşılamaktan uzak olabilmektedir. Sosyo-ekonomik kuraklık yağışlardaki azalmanın sonucu olarak gelişen ve üretim ihtiyacı karşılayamadığı durumlarda ortaya çıkar.

Şekil 14: Kuraklık Çeşitleri.



Kaynak: Anonim, "Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler ve Meteorolojik Önlemler", *Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler Raporu*, Meteoroloji Mühendisleri Odası, Ankara 1999, s 18.

Yukarıdaki şekil 14'de kuraklık çeşitleri ve bunların birbirleriyle ilişkisi şematik olarak gösterilmiştir.

3.3. Kuraklık İndisleri;

Kurak alanlar, kuraklığın yayılımı, kurak devreler ve tekrarlama oranı gibi özellikler, günlük, aylık, ve yıllık iklim elemanlarını ve uzun süreli normalleri (ortalamaları) içeren çeşitli ilişkiler kullanılarak saptanabilir. Kuraklık probleminin çok karmaşık olduğu yerlerde, yalnızca meteorolojik / klimatonik elemanları içeren indislerin kullanımına, genellikle karşı çıkmaktadır. Bu görüşlere göre, böyle

alanlarda ilgili tüm fiziksel ve biyolojik etmenleri tek başına tümüyle hesaba katabilecek bir indis bulunmamaktadır. (Gbeckor, 1989:68).

Su varlığının tanımlanmasıyla ya da gösterilmesiyle ilgili birçok etmen bulunmasına rağmen, su potansiyelini, bitkilerin su gereksinimlerini ve kuraklığı değerlendirmek için en kullanışlı gösterge yağıştır. Yağış zaman ve alan ile süreklilik göstermediği için istatistiksel değerlendirmesi çok karmaşık bir iklim elemanıdır.

Kuraklıkların alansal ve zamansal özelliklerini saptamak amacıyla kullanılan indisler, yağış gibi tek bir meteorolojik parametrenin kullanımından birçok değişkeni içeren kompleks yöntemlerin kullanımına kadar uzanmaktadır (Palmer, 1968:159).

Günümüzde en doğru, ayrıntılı ve yeterli kuraklık indislerinin esas olarak su kaynağı ve bir sistemin su isteği arasındaki dengeyi tanımlayan su dengesi eşitliğinden türetilenler olduğu konusunda yaygın bir düşünce bulunmaktadır (Ogallo, 1989:4).

Bitki – toprak ortamı için kullanılan örnek bir su dengesi eşitliği aşağıda verilmiştir.

$$P = Q + V + E + B + W$$

Burada, P yağış, Q akışa geçen su, V derine sızma, E buharlaşma – terleme, W toprak su içeriğindeki değişim ve B bitki içindeki su birikimidir. Şiddetli kurak devreler için P, Q ve V sıfıra yakındır ve W, B ve E arasındaki denge kuraklık olayının şiddetini verir. Haftalık toprak nemi koşullarını değerlendirmek için kullanılabilen Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi su dengesi eşitliğine iyi bir örnektir. Bu indis ayların sayısı, beslenme faktörü (mm), kayıp ve su denge faktörüne bağlıdır. Ancak burada belirtmek gerekir ki, en gerçekçi kuraklık olasılık indisleri su dengesi modellerinden türetilenler oldukları halde, genelde buna benzer yöntemlerin bir çok yerde kullanımını sınırlayan sorunlar bulunmaktadır. Bunlar modeli oluşturan parametrelerin doğru hesaplanmasıyla ya da sağlanmasıyla ilişkili güçlükleri içermektedir. Ayrıca yağış gözlem ağıyla karşılaştırıldığında, su dengesi modellerine giren bazı parametrelerin gözlem ağı sıklığı yeryüzünün birçok alanında oldukça yetersizdir (WMO, 1983:64).

Meteorolojik kuraklığı gösterebilmek amacıyla elde edilmesi kolay olduğu için en yaygın olarak kullanılan yağış istatistiği ortalamalar ya da normallerdir. Ancak, ortalamalar yağış dizilerindeki önemli farklılıkları değerlendirmek bakımından uygun bir istatistik değildir. Çok yıllık yağış toplamlarının dağılımı, normalden önemli bir fark göstermeyebilir, ama aylık ya da günlük toplamlar, normal dağılımdan belirgin ayrılıklar gösterir. Günlük, aylık ve hatta yıllık yağış toplamlarının kare köklerinin hemen hemen normal dağıldığını göstermiştir (Gibbs, Mahler, 1967:48).

3.3.1.Normalin Yüzdeleri İndeksi

Normal yağış yüzdesi (NYY), bir yer için yağışın en basit ölçülerinden biridir. Tek bir bölge veya mevsim için kullanıldığında normalin yüzdesi analizi oldukça etkindir. Ancak kolaylıkla yanlış anlaşılabilir ve yer ile mevsime bağlı olan şartları farklı gösterebilir. Aktüel yağışın normal yağışa (genellikle 30 yıllık ortalama göz önüne alınır) bölümüyle hesaplanır ve %100 ile çarpılır. Belirli bir yer için normal yağış %100 kabul edilir.

Normal yağış yüzdesinin kullanılmasındaki dezavantajlarından biri ortalama yağışın, uzun süreli iklim kayıtlarında oluşan yağışın %50 si tarafından değer olan medyan yağışı değeri ile genelde aynı olmamasıdır. Bunun sebebi aylık veya mevsimlik ölçekteki yağışların dağılımının normal olmamasıdır. Normalin yüzdesi yönteminin kullanılması ile ortalama ve medyanın aynı olduğu yani verinin normal dağılıma uyduğu kabul edilmektedir.

3.3.2.Kuyruk Yöntemi

Kuyruk (Decile) aylık yağış verilerinin kuyruk şeklinde düzenlenmesi ile elde edilen bir kuraklık takip tekniğidir. Gibbs ve Maher (1967) tarafından normalin yüzdesi yaklaşımının bazı zayıflıklarından kaçınmak için geliştirilmiştir. Geliştirdikleri teknikte uzun süreli yağış kayıtlarından oluşan dağılım her %10 için bölümlere ayrılarak, her bir kategori kuyruk olarak adlandırılır. Birinci kuyruk oluşan yağışın en düşük %10 u tarafından aşılamayan yağış miktarıdır. İkinci kuyruk oluşan yağışın en düşük %20 si tarafından aşılamayan yağış miktarıdır. Bu kuyruklar uzun süreli yağış

kayıtları içinde en büyük yağış miktarının onuncu kuyruk tarafından belirlendiği yağış miktarına kadar devam eder. Bu tanımlamaya göre beşinci kuyruk medyandır ve kayıt periyodu boyunca oluşan yağışın %50 si tarafından aşılmayan yağış miktarıdır. Kuyruklar aşağıda gösterilen beş sınıfta toplanır.

Ondalık	yüzde miktar	sınıf
1-2	%20 nin çok altında	normalin çok altı
3-4	%20 ye yakın	normalin altında
5-6	%20 civarında	normale yakın
7-8	%20 nin üstünde	normal üstü
9-10	%20 nin çok üstü	normalin çok üstü

Kuyruk metodu, Avustralya kuraklık gözlem sisteminde kuraklığın meteorolojik ölçüsü olarak seçilmiştir. Çünkü hesaplanması göreceli olarak daha basittir, daha az veri çeşidine ve Palmer Kuraklık Şiddeti İndisine göre daha az kabule ihtiyaç duyar (Smith, Huntchinson, McArthur, 1993:11). Yağış normalinin yüzdesine dayandırılan sisteme benzemeyen kuraklık sınıflandırılmasındaki bu tekdüzelik, uygun kuraklık cevabının belirlenmesinde Avustralyalı yetkililere yardım etmektedir. Kuyruk analizinin dezavantajı, kuyrukların doğru hesaplanabilmesi için uzun klimatolojik kayıtlara ihtiyaç duyulmasıdır.

3.3.3.Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi

Kuraklık veya yağış yetersizliğinin varlığını ve şiddetini ortaya koyan yöntemler belli esaslara dayandırılmaktadır. Bu amaçla geliştirilen kuraklık indisi veya yağış etkinliği formüllerinden biri pek çok ülkede yaygın olarak kullanılan Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksidir. Uzun dönemli kuraklıkların saptanmasında oldukça etkili olan bu yöntem nispi kuraklık ve yağış koşullarını ifade etmek amacıyla farklı bölgelere uygulanabilmektedir.

Palmer Kuraklık Şiddeti İndisinin (PKŞİ) uygulanması meteorolojik açıdan olağan dışı durumların değerlendirilmesi için genel bir yönlendirme sağlamanın yanı sıra, kuraklık şiddetinin niceliği ve atmosferdeki dağılımı hakkında fikir sahibi olmamıza olanak sağlar. Sözü edilen yöntemin yönetime, bölgenin anormal hava olayları hakkında fikir verme, geçmişteki hava olaylarından yola çıkarak şimdiki durum için tahminde bulunabilme ve geçmiş dönemlerde yaşanan kuraklıkları yersel ve geçici olarak belirleyebilme gibi özelliklere sahip olmasından dolayı, özellikle Amerika ve Kanada da kabul gören geniş uygulamalarla hem yararlı bir kuraklık gözlem aracı hem de itibar edilecek bir yöntem olduğu ortaya konulmuştur (Alley, 1984:1107).

Palmer yerel olarak yağış eksikliklerini içeren toprak nemindeki gidişlerin değişimini ölçmek için bu indisi geliştirmiştir. İndis su dengesi eşitliğinden arz-talep yaklaşımına dayandırılmıştır. PKŞİ 'nin amacı standartlaştırılmış nem şartlarının ölçümlerini sağlamak için alanlar ve aylar arasında karşılaştırma yapabilmektir. PKŞİ bir meteorolojik kuraklık indisidir ve anormal kuru veya ıslak hava şartlarına cevap verir. PKŞİ yağış, akış, sıcaklık, buharlaşma, terleme verileri gibi birçok değişkenle hesap edilir ve alansal olarak toprağın uygun su içeriğini yani toprak nemini içine alır. Girdilerden su denge eşitliğinin buharlaşma, toprak nemi, akış ve yüzeyden olan nem kayıpları gibi temel terimleri belirlenebilir. Ancak su dengesi üzerindeki insan etkileri, sulama gibi PŞKİ inde düşünülmemiştir (Alley, 1984:1104).

Palmer kuraklığın süresini incelemek için de PKŞİ 'yi geliştirdi. Bu yaklaşımda uzun dönem kuraklık ortalamalarında bulunan anormal ıslak ayın indise etkisi büyük olmamalıdır. Bir kuraklık serisinde normale yakın yağışların bulunduğu yerde kuraklık aşılmıştır anlamı çıkarılmamalıdır. Bu yüzden Palmer kuraklığın veya sulak dönemin başlaması ve bitmesini belirlemek için bir tablo halinde kriterler geliştirmiştir. Aşağıdaki tablo 16'da bu kriterler açıklanmıştır.

Tablo 15: Sulak ve kurak periyodlar için Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi sınıflandırılması.

Sınıf aralığı	sulak ve kurak şartlar
4 veya daha fazla	uç sulak
3.0 – 3.99	çok sulak
2.0 – 2.99	orta sulak
1.0 – 1.99	oldukça sulak
0.50 – 0.99	az sulak
0.49 – (0.49)	normale yakın
(0.50) – (0.99)	az kurak
(1.00) – (1.99)	hafif kurak
(2.00) – (2.99)	orta kurak
(3.00) – (3.99)	şiddetli kurak
(4) ve daha küçük	ekstrem kurak

Kaynak: Palmer, W.C., *Keeping Track of Crop Moisture Conditions, Nationwide: The New Crop Moisture Index*, Weatherwise 1968, s 45.

Son zamanlarda PKŞİ artık meteorolojik indis değil de hidrolojik indis olarak Palmer Kuraklık İndisi olarak tanımlanır, çünkü nem, yağış, akış, ve depolamayı da hesaba katar. Modellenen PKŞİ kurak ve sulaklık arasındaki geçiş dönemlerinde farklılıklar gösterir. PKŞİ 'yi hesaplamak için modeller geliştirilmiştir. Palmer indisleri arasındaki benzerliklerden, Palmer indis ve Palmer kuraklık indis terimleri indislerin genel karakterlerini tanımlamak için kullanılır. Palmer indis kabaca -6 ve +6 arasında nem şartlarının ölçөгünü sınıflamak için seçilir.

PKŞİ' nin hesaplanmasındaki ilk adım, uzun süreli aylık yağış ve sıcaklık verilerini girdi olarak kullanarak iklimsel su dengesinin saptanmasıdır. Palmer toprağı keyfi iki tabakaya ayırarak, nem biriktirme yapısını tanımlamaya yarayan amprik bir yaklaşım kullanmaktadır. Yüzeysel toprak olarak adlandırılan üst tabaka neminin 25 mm olduğunu kabul etmektedir. Bu tabaka yağmurun düştüğü ve buharlaşmanın olduğu tabakadır. Üst tabakadaki buharlaşma kaybının potansiyel düzeyde olduğu varsayılmaktadır. Yüzeysel tabakadaki nem sürekli olarak doymun kaldığı ya da tümüyle buharlaştığı sürece alt tabakada herhangi bir değişiklik

olmamaktadır. Su gereksinmesinin karşılanması için sırasıyla önce potansiyel evapotranspirasyonun (PE) gerçekleşmesi, sonrada toprağın doymuş hale gelmesi ve ancak daha sonra yüzeysel akışın oluşması gerekmektedir (Alley,1984:376).

Palmer yönteminde Thornthwaite ile hesaplanan potansiyel evapotranspirasyonu dikkate alarak, akışın toprakta meydana gelen evaporasyon ve evapotranspirasyon kayıplarının aylık ortalamalarının potansiyel değerlerine olan oranlarından katsayılar türeterek bu katsayıları CAFEC yağışı türetilen bu yağışın gerçek yağıştan farkına göre bir dizi ampirik denklem kullanmakta ve kuraklığın şiddetini belirlemektedir.

Palmer kuraklık şiddeti indisinin aylık değerleri hesaplanmadan önce, su denge modelinin normal seviyelere yönelik kalibrasyonları yapılmıştır. Bu kalibrasyonda uzun süre gözlenmiş yağış ve sıcaklık değerleri, bölge için türetilmiş olan iklimsel parametreler ve katsayılar kullanılmıştır. Aşağıda verilen dört katsayı potansiyel dört terim olan PE, PR, PRO, ve PL kullanılarak hesaplanmıştır.

$$a_j = \frac{ET_j}{PE_j}, b_j = \frac{R_j}{PR_j}, c_j = \frac{RO_j}{PRO_j}, d_j = \frac{L_j}{PL_j}$$

Burada ET_j; j ayı için ortalama evapotranspirasyon, PE_j; j ayı için ortalama potansiyel evapotranspirasyon, R_j; j ayı için ortalama toprak su dolumu, RO_j; j ayı için ortalama akış, PRO_j; j ayı için ortalama potansiyel akış, L_j; j ayı için ortalama topraktan kaybolan su miktarı, PL_j; j ayı için topraktaki su miktarının potansiyel kaybının ortalamasıdır.

Türetilen katsayılar, ilgili aydaki normal hava için gerekli nem miktarını tanımlamaya yönelik olarak, zaman serilerini yeniden analiz etme amacıyla kullanılmışlardır. Özellikle (CAFEC) mevcut koşullar için iklimsel uygunluk değerleri hesaplanır.

$$P_j = (a_j * PE) + (b_j * PR) + (c_j * PRO) - (d_j * PL)$$

Olarak hesaplanır. Burada P_j; mevcut koşullar için CAFEC yağış değeridir. Her bir ay için, gerçek yağış ve CAFEC yağış arasındaki fark incelenen alan yada istasyonda söz konusu ay için su eksikliği ya da fazlalığının bir göstergesidir.

Haftalık Palmer indis değerleri her yıl bitki büyüme mevsimi esnasında iklim bölümünde hesaplanır ve haftalık hava – bitki bültenlerinde yayınlanır. Toprak nem

şartları için oldukça hassas ölçüm verdiği için tarımda yaygın bir biçimde kuraklık izleme aracı olarak da faydalanılmaktadır.

Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi Hesaplama Prosedürü

Palmer yukarıda da belirttiğimiz gibi hesaplamalarında su dengesini baz alır. PKŞİ ni hesaplamak için ilk yapılması gereken PE – potential evapotranspiration nun Thornthwaite metodu ile hesaplanmasıdır. Bu PE hesaplandıktan sonra;

PE > P ise;

$$L_s = \min[S_s, (PE - P)],$$

$$L_u = \frac{[(PE - P) - L_s]S_u}{AWC}, L_u \leq S_u,$$

P; bölgedeki aylık yağış miktarı

L_s; yüzeysel tabakadaki su kaybı

L_u; alt tabakadaki su kaybı

S_s; yüzeysel tabakada başlangıçta depolanan mevcut nem miktarı

S_u; alt tabakada başlangıçta depolanan mevcut nem miktarı

AWC; mevcut nem kapasitesi

Su dengesi Palmer a göre;

$$PR = AWC - (S_s + S_u)$$

$$PL = PL_s + PL_u$$

$$PL_s = \min(PE, S_s)$$

$$PL_u = \frac{(PE - PL_s)S_u}{AWC} \quad PL_u < S_u,$$

$$PRO = AWC - PR$$

Burada,

PR; potansiyel gelen akım miktarı

PL; potansiyel kayıp

PRO; potansiyel akış

$$a_j = \frac{\overline{ET}_j}{\overline{PE}_j}, \beta_j = \frac{\overline{R}_j}{\overline{PR}_j}, \gamma_j = \frac{\overline{R}_j}{\overline{PR}_j}, \delta_j = \frac{\overline{L}_j}{\overline{PL}_j}, j = 1, 2, 3, \dots, 12$$

Burada; ET; ortalama evapotranspirasyon, R; ortalama toprak su dolumu, RO; ortalama akış, L; ortalama topraktan kaybolan su miktarı.

CAFEC (climatically appropriate for existing conditions) iklime uygun mevcut şartlar;

$$\hat{d} = P - \hat{P}$$

Hesaplanır, daha sonra,

Moisture anomaly index Z (nem anormali indeksi)

$$Z = K_j d,$$

Burada K_j faktörünün ağırlığı,

$$K_j = \frac{17.67 \hat{K}_j}{\sum_{i=1}^{12} \overline{D}_i \overline{K}_i} \quad j = 1, 2, \dots, 12$$

ile bulunur.

D_j; her ay için d nin ortalamasıdır.

$$\hat{K}_j = 1.5 \log_{10} \left(\frac{T_j + 2.8}{D_j} \right) + 0.50,$$

$$T_j = \frac{\overline{PE}_j + \overline{R}_j + \overline{RO}_j}{\overline{P}_j + \overline{L}_j}$$

Burada T_j nin ölçüsünü bölgesel ve aylık nem talebi ve nem düzeyi oranı belirler.

Z nin ideali -4.0 ile +4.0 arasında olmasıdır.

Palmer ın kuraklık şiddeti için son tanımı;

$$X(i) = 0.897X(i - 1) + \frac{Z(i)}{3},$$

Burada X(i); PDSI nin i. Aydaki değeridir (Alley, 1984:115).

3.3.4.Yüzey Suyu Sağlama İndisi

Shafer ve Dezman (1982) tarafından geliştirilmiştir, Colorado eyaletindeki nem şartları için tanımlanmıştır. PKŞİ homojen bölgeler için toprak nemi şartlarına cevap verir. Bir bölgede geniş topografik değişimler için düzenlenmemiştir. Kar toplamı ve sonraki akış için hesap edilemez. Bu durumda Shafer ve Dezman yüzey su şartlarının göstergesi olarak SWSI nı (Surface Water Supply Index) tasarlamış ve dağ su bağımlılığı olarak indisi tanımlamıştır. Ayrıca, dağ kar yığınları da ana eleman olarak tanımlanır. SWSI nin amacı Colorado eyaletinde her bir ana nehir yatağı için hem hidrolojik hem de iklimsel özellikleri PKŞİ ne benzer basit değerler yansıtarak karşılaştırmaktır. SWSI için 4 girdi gerekir bunlar; kar yığını, akış, yağış ve su biriktirme haznesi depolamasıdır. SWSI mevsime bağlıdır. Ve kışın kar yığını, yağış ve su biriktirme haznesi depolamasını hesaplamaya yarar.

3.3.5.Ürün Nemi İndisi

Bu indise İngilizce de Crop Moisture Index (CMI) adı verilir. CMI bitki şartlarının haftadan haftaya izlenmesini sağlayan meteorolojik bir indistir. Palmer tarafından 1968 de PKŞİ nin hesaplama usulünden geliştirilmiştir. PKŞİ uzun dönem meteorolojik sulak ve kurak gidişlerin izlenmesi, CMI ise kısa dönem bitki gelişimine karşı gelen kısa dönem nem şartlarını belirlemek için düzenlenmiştir.

3.3.6. Standart Yağış İndisi

McKee ve diğ. (1993) SYİ nin kuraklığı tanımlamak ve izlemek amacıyla geliştirdiler. SYİ ile araştırmacılar yağış verisi kayıtlarından dünyanın herhangi bir yerinde belirli bir zaman ölçeğinde kurak veya sulak olaylardaki anormallikleri belirleyebilirler.

Thom (1958) iklimsel yağış serisini en iyi temsil eden ve tam üzerine yerleşen dağılımın Gamma dağılımı olduğunu bulmuştur. Gamma dağılımı olasılık yoğunluk fonksiyonu ile tanımlanır.

$$g(x) = \frac{1}{\beta^a \tau(a)} x^{a-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad x > 0 \quad \text{için,}$$

$$a > 0, \quad a \text{ şekil parametresi}$$

$$\beta > 0, \quad \beta \text{ ölçek parametresi}$$

$$x > 0, \quad x \text{ yağış miktarı}$$

$$\tau(a) = \int_0^{\infty} y^{a-1} e^{-y} dy$$

Burada $\tau(a)$ Gamma fonksiyonudur.

SYİ bir istasyon için yağış toplamlarının verilmiş olan frekans dağılımına Gamma olasılık yoğunluk fonksiyonu uydurulmasını içerir. Gamma ihtimal yoğunluk fonksiyonunun alfa ve beta parametreleri ilgilenilen her istasyon ve zaman ölçeği (3, 12, 48 aylık v.b. yılın her ayı) tahmin edilir. Thom (1966) tarafından verilen maksimum olasılık çözümleri optimum alfa ve beta tahmininde kullanılır.

$$\hat{a} = \frac{1}{4A(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}})}$$

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{a}}$$

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n}$$

n = yağış gözlemlerinin sayısıdır. Sonuç parametreleri bir istasyonda verilmiş olan ay veya diğer zaman ölçekleri için gözlenen yağışın kümülatif olasılık dağılım fonksiyonunu bulmak amacıyla kullanılır.

$$G(x) = \int_0^x g(x)dx = \frac{1}{\beta^a \tau(a)} \int_0^x x^{a-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx$$

$t = \frac{x}{\beta}$ olduğunda, bu eşitlik eksik gamma fonksiyonunu oluşturur:

$$G(x) = \frac{1}{\tau(a)} \int_0^x t^a e^{-t} dt$$

Gamma fonksiyonu $x=0$ için tanımsız olur ve yağış dağılımı sıfır değerleri içerebilir,

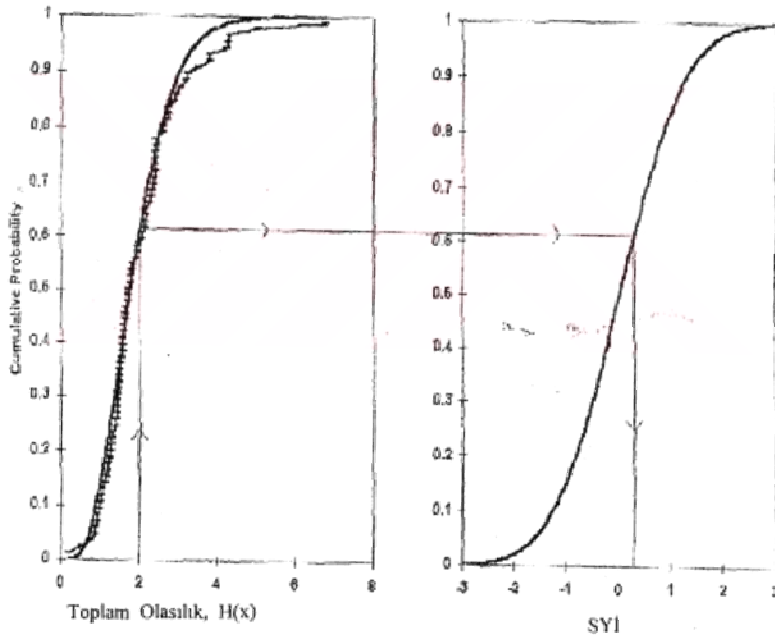
toplam olasılık dağılımı şöyle oluşur;

$$H(x) = q + (1 - q)G(x)$$

Burada q sıfırın olasılığıdır. Eğer m yağış zaman serisinde sıfırların sayısı ise, $q = m/n$ olarak tahmin edilebilir. Thom (1966) toplam olasılık fonksiyonu $G(X)$ i belirlemek için eksik gamma fonksiyonunun tablolarını kullanır. McKee ve diğ. (1993) toplam olasılık fonksiyonunu belirlemek için Press ve diğ. (1992) tarafından geliştirilmiş olan bilgisayar yazılımlı bir yöntem kullanmışlardır.

Olasılık fonksiyonu $H(x)$, ortalaması sıfır ve varyansı bir ile standart normal rastgele değerli Z ye dönüştürülür. Ayrıca $H(x)$ SYİ nin değeridir. Bu Panofsky ve Brier (1958) tarafından tanımlanan formun dağılımının (ör:gamma) bir değişim olarak yeni bir dağılıma (ör:standart normal) dönüşümü için gerekli bir özelliktir. Bu durumda olasılık dağılımından daha küçük olan değişimin verilen değeri dönüşüme karşılık gelen değerden daha küçük olasılıkla eşit olmalıdır.

Şekil 15: Gamma dağılımından standart normal dağılıma eşit olasılıkla dönüşümünün örneği.



Kaynak: Sırdaş, S., Şen, Z., "Standart Yağış İndeksinin Isparta için Uygulanması", X. Mühendislik Sempozyumu, Isparta 1999, s 12.

Bu yöntem şekil 15' de gösterilmiştir. Bu şekilde 3 aylık yağış miktarı (ocaktan marta) ortalaması sıfır ve varyansı bir olan SYİ değerine dönüştürülür. Şekil 15' in sol kısmında 1911 ile 1995 periyodunda ocaktan marta kadar Colorado Fort Collins için 3 aylık yağış miktarının (x eksen) gerçek değerlerini gösteren yatay karışık işaretler ile kırık çizgi bulunur. Kırık çizgi aynı zamanda kayıtlı periyod için ampirik toplam olasılık dağılımını (y eksen) gösterir. Ampirik toplam olasılıklara Panofsky ve Brier (1958) tarafından en uygun olanı bulunmuştur. Burada yağış verisi genliğin artan sıralaması seçip ayrılır, böylece k inci değer en düşük k-1 değeridir ve burada l örnek büyüklüğüdür.

$$\text{Ampirik toplam olasılık} = k / l + 1$$

Şekil 15' in üst kısmındaki kesiksiz eğri yağış verisine uydurulan gamma olasılık dağılımını göstermektedir. Şeklin alt kısmındaki kesiksiz eğri şeklin üst kısmında bulunan gamma dağılımına ve ampirik dağılımın olasılık büyüklüğü ile aynı olan standart normal rastgele değişken Z nin olasılık dağılımını gösterir. Standart normal

değişken Z (veya SYİ değeri) şeklin alt tarafında x ekseninde gösterilmiştir. Bu durumda şekil Fort Collins Colorado da verilen 3 aylık (ocak, şubat, mart) yağış verilerinin SYİ değerlerine dönüştürülmesi için kullanılabilir. Örneğin 2 inçlik yağış gözlemlerinin SYİ değerini bulmak için 2 inçten dikey olarak yukarı doğru çıkılır ve gamma dağılımını kestiği yerden yatay olarak şeklin sağ tarafına bir doğru boyunca hareket edilir. Şeklin alt tarafındaki eğriyi yatay olarak kestiği ilk noktadan düşey olarak aşağıya inilir. Burada x eksenini kestiği noktadaki değer okunur. Bu değer 2 inç olarak verilen yağış değerinin SYİ değerini yaklaşık +0.3 olarak verir.

Şekil 15 'de elde edilen eğriler her istasyonun yılın farklı ayları için hazırlanabilir fakat bu pratik olarak kullanışlı değildir. Bu amaçla Abramowitz ve Stegun (1965) tarafından standart normal rastgele Z değerinin toplam olasılık değerine dönüşümü için aşağıdaki formüller verilmiştir.

$$Z = SYİ = - \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad 0 < H(x) \leq 0.5$$

$$Z = SYİ = + \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad 0.5 < H(x) \leq 1.0$$

burada,

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(H(x))^2}\right)} \quad 0 < H(x) \leq 0.5$$

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{1.0 - (H(x))^2}\right)} \quad 0.5 < H(x) \leq 1.0$$

$$c_0 = 2.515517$$

$$c_1 = 0.802853$$

$$c_2 = 0.010328$$

$$d_1 = 1.432788$$

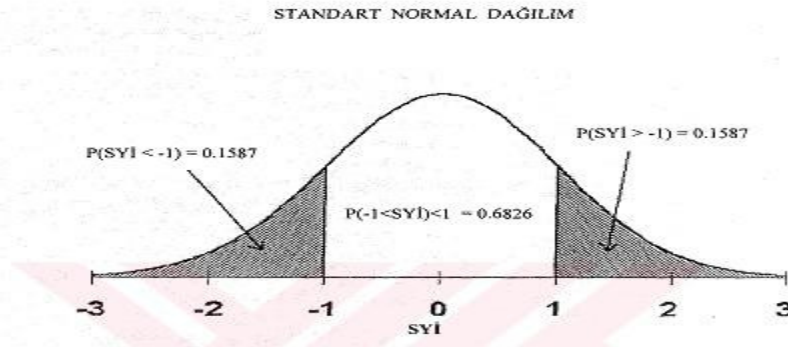
$$d_2 = 0.189269$$

$$d_3 = 0.001308$$

SYİ Z skoru gösterilir, bu değerler ortalamasının altında veya üstünde pozitif veya negatif değerler alırlar. Ancak kısa zaman dilimindeki olaylarda orijinal yağış verisi çarpıktır ve normal dağılıma uymaz.

Şekil 16' da verilen zaman periyodunda gamma parametreleri için tahmin değerleri gösterilir. SYİ ortalaması sıfır ve varyansı bir olan standart normal dağılıma uyar. Tannehill (1947) Utah bol yağış alırken Ohio da çok şiddetli kuraklık olayı yaşanmakta olduğunu araştırmalarında gözlemlemiştir. Akinremi ve diğ. (1996) kuraklığın zamansal ve alansal değişiminin kuraklık indisleri oluşturulurken sorun çıkardığını buldu. Kuraklık tahmini yapılırken hem alana hem de zamana göre normalleştirme yapmak gerekir. SYİ bunların her ikisinde de başarılıdır. SYİ istasyon alanını da normalize eder çünkü istasyondaki değişimin (varyasyon) etkilediği yağışın frekans dağılımını hesaplar. İlave olarak analizcinin ilgilendiği konuya bağlı olarak herhangi bir zaman dilimi alındığında standart yağış indisi zamanı normalleştirilmiş olur. Bununla birlikte SYİ gamma parametreleri tahmin edilmiş olan olasılık dağılımını gösterir, bu herhangi bir zaman dilimine veya yere göre olabilir. Tablo 17'de SYİ değerine karşılık gelen olasılık dağılım değerleri verilmiştir.

Şekil 16: SYİ "0" ortalama ve "1" standart sapma ile standart normal dağılım.



Kaynak: Beyazıt, M., Oğuz B., *Mühendisler için İstatistik*, Birsen Yayınevi, İstanbul 1994, s 78.

Analizcinin araştırma yaptığı alandaki aylık yağış zaman serisi ile ilgilenilen zaman dilimine bağlı olarak önceki i ay yardımıyla herhangi ay için SYİ hesaplanabilir. Böylece bu indis vasıtası ile 3 aylık yağış toplamından 48 aylık yağış toplamına kadar hesaplama yapılabilir. Bunun için 3 aylık kısa dönem veya mevsimsel, 12 aylık orta dönem, 48 aylık SYİ uzun dönem kuraklık indisi olarak

adlandırılır. Bu nedenle SYİ aylık / yıllık kayıta zaman ölçeğine bağlıdır. Örneğin 3 aylık SYİ ocak 1943 için 1942 yılının kasım, aralık ve 1943 ocak hesaba katılır. Buna benzer olarak 12 aylık SYİ Ocak 1943 için 1942 yılının şubat ayından itibaren 12 ay alınır. 48 aylık SYİ ise Şubat 1939 dan ocak 1943 e kadar olan toplam yağış verisinden faydalanır. Aşağıdaki tablo 17 'de SYI 'nin toplam olasılığa karşılık gelen değerleri verilmiştir.

Tablo 16: SYİ'nin toplam olasılığa karşılık gelen değerleri.

SYİ	toplam olasılık
-3.0	0.0014
-2.5	0.0062
-2.0	0.0228
-1.5	0.0668
-1.0	0.1587
-0.5	0.3085
0.0	0.5000
+0.5	0.6915
+1.0	0.8413
+1.5	0.9332
+2.0	0.9772
+2.5	0.9938
+3.0	0.9986

Yağıştaki azalmanın yer altı suyu, su biriktirme haznesi depolama, toprak nemi, kar yığını ve akarsu üzerindeki etkilerini belirlemek için standart yağış indisi McKee ve diğ. (1993) tarafından geliştirildi. SYİ çoklu zaman ölçümlerinde farklı zaman dilimleirndeki yağış azalmasını belirlemek için tasarlanmıştır. Toprak nem şartları rölatif kısa dönem yağış anormallikleirne hemen cevap verir. Yer altı suyu, akarsu ve su biriktirme haznesi depolama uzun dönem yağış anormalliklerini yansıtır. SYİ yağışın belirli bir zamanda ortalamadan çıkarılıp standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir. Çünkü yağış zaman ölçeği 12 aydan daha kısa zamanda normal dağılıma sahip değildir. Böylece SYİ herhangi zaman ölçeği ve alan için ortalaması 0 ve standart sapması 1 dir. Bunun faydası sulak ve kurak iklimlerin aynı yolla temsil edilebilmesidir. İlave olarak sulak periyodlar SYİ kullanılarak izlenebilir.

3.3.6.1. Standart Yağış İndisi Kullanarak Kuraklık Tahmini

Bu tezde konu olarak alınan kuraklık izleme ve gözlemlene indislerinin arasında en çok kullanım alanı bulan indis Standart Yağış İndisi (Standardized Precipitation Index - SPI)'dir. A. Cancelliere, G. Di Mauro, B. Bonaccorso ve G. Rossi 'nin 2006 yılında yaptıkları bir çalışmada SYI 'nin değişik zaman ölçeklerinde aylık yağış toplamının korelasyonsuzluğunun hipotezi altında SYI 'nin mevsimsel tahmini için iki yöntem anlatılmıştır.

İlk yöntem, gelecekte varolan bir kuraklık durumundan diğerine geçiş ihtimallerini hesaplayabilmek için aylık yağış miktarının istatistiksel fonksiyonu temel alınarak SYI 'nin otokovaryans matris değerleri analitik olarak elde edilir. Genellikle nispeten uzun SYI kayıtlarında bile görünen geçişler sınırlı sayıda olduğundan, örneğin analitik yaklaşım, bir sıklık yaklaşımını uygulama zorlukları ışığında özellikle pratik bir noktadan daha değerli görünür. Ayrıca geçiş ihtimallerinde önemli yanılığlara yol açtığından Markov Zinciri Modelinin uygulanabilirliği bu tür yaklaşımın yetersizliğinden ortaya çıkmıştır.

İkinci yöntem, genel bir zaman dilimi olan M 'de SYI tahminleri geçmiş aylık yağış değerlerinin fonksiyonu olarak koşullu beklenti açısından analitik kabul edilir. Tahmini doğruluk, tahmini güven aralığını elde etmeyi sağlayan Ortalama Hataların Karesi ile hesap edilir. Elde edilen ifadelerin geçerliliği teorik tahminler karşılaştırılarak ve hareketli pencere tekniği ile SYI değerleri gözlemlenerek yapılır. Sonuçlar, kuraklık izleme sistemi içinde yararlı uygulamanın bulunabilirliği ve önerilen yöntemlerin güvenilirliğini doğrular niteliktedir.

Kuraklığın izlenmesi için önerilen çeşitli indisler arasında SYI yaygın uygulama alanı bulmuştur. Guttman (1998) ve Hayes et. Al (1999) palmer kuraklık indisi ve standart yağış indisini karşılaştırdıklarında, SPI 'nin istatistiksel tutarlılığın avantajlarına, yağış anormallerinin farklı zaman ölçekleri ile hem kısa hem de uzun vadeli kuraklığın etkilerini tarif etme yeteneğine sahip olduğunu sonucuna vardılar. Ayrıca kendi esas doğası ile SPI kuraklık risk analizini yapmak daha uygundur. (Cancelliere, Di Mauro, Bonaccorso, Rossi, 2007:803)

Çalışmanın bu bölümünde, SYI mevsimsel tahmini stokastik teknikler aracılığı ile ele alınır. Özellikle farklı zamanlarda bir kuraklık sınıfından diğerine

geçiş ihtimalleri, aylık yağış temelindeki istatistiksel özelliklerin bir fonksiyonu olarak çözümsel bir şekilde elde edilmiştir. Geçiş ihtimallerinin tahmini için bu tür analitik kaynakların yararı, Markov Zincir yaklaşımının SYI modeli için yeterli olmadığını açıklar (Cancelliere, Di Mauro, Bonaccorso, Rossi, 2007:803).

Tablo 17: SYİ indisine göre yağış ve kuraklık periyot sınıflandırması.

	İndeks değeri	sınıfı	olasılık	ΔP
Kurak olmayan	$SPI \geq 2.00$	aşırı yağış	0.977 – 1.000	0.023
	$1.50 \leq SPI < 2.00$	çok yağış	0.933 – 0.977	0.044
	$1.00 \leq SPI < 1.50$	normal yağış	0.841 – 0.933	0.092
	$- 1.00 \leq SPI < 1.00$	yaklaşık normal yağış	0.159 – 0.841	0.682
	$- 1.50 \leq SPI < - 1.00$	normal kuraklık	0.067 – 0.159	0.092
	$- 2.00 \leq SPI < - 1.50$	şiddetli kuraklık	0.023 – 0.067	0.044
	$SPI < - 2.00$	aşırı kuraklık	0.000 – 0.023	0.023

Kaynak: A. Cancelliere, G. Di Mauro, B. Bonaccorso, G. Rossi, "Drought Forecasting Using The Standardized Precipitation Index", *Water Resour Manage*, 21, 2007, s 803.

Yukarıdaki tablo 18'de SYI 'ne göre yağış ve kurak periyodların sınıflandırılması ve olasılıkları verilmiştir.

Aynı zamanda, yağışın diğer değerleri temelinde SYI tahmin değerlendirmesi için yeni bir model geliştirildi. Daha spesifik olarak, SYI 'nin kısa-orta vadeli tahminlerinin analitik ifadeleri, farklı zaman ölçeklerinde normal toplanmış yağış dağılımı ve kolerasyonsuz hipotez altında geçmiş aylık yağışa göre gelecekteki SYI değerlerinin tahminine dayanır. Modelin doğruluğu, tahmin değerlerinin hesaplanabilmesi için güven aralığı sağlayan tahminin Ortalama Hataların Karesi açısından değerlendirilir.

3.3.6.2. Kuraklık Sınıflarının Geçiş İhtimallerinin Analitik Kökeni

$Z_{v,t}^{(k)}$ aylık yağışın k toplanmış zaman ölçeği için aylık $T = 1, 2, \dots, 12$ ve yılda SPI değerini gösterir. Ayrıca, $C_1 =$ aşırı şiddetli, $C_2 =$ şiddetli, $C_3 =$ orta, $C_4 =$ kuraklık gibi C_i genel kuraklık sınıfları olarak gösterilir. M ayları sonrasındaki SPI değeri, C_i sınıfındaki bu ayki SPI değerini veren C_j sınıf içinde kalma ihtimali aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Cancelliere, Di Mauro, Bonaccorso, Rossi, 2007:804)

$$P \left[Z_{v,t+M}^{(k)} \in C_j \mid Z_{v,t}^{(k)} \in C_i \right] = \frac{\int \int_{C_i, C_j} f_{Z_{v,t}^{(k)}, Z_{v,t+M}^{(k)}}(t, s) \cdot dt \cdot ds}{\int_{C_i} f_{Z_{v,t}^{(k)}}(t) \cdot dt} \quad (1)$$

$f_{Z_{v,t}^{(k)}, Z_{v,t+M}^{(k)}}(\cdot)$ 'nin $Z_{v,t}^{(k)}$ ve $Z_{v,t+M}^{(k)}$, $f_{Z_{v,t}^{(k)}}(\cdot)$ 'nin ortak yoğunluk fonksiyonlarının olduğu yerde $Z_{v,t}^{(k)}$, t 'nin marjinal yoğunluk fonksiyonu vardır, t ve s entegrasyonlu sahte değişkenlerdir ve integraller her kuraklık sınıfının arasında geliştirirler.

Tanım gereği, SYI standart normal değişkenler olarak çok az dağıtıldığından, iki değişkenli normal olan denklem (1)' de ortak yoğunluk fonksiyonunu varsaymak uygundur, ki bu da şöyle isimlendirilir.

$$f_{Z_{v,t}^{(k)}, Z_{v,t+M}^{(k)}}(t, s) = \frac{1}{2\pi|\Sigma|} \cdot \exp\left(-\frac{1}{2} X^T \Sigma^{-1} X\right) \quad (2)$$

Burada $X = [t, s]^T$ ve Σ varyans – kovaryans matrisini temsil eder.

$$\Sigma \begin{bmatrix} 1 & cov \left[Z_{v,t}^{(k)}, Z_{v,t+M}^{(k)} \right] \\ cov \left[Z_{v,t}^{(k)}, Z_{v,t+M}^{(k)} \right] & 2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Böylece denklem (1)' de geçiş ihtimalleri hesaplaması $Z_{v,t+M}^{(k)'$ 'nin M 'nin gecikmesi yani $cov [Z_{v,t}^{(k)}, Z_{v,t+M}^{(k)}]$ otokovaryansının belirlenmesi gerekir.

Prencip olarak bu tür anlaşılabilir bir otokovaryans örneğinden yola çıkılarak tahmin edilebilmesine rağmen, esas yağış istatistikinin bir fonksiyonu olarak ifadesini elde etmek için burada ilgi odağıdır. Genel olarak, bu tür türev SPI hesaplaması temelde eşit ihtimal dönüşümü olduğu için basit değildir. Ancak normal dağılımın k zaman ölçeğinde aylık toplanmış yağış hipotezi altında, SPI 'ya karşılık gelen değerleri aşağıdaki gibi basit bir standartlaştırma işlemi ile hesaplanır,

$$Z_{v,t}^{(k)} = \frac{Y_{v,t}^{(k)} - \mu_t^{(k)}}{\sigma_t^{(k)}} \quad (4)$$

k aylarındaki $Y_{v,t}^{(k)} = \sum_{i=0}^{k-1} X_{v,t-i}$ kümelenmiş yağışı ile,

μ^t ortalama ile t ayındaki yağışı göz önünde bulundurarak, $Y_{v,t}^{(k)}$ toplu yağış ortalaması sırasıyla şöyle olacaktır.

$$\mu_t^{(k)} = \sum_{i=0}^{k-1} \mu_{t-i} \quad (5a)$$

Ayrıca, eğer σ_t^2 zamanla kolerasyonsuz yağış değerlerinin hipotezi altındaki t ayında yağış değişkenleri varsa, $Y_{v,t}^{(k)}$ 'nin ilgili toplu yağış standart sapması şöyle olacaktır.

$$\sigma_t^{(k)} = \sqrt{\sum_{i=0}^{k-1} \sigma_{t-i}^2(x)} \quad (5b)$$

yerine koyarak denklem (4) şu şekilde olur;

$$Z_{v,t}^{(k)} = \frac{\sum_{i=0}^{k-1} X_{v,t-i} - \sum_{i=0}^{k-1} \mu_{t-i}}{\sqrt{\sum_{i=0}^{k-1} \sigma_{t-i}^2}} \quad (6)$$

Bu nedenle otokovaryans aşağıdaki şekilde ifade edilir;

$$\begin{aligned} cov \left[Z_{v,t+M}^{(k)}, Z_{v,t}^{(k)} \right] &= \frac{1}{\sqrt{\sum_{i=0}^{k-1} \sigma_{t+M-i}^2 \sum_{j=0}^{k-1} \sigma_{t-j}^2}} \cdot \sum_{i=0}^{k-1} \sum_{j=0}^{k-1} cov \left[X_{v,t+M-j}, X_{v,t-i} \right] \\ &= \frac{1}{\sqrt{\sum_{i=0}^{k-1} \sigma_{t+M-i}^2 \sum_{j=0}^{k-1} \sigma_{t-j}^2}} \cdot \sum_{i=0}^{k-M-1} \sigma_{t-i}^2 \end{aligned} \quad (7)$$

Varyans – kovaryans Σ matrisindeki denklem (7) 'yi yerine koyarak, aşağıdaki gibi olur;

$$\Sigma = \begin{bmatrix} 1 & \frac{\sum_{i=0}^{k-M-1} \sigma_{t-i}^2}{\sqrt{\sum_{i=0}^{k-1} \sigma_{t+M-i}^2 \sum_{j=0}^{k-1} \sigma_{t-j}^2}} \\ \frac{\sum_{i=0}^{k-M-1} \sigma_{t-i}^2}{\sqrt{\sum_{i=0}^{k-1} \sigma_{t+M-i}^2 \sum_{j=0}^{k-1} \sigma_{t-j}^2}} & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Son olarak, denklem (1) ve (2) 'yi denklem (8) ile birleştirerek, aylık yağış değişkenleri açısından SYI geçiş ihtimallerini ifade edebilmemiz mümkündür. Toplanmış aylık yağışın normal hipotezin kısıtlayıcı görünmesine rağmen, merkezi limit teoreminin bir sonucu olarak k zaman ölçeği kümesinin özellikle daha yüksek değerleri için ayarlanabilmesinin gözlemlenmesi değerlidir. (Cancelliere, Di Mauro, Bonaccorso, Rossi, 2007:805)

3.3.6.3.SYI tahmini

Stokastik görüş açısından bakıldığında, bir rasgele değişkenin gelecekteki değerlerinin tahmin sorunu, geçmiş gözlemleri ile şartlandırılmış gelecekteki değerlerin olasılık yoğunluk işlevinin belirlenmesine eşdeğerdir. Koşullu dağılım

bilindiğinde, tahmin bu tür dağılım dilimi (kotil) ya da beklenen değeri olarak genellikle tanımlanır ve tahmini değerlerin güven aralıkları hesaplanabilir.

Ancak pratikte, geleceğin koşullu olasılık dağılım değerlerinin elde edilmesi çoğu durumda hantal olabilir, bu nedenle genellikle gelecek tahmin değerleri aranan geçmiş gözlemlerin bir fonksiyonudur. Daha resmi olarak, Y_1, Y_2, \dots, Y_t rastgele değişkenlerinin bir dizisini düşünelim, ilgi minimum hata ile gelecek Y_{t+M} değerini tahmin eden, $f(Y_1, Y_2, \dots, Y_t)$ fonksiyonunun belirlenmesinde yatar. İkincisi genellikle tahminin ortalama hataların karesi olarak tanımlanır ve şu şekilde ifade edilir (Brockwell and Davis, 1996) ;

$$MSE = E [(Y_{t+M} - f(Y_1, Y_2, \dots, Y_t))^2] \quad (9)$$

Bu $f(\cdot)$ fonksiyonunun MSE, $Y_1, Y_2, \dots, Y_t, i.e.$ şartlandırılmış Y_{t+M} beklenen değerini en aza indirgenmiş şekilde gözükebilir, örneğin;

$$f(Y_1, Y_2, \dots, Y_t) = E [Y_{t+M} | Y_1, Y_2, \dots, Y_t] \quad (10)$$

Eğer beklenen koşullar hesaplanabilirse, yukarıdaki özellikle biri (MSE) en iyi tahmini elde etmeyi sağlar. Ayrıca, şunu da belirtmek yararlı olabilir ki; eğer Y_1, Y_2, \dots, Y_t 'den bağımsız ise Y_{t+M} 'nin en iyi göstergesi beklenen değerdir ve MSE tahmini sadece Y_{t+M} 'nin değişkenidir.

Normal olarak dağılmış aylık yağış kümesi hipotezi altında, t ayına kadar gözlemleri verilmiş $Z_{v,t+M}^{(k)}$ önünde SPI'nin M aylarının en iyi tahminleri şu şekilde olacaktır.

$$\begin{aligned}\widetilde{Z}_{v,t+M}^{(k)} &= E \left[Z_{v,t+M}^{(k)} | Z_{v,t}^{(k)}, Z_{v,t-1}^{(k)}, \dots \dots \right] \\ &= E \left[\frac{\sum_{i=0}^{k-1} (X_{v,t+M-i} - \mu_{t+M-i})}{\sigma_{t+M}^{(k)}} \mid \sum_{i=0}^{k-1} X_{v,t-i}, \sum_{i=0}^{k-1} X_{v,t-1-i}, \dots \right] \quad (11)\end{aligned}$$

Ayrıca, toplu yağış değerleri sırasındaki klima, tek bir yağış değerleri klimasına eşdeğer olduğundan denklem (11) şu şekilde yazılabilir;

$$\widetilde{Z}_{v,t+M}^{(k)} = E \left[\frac{\sum_{i=0}^{k-1} (X_{v,t+M-i} - \mu_{t+M-i})}{\sigma_{t+M}^{(k)}} \mid X_{v,t} = x_{v,t}, X_{v,t-1} = x_{v,t-1}, \dots \dots \right] \quad (12)$$

Önceki denklem 2 bileşenin toplamı olarak ifade edilebilir yani;

$$\widetilde{Z}_{v,t+M}^{(k)} = \frac{\sum_{i=0}^{k-M-1} (x_{v,t-i} - \mu_{t-i})}{\sigma_{t+M}^k} \quad (14)$$

Her iki tarafta beklentileri alarak doğrulanabileceğinden, denklem (14) 'de belirleyicinin tarafsız olduğunu unutmayalım.

İlgili MSE şu şekilde hesaplanır;

$$MSE_{t+M}^{(k)} = E \left[(\widetilde{Z}_{v,t+M}^{(k)} - Z_{v,t+M}^{(k)})^2 \right] \quad (15)$$

Ki bazı matematiksel işlemlerden sonra, bu denklem (6) ve denklem (14) ün yerine denklem (15) de kullanılabilir.

$$\begin{aligned}
MSE_{t+M}^{(k)} &= E \left[\frac{\sum_{i=0}^{M-1} (X_{v,t+M-i} - \mu_{t+M-i})^2}{\sigma_{t+M}^{(k)}} \right] \\
&= \left(\frac{1}{\sigma_{t+M}^{(k)}} \right)^2 \cdot E \left[\left(\sum_{i=0}^{M-1} (X_{v,t+M-i} - \mu_{t+M-i}) \right)^2 \right] \quad (16)
\end{aligned}$$

Bugüne kadar $E \left[\sum_{i=0}^{M-1} (X_{v,t+M-i} - \mu_{t+M-i}) \right] = 0$, sonra;

$$\begin{aligned}
E \left[\left(\sum_{i=0}^{M-1} (X_{v,t+M-i} - \mu_{t+M-i}) \right)^2 \right] &= var \left[\sum_{i=0}^{M-1} (X_{v,t+M-i} - \mu_{t+M-i}) \right] \\
&= var \left[\sum_{i=0}^{M-1} (X_{v,t+M-i}) \right] = \sigma_{t+M}^{2(M)} \quad (17)
\end{aligned}$$

Böylece değişim yapılarak, denklem (16) şu şekilde basitleştirilir;

$$MSE_{t+M}^{(k)} = \left(\frac{\sigma_{t+M}^{(M)}}{\sigma_{t+M}^{(k)}} \right)^2 \quad (18)$$

Ki burada $\sigma_{t+M}^{(M)}$, önceki t + M ayının M aylarında gözlemlenmiş değerlerine dayanan toplam aylık yağışın standart sapmasıdır.

Ayrıca, tahminin doğruluk miktarının pratik olarak MSE tahmin güven aralığını tahmin eder. Yani sabit bir olasılık α (e.g. 95%) ile gelecek gözlenmiş değeri içeren bir aralıktır. Belli ki aralık daha geniş ise tahminin doğruluğu daha azdır ve tam tersi olur. SYI 'nin tahmini güvenlik araları indisin içsel normalliğinde çevrilerek belirleyici tarafsız olduğundan varyansı MSE aynı zamanda gözlemlenerek tahmin edilebilir. Böylece α sabit ihtimalinin $Z_{1,2}$ alt ve üst güven aralıkları şu şekilde hesaplanabilir;

$$Z_{1,2} = \tilde{Z} \pm \sqrt{MSE} \cdot u\left(\frac{1-\alpha}{2}\right) \quad (19)$$

Burada kısa olması için \tilde{Z} genel tahmini temsil eder ve $u(.)$ kabul edilen olasılığın karşı gelen standart normal dağılımdır. (Cancelliere, Di Mauro, Bonaccorso, Rossi, 2007:806)

3.3.7. Aydeniz Kuraklık İndisi

Aydeniz tarafından geliştirilen "Aydeniz Kuraklık İndisi" ortalama sıcaklık, toplam yağış, oransal nem ve ortalama güneşlenme süresini dikkate alarak aşağıdaki şekilde formüle edilmektedir. Anılan yöntemle göre kurak ve nemli dönemlerin sınıflandırılması tablo 19'da verilmiştir.

$$H_c = \frac{P * RH * 12}{T * Sd + 15}$$

$$D_c = \frac{1}{H_c}$$

D_c : Kuraklık katsayısı

H_c : Nemlilik katsayısı

P : Aylık toplam yağış (cm)

RH : Aylık ortalama oransal nem (%)

T : Aylık ortalama sıcaklık (°C)

Sd : Güneşlenme süresi (saat-dk)

Tablo 18: Aydeniz Kuraklık İndisine göre kuraklık sınıflandırması.

AYDENİZ	SINIFI
≤0.25	aşırı nemli
0.25-0.50	nemli
0.50-0.75	normale yakın nemli
0.75-1.00	orta kurak
1.00-1.50	kurak
1.50-2.50	çok kurak
≥2.50	çöl

3.3.8.W. Köppen Formülleri

Yağış etkinliğini, çeşitli klimatolojik şartların fonksiyonu olarak formüllerle ifade etmek için pek çok deneme yapılmıştır. Bunlardan biri W. Köppen'in formülleri olup yağış miktarı, rejimi ve sıcaklık arasındaki ilişkilere dayanır. Buna göre kurak bölgenin sınırı;

Kışı az yağışlı sahalarda $p=t$

Kışı yağışlı sahalarda $p=t + 14$

Tam yağışlı sahalarda $p=t + 7$

Denkleminin erişildiği çizelgeden geçer. Burada p santimetre cinsinden yıllık yağış, t santigrat cinsinden yıllık ortalama sıcaklığı ifade eder. En kurak yaz ayı, en yağışlı kış ayının yağış miktarının 1/3 ünden daha az yağış alan istasyonlar, kışı yağışlı tipi gösterir. En kurak kış ayı, en yağışlı yaz ayının 1/10 undan az yağış alan istasyonlar ise, yazı yağışlı olarak adlandırılır. Tam yağışlı sahalarda ise yukarıdaki şartlardan hiçbirine dahil olmayan yerlerdir. Köppen'in formülleri basit ve pratik olmakla beraber çok kabadır ve bilhassa hidroloji bakımından tatminkar neticeler vermez.

3.3.9. De Martonne Formülleri

De Martonne yöntemine ilişkin kullanılan formül aşağıda verilmiştir.

$$DMADI = \left(\frac{p}{t + 10} \right) * 12$$

Burada, DMADI (De Martonne yıllık kuraklık indisi) p; aylık toplam yağış, t; aylık ortalama sıcaklıktır. Buradan De Martonne nin yapmış olduğu sınıflandırma kullanılarak kuraklık sınıfı belirlenir.

DMADI	SINIFI
0-10	aşırı kuraklık
11-15	şiddetli kuraklık
16-20	kabul edilebilir kuraklık
21-40	kabul edilebilir sulaklık
40- daha fazla	şiddetli sulaklık

3.3.10. Thornthwaite Formülleri

1948 yılında C.W. Thornthwaite tarafından geliştirilen yöntem yağış ve sıcaklık verilerine dayanılarak hesaplanan evapotranspirasyon kaybından giderek iklim sınıflandırılmasına da ışık tutmuştur.

Thornthwaite sınıflamasının esas amacı her ne kadar farklı iklim tipleri belirlemekse de, özellikle uygulamada tarım, hidroloji, su kaynaklarının geliştirilmesi gibi konularda evapotranspirasyonun doğrudan doğruya hesaplanamadığı yerlerde geniş kullanım alanı bulmasıdır. Bu amaçla yöntemin en önemli özelliği olan evapotranspirasyonun hesaplanmasında su bilançosu çizelgesi kullanılmakta ve hesaplama sonucu oluşturulan çizelge aracılığıyla, aynı zamanda iklim tipi de belirlenmektedir.

Thornthwaite formüllerine göre herhangi bir istasyonun yağış etkinliği aşağıdaki formülle tespit edilir;

$$I_{nem} = \frac{100s - 60d}{n}$$

Burada, I nem nemlilik indisini, s aylık su fazlasının yıllık toplamı, d aylık su noksanının yıllık toplamını, n potansiyel bitki su kaybının yıllık değerini gösterir. Nemli iklim bölgelerinde indis değeri pozitif, kurak iklimlerde ise negatiftir.

Thornthwaite yöntemine göre potansiyel ve gerçek evapotranspirasyonu hesaplamak için aşağıdaki adımlar izlenmelidir.

- 1- Her ayın ortalama sıcaklığına göre aylık sıcaklık indisleri belirlenir. Aylık sıcaklık indisi;

$$t = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$$

Formülüyle hesaplanır. Burada, i; aylık sıcaklık indisi, t; ortalama aylık sıcaklıktır.

- 2- Her aya ait sıcaklık indisleri toplanarak yıllık sıcaklık indisi bulunur.

$$I = \sum_{k=1}^{12} t \quad k = 1, \dots, \dots, 12$$

Burada, I; yıllık sıcaklık indisi, i; aylık sıcaklık indisidir.

- 3- Potansiyel evapotranspirasyon;

$$PE = 16 * \left(\frac{10 * t}{I}\right)^a$$

Formülünden hesaplanır. Burada PE; potansiyel evapotranspirasyon (mm/ay), t; ortalama aylık sıcaklık, I; yıllık sıcaklık indisi, a; katsayıdır.

$$a = (0.000000675 * I^3) - (0.000077 * I^2) + (0.01792 * I) + 0.49239$$

- 4- Düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyonu (PE_{düz}) bulmak için, her aya ait evapotranspirasyon ile enlem düzeltme katsayısını çarpmak yeterli olmaktadır. Enlem düzeltme katsayısı (c) ortalama güneşlenme sürelerine göre değişken bir değerdir ve çizelge Thornthwaite tarafından hazırlanmıştır.

$$PE_{düz} = PE * c$$

- 5- Her ay için yağış yüksekliği hesaplanan potansiyel evapotranspirasyon miktarından fazla ise;

O ayın gerçek evapotranspirasyon miktarı potansiyel evapotranspirasyon miktarına eşit olacaktır.

Yağışla evapotranspirasyon farkı zemin nemini arttıracaktır.

Zemin nemi maksimum değerine ulaştıktan sonra suyun fazlası akış haline geçecektir.

- 6- Herhangi bir ay için yağış yüksekliği hesaplanan potansiyel evapotranspirasyon miktarından az ise;

Gerçek evapotranspirasyon miktarı o ayın yağış yüksekliği ile mevcut zemin neminin bir kısmının veya hepsinin toplamına eşit olacaktır.

Zemin neminin buharlaşan kısmı zemin neminde azalmaya sebep olacaktır.

Bundan sonra bir su bilançosu hazırlandıktan sonra, bu tablo yardımıyla iklim tipi belirlenir. Thornthwaite iklimleri yağışla evapotranspirasyon arasındaki ilişkiye dayandırarak nemli ve kurak iklim olarak ikiye, daha sonra nemli iklimleri 6, kurak iklimleri 3 iklim tipine ayırmıştır.

3.3.11. Erinç İndisi

Türkiye nin kuraklık sorununu ve kurak – nemli alanlarını ve devrelerini gösterebilmek amacıyla, çeşitli zamanlarda birçok araştırmacı tarafından en çok kullanılan indis Erinç İndisi 'dir (Erinç,1965:45). Girdi olarak yağışa ve buharlaşmayla su kaybına yol açan esas etmen olarak maksimum sıcaklığa dayanmış ve yağış etkinliği ya da kuraklık indisi eşitliğini önermiştir. Eşitlikte yağış etkinliği yıllık yağış tutarının (mm) ve yıllık ortalama maksimum sıcaklığa oranı olarak gösterilir. Buharlaşma + terleme ile su kaybının çok az nedeniyle aylık ortalama maksimum sıcaklığın 0 dan düşük olduğu aylar göz önüne alınmaz. Böylece buharlaşma + terlemenin etkili olmadığı donlu ayların sıcaklık ortalamasını düşürücü ve bu nedenle de yağış etkinliği bakımından aldatıcı etkileri ortadan kaldırmış olur. Buna karşılık, aynı aylarda düşen ve bir bölümü sonraki aylarda buharlaşma + terlemeye uğrayan kar veya buz olarak tutulmuş yağışların olumlu etkisini göstermek mümkün olmaktadır. Erinç yağış etkinliği bakımından aşağıdaki sınıflandırmayı oluşturmuştur.

Erinç Sınıflandırması

İm	sınıf	vejetasyon
<8	tam kurak	çöl
8 – 15	kurak	çölümsü step
15 – 23	yarıkurak	step
23 – 40	yarınemli	park görünümlü kuru orman
40 – 55	nemli	nemli orman
55<	çok nemli	çok nemli orman

$$I_m = \frac{P}{T_{om}}$$

Burada; I_m yağış etkinliğini, P yıllık yağış tutarını (mm) ve T_{om} yıllık ortalama maksimum sıcaklığı gösterir.

3.3.12. Kuraklık Oranı

SYİ hafif ve şiddetli kuraklık görülen herhangi bir yer için yeterli bilgi vermemektedir. Örneğin kurak olarak tanımladığımız Diyarbakır ile İstanbul 'u SYİ değerine göre karşılaştırdığımız zaman İstanbul daha kurak olarak görülmektedir. Buradan da SYİ nin kuraklığı tanımlamada önemli eksikliklerinin bulunduğu anlaşılmaktadır. İklim yapısına göre çok kurak olması gereken bir bölge verideki homojenlikten dolayı az kurak bölge olarak görünürken, hafif kurak ile orta kurak arasında olması gereken bir bölge sadece standart verilerin kullanılmasıyla çok kurak bir bölge olarak görülmektedir (Sırdaş, Şen, 1999:23).

SYİ yağış verisinin standart sapması yerel olarak değişmektedir. Fazla yağış alan bölgenin standart sapması daha az yağış alan bölgeye göre daha fazla olmaktadır. SYİ yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya oranı olduğu için, yağışı fazla olan bölgenin yüksek standart sapmaya sahip olması negatif veya pozitif yönde daha yüksek standart değere karşılık gelmektedir.

Standart yağış kesim seviyeleri 0, -0.5, -1, -1.5, -2 sınıflarına sahiptir. Yağışın yerel olarak değişmesine rağmen kuraklık kesim seviyeleri yerel olarak değişmemektedir. Yani şiddetli kurak olan bölgenin kuraklık kesim seviyesi ile hafif kurak olan bölgenin kesim seviyesi aynı değere sahip olmaktadır.

Bu nedenle yerel olarak yağış verisine ve istasyona göre değişen yeni kuraklık kesim seviyeleri belirlemek gerekmektedir. Bunu belirlerken kuraklığı ifade eden yağışın en küçük değerinin kullanılması ve standart kesim seviyelerine ilave edilmesi düşünülmüştür. Herhangi bir istasyonun yağış serisine X_i dersek, Kuraklık Oranını şöyle tanımlayabiliriz.

$$KO = \frac{X_{min}}{S_x}$$

Burada Xmin incelemesi yapılan yağış serisinin en küçük değeri, Sx yağış serisinin standart sapmasıdır.

Dikkat edilirse standartlaştırma sadece veri ile ilgili bir olaydır. Yani bir bölgenin yerel özelliklerinin kuraklığa herhangi bir katkısı bulunmamaktadır. Uzun yıllar göz önüne bulundurulduğunda bir bölgenin minimum yağış değeri kuraklığın büyüklüğünü verecektir. Yine en küçük yağış değerinin o bölgedeki yağış değişimini ifade eden standart sapmaya bölünmesi ile o bölgedeki kuraklık oranı elde edilir. Bol yağışlı veya az yağışlı bölgelerde küçük oranlarda değişim olsada bunun kuraklık üzerine etkisi çok büyük olacaktır. Sürekli yağış alan bir bölgede yağıştaki belirli fakat -1 den küçük olmayacak kadar bir azalma bu indise göre az şiddetli bir kuraklık olabilir. Ancak normalde sürekli yağışa göre hayatlarını sürdüren insan, hayvan ve bitkiler için çok şiddetli bir kuraklık gözlenecektir. Bitkilerin çoğu hayatlarını sürdüremeyeceklerdir. KO değerleri bu etkinin büyüklüğünü de ifade etmektedir.

Bu yaklaşım doğrultusunda her bir istasyonun bölgesel özelliklerine göre kuraklık ve yağış iklim indislerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu durumda sürekli yağış alan istasyonların kuraklık indis değerlerinin negatif olarak daha büyük yani sıfıra daha yakın olması, bunun tersi olarak da az yağış alan istasyonların kuraklık indisi değerlerinin de yine negatif olarak daha küçük olması yani sıfırdan uzaklaşması gerekmektedir.

Her bir istasyonun kuraklık oranı standart yağış indisi seviyelerine eklendiğinde, istasyonlara göre daha gerçekçi kuraklık seviyeleri elde edilecektir. Yani her bir istasyonun yeni standart yağış indisi;

$$YSYI = SYI + KO = \frac{X_i + X_{ort}}{S_x} + \frac{X_{min}}{S_x}$$

Elde edilecektir. Yeni kuraklık seviyeleri ise;

Kuraklık seviyesi = SYI kuraklık seviyesi + Kuraklık oranı

Olarak tanımlanır.

3.3.13. İstatistiksel Yöntemler

3.3.13.1. Kurak Devrelerin İstatistiksel Analizi

Rastgele karakterdeki bir değişkenin zaman içinde ardışık anlarda birbirleriyle stokastik bağımlılık gösteren değerler almasıyla oluşan bir stokastik sürecin özellikleri, ancak istatistik yöntemleri ile incelenebilir. Yağış, akış, sıcaklık, nem ve buharlaşma bir stokastik süreç oluşturduklarına göre kurak devrelerin özellikleri de istatistik yöntemlerle araştırılmalıdır. Bu gibi araştırmalarda karşılaşılan bir güçlük değişkenlere ait bilgilerin istatistik açısından yeterli olmayışıdır. Eldeki gözlemler genelde kısa süreli olduğundan böyle bir zaman serisinden ekstrem olayların istatistik özelliklerini güvenilir bir şekilde belirlemek mümkün olamamaktadır. Bu nedenle, gözlenmiş değişkenlerin istatistik analizi ile belirlenecek kurak devre özellikleri ancak gözlenen örnek hakkında bilgi verir. Bu bilginin toplumun karakteristiklerini ifade ettiği ileri sürülemez. Bu durumda yapılması gereken şey, önce söz konusu stokastik süreç için bir matematik model kurmak modelin parametrelerinin değerlerini gözlenmiş seriye ait bilgileri kullanarak belirlemek ve böylece ortaya çıkan modelin gözlemlerle uygunluğunu kontrol etmektir.

Kuraklıkların alansal ve zamansal özelliklerini saptamak amacıyla kullanılan indisler, yağış gibi tek bir meteorolojik parametrenin kullanımından birçok değişkeni içeren karmaşık yöntemlerin kullanımına kadar uzanmaktadır. Bazıları da su dengesi eşitliğine dayanmaktadır.

Yağış miktarının beklenen değerinin altında olması kurak devre olarak adlandırılır. Kurak devrelerin incelenmesinde şu hususların belirlenmesi gerekir.

1. Kuraklığın şiddeti: yağışın beklenen değerinin ne kadar altına düştüğü.
2. Kuraklığın süresi: kurak devrenin ne kadar sürdüğü.
3. Kuraklığın frekansı: göz önüne alınan kurak devrenin ortalama olarak hangi aralıklarla tekerrür ettiği.
4. Kuraklığın yerel dağılımı: göz önüne alınan yerdeki kurak devrenin yakınındaki diğer yerlerde görülüp görülmediği.

Özellikle bu şekilde tanımlanan kurak devrelerin istatistik analizi için kuraklığı ölçmede kullanılacak bir büyüklüğün belirlenmesi gerekir. Bu büyüklüğün gerek

herhangi bir andaki yağışın beklenen değerden farkını gerekse yağışların zaman içinde birbirini takip edişlerini göz önüne alabilecek nitelikte olması gerekir. Bu amaçla kullanılan büyüklük gidişler kavramıdır.

Yağış serilerinin özellikleri aydan aya değişir. Örneğin, kış aylarında ortalama yağış değerleri yaz aylarının yağış değerlerinden oldukça farklıdır. Ancak farklı senelerin aynı aylarında benzer karakterde yağış değerleri beklenebilir. Böylece aylık ortalama yağışların 12 ay aralıklarla tekrarlanabileceği sonucu çıkar. Bu tekrarlama özelliğine periyodiklik denir. Bu nedenle yağış serileri stasyoner değildir. Aylık standart sapmaların periyodikliğinin zihinde canlandırılması zordur. Yapılan çalışmalarda ortalama değeri yüksek olan ayların standart sapmalarının da genellikle yüksek olduğu görülmüştür. Aylık yağış serileri stasyoner olmadıklarından incelenmeleri de güçtür. Öte yandan bir çok su kaynağını geliştirme çalışmalarında zaman birimi olarak ay kullanmak gerekmektedir. Bu sebepten önce aylık yağışların belirli bir takım metotlarla stasyoner hale getirilmesi ve ondan sonra incelemelerin yapılması gerekir.

Değişik istasyonlarda aylık yağış serilerinin ortalama ve standart sapması farklı değerlerdedir. Verilerin standart hale getirilmesi ile standart sapma ve varyansı bir, ortalaması sıfır olur. Ayrıca standartlaştırma ile veriler birimlerinden kurtarılıp boyutsuz hale getirilir. Tüm bunlar verilerin incelemelerinde bize kolaylık sağlar.

Yağış serisi kolaylık sağlama bakımından standart hale getirilir. Standart X değişkeninin verilen standart seviyeler (-1.00, 0.00, +1.00) altında kaldığı sürenin negatif uzunluğu (ya da kısaca gidiş uzunluğu diyebiliriz, çalışmalarda kurak devrelerle ilgilenileceği zaman sadece negatif gidişler göz önüne alınır.) olarak tanımlanacaktır. Gidiş uzunluğu, verilen standart seviyedeki kuraklığın süresini belirler. İstatistikte gidiş analizi sadece stasyoner olan gözlemler dizisi için geliştirilmiş olduğundan paralel olarak hidroloji ilminde de kurak devrelerin analizi stasyoner hidrolojik süreçler için yapılır.

3.3.13.2.Gidişler Analizi;

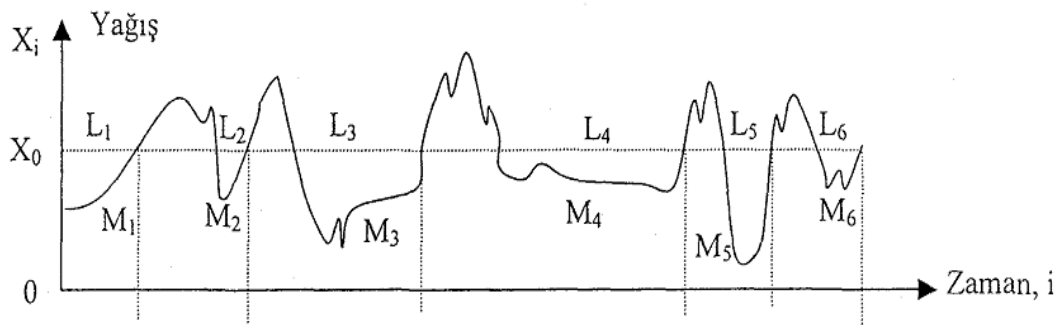
Kuraklık analizinde verilmiş olan zaman serisi kısaca X dersek bunun elemanlarını X_1, X_2, \dots, X_n dizisi olarak gösterebiliriz. Standartlaştırılmış yağış serisi ise,

$$x_i = \frac{X_i - \bar{X}}{S_x}$$

Şeklinde tanımlanır.

Bütün kurak periyotlar $L_1, L_2, L_3, \dots, L_m$ olarak gösterilirse, burada m her bir kesme seviyesi (0.0, -1.0, -1.5 ve -2.0) için kurak periyot sayısıdır. Bütün kurak genlik her kurak periyodun üstündeki eksikliklerin toplamı üstündeki eksikliklerin toplamı olarak elde edilir, ayrıca kurak genlik dizisinin serisi M_1, M_2, \dots, M_m olarak gösterilir. Şekil 17'de grafiksel olarak gösterildiği gibi.

Şekil 17: Kurak ve sulak gidişler (M_j : eksiklik; L_j : kurak süre).



Kaynak: Sırdaş, Sevinç – Şen Zekai, "Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması", *İTU Dergisi*, Cilt 2, Sayı 2, Nisan 2003, s 6.

verilen bir dizi boyunca olan j inci eksikliklerin toplamı M_j ,

$$M_j = \sum_{i=1}^m |X_0 - x_i|$$

olarak elde edilir. Burada X_0 tanımlanan her kuraklık için SYİ kuraklık kesim seviyeleri 0, -1, -1.5 ve -2 olarak alınır, x_i ise başta tanımlanan standartlaştırılmış seridir. Kesim seviyeleri SYİ nde olduğu şekilde hafif, orta, şiddetli ve ekstrem

kuraklık olarak sınıflandırılır. Kuraklık şiddeti kuraklık genliğinin kuraklık süresine oranından aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$I_j = \frac{M_j}{L_j}$$

Her kesme seviyesi için ekstremlerin (en küçük ve en büyük) L_{max} , L_{min} , M_{max} , M_{min} , I_{max} , I_{min} kuraklık özelliklerinin değeri bulunur. Her kesme seviyesinde L ve M kartezyen koordinatlarda işaretlenerek bu iki değişkene uygun en iyi fonksiyon elde edilir. Bunu elde etmemizin amacı eğer elimizde M veya L değerlerinden herhangi biri varsa diğerini mevcut doğrusal denklemler yardımıyla kolayca bulabiliriz. Ek olarak her bir kuraklık özelliğine ait temel istatistiksel parametreler ortalama, standart sapma, çarpıklık ve kuyruk değerleri bulunur. Bu değerler M, L ve I değerlerinin elde edilmiş olan yeni serilerinin istatistiksel özellikleri hakkında bilgi verir.

3.3.13.3.Frekans Analizi;

Bir rasgele değişkene ait kitlenin tümünü gözlemlemek mümkün olmadığı için olasılık dağılımının eldeki örneğin analizi ile elde edilen frekans dağılımına eşdeğer olduğu kabul edilir (Beyazıt, Oğuz,1994:50).

Elimizde kesikli bir değişkene ait N elemanlı bir örnek bulunduğunu düşünelim. Bu örnekte $X=x_i$ olayı n defa görülüyorsa bu olayın frekansı:

$$f(x_i) = \frac{n_i}{N}$$

şeklinde tanımlanır. Bu şekilde hesaplanan $f(x_i)$ değerlerinin x_i değerlerinin apsisi hizasında düşey çizgiler şeklinde çizilmesiyle frekans grafiği elde edilir (Beyazıt, Oğuz,1994:23). Frekans analizinde önemli bir husus sınıf aralıklarının sayısının kararlaştırılmasıdır. Örnekteki eleman sayısı arttıkça sınıf aralığı sayısı da arttırılmalıdır. Sınıf aralığı sayısını belirlemek için şu ampirik formüller kullanılabilir:

$$m = 1 + 3.3 \log N$$

ya da,

$$2m > N$$

(Beyazıt, Oğuz, 1994:36).

3.4. Evotransporizasyon

Evapotranspirasyon, [evaporasyon](#) ve [transpirasyon](#) kelimelerinin birleşmesinden oluşan, bitkinin su tüketimi ve buharlaşma ile birlikte toplam [su](#) kaybıdır. Aktüel evapotranspirasyon ve potansiyel evapotranspirasyon olarak ikiye ayrılır. (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Evapotranspirasyon>) Erişim: 12.10.2009.

Bitki Su Tüketimi (evapotranspirasyon); Sulama sisteminin rasyonel bir şekilde planlanmasında bitki su tüketiminin bilinmesi esastır. Bu sayede sistemin kapasitesi hesaplanabilir ve sulama tesisinin işletilmesinde büyük kolaylıklar sağlanabilir.

Pek çok etkenin tek tek veya birlikte etkilerinin sonucunda ortaya çıkan bir olay olan bitki su tüketimi buharlaşma veya terleme diye iki temel olaydan oluşur. Buharlaşma suyun topraktan, su yüzeylerinden ve bitki yapraklarının yüzeyinden ısı transferi aracılığı ile sıvı halden gaz haline dönüşerek atmosfere intikali olayıdır.

Terleme ise aslında buharlaşmanın değişik bir şeklidir. Ancak terleme olayında bitki kökleri ile alınan su yapraklar vasıtası ile atmosfere verilir. Terleme yüzeyinin büyük bir bölümünü yapraklar oluşturur. Bir bitkinin gelişme devresi boyunca topraktan köklere köklerden gövdeye ve gövde içerisinden de yapraklar aracılığı ile atmosfere doğru sürekli bir su hareketi vardır.

Kökler tarafından alınan suyun çok az bir kısmı bitkide alıkonur. Yapraklardan kaybolan su kökler tarafından alınan su miktarını aştığı zaman bitkide solma meydana gelir ve büyüme geriler. Bir bölgede terleme ve buharlaşmayla atmosfere verilen su ayrı ayrı tespit etmek güçtür. Bu nedenle her iki yolla meydana gelen su kayıpları bir bütün olarak ele alınır ve bitki su tüketimi (evapotranspirasyon) olarak tanımlanır.

Bitki Su Tüketimini Etki Eden Faktörler Evapotranspirasyon olayı aslında çok sayıda iklim elemanı ve bitkisel etmenin oluşturduğu karmaşık bir olaydır. Bu faktörlerin etkisi sabit olmayıp zaman ve muhite bağlı olarak farklılık gösterir. Söz konusu fonksiyonların en önemlileri şöyle özetlenebilir.

1- Sıcaklık ve Güneş Enerjisi: Bitkiden ve topraktan suyun buharlaşmasında gerekli enerji güneşten alınır. Sıcaklık bitki gelişmesinde de rol oynayan önemli bir faktördür. 0-10 c arasında bitki su tüketiminin azaldığı, 10-14 c arasında birden arttığı ve 36 c de maksimum düzeye çıktığı görülmüştür.

2- Bitki Büyüme Devresi: Özellikle bitkinin yıllık gelişme devreleri su kullanım oranını önemli derecede etkiler.

a) Çimlenme devresi,

b) Vejetatif büyümenin maksimum olduğu devre,

c) Bitkilerin olgunluğa eriştiği ve fizyolojik faaliyetlerin yavaşladığı devre.

3- Bitki Gelişme Süresi: Bitkilerin gelişme süresi fizyolojik faaliyetlerin devam ettiği süre olarak tanımlanır.

4- Güneşlenme Süresi: Gün uzunluğu fazla olan yerlerde su tüketimi daha fazla olur.

5- Rüzgar Hızı: Hava neminin artması ile evaporasyon hızı azalmaktadır. Nemli havanın rüzgarla taşınarak yerine daha kuru havanın gelmesi terlemeyi ve buharlaşmayı artırır. (<http://www.bahcesel.com/forumsel/sulama-konulari/19070-bitki-su-tuketimi-evapotranspirasyon/>) Erişim: 06.04.2010.

Evapotranspirasyon Hesaplanması

Bu hesaplama çok karmaşık bir işlemdir. Bölgedeki buharlaşma genellikle buharlaşma planları yardımı ile hesaplanabilir. Bu yöntemde hacmi belli bir kaba su konulur ve belirli aralıklarla suyun eksilme miktarı (buharlaşma) ölçülür ve tekrar su ile tamamlanır. Bitkinin su tüketimi ise her bitkiye göre farklılık gösterir. Genel olarak daha evvelden konu ile ilgili yapılmış literatürler kullanılır. Bu iki değer toplaması

evapotranspirasyon değerini verir. (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Evapotranspirasyon>)
erişim: 12.10.2009.

3.5. Fenolojik Gözlemlerin Detaylı Anlatımı

Fenoloji

Fenoloji, doğal olayların tekrar etme zamanlarını inceler. Sözcük, Yunanca'da Phainomai'den türemiştir.

Fenoloji yıllık çevrimde doğal olayların ilk tarihlerinin belirlenmesinde rol oynar. Örneğin yaprak ve çiçeklerin açma tarihi, kelebeklerin ilk uusu ve göçmen kuşların ilk görünüşü, yaprakların dökülmesi, kuşların ve amfibyumların yumurta koyma tarihleri ve ılıman bölgelerde bal arılarının sömürgelerini oluşturması sayılabilir. Bilimsel anlamda terim herhangi bir mevsimlik olay için zaman yapısını gösterir buna bitiş tarihleride dahil edilir. Örneğin bir türün mevsimlik fenolojisi incelenirken Nisan-Eylül arasındaki döneme bakılabilir. Çünkü bir çok olay iklimdeki küçük değişmelere hassastır, özellikle sıcaklık fenolojik kayıtlarda birincil değerdir.

Canlıların gelişme periyotları içerisinde meydana gelen çeşitli gelişme safhalarını inceleyen bilim dalına Fenoloji denir. İklm faktörlerinin etkisiyle bitki bünyesinde meydana gelen değişikliklerin ve dolayısıyla vejetasyon devresi içerisindeki belirli ve kritik dönemlerin tarihleri ile tespit edilmesi fenolojik gözlemler yardımıyla mümkün olmaktadır. Örneğin; tahıllarda ekim, çimlenme, sapa kalkma, başaklanma, çiçeklenme, erme-hasat, meyve ağaçlarında tomurcuklanma, iek açma, olgunlaşma, yaprakların sararıp dökülmesi, gibi olayların meydana geliş zamanları hakkında bilgi toplanır.

Canlıların gelişim basamakları ile iklim arasında yakın ilişki mevcuttur. Her canlının yaşadığı çevrede meydana gelen ve sürekli değişiklik gösteren sıcaklık, rüzgar, nem, yağış ve buharlaşma gibi iklim faktörleri karşısında bireyden bireye değişen çeşitli tepkiler görülür. Fenoloji, atmosfer ve biyosferdeki önemli mevsimsel değişimler ve oluşumlar ile ilgili bir bilim olarak tarif edilebilir. (<http://nedemek.wordpress.com/2010/01/08/fenoloji-nedir/>) Erişim:10.09.2009

Çeşitli bitkilerde meydana gelen belirli fenoloji safhaları ile meteorolojik şartlar arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. İklim gidişine bağlı olarak aynı bitkinin gelişme safhalarının zamanı ve süresi bölgelere göre farklılıklar gösterir. Bu gelişme safhalarına fenolojik safhalar denir. Bu safhaların tespiti için yapılan gözlemlere de fenolojik rasatlar denir. Fenoloji gözlemleri sırasında herhangi bir alet ve cihaz kullanılmaz. Rasatçıların gözlemleri ile bu safhalar tespit ve kayıt edilir. Fenolojik gözlemlerden elde edilen sonuçlar ve bunların uzun seneleri kapsayan ortalamaları bir ülkenin tarım ve ekonomisi için oldukça önemlidir. Fenolojik gözlemlerin ortalamaları herhangi bir yörenin iklim şartlarına en iyi adapte olabilen kültür bitkilerinin seçiminde veya ıslahında dikkate alınması gereken değerlerdir. Fenoloji rasatları sonucunda yapılan değerlendirmelerin kullanım alanları şöyle özetlenebilir:

- Bitki ıslahı (erkenci çeşitlerin seçimi ve don olayına dayanıklı çeşitler)
- Tarımsal mücadele zamanları ve yerlerinin tespitinde
- Uygulanacak tarım teknikleri ve planlamalarda
- Kültürel işlemler (ekim, dikim, sulama, gübreleme, ilaçlama, vb.)
- Uygun çeşitlerin seçimi

(<http://www.68aksaray.gen.tr/forum/f131/fenoloji-nedir-60982/#post108913>)Erişim:5.11.2009

3.6. Penman-Monteith (PM) Modeli

Göl su yüzeyinden buharlaşmayı hesaplamak için Penman-Monteith Metodu yaygın olarak kullanılır. Orjinal Penman denklemi enerji ile hava dinamiği (hava hareketi) terimlerini bir denklemde birleştirildiği için bu metoda kombinasyon metodu da denir. Penman denklemine yüzey ile hava dinamiği direncini ekleyerek denklem aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\lambda E = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a C_p (e_s - e_a) / r_a}{\Delta + \gamma(1 + r_c / r_a)}$$

Burada,

λE = Suyun buharlaşması için gerekli enerji ($\text{MJm}^{-2}/\text{gün}$);

λ = Suyun buharlaşma ısısı, sabit bir basınç ve sıcaklık altında suyun birim kütlesini sıvı halden su buharı haline dönüşmesi için gereken ısıdır (MJkg^{-1});

E = Buharlaşma (mm/gün);

Δ = Doymuş buhar basıncı sıcaklık eğrisinin eğimi (kPaC^{-1});

γ = Psikrometrik sabit (kPaC^{-1});

R_n = Net radyasyon ($\text{MJ m}^{-2}/\text{gün}$);

G = Toprak ısı akımı yoğunluğu ($\text{MJ m}^{-2}/\text{gün}$);

e_s = Günlük ortalama sıcaklıkta doymuş buhar basıncı (kPa) (yerden z kadar yükseklikteki ölçülen değer);

e_a = Havanın ortalama gerçek buhar basıncı (kPa) (yerden z kadar yükseklikteki ölçülen değer);

p_a = Havanın yoğunluğu (kg/m^3);

C_p = Sabit basınçtaki nemli havanın özgül ısısı ($1.01 \times 10^{-3} \text{ MJ kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$);

r_a = Atmosfer sınır tabakasının içine su buharı yayılmasına karşı hava dinamiği direnci (s m^{-1});

r_c = Su buhar transferine karşı yüzey direncidir (s m^{-1});

(Burman, Pochop, 1994:36).

3.7. Kuraklığın Kışlık Buğdayın Gelişmesi ve Verimine Etkisi

Çevresel streslerden kuraklık, dünyadaki tarım alanlarının büyük bir bölümünde bitkisel üretimi sınırlayan en önemli faktördür. Buğday üretimi genellikle kuru tarım alanlarında yapılmakta ve kuraklık bu alanlardaki buğday üretiminde sık sık ciddi problemlere neden olmaktadır. Kuru tarım alanlarındaki yıllık yağışın önemli bir kısmı kasım-nisan ayları arasında düşmektedir. Yağışların yetersiz ve düzensiz dağılımı yüzünden farklı gelişme dönemlerinde kurak periyotlar yaşanmakta ise de, genellikle çiçeklenmeye yakın dönemde başlayan kuraklık stresi, tane dolum döneminde etkisini artırmaktadır (Öztürk,1998:3).

Kurak koşullarda önce toprağın, ardından bitkinin su potansiyeli azalır ve daha ileri safhalarda turgor basıncında düşme, stomalarda kapanma, yaprak büyümesinde azalma ve fotosentez oranında düşüş meydana gelir (Monti, Breeding,1986:7).

Kuraklık stresinin buğdayın gelişmesi ve verimi üzerindeki etkisi; stresin meydana geldiği gelişme dönemi ile stresin şiddeti ve süresine bağlıdır. Verimdeki azalmanın temel nedeni, kuraklığın başak oluşumu ve çiçeklenme sonrası yaprak alanı süresi üzerindeki olumsuz etkisinden kaynaklanmaktadır. Başak oluşumu dönemindeki kuraklık stresi başaktaki tane sayısının azalmasına neden olurken, çiçeklenmeden sonraki kuraklık tanedeki ağırlık artışını sınırlamaktadır (Fischer, R. A., Wood, J. T.,:1979:1004).

Buğday verimlerinde yıllara göre belirgin farkların ortaya çıkmasının en önemli nedeni kuraklıktır. Farklı gelişme dönemlerindeki kuraklığın, buğdayın verim strüktürünü nasıl ve ne ölçüde etkilediğinin daha iyi anlaşılması, ekolojik koşulları belli olan bir bölgeye daha iyi adapte olabilecek ve daha yüksek verimli genotiplerin geliştirilmesine yardımcı olabilir.

Erken gelişme dönemlerindeki kuraklığın verim üzerindeki olumsuz etkisi geç kuraklığa göre daha fazla olmuştur. Erken kuraklık başlıca birim alandaki tane sayısını, geç kuraklık ise tane ağırlığını sınırlamıştır.

Yeterli sulama, kuru koşullara göre yeşil alan süresini % 34.1, birim alandaki tane sayısını % 34.2, tane ağırlığını % 6.2, tane verimini ise % 43.8 oranında artırmıştır.

Erken kuraklık; birim alandaki tane sayısını % 44,4, tane ağırlığını ise % 6.9 azaltarak tane veriminin sulu koşullara göre % 40.6 oranında azalmasına neden olmuştur.

Geç kuraklık, yeşil dokulardaki yaşlanmayı hızlandırmak suretiyle yeşil alan süresini sulu koşullara göre % 14.9 azaltmıştır. Asimilat kaynağındaki bu azalmanın bir sonucu olarak 1000 tane ağırlığı 37.6g'dan 33.8 g'a düşmüştür. Birim alandaki tane sayısı % 13.9, tane verimi ise % 24.0 azalmıştır. (Öztürk,1998:18).

Buğday üretim alanlarında, çiçeklenme sonrası kuraklık daha sık karşılaşılan bir durumdur. Çiçeklenme sonrası kuraklığın verim üzerindeki olumsuz etkisinin azaltılmasında aşağıdaki özelliklerin etkili olabileceği anlaşılmaktadır.

a. Çiçeklenmedeki yüksek yeşil alan indeksinin, tane dolum süresince toprak suyundaki azalma oranını hızlandırması, tane ağırlığında azalma ile sonuçlanmaktadır. Birim alandaki tane sayısında azalmaya neden olmamak koşuluyla, kardeşlenmenin azaltılarak fertil sap oranının yükseltilmesi, su kaybındaki azalmaya bağlı olarak verimi artırabilir.

b. Birim alandaki tane sayısı daha yüksek, ancak nispeten küçük tanelere sahip genotiplerin geliştirilmesi ile çiçeklenme sonrası kuraklığın olumsuz etkisi azaltılabilir.

c. Çiçeklenme öncesi dönemde, yüksek düzeyde yapısal olmayan karbonhidrat asimile ederek depolayabilme ve bu depo maddelerini sonradan gelişmekte olan tanelere etkin bir şekilde taşıyabilme yeteneği, çiçeklenme sonrası kuraklık koşullarında daha yüksek verim elde edilmesine katkı sağlayabilir.

d. Erken çiçeklenme ve erken olgunlaşma karakterleri ile vejetasyon döneminin sonuna doğru etkili olan kuraklığın olumsuz etkisinden kaçmak mümkün olabilir. Buğday genotiplerinin kurak koşullara adaptasyonunda birçok fizyolojik karakter rol oynamakta ve kuraklığın verime etkisi genotiplerin verim strüktürüne göre değişmektedir. Bu çalışmada, yalnızca bir genotipin kullanılması ve çiçeklenme öncesi dönemde sentezlenen yapısal olmayan karbonhidrat rezervlerinin tane verimine katkısına ilişkin bir değerlendirmenin yapılmaması, bir eksiklik olarak görülebilir. Benzer amaçlara yönelik araştırmaların bu hususların da dikkate alınarak

planlanması, kuraklığın verime etkisine ilişkin değerlendirmelerin daha ayrıntılı ve daha kesin ifadelerle yorumlanmasına olanak verecektir (Öztürk, 1998:23).

3.8. AgroMetShell Modeli Kullanılarak Türkiye’de Buğdayın

Verim Tahmini

Tarım atmosfer şartlarında çalışan bir fabrikadır. Tarımsal üretimi etkileyen faktörler toprak, tohum, insan ve iklimdir. Bunlardan iklim dışında kalan diğer faktörler genellikle kontrol ve ıslah edilebilir. Tarım teknikleri ne kadar gelişirse gelişsin iklim faktörleri tarımsal üretimi önemli ölçüde etkilemeye devam etmektedir. Meteorolojik faktörlerin zamansal ve mekansal olarak büyük değişiklikler göstermesi nedeniyle tarımsal üretimde ciddi dalgalanmalar oluşmaktadır. Kuraklık, sel, don, dolu ve fırtına gibi doğal afetler neticesinde büyük oranda ürün kayıpları meydana gelmektedir. Bu nedenle herhangi bir bölgede tarımsal faaliyet yapılmasına karar verilirken önce o bölgenin iklim yapısı hakkında gerekli bilgilerin edinilmesi bir zorunluluktur (Şimşek, Mermer, Yıldız, Özaydın, Çakmak, 2007:305).

Bütün erken uyarı sistemlerinin temel bileşeni tahminlerdir. Tahminler, gıda güvenliğinin dört yönünü (elverişlilik, süreklilik, ulaşılabilirlik ve biyolojik kullanılabilirlik) kapsamalı, mümkün olduğunca yüksek güvenilirlikte olmalı (tahmin periyodu uzadıkça tutarlılık azalır) ve karar vericilere uyarılara karşı önlem alabilmek için yeterli zamanı vermelidir (Archer, Mukhala, Walker, Dilley, 2003: 28).

Genellikle bir ülkede gıda bilgisi için en acil ihtiyaçların ilki gıda krizlerinin belirli hassas toplum gurupları üzerine etkilerinin ve krizden kurtarma için neler gerektiğinin önceden tanımlanması, ikincisi ise yurtiçi gıda üretimi ve yıllık tahıl ithalatı ihtiyacının tespitidir. Sistemli bilgi eksikliği, ticari olan veya olmayan gıda ithalatının etkin planlaması için önemli bir kısıtlayıcı faktördür. Aktüel ihtiyaçlarda, yapılacak yardımdan faydalanacak kitlenin, yardımın çeşidinin, miktarının, zamanlamasının ve süresinin belirlenmesini kapsayan yardım operasyonlarının izlenmesi önemlidir. Bu amaçla, uygun zamanlı ürün tahminlerine ihtiyaç vardır. İnsan guruplarının, savaş durumu veya kuraklığın yol açtığı ciddi gıda krizlerine karşı verdiği davranışsal cevapların sürekli olarak izlenmesi, lokal gıda krizlerinin derinliğinin göstergelerini vermesi yönünden gereklidir. Kullanılabilir verinin

tamamlanması için hassas grupların tanımlanması, hızlı ve nitelikli metotların kullanılması, zamanında ve uygun müdahalelerin planlanması gereklidir (Şimşek, Mermer, Yıldız, Özyaydın, Çakmak, 2007:300).

FAO Zirai Meteoroloji Birimi, 1974'ten başlayarak, FAO'nun Küresel Bilgi ve Erken Uyarı Sistemi içinde yer alan sahra altı ülkelerinde, bitki koşulları hakkında sürekli güncellenen bilgi ile desteklenen bir ürün tahmin metodolojisi kurmuş olup sürekli olarak gelişmektedir. Bu birim, Milli Gıda Güvenliği Bilgisi ve Erken Uyarı Sistemleri'ne dahil olan zirai meteoroloji bölümlerine yazılım temin etmektedir. İlk zamanlarda, bitki özel su bütçesi tarafından üretilen Su İhtiyaçları Gereksinim İndeksi (WSI-Water Requirements Satisfaction Index) ve bitki durumu arasındaki ilişkiyle ilgili niteliksel bir metodoloji geliştirilmiştir (Frere, Popov,1986:73).

Bugün bu metodoloji, hasat gerçekleşmeden birkaç ay önce ürün verimlerini ve üretim miktarlarını tahmin etmeye yardım etmektedir. Türkiye gelişmekte olan bir ülke olup henüz bitki-iklim modeli uygulama ve geliştirme çalışmalarında başlangıç aşamasındadır. Türkiye'de bu konuda yapılan çalışmaların sayısı son derece sınırlıdır.

Şaylan ve ark. (1994) yaptıkları bir çalışmada, modellerin tarımsal kuraklığın analizinde kullanılma imkanlarını belirlemiştir. Yine Şaylan ve ark. (1995) yaptığı bir diğer çalışmada küresel ısınmanın etkileri bitki-iklim modelleri ile tespit edilmiştir. Eitzinger ve Şaylan (1995) tarafından modellerde kullanılacak olan verilerin ölçüm noktalarının sonuçlara etkileri araştırılmıştır. Sezen (1993) ile Sezen ve ark. (1998) CERES-Wheat modelini su-verim ilişkilerinin tespiti amacıyla Çukurova şartlarında test etmiştir. Köksal (1995) aynı şartlarda mısır bitkisinin gelişimine yağış eksikliğinin etkilerini CERES-Maize modeli ile belirlemiştir. Durak ve Şaylan (1997, 1998) tarafından CRPSM ile CERES-Maize modelleri kullanılarak, özellikle iklim değişimi sonucu meydana gelebilecek farklı sıcaklık değişimi senaryoları için mısır bitkisinin verimine etkileri tahmin edilmiştir. Şaylan ve Özen (1997) tarafından yapılan bir çalışma ile özellikle çevresel değişimin zirai meteorolojik etkilerinin modellerle nasıl belirleneceği ortaya konmuştur. Şaylan ve ark. (1998), Dünya'da ve Türkiye'de bitki-iklim modelleri ve bu alanda ülkemizde yapılabilecekleri vurgulamıştır. Durak ve Şaylan (1998), Avusturya'da ölçülen verileri kullanarak, iklim değişiminin zirai meteorolojik etkilerinin modellerle nasıl belirlenebileceğini açıklamışlardır. Şaylan ve ark. (1998) yaptıkları çalışmada, Avusturya'da mısır bitkisindeki gelişime iklimin

değişiminin etkilerini CRPSM modeli tespit etmiştir. Geçmişte ülke genelini kapsayan tamamlanmış bir çalışma bulunmamaktadır.

FAO, istatistik ve bitki modelleme yaklaşımlarını kullanarak, hava koşullarının bitki üzerindeki etkisini değerlendirmek için kullanılan, farklı araçların bir araya getirildiği AgroMetShell (AMS) modelini geliştirmiştir.

Bu model, genel bir arayüzde bir araya getirilmiş yer verileri ve düşük çözünürlüklü uydu verilerinin birleştirilmiş analizi için araçların bir araya toplanmasıdır. AMS, ürün özel toprak su bütçesini hesaplamak için kullanılan bitki, hava, toprak ve iklim verilerinin üzerine inşa edilmiştir ve bitki koşullarını değerlendirmek için kullanılan bazı zirai meteorolojik anlamlı değişkenleri üretmektedir (FAO, 2004:124).

Yazılım veri analizi ve Görüntü Veri Analizi (IDA) fonksiyonlarını birleştirir. AMS'nin başlıca fonksiyonları aşağıda verilmiştir:

- Veri tabanı fonksiyonları (yapılandırma, girdi, çıktı, veri yönetimi),
- Ürünleri izlemek ve risk analizlerini yapmak için 10 günlük toplam ürün özel toprak su bütçesi ölçümleri,
- Agroklimatik değişkenler ve diğer indikatörler ile bunların grid formattaki çıktılarının uzaysal enterpolasyonu için birkaç metot,
- Gıda Güvenliği Bilgisi ve Erken Uyarı Sistemi (FSIEWS-Food Security Information and Early Warning System) operasyonel zirai meteorolojistler tarafından yapılan, bitki su tüketimi (potansiyel evapotranspirasyon), yağış ihtimalleri, büyüme sezonu karakteristikleri ve istatistiksel analizler gibi bir dizi genel hesaplamaların yapılması.

Model bir bitkinin çevresiyle olan etkileşimlerini simüle etmeye çalışır. Model çıktıları, girdilere nazaran, ürün verimleriyle yakından ilişkili olan parametrelerin kesin değerlerini verir. Örneğin bitki toprak nemi çıktısı, özellikle tepelik arazide yüzey akışına geçen yağış miktarına göre bitkinin büyümesi ile daha yakından ilişkilidir. Çıktılar, standart regresyon teknikleri kullanılarak ürün verimleri ile ilişkilendirilir. Bu işlem "model kalibrasyonu" olarak adlandırılır. Kalibrasyonun sonucu, "verim fonksiyonu" olarak bilinen matematiksel bir tanımlamadır ve model çıktılarına dayanan verim tahminlerinde kullanılır.

Bitki gelişip büyüme için güneş enerjisine ihtiyaç duyar. Bununla birlikte uzun süre güneşe maruz kalmak yaprakların sıcaklığını artırır. Eğer bitki, yaprak sıcaklıklarını kabul edilebilir düzeye düşürebilmek için gerekli olan suyu buharlaştıramazsa hayatiyetini devam ettiremez. Gerçekte bitkinin depolayabileceği güneş enerjisinin miktarı, buharlaştıırabileceği suyun miktarı ile doğrudan ilişkilidir. Burada tanımlanan su bütçesi ve bitki modelinin başlıca amacı ürün verimiyle çok yakından ilişkili olan, bitki tarafından absorbe edilen suyun miktarını tahmin etmektir.

Modelleme, büyüme sezonunun sürekli gözlenmesi esasına dayanır. Ekimden hasada kadar olan sürede, 10 günlük periyotta kümülatif olarak su bütçesi belirlenir. Her ürünün ekimden hasada kadar olan dönemi 10 günlük ardışık zaman dilimlerine bölünür. Her 10 günlük yağış, bitki su ihtiyacı ve bitkinin fenolojik safhası tespit edilir. Kümülatif hesap, yağış eklenip bitki su tüketimi çıkartılarak bulunan su bütçesinin, bitkinin ekiminden hasadına kadar taşınmasıdır. Aynı zamanda bitkiyi gelişimi boyunca etkileyen su stresi de kümülatif olarak hesaplanır. Yaklaşım, her 10 gün için, yağışın miktarını, dağılımını, bitki su ihtiyacını ve yağış verilerinden türetilen elverişli su miktarını hesaba katar. Bu durum, çeşitli zirai meteorolojik parametrelerin başlangıçta araştırılıp toplanmasını gerekli kılar. Bitki çeşidi, farklı büyüme safhalarının uzunluğu, toprak su tutma kapasitesi, efektif yağış ve yüzey akışı bunlardan bazılarıdır.

Model, dinamik (su dengesi) ve istatistiksel (verim fonksiyonunun kalibrasyonu) yaklaşımların bir kombinasyonu olarak kabul edilir. Hasat zamanında, bitki tarafından yaşanan su stresinin 10'ar günlük toplamı (su temin indeksi-water satisfaction index), bitki su tüketimi (gerçek evapotranspirasyon) ve diğer ilgili değişkenler verim tahmini için bir regresyon eşitliğinde birleştirilmiştir. Bütün model Bitki Özel Toprak Su Dengesi (Crop Specific Soil Water Balance-CSSWB) üzerine oturmaktadır. Bu ise, operasyonel kullanım için geliştirilmiş toprak su bütçesi yaklaşımının çok basit fakat fiziksel anlamı olarak kabul edilebilir.

IV.BÖLÜM

4.RISK ÖLÇÜMÜ ve ANALİZİ

4.1. Riskin Tanımı

Risk kelimesi Fransızca kökenli olup, “risque” kelimesinden gelmektedir. Sözlük anlamı, “bir zarar, kayıp ve bunun gibi durumlara yol açabilecek bir olayın ortaya çıkma ihtimali, zarara uğrama tehlikesidir” (Meydan Larousse, 1972:322). Yaşamımızın bir parçası olan risk söz konusu olayın muhtemel sonuçlarının çeşitliliği ile yakından ilgilidir. Olay sadece tek bir şekilde sonuçlanabileceksse çeşitlilik ve risk sıfırdır. Bir çok sonuç çıkabilecekse, risk sıfır değildir. Çeşitlilik arttıkça risk artar.

Genelde insanlar risk almaktan hoşlanmazlar ve riskten kaçınmak için bir fiyat ödemeye razıdırlar. Bunun en iyi kanıtı Amerikan sigorta endüstrisinin her yıl 1trilyon dolardan fazla prim toplayabilmesidir. Fakat tam olarak risk nedir? Ve insanlar neden insanlar riskten hoşlanmamaktadırlar. Bu soruları cevaplayabilmek için, beklenen değer kavramını ve belirsizliğin ne manaya geldiğini kısaca incelemeliyiz. Daha sonra insanların neden riskten hoşlanmadıkları sorusunun cevabını verebiliriz.

4.2. Beklentiler ve Belirsizlik

Lee ailesi sağlık faturalarının gelecek yıl ne kadar olacağını bilmemektedirler. Her şey iyi giderse, hiçbir sağlık harcamasında bulunmayacaklardır. Bunun olasılığının %50 olduğunu varsayalım. Buna karşın ailenin hastaneye yatma ve pahalı ilaçlara ihtiyacı olduğu durumda sağlık masraflarının 10.000 dolar olacağını varsayalım ve bunun da olma ihtimali %50 olsun.

Gerçek olmaktan ziyade olayı kavratmak için hazırlanmış bu örnekte Lee ailesinin gelecek yıl yapacağı sağlık masrafları gelecekte alacağı değer(ler) belirsiz olan rassal bir değişkendir. Hiç kimse bu değişkenin alacağı muhtemel değerleri tahmin edemez. Fakat bu Lee ailesinin gelecekte yapacakları masraflarla ilgili hiçbir şey söylemeyeceğimiz anlamına gelmez. Aksine, bir aktüer (belirsizlik ihtiva eden

olayların ölçülebilmesi konusunda eğitim almış kişi) bu masrafların gelecek yıl alması beklenen değerini hesap edebilir. Beklenen değer gelecekte oluşabilecek tüm olası değerlerin ağırlıklı ortalamasıdır ve söz konusu olası değerlerin ağırlığı, ilgili değerlerin oluşma olasılığına denk gelmektedir. Bu örnek için Lee ailesinin sağlık masraflarının beklenen değeri $(0.5 \times 0\$) + (0.5 \times 10000\$) = 5000$ dolardır. (Krugman ve diğ., 2010:544-545)

Rassal değişkenin beklenen değeri ile ilgili genel bir formülü türetmek için birkaç farklı dünya durumunun, yani olması muhtemel gelecek olayların var olduğunu hayal edelim. Her bir durum, rassal değişkenin değişik bir gerçekleşen değeri (gerçekte oluşan değeri) ile ilişkilendirilmiştir. Hangi durumun gerçekleşeceğini bilemeyiz fakat olası durumların her biri için gerçekleşme olasılıkları atayabiliriz. P_1 'in birinci durumun gerçekleşme olasılığı, P_2 'nin ikinci durumun gerçekleşme olasılığı vb. olduğunu varsayalım. S_1 birinci durumun olması durumunda rassal değişkenin gerçekleşen değeri, S_2 ikinci durumun olması durumunda rassal değişkenin gerçekleşen değerini vb. gösterebiliriz ve bu değerler bilinebilir. N tane durum olduğunu varsayarsak rassal değişkenin beklenen değeri:

Bir rassal değişkenin beklenen değeri;

$$EV = (P_1 \times S_1) + (P_2 \times S_2) + \dots + (P_N \times S_N)$$

Lee ailesinin problemini ele aldığımızda sadece iki durum vardır ve her birinin olasılığı % 50 dir. (Krugman ve diğ., 2010:544-545)

Dikkat edilirse esasen Lee ailesi gelecek yıl sağlık harcamalarında 5000 dolar ödemeyi beklememektedir. Çünkü bu örnekte olası durumların içerisinde ailenin tam olarak 5000 dolar ödedikleri bir durum yoktur. İki durum vardır, bunlardan birincisinde aile hiç ödeme yapmazken diğerinde ailenin 10.000 dolarlık bir ödeme yapması söz konusudur. Dolayısı ile aile gelecekte yapmaları olası sağlık harcamaları ile hissedilir bir belirsizlik ile karşı karşıyadır. Peki Lee ailesi sağlık masrafları ne olursa olsun bu masrafların hepsini karşılayan bir sağlık sigortası alırsa ne olur? Varsayın ki, Lee ailesi gelecek yılda oluşacak sağlık masraflarının tümünü karşılayan 5000 dolarlık bir poliçe almış olsun. Bu durumda gelecek artık Lee ailesi için belirsiz olmayacaktır: Sağlık harcamalarının beklenen değerine eşit olan 5000 dolar karşılığında sigorta şirketi bu sağlık harcamalarının ödenmesinin tüm sorumluluğunu üstlenecektir. Bu Lee ailesi için iyi bir alış veriş midir?

Cevap evettir, en azından birçok aile böyle düşünürdü. Diğer şeyler aynı iken bir çok insan riski yani gelecekteki sonuçların belirsizliğini azaltmayı tercih eder (biz burada finansal riske odaklanacağız). Finansal riskler doğrudan parasal sonuçlarla ilgili belirsizliğin olduğu durumlar ile ilgilidir, yoksa daha sonradan parasal değer verilerek ölçülmeye çalışılan sonuçların belirsizlikleri ile ilgili değildir). Gerçekte birçok insan riskleri azaltmak için dikkate değer bir karşılık (fiyat) ödemeye razı olduğundan sigorta endüstrisi doğmuştur. Fakat sigorta piyasasını analiz etmeden önce insanların neden risk hakkında kötü hislerinin olduğunu anlamaya ihtiyacımız var. Bu davranış biçimini iktisatçılar riskten kaçınma olarak adlandırmaktadırlar. Riskten kaçınma eyleminin kaynağı azalan marjinal fayda kavramında yatmaktadır (Krugman ve diğ., 2010:546-547).

4.3. Riskten Kaçınmanın Mantığı

Azalan marjinal faydanın nasıl riskten kaçınmaya yol açtığını anlamak için, sadece Lee ailesinin sağlık harcamalarına değil bu harcamaların Lee ailesinin gelirinin geri kalanı üzerinde nasıl bir etki yarattığına da bakmak gerekir. Ailenin gelecek yıl 30.000 dolar gelir elde edeceklerini varsayalım. Eğer tıbbi harcama olmaz ise bütün gelire sahip olacaklardır. Eğer sağlık harcama tutarı 10.000 dolar olur ise geriye ellerinde 20.000 dolar gelir kalacaktır. Biz bu iki duruma eşit olasılık atadığımızdan dolayı, Lee ailesinin beklenen geliri $(0.5 \times 30000) + (0.5 \times 20000) = 25.000$ dolar olacaktır ve bu miktar beklenen gelir olarak adlandırılır. (Krugman ve diğ., 2010:548)

4.4. Tarımda Karşılaşılan Riskler

Risk belirsizliğin bir sonucu olup, karar ya da planlama ortamında sonuçların kestirilmemesine ilişkin olarak olasılık kavramlarıyla açıklanmaktadır Halk arasında kayıp şansı ya da zarara uğrama tehlikesi olarak da tanımlanmaktadır (Saner, 1999:56). Tarımda bu risk kaynakları detaylandırılacak olursa pazar ve fiyat riski(girdi ve ürün fiyatlarındaki dalgalanmalar, faiz oranı değişimi, gelir kazanç veya kaybı), üretim riski (doğal koşullar ve yangın, rüzgar, hırsızlık), teknolojik risk(teknolojideki değişimler), resmi ve sosyal riskler (hükümet programları, ticaret

ve çevre politikaları), insan kaynaklı riskler (çalışanın sağlık riskleri, üretici ve aile fertlerinin hedeflerinin değişmesi) şeklinde ortaya çıkmaktadır (Commission of The European Communities,2005:70).

4.5. Risk Kaynakları

Tarımsal üretimde, işletmelerin faaliyetlerini başarılı bir şekilde sürdürebilmeleri risklerin mümkün olduğunca önlenmesine, tekrarının ve etkisinin azaltılmasına bağlı bulunmaktadır. Tarımsal üretimde bulunanlar tarım konusunda ne kadar çok deneyim sahibi olsalar da çoğu zaman birçok risk faktörü ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Literatürde tarımsal üretimi etkileyen risk kaynaklarını belirlemeye yönelik birçok çalışma bulunmasına karşılık, ülkemizde bu çalışmaların sayısı oldukça azdır.(Akçaöz, Özkan, Karadeniz, Fert, 2006:88).

Aşağı Seyhan Ovasında yapılan bir çalışmada tarımsal üretimi etkileyen en önemli faktörün girdi maliyetlerindeki değişiklikler olduğu belirlenmiştir (Akçaöz, 2001:65).

Adana, Urfa ve Konya illerini kapsayan bir çalışmada da ürün fiyatlarının düşük ve girdi fiyatlarının yüksek olması en etkili faktörler olarak saptanmıştır (Akdemir, Binici, Şengül, Akçaöz, Karlı, Aktaş, Gizir, 2001:93).

Kansas'ta ve Teksas'ta ürün fiyatlarındaki değişiklik (Anonim, 1998:4), Iowa'da ürün fiyatlarındaki değişiklik ve pazarlama marjları (Mickelsen, Trede, 2001:520), Hollanda'da hayvansal üretimde et fiyatları ve epidemik hayvan hastalıkları (Meuwissen, Huirne, Hardaker, 2001: 52) tarımsal üretim üzerindeki etkili risk faktörleri olarak bulunmuştur.

Büyük ölçekli Cornbelt çiftçileri ile 1991, 1993 ve 1997 yıllarında olmak üzere yapılan çalışmada en önemli risk kaynakları belirlenmiştir. 1991 ve 1997 yıllarında ürün fiyatlarındaki değişkenlik ve 1993 yılında işletmecinin yaralanması, hastalanması ve ölümü önemli faktörler olarak ifade edilmiştir (Patrick, Musser, 1999:10).

Risk kaynakları konusunda faktör analizinin uygulandığı benzer çalışmalar da bulunmaktadır. Yeni Zelanda'da risk kaynakları ve risk stratejilerine faktör analizi uygulanmıştır. Risk kaynakları ekonomi ve politika, insan ve teknoloji, borç ve kârlılık, çevre ve kişisel olmak üzere 5 faktör altında, risk stratejileri ise çeşitlendirme, borç yönetimi, besleme yönetimi, sermaye yönetimi, pazarlama yönetimi, işletme dışı iş, hastalık ve zararlı yönetimi olmak üzere 7 faktörde toplanmıştır (Martin, McLeay, 1998:229).

Hollanda'da hayvansal üretim faaliyetinde risk kaynakları 5 faktör olarak ifade edilip, aile üyelerinin sağlığı, finansman durumu, kanunlar, üretim ve işletmenin durumundaki değişiklikler şeklinde isimlendirilmiştir. Risk stratejileri ise çalışmada fiyat riskini azaltmak, sigorta, farklılaştırma ve garanti gelir olarak 4 faktörden oluşmuştur (Meuwissen, Huirne, Hardaker, 2001:49).

Başka bir çalışmada, risk kaynakları maliyet, aile, hayvancılık brüt kârı, bitkisel üretim brüt kârı, kredi ve hükümet politikası şeklinde 6 faktörde, risk stratejileri ise pazarlama, üretim, güvenlik, işletme dışı ve finansman şeklinde 5 faktörde birleştirilmiştir (Patrick, Musser, 1997:88).

4.6. Risk Yönetimi Stratejileri

Tarımsal üretimde risk yaratan faktörleri kısmen de olsa ortadan kaldırmak veya etkisini azaltmak için uygulanan yöntemlere risk stratejileri adı verilmektedir. Tarımsal üretimde risk yönetimi stratejilerini belirlemeye yönelik üretici düzeyinde yapılmış çalışmalar oldukça fazladır. Iowa'da 2200 çiftçi ile yapılan çalışmada, %67 oranında ürün sigortası, %55 oranında borç kontrolü, %41 oranında çeşitlendirme, %36 oranında sözleşmeli üretim ve %32 oranında da girdilerin kontratlı temini stratejilerinin uygulandığını belirlenmiştir (Lasley,1998:3).

Coble ve ark. (1999) yaptıkları çalışmada, 4 eyalette 1812 çiftçiden elde edilen verileri kullanarak risk stratejilerini belirlemişlerdir. Tarımsal üretimi etkileyen risklere karşı çeşitlendirme, gelir sigortası, işletme dışı yatırım, işletme dışı iş, kredi rezervi gibi risk stratejilerinin önemli olduğu saptanmıştır. Bard ve Barry (2000), çalışmalarında risk yönetimi stratejilerini araştırmışlardır. Anket uygulaması ile 86 çiftçiden elde edilen veriler yapılan analizde kullanılmıştır. En önemli risk yönetimi

stratejisinin çeşitlendirme olduğunu saptamışlardır. Forward sözleşmelerin çiftçilere göre risk yönetimi aracı olarak çok önemli olmadığını belirtmişlerdir. Macaristan'da koyunculuk işletmelerinde yaptıkları çalışmada üretimi etkileyen risk kaynaklarını ve bunlara karşı uygulanabilecek risk stratejilerini 5'li Likert ölçeği kullanarak ortalama değerler şeklinde vermişlerdir. Buna göre en önemli risk kaynakları yıl boyunca yağış olması, koyun eti fiyatlarındaki değişiklik ve girdi maliyetlerindeki değişikliklerdir (Akçaöz, Özkan, Karadeniz, Fert, 2006:96).

4.7. Tarım Sigortaları ve Uygulamaları

Tarım, nüfusun temel ihtiyaç maddelerini üreten bir kesim olması nedeni ile stratejik bir öneme sahiptir ve diğer sektörler içerisinde doğal, ekonomik, sosyal ve kişisel risklerden en çok etkilenen sektördür. Bundan dolayı tarım üstü açık fabrikaya benzetilir.

Tarım makro ekonomik açıdan stratejik olarak desteklenmesi ve uzun vadeli istikrarlı politikalarla yönlendirilmesi gereken bir sektördür. Türkiye'de tarım sektörü uzun yıllar boyunca populist politikalarla idare edilmiş ve bu nedenle de asıl sorunlar giderek büyümüştür. Bu sorunlardan birisi de sigortadır. Tarımda, teknik tedbirler ile önlenmesi mümkün olmayan riskler sık sık görülmekte ve Ülkemiz gibi gelir düzeyi genellikle çok düşük olan çiftçiler için her yıl büyük felaketlere neden olmaktadır. Bütün gelişmiş ve birçok gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi, ancak tarım sigortaları uygulamasıyla bu felaketlerin neden olduğu zararlar karşılanabilir (Tanrıvermiş, 1997:69). Gelişmiş ülkelerin yıllar önce başlatmış oldukları "tarımda risk yönetim teknikleri" uygulamaları ve alt yapı çalışmaları sonucu "doğa" olayları büyük ölçüde "afet" olmaktan çıkarılmıştır. Bu ülkeler kendi doğal, sosyal, temel ekonomik yapılarıyla tarım politikaları dikkate alınarak bilinçlendirilmiş tarım ürün sigorta sistemlerini kurmuşlar ve böylece çiftçilerinin çok az bir masrafla zararlarını karşılayarak muhtaç oldukları ekonomik ve sosyal güvence kavuşmaları sağlanmıştır. Sigortadan amaç sigortalının net varlığında bir azalma meydana gelmesini önlemektir. Bunun için sigorta sektöründe oluşan yığın hasarları karşılamak için her ülkede çeşitli şekillerde devlet desteği yapılmaktadır. Ülke tarımındaki teknolojik gelişmelere karşın kontrol edilmeyen doğal afetlerin sebep

olacağı ürün ve hayvan kayıplarından doğan zararlar tarım sigortaları vasıtasıyla karşılanabilirler (Tanrıvermiş,1997:42).

4.8. Türkiye’de Tarım Sigortası Çalışmaları

Tarım sigortaları uygulamaları 1957 yılında başlamış olmasına ve risklerin giderek arttığı bilinmesine rağmen, çiftçinin gelir düzeyinin sürekli düşmesi, tarım sigortaları için bir devlet politikasının oluşmamış olması, Tarım ve sigorta sektörlerindeki bilgi ve ilgi eksikliği, daha kolay işlere yönelme arzusu gibi faktörler tarım sigortalarının diğer tarımsal faaliyetler yanında daha az gelişmesinde rol oynamışlardır.

1987 yılında Tarım Sigortaları'nın geliştirilmesi için planlı bir çalışma başlatılmıştır.”Tarım sigortasını tarımcılar yapmalıdır ” başlığıyla hazırlanan “Türkiye için Tarım Sigortaları'nı Geliştirme Planı” çerçevesinde öncelikle Tarım ve Sigorta Sektörü'ne konunun önemini anlatılması, tanıtımı ve çiftçiye götürülen sigorta hizmetlerinin sağlıklı bir alt yapıya kavuşturulup, yaygınlaştırılmasına çalışılmıştır.

1995 yılına gelindiğinde gelişmenin yeterli olmadığı görülmüş, bunu engelleyen faktörler ve diğer ülke örnekleri incelenerek, Tarım Sigortaları'nın ortak bir sistem içerisinde uygulanması için tarım sigortalarına gönül vermiş kişiler bir araya gelerek, Tarım Sigortaları Vakfı'nı(TSV) kurmuşlardır.

Tarım Sigortaları branşında faaliyet gösteren resmi ve özel tüm sigorta ve reasürans şirketlerinin Tarım Sigortaları Vakfına üye olmasından sonra özellikle, tarım ürünleri hasar tespitinin aynı teknik bilgilerle bağımsız uzmanlar tarafından belirlenmesini sağlayarak, çiftçinin hasarlarını gerçek değerlerle ödeme amacıyla ortak hizmet veren bağımsız bir hasar havuzu oluşturulmuştur.

Diğer taraftan vakıf sigortalı olanların yanı sıra sigortasız ürün ve risklere ait bütün istatistiksel veriler ayrıca bilgi bankası şeklindeki bir veri havuzunda toplanmakta ve değerlendirilmektedir. Tüm veriler GIS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) içerisinde ayrı ayrı analiz edilmekte ve prim fiyatlarına esas teşkil edecek güncel çalışmalar yapılmaktadır.

Planlı çalışmalardan sonra, Tarım Sigortaları konusu tarım sektöründe de ilgi görmeye başlamış, 6. Beş Yıllık Kalkınma Planında“ Tarım sigortalarının gelişmesi için devlet desteğini öngören yasal düzenlemelerin yapılması” şeklinde yer almıştır. Bu çalışmalar 7. ve 8. Kalkınma Planlarında aynı şekilde devam etmiştir (Tanrıvermiş, 1997:39).

Sigorta şirketleri de Sigorta Kapsamları şu şekildedir;

Tarım Ürünleri Dolu Sigortası; dolu vuruşunun ürünlerde neden olduğu miktar eksilmesi, meyve ve sebzelerde ek primle kalite kaybını sigorta kapsamına almaktadır.

Sera Sigortası; doğal afetler nedeniyle serada ve içindeki ürünlerde meydana gelen hasarlar sigorta kapsamına alınmaktadır. Hayvan hayat sigortası; ölümler ve yavru atma sigorta kapsamındadır.

Kümes hayvanları sigortası; Ölümler ve istisna olarak hırsızlık ve esrarengiz kayıplarda sigorta kapsamına alınmaktadır.

4.9. Tarım Sigortası Nasıl Uygulanıyor?

Tarım ürünleri sigortası hasar tespitleri ise şu şekilde yapılmaktadır; Sağlıklı bir hasar tespiti sistemi oluşturmak üzere, Tarım Sigortalar Vakfı bağımsız bir kurum olarak 1995 yılında kurulmuştur. Tarım branşında çalışan sigorta şirketleri Vakfın üyesidir. Hasar tespitleri, üye şirketlerin imzalamış oldukları Hasar Tespitleri çalışma esasları çerçevesinde yürütülmektedir. Vakfın masrafları, sigorta ve reasürans şirketinin yıllık primlerinin %4'ü oranındaki bağışlarıyla karşılanmaktadır. Sera ve dolu sigortalarında hasar tespitleri Vakfın bölge koordinatörü vasıtasıyla tarım uzmanlarına yaptırılmaktadır. Hayvan hayat sigortasında ise hasar tespitleri için vakıf yerel veterinerleri kullanılmaktadır (Tanrıvermiş, 1997:55).

4.10. Tarım Sigortasından Beklentiler

Hemen hemen her ülkede sigorta uygulaması pilot projelerle başlatılıp ve kapsamı kademeli olarak genişletilmekte, sigorta sistemine üretici, devlet ve sigortacının katılımı, finansmanı, teminat verilen riskler ve ürünler, sigorta şirketlerinin çalışma esasları ve organizasyonlar farklılıklar göstermektedir. Ancak kendi ülkesine uygun gerekli yasal, kurumsal ve teknik alt yapıyı oluşturmuştur.

Bitkisel ürün sigortalarında 1957 yılından beri uygulanmakta olan geleneksel dolu sigortalarının yanı sıra kuraklık, don, sel gibi risklere karşı sigorta yapabilmenin dünya genelinde olduğu gibi bizde de 2 kuralı olduğu bilinmektedir. Bunlardan birincisi; mevcut dolu sigortalarının alt yapısını geliştirmek, ikincisi devletin prim desteğini sağlamak.

Çiftçinin ödeyeceği doğal afet sigortaları priminin ABD ve AB ülkelerinin çoğunda olduğu gibi Türkiye'de de %50'sinin devlet tarafından karşılanacağı öngörüsü bugün için Tarım, Sigorta ve kredi temin edilen finans kurumları tarafından da kabul edilebilir görülmektedirler.

Ülkemizde günlük politik çıkarlardan uzak ülke menfaatlerini uzun vadeli koruyan politikalara ihtiyaç vardır. Tarım sigortasının öncelikle bu bilinç ile ele alınması üreticimizin olduğu kadar ülkemizin gıda güvenliği içinde şarttır. Desteklemenin boyut değiştirdiği günümüzde Türk tarımında sigorta sistemlerinin geliştirilmesi bir zorunluluk haline gelmiştir (Türkiye Sigorta ve Reasürans Şirketler Birliği, 2003:10).

Bu konudaki beklentiler şöyle özetlenebilir:

- Devlet tarım sigortalarının primine ve/veya hasarına destek sağlamalıdır.
- Üreticilerin sigorta bilincinin oluşturulması yönünde eğitim programları uygulanmalıdır.
- Üreticilerin sisteme inancı sağlanarak, hasar halinde tatmin edici düzeyde bir ödeme yapılacağı ortaya konulmalıdır.

- Primler üreticilerin ürettikleri ürünlerin üretim, risk ve bölge özellikleri dikkate alınarak tespit edilmelidir.
- Prim ödemelerinde üreticilerin üretim ve hasat dönemleri dikkate alınmalıdır.

Sigorta hizmetlerinin köylere ulaştırılması sağlamak için sigorta şirketlerinin acente ağlarını geliştirecek sistemleri kurmalılar.

(http://ankaratb.tobb.org.tr/index.php?option=com_content&task=view&id=139&Itemid=117)

(erişim: 06.06.2010)

4.11. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı TAKEP Çalışmaları

Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'nın Çevre Orman Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve İçişleri Bakanlığı ile işbirliği içerisinde yürütmekte olduğu Tarımsal Kuraklık Eylem Planı, kuraklığın etkisini azaltma yöntemleri, araçları, ölçütleri ve eylem planları olarak aşağıdaki çalışmaları konu almıştır. Bu çalışmalar ile erken uyarı ve tahminle zamanında karar verilerek etkin bir kuraklık yönetimi oluşturulmak istenmektedir.

4.11.1. Tarımsal Kuraklık Yönetimi

- TKYKK' na Başkanlık yapmak ve gerekli kararları almak,
 - Yazılı ve görsel basınla birlikte çalışarak kitleleri bilgilendirmek,
 - Tarımsal kuraklık yönetimi çalışmalarının sürekliliğini sağlamak,
 - Kamu kurum ve kuruluşları, STK ile koordinasyonu sağlamak,
 - İl TAKEP uygulamalarını izlemek ve desteklemek,
 - İhtiyaç duyulan mevzuatları hazırlamak,
- (Tarım ve Köyişleri Bakanlığı,2007:24)

4.11.2. Ekonomik Spekülasyonların Önlenmesi

TMO'nun ana statüsünde "yurtta hububat fiyatlarının üreticiler yönünden normalin altına düşmesini ve tüketici halk aleyhine anormal derecede yükselmesini önlemek, bu ürünlerin piyasasını düzenleyici tedbirler almak" görevleri kapsamında;

- 1- Gerekli stok tesisi ve muhafaza etmek suretiyle, bu ürünler piyasalarında istikrar sağlamak,
- 2- Lüzum görülen hallerde, faaliyet konularına giren ürünleri ve mamullerini dış piyasalardan satın almak,
- 3- Sivil halk için yeterli miktarda Olağanüstü Hal Stoku tutmak.

4.11.3. Eğitim, Yayın ve Yayımlar

1. Tarımda sulama suyunun etkin kullanılması,
2. Az su tüketen ve kuraklığa dayanıklı tür ve çeşitlerin yetiştirilmesi,
3. Hayvansal üretimin düşmesini önleyici tedbirlerin alınması,
4. Toprak neminin muhafazasını sağlayan toprak işleme tedbirlerinin alınması,
5. Çevre ve ekolojik dengenin korunması,
6. Salgın hastalıkların önlenmesi ve mücadelesi,
7. Bitki hastalıkları ve zararlılarına karşı mücadele,
8. Çayır ve mera alanlarında otlatma yönetimi,
9. Yem bitkileri üretimi ve silaj yapımı,
10. Tarımsal sigorta ve destekler,
11. Anız yakılmasının önlenmesi, anız makinelerinin kullanılması,
12. Gübre ve gübreleme,
13. Minimum işlemeli tarım,
14. Tarımsal havza çalışmalarının etkin hale getirilmesi

Konularında kamuoyunun bilinçlendirilmesi ve katılımın sağlanması, Üniversite, STK ve Medya ile işbirliği içerisinde basılı, sesli ve görsel yayınların hazırlanması ve yayımı ile eğitim faaliyetlerini yoğunlaştırmak. (Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, 2007:24)

4.11.4. Alınacak Tedbirler

a) Kısa Dönemde Alınacak Tedbirler

- Kuraklığa dayanıklı tür ve çeşitlerin sertifikalı tohum temini,
- Destek ve yardımların gözden geçirilmesi ve güncelleştirilmesi,
- Bitki, hayvan hastalıkları ve zararlılarına karşı her türlü aşı ve ilaç tedariki ile mahalline ulaştırılması,
- Gıda güvencesinin sağlanması,
- Tarımsal sanayi hammadde ihtiyacının karşılanması için gerekli tedbirlerin alınması,
- Kuraklıktan zarar gören çiftçiler için ekonomik politikalar geliştirilmesi gerekmektedir .
- Parasal kaynağın sağlanması,

b) Orta ve Uzun Dönemde Alınacak Tedbirler

- Havza bazında detaylı toprak etütlerinin yapılması, arazi kullanım ile ilgili veri tabanının oluşturulması,
- Arazi kullanım planlarının yapılması,
- AR-GE çalışmalarına ağırlık verilmesi,
- Tarım arazilerinin toplulaştırılması ve işletme bazında kayıtlar alınarak miras yoluyla parçalanmasının önlenmesi,
- Mali kaynakların acil ve acil olmayan koşullar için belirlenmesi ve sürekliliğinin sağlanması,
- Toprak neminin tespitine yönelik gerekli rasat istasyonlarının kurulması ile erken uyarı sisteminin hazırlanması,
- Su ve toprak kaynaklarının geliştirilmesi ve muhafazasında stratejik yönetim planlamasının yapılması,
- Su depolama tesislerinde, siltasyon problemlerinin önlenmesi için kontur sürüm, sekileme ve ağaçlandırma gibi projelerin halk, STK'nın geniş katılımı sağlanarak yapılacak ortak çalışmaların tabana yayılması,
Çiftçilerin ortak hareket etmeleri, yeniliklere ve kuraklıkla ilgili alınacak tedbirlere topyekun katılımlarını sağlamak için örgütlenmelerinin tamamlanması (Tarım ve Köyüşleri Bakanlığı,2007:25).

4.11.5. Parasal Kaynaklar

- Devlet katkısı,
- Mahalli İdare katkıları,
- Sivil Toplum kuruluşları katkıları,
- Tarımsal Kuraklık Afet Fonu oluşturularak CO₂ salınımına neden olanlardan ek vergilerin alınması,
- Özel Tüketim Vergisi, Şans Oyunlarından Tarımsal Kuraklıkla Mücadele İçin belirli oranda kaynak sağlanması hususunda mevzuatın geliştirilmesi, kaynak sürekliliğini sağlayacaktır (Tarım ve Köyişleri Bakanlığı,2007:26).

4.12. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Kuru Tarım Alanlarında Tarımsal Kuraklık Eylem Planı

Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'nın kuraklık ile ilgili yaptığı TAKEP çalışması kapsamında kuru tarım alanlarında tarımsal kuraklık eylem planı aşağıdaki tablo 19'da verilmiştir. Burada adım adım kuraklığın başlaması durumunda yapılacak olan eylemler hazırlanmıştır. Kuru tarımın özellikle seçilmesinin nedeni, kuraklıktan ilk etkilenen tarım kolu olmasıdır. Ülkemizin büyük çoğunluğunda kuru tarım yapılmakta ve yağışlarda meydana gelen bir düzensizlik ilk olarak kuru tarım alanlarını etkilemektedir. TAKEP çalışması ile gerekli önlemler planlanarak olası bir kuraklık durumunda ya da kuraklığın başlama sinyallerinin görülmesi durumunda kuru tarım alanlarının göreceği zararın en aza indirgenmesi sağlanabilecektir.

Risk Değerlendirme Komitesi, TAKEP kapsamında her hafta toplanarak İzleme, Erken Uyarı ve Tahmin Komitesi'nin kamu kurum ve kuruluşlarından topladığı konu ile ilgili tüm envanter dokümanlar ve sürekli günlük rasat bilgilerini değerlendirerek uyarı ve tahminlerini değerlendirir. Bu değerlendirmeler sonucunda risk analizi yaparak analiz sonuçlarına göre eylem planını hazırlar ve ilgili birimlere sunar. Aşağıdaki tablo 19'da eylem planları verilmiştir.

Normal koşullarda yapılacak olan eylemler ve kuraklık başladığında, kuraklığın şiddetine göre yapılacak eylemler hazırlanmış, il yıllık yağışı, yer altı ve yerüstü su seviyelerine göre uygulanacak olan önlemler planlanmıştır.

Tablo 19: Kuru tarım alanlarında tarımsal kuraklık eylem planı (1).

KURAKLIK EYLEMİ			
NORMAL KOŞULLARDA	1. ADIM KURAKLIK ALARMI	2. ADIM KURAKLIĞA HAZIRLANMA	3. ADIM KISITLAMA
İl Yıllık yağışı, uzun yıllar il yağış ortalamasına yakın veya üzerinde, yeraltı ve yerüstü su seviyeleri yeterli.	İl yıllık yağışı, uzun yıllar il yağış ortalamasından az, yeraltı ve yerüstü su seviyeleri düşme eğiliminde, Eylül-Ekim yağışları azalan seyirde. (TKYKK kararı)	İl yıllık yağışı, uzun yıllar il yağış ortalamasından az, yeraltı ve yerüstü su seviyeleri düşüyor. Eylül-Ekim-Kasım-Aralık yağışı kurak yıllara paralel. (TKYKK kararı)	İl yıllık yağışı, uzun yıllar il yağış ortalamasından az. Yeraltı ve yerüstü su seviyeleri düşüyor. Ekim-Kasım-Aralık-Ocak-Şubat-Mart yağışı en kurak yıla yaklaşıyor. (TKYKK kararı)
	Alınması Gereken Önlemler	Alınması Gereken Önlemler	Alınması Gereken Önlemler
1- İl kuraklık eylem planının geliştirilmesi ve sürekliliğinin sağlanması, 2- Yasalar, yönetmelikler ve tüzüklere göre çalışmalar gözden geçirilerek eksikliklerin tamamlanması, 3- İl ana mali kaynaklarının acil ve acil olmayan koşullar için belirlenmesi, 4- Çiftçi kayıt sistemlerinin devamlı geliştirilmesi, 5- Kuraklık erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi, 6- Mera, yaylak ve kışlaklarda Mera Islahı ve Amenajman Projeleri uygulamalarına devam edilmesi, 7- AR-GE çalışmaları; a- Kuraklıktan daha az etkilenen tür ve çeşitlerin geliştirilmesi, b- Su hasadı, teknik ve teknolojilerinin geliştirilmesi, c- Bölgelere göre ürün deseninin belirlenmesine yönelik çalışmaların hızlandırılması, d- Kontrolü şartlarda çalışarak simülasyon çalışmaları ve modellemeler yapılması,	1- Toplumun farkında olmasını başlatma, eğitim-yayın-yayım, 2- Tarımsal Kuraklık Eylem Planı il üyelerinin, kurumsal plan görevlerini gözden geçirmeleri, 3- Kuraklığa dayamlı çeşitlerin tohumluk ihtiyacının tespiti ve tedariki, 4- Toprakta suyun muhafazasını sağlayacak toprak işleme tekniklerinin uygulanması, kontür sürüm, 5- Kuru şartlarda yapılan hububat yetiştiriciliğinde verim miktarı ülke ortalamasının çok altında olan alanların, ekim dışı bırakılması, 6- Yazlık ekimlerde "minimum işlemeli tarım" uygulamasına geçilmesi ve bunun alan bazında desteklenmesi, 7- İnternet sayfası oluşturarak kamuoyunun bilgilendirilmesi, 8- Kuraklık ve riskleri konusunda yazılı ve görsel basının bilgilendirilmesi,	1- Mevcut ekim alanlarında, bitki çıkışı ve gelişme oranlarının tespiti, 2- Ürün tahminlerinin yapılması, 3- Alternatif ürün çeşitlerinin planlaması, 4- Ürün kayıplarının hesaplanması, 5- Kısıtlama ve yasaklamaların yerine getirilmesi, 6- Hububat yetiştiriciliği yapılan alanlarda korunga, fiğ gibi yem bitkilerinin devreye sokulması, 7- Mera, yaylak ve kışlaklarda otlatma planlaması uygulanması, 8- Toprak nemi ölçümleri yapılarak, bilgi akışının sağlanması, 9- Meraların yetersizliği halinde geçici alternatif hayvan otlaklarına nakli, 10- Kuraklıktan zarar gören alanlar ile zarar görenlerin tespiti, 11- Süne mücadelesiyle ilgili gerekli tedbirlerin alınması, 12- Hastalık ve zararlılarla mücadele yapılması,	1- Tarımsal Kuraklık Yönetimi Koordinasyon Kurulunun Acil Eylem uygulama kararı, 2- Tarımsal Kuraklık İl Kriz Merkezlerince Acil Eylem Planının uygulanmaya konulması ve görev dağılımının yapılması, 3- Eylem planının mali portresi çıkarılarak ek ödenek tespiti 4- İl Teknik Çalışma grupları oluşturularak konular itibarıyla görev dağılımının sağlanması, 5- Yem bitkisi ekilişleriyle elde edilen kuru otun iyi şartlarda saklanması, 6- Meralardan en iyi şekilde yararlanma şartlarının belirlenmesi, 7- Sap-saman ve amız artıklarının depolama şartlarında saklanması, 8- Anızı yakmadan, amız parçalama makinelerinin kullanılmasının sağlanması, 9- Tarım ürünlerinin yangına hassas dönemlerinde gözetleme ve müdahale ekiplerinin hazır bulundurulması,

Tablo 19: Kuru tarım alanlarında tarımsal kuraklık eylem planı (2).

KURAKLIK EYLEMİ			
NORMAL KOŞULLARDA	1. ADIM KURAKLIK ALARMI	2. ADIM KURAKLIĞA HAZIRLANMA	3. ADIM KISITLAMA
İl Yıllık yağış, uzun yıllar il yağış ortalamasına yakın veya üzerinde, yeraltı ve yerüstü su seviyeleri yeterli.	İl yıllık yağış, uzun yıllar il yağış ortalamasından az, yeraltı ve yerüstü su seviyeleri düşme eğiliminde, Eylül-Ekim yağışları azalan seyirde. (TKYKK kararı)	İl yıllık yağış, uzun yıllar il yağış ortalamasından az, yeraltı ve yerüstü su seviyeleri düşüyor. Eylül-Ekim-Kasım-Aralık yağışları kurak yıllara paralel. (TKYKK kararı)	İl yıllık yağış, uzun yıllar il yağış ortalamasından çok az, yeraltı ve yerüstü su seviyeleri düşü. Ekim-Kasım-Aralık-Ocak-Şubat-Mart-Nisan-Mayıs-Haziran yağış toplamları en kurak yıl düzeyinde. (TKYKK kararı)
	Alınması Gereken Önlemler	Alınması Gereken Önlemler	Alınması Gereken Önlemler
e- CBS ve UA sistemlerinin izleme, değerlendirme çalışmalarında daha yoğun kullanılması ile ilgili çalışmaların hızlandırılması, f- Sonuçların üretici şartlarında deneme demostrasyonlarının yapılarak farkındalığın yaratılması, 8- Havza yağış sularının toprağa, yeraltına verilmesi için havza erozyon kontrol çalışmaları ile yamaç arazilere ve derelere kuru taş sekiler yapımının yaygınlaştırılması, 9- Meyilli arazilere sekileme yapılması, 10- Bütün korumasız tepelerin ağaçlandırılması, 11- Arazi kullanım planlaması; • Eğimli alanlara ekilecek bitkiler, • Kuru alanlara ekilecek bitkiler, • Sulu alanlara ekilecek bitkilerin belirlenmesi, 12- Geçim planlaması • Kuraklıkta nüfusu geçindirecek önlemler alınarak yerinde tutulması, • Geçim şartları kısıtlı alanlardaki nüfusun geçici iskan sağlanacak yerlerin planlaması,	10- Orman yangınlarında alınan tedbirlerin en üst düzeye çıkarılması, 11- Hayvan yem ihtiyacı ve temin edilecek yerlerin belirlenmesi ve ikmali, 12- Ürün üretim tahminlerinin yapılması, 13- Kuraklığa maruz kalan üreticilerin borçlarının ertelenmesi, düşük faizli kredi verilmesi, desteklenmeleri, tohum ihtiyaçlarının karşılanması ve diğer yardımların yapılması, 14- Zorunlu ihtiyaç halinde yapılan tespitlere göre tahıl yardımı yapılması, 15- Kuraklık nedeniyle ortaya çıkan gıda, geçim ve ekonomik sıkıntılar sonucu oluşan sosyal huzursuzlukların en aza indirilmesi için kamu ve sivil toplum kuruluşları ile ortak çalışmaların yapılması, 16- Uygulamalarda ortaya çıkacak kanuni sıkıntıları tespit ederek, çözüm önerileriyle birlikte ilgili makamlara bildirmesi. 17- Ancılıkla ilgili gerekli tedbirlerin alınması,		

SONUÇ

Tarım sektörü ülkemizde gerek çalışan sayısı gerekse sağladığı katma değer ile son derece önemlidir. Geçtiğimiz 2009 yılındaki verilere baktığımızda tarım üretimi 79 milyar \$ ve milli gelir içindeki payı %8.3 olmuştur. Bu rakamlarda kuru tarım alanlarının payı büyüktür ve düzenli yağışlar bu üretim için son derece önemlidir.

Tarımsal üretimde yıllık toplam yağış miktarı önemli olduğu gibi, yağışın bitki çıkış ve gelişme dönemindeki aylara dağılımı da önemlidir. Bitki çıkış ve gelişme döneminde ihtiyacı olan suyu toprakta bulamazsa Tarımsal Kuraklık etkilerini göstermeye başlayacaktır. Tarımın Türkiye ekonomisindeki yeri düşünüldüğünde olası bir kuraklık durumu tarımsal üretimini, özellikle de kuru tarım üretimini ve ülke ekonomisini büyük zarara uğratacaktır. Bu etkilerin giderilmesi için Türkiye’de Tarımsal Kuraklık Eylem Planı hazırlanmıştır. TAKEP yağış izleme ve tahmin verilerinden yararlanarak gerekli eylem planları çalışmaları yapmıştır. Burada kuraklığın izleme ve tahmininde kullanılan SYİ’nin önemi büyüktür. Ayrıca risk analizi yapılırken de bu SYİ verileri kullanılmaktadır.

Kuraklığın izlenmesi ve tahmini, olası olumsuz etkileri indirgeyebilmek için uygun olan azaltma önlemlerini uygulamada önemli araçlardır. Güven aralığı ile ilgili ve kuraklık indisi tahmin durumunun yanı sıra verilen bir istasyon veya bölge için bir kuraklık sınıfından diğerine geçiş olasılıklarının bilgisi, mevcut kuraklık durumunun muhtemel gelişim riskine dayalı uygun önlemler seçildiğinde kuraklığın azaltılması için yapılacak olan iyileştirme çalışmalarını geliştirmeye yardımcı olur.

Kuraklığın izlenmesi için kullanılan indislerden Palmer Kuraklık Şiddeti indisi evapotranspirasyon ölçümlerinin zor olması ve toprak nemi ölçümleri için her havzada gerekli ekipmanların bulunmaması bu ölçüm yöntemini pratik kılmamıştır. Palmer yöntemi algoritma olarak uygun gibi görünse de uygulamada ortaya çıkan zorluklar dolayısıyla bu tahmin yöntemini her bölge için uygulanamamaktadır. Gerçekte, toprak nemi gibi kuraklığın ölçümünde son derece önemli parametrenin hassas olarak saptanması oldukça maliyetlidir. Bununla beraber kuraklığın ölçümünde kullanılan en yaygın indis olan Standart Yağış İndisi, kullandığı girdilerin sadece meteorolojik veriler olması ile uygulama kolaylığı sunmaktadır. SYİ’nin bir özelliği de ileriye yönelik tahminleme modellenmesine olanak vermesidir. Stokastik

süreç olarak modellenmesi yolu ile SYİ için olasılık geçiş kanunları belirlenebilmektedir. Bu tezde mevcut kuraklık tahmin yöntemlerinin tam olarak yeterli olmadığı vurgulanmıştır. Kuraklık izleme ve tahmin yöntemleri gelişmiş istatistiksel yöntemler ve simulasyon teknikleri kullanılarak geliştirilirse sonuçlar kuraklığın oluşturduğu risklerin izlenmesi için daha yararlı olacaktır.

Bu indislerin özellikle SYİ'nin sonuçların tatmin edici seviyeye gelmesi ile tüm Türkiye için önceden belirlenmiş bir ürüne ait SYİ cinsi kuraklık risk haritası çıkartılabilir. Buradaki harita halihazırda kullanılan haritalardan, ki bu haritalar daha çok tehlike durum haritalarıdır, farklı olarak gelecek muhtemel kuraklığa ait olasılık kanunu da içerecektir. Buradan itibaren aktüeryal hesaplar kullanılacak temerrüt oranı bölgeler arası karşılaştırmalı olarak elde edilebilir. Ayrıca bu tahmin değerleri risk raporlamalarında kullanılmalıdır. Bu raporlama başta tarım sektörü olmak üzere sigorta sektörü ve kuraklıktan etkilenen nihai sektörler için son derece yararlı olacaktır. Şuan uygulanmakta olan Tarımsal Kuraklık Planının geliştirilmesi ve daha etkin uygulama alanı bulması için de fayda sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Akçaöz, Vuruş, *Tarımsal Üretimde Risk, Risk Analizi ve Risk Davranışları: Çukurova Bölgesi Uygulamaları, (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana 2001.*
- Akçaöz, H., Özkan B., Karadeniz C.F., Fert C., “Tarımsal Üretimde Risk Kaynakları ve Risk Stratejileri: Antalya İli Örneği”, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, sayı 1, Antalya 2006.
- Akdemir, Ş., Binici, T., Şengül, H., Akçaöz, H., Karlı, B., Aktaş, E. ve Gizir, M., “Bölge Bazlı Tarım Sigortasının (Area Based Index Insurance) Türkiye’de Seçilmiş Bölgeler İçin Potansiyel Sigorta Talebinin ve Talebin Karşılabilirliğinin Belirlenmesi”, *Proje Raporu 2001-2011*, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, Ankara 2001.
- Aksay, Cemal Seçkin, Ketenoğlu Osman, Kurt Latif, ‘Küresel Isınma Ve İklim Değişikliği’, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, Sayı 25, 2005.
- Aktürk, Serpil, Tongal, Aysen, “Nükleer Enerji ve Çevre/Sürdürülebilir Kalkınma”, *Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) Teknoloji Dairesi*, Mayıs 2004.
- Alley, William, M., ‘The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions’, *Journal of Climate and Applied Meteorology*, Vol:23, 1984.
- Altınok, Y., *Ziraat Mühendisliği Dergisi*, Sayı:166, 1983.
- Anonim, “Risk Management Education: Perspectives of Producers and Agribusinesses”, *Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service*, 1998.
- Anonim, “Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler ve Meteorolojik Önlemler”, *Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler Raporu*, Meteoroloji Mühendisleri Odası, Ankara 1999.

- Archer, E., Mukhala, E., Walker, S. and Dilley, M., "Critical areas for improvement in the ability of SADC agricultural sector to benefit from seasonal forecasts", *Insights and Tools for Adaptation: Learning from Climate Variability Workshop*, November 18-20, 2003, Washington, D.C.
- Arıkan, Yunus, "Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü", *Bölgesel Çevre Merkezi*, 2006.
- Arıkan, Yunus, "2012 'ye Kadar Türkiye'de Sera Gazı Salımlarının Azaltılması Projelerinin Finansmanı İçin Öncelikli Seçenek; Gönüllü Karbon Ticareti", *Bölgesel Çevre Merkezi*, 2008.
- Arıkan, Yunus, Özsoy, Gülçin, "A'dan Z'ye İklim Değişikliği Başucu Rehberi Bölgesel Çevre Merkezi - REC Türkiye Raporu", *Ankara, Çevre ve Orman Bakanlığı*, 2008.
- Ayricay, Yücel, Karataş, Abdülmecit, *Çevre Finansmanı, Muhasebe ve Finansman için Yeni Trendler*, Ankara 2008.
- Babuş, Deniz, "Araştırma Bulguları", <http://egitim.cu.edu.tr/myfilrs/open.aspx?file=828.doc>
Erişim Tarihi:16.02.2010
- Baumert, K., Kete B., Figueres N., "Designing the Clean Development Mechanism to Meet the Needs of A Broad Range of Interests. World Resources Institute", *Climate Notes. Climate Energy and Pollution Programme*, 2000.
- Baykan, O., "Büyük Menderes Havzası Kuraklık Eğilimleri", *Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu*, Denizli 1994.
- Berrin, S., "Emisyon Ticaret Sistemi Karbon Piyasası", *ETİ Maden İşletmeleri Dergisi*, Sayı:142, 2006.
- Beyazıt, M., Oğuz B., *Mühendisler için İstatistik*, Birsen Yayınevi, İstanbul 1994.

- Burman, R. and Pochop, L. O., "Evaporation, Evapotranspiration and Climatic Data", *Development in Atmospheric Science*, 22, Elsevier Science B. V. Amsterdam, The Netherlands, 1994.
- Cancelliere, A., Di Mauro, G., Bonaccorso, B., Rossi, G., "Drought Forecasting Using the Standardized Precipitation Index", *Water Resour Manage*, Catania, Italy, 2006.
- Cemre REC, "Değişen İklim", *REC Türkiye İklim Değişikliği Bülteni*, Yıl:1, Sayı:1, 2005.
- Commission of The European Communities, "Commission Staff Working Document on Risk and Crisis Management in Agriculture", Brussels, 2005.
- Çağlar, Ü., Meçik, O., Şengül, C. İ., Karataş, G., Onan, T., "Küresel Isınmanın Ekonomik, Politik ve Sosyal Etkileri Eskişehir Kent Merkezinde Bir Araştırma", *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İ.İ.B.F. İktisat Bölümü*, İzmir, Mayıs 2008.
- Çepel, Necmettin, *Ekolojik Sorunlar ve Çözümleri*, Tübitak Yayınları, Ankara 2003.
- Çepel, Necmettin, Ergün C., "Temel Çevre Sorunları", (www.tema.org.tr), Erişim Tarihi: 16.03.2010.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, "Sürdürülebilir Kalkınma Sürecinde Çevre Yönetimi", *İklim Değişikliği Alt Komisyon Raporu 1. Çevre ve Ormanlık şurası Genel Sekreterliği*, Sura Hazırlık Çalışma Komisyonları, Ankara 2005.
- Denhez, Frederic, *Küresel Isınma Atlası* (Çeviren: Özgür Adadağ), NTV Yayınları, İstanbul 2007.
- Dolu, Ömer, "Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları ve Kurumsal Kapasite Gelişimi", Adnan Menderes Üniversitesi İ.İ.B.F. Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Bölümü Yüksek Lisans Tezi, Aydın 2005.
- DPT, "Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı", *İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, DPT:2532, ÖİK:548, Ankara 2000.

- Economist The, “Compressed, Europe’s Emission Trading Scheme”, *2 Aralık 2006*.
- Ecosystem Market Place Survey, May 2008.
- EEA; “Impacts of Europe’s Changing Climate”, *An Indicator-Based Assesment, Report No:2/2004*, EEA, Copenhagen, Denmark, 2004.
- Erinç, S., “Yağış Müessiriyeti Üzerine Bir Deneme ve Yeni Bir İndis”, *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü*, Yayın No:41, İstanbul 1965.
- ETKB; “Enerji Sektöründe Seragazi Azaltımı Çalışma Grubu Raporu”, *Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü*, Ankara 2005.
- European Commission, “EU Action Against Climate Change: EU Emission Trading Scheme-An Open Scheme Promoting Global Innovation”, *The EU Brochure, Belgium: European Communities*, Eylül 2005.
- FAO, AgroMetShell Toolbox CD-ROM, FAO-SDRN Working Paper Series (under preparation). Rome, Italy 2004.
- Fındık, Ali, “İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkileri”, *Üniversite Öğrencileri 2.Çevre Sorunları Kongresi Bildiri Kitabı: 28-32*, İstanbul 2007.
- Fischer, R. A., Wood, J. T., Drought Resistance in Spring Wheat Cultivars. III. Yield Associations With Morphophysiological Traits, *Aust. J. Agric. Res.* 30, 1979.
- Flannery, T., *İklimin Efendileri: İklim Değişikliğinin Tarihçesi ve Yakın Geleceğimize Etkileri*, (Çev: Demet Taşkan), Klan Yayınları, İstanbul 2006.
- Frère, M. and Popov G.F., “Early Agrometeorological crop yield forecasting”, *FAO Plant Production and Protection Paper, No. 73*. Rome, Italy 1986.
- Gbeckor, Kove, N., *Drought and Desertification*, Geneva 1989.
- Gibbs, W. J. and Maher, J. V., *Rainfall Deciles as Drought Indicators*, Melbourne 1967.
- Göksu, Ç., *Küresel Isınma ve Türkiye'nin Güneş Projeleri*, Güncel Yayıncılık, 2008.

- Güneş, Ahmet M. "İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nden Kyoto Protokolü'ne Küresel Isınmaya Karşı Uluslararası Alandaki Hukuki Gelişmeler", *Türkiye Barolar Birliği Dergisi*, Yıl 2010, Sayı 87, S 43.
- Güven, Ayşe Güneş, "1997 Kyoto Protokolü'nün Oluşumu ve Uluslararası Çevre Politikalarına Etkileri", *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası İlişkiler Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, Çanakkale, 2006.
- Hamilton, C. and Turton, H., *Determinants of Emissions Growth in OECD Countries, Energy Policy*, Vol:30, 2000.
- Hobday, Simon, *Carbon: Boom and Bust or Something More Serious? Modern Power Systems*, Haziran 2006.
- IPCC, "Climate Change 2001: the scientific basis", *Intergovernmental Panel on Climate Change*, ([http://www.grida.no/climate/ipcc tar/wgl/index.htm](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wgl/index.htm)) (Erişim Tarihi: 03.03.2010).
- IPCC, "Special Report on Emission Scenarios, A Special Report of Working Group 111 of The Intergovernmental Panel On Climate Change" (IPCC), Cambridge University Press, Cambridge, 2001.
- JIQ, *Joint Implementation Quarterly*, Vol:11, No:1, April, 2005.
- Kadioğlu, M., *Türkiye'de İklim Değişikliği ve Olası Etkileri*, Çevre Koruma, 1993.
- Kadioğlu, M., *99 Sayfada Küresel İklim Değişimi Söyleşi Serhan Yediğ*, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, İstanbul, 1997.
- Kadioğlu, M., *Küresel İklim Değişimi ve Türkiye: Bildiğimiz Havaların Sonu*, 3. Baskı, Güncel Yayıncılık, İstanbul, 2001.
- Kadioğlu, M. "Günümüzden 2100 Yılına Küresel İklim Değişimi", İklim Değişimi ve Türkiye, TMMOB, Mart 2008.

- Karakaya, Etem, Özçağ, Mustafa, “Türkiye Açısından Kyoto Protokolü'nün Değerlendirilmesi ve Ayrıştırma (Decomposition) Yöntemi İle CO2 Emisyonu Belirleyicilerinin Analizi”, *VII. ODTU Ekonomi Konferansı*, Haziran 2003.
- Karakaya, Etem, Özçağ, Mustafa, “Sürdürülebilir Kalkınma ve İklim Değişikliği: Uygulanabilecek İktisadi Araçların Analizi”, *Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi, Birinci Maliye Konferansı*, Bişkek, Nisan 2004.
- Karakaya, Etem, Özçağ, Mustafa, İklim Değişikliği ve Kyoto Protokolü Çerçevesinde Türki Cumhuriyetlerin Durumu, <http://www.econturk.org/Turkiyeekonomisi/alatoo.pdf> Erişim Tarihi:16.05.2010
- Kayabaş, Gizem, Burak, Ali, Coşkun, Sevgi, “Kyoto Protokolü Küresel Isınmayı Mı Ekonomik Kalkınmayı Mı Durdurur”, *XI. İktisat Öğrencileri Kongresi*, Eskişehir, Mayıs 2008.
- Krugman, Poul, Wells, Robin, *Mikro İktisat*, Palme Yayıncılık, Ankara 2010.
- Lasley, P., *Perceived Risks and Decisions To Adopt Precision Farming Methods (An Introduction)*, (<http://agecon.uwyo.edu/riskmgt>) Erişim Tarihi: 12.04.2010.
- Luisa, Maria, “Green House Gas Emissions Trading Scheme and their Fiscal Implications”, *The Journal of American Academy of Business*, Cilt 9 Sayı 1, Mart 2006.
- Marda, Ö., Şahin, Ü., *Küresel Isınma ve İklim Krizi: Niçin Daha Fazla Bekleyemeyiz*, Agora Kitaplığı Yayınları, İstanbul 2007.
- Martin, S. and McLeay, F., “The Diversity of Farmers”, *Risk Management strategies in a Deregulated New Zealand Environment*, *Journal of Agricultural Economics*, 1998.
- Meuwissen, M. P. M., Huirne, R. B. M. and Hardaker, J. B., “Risk and Risk Management: An Empirical Analysis of Dutch Livestock Farmers”, *Livestock Production Science*, Vol:69, 2001.
- *Meydan Larousse*, “Meydan Yayınevi”, Cilt 10, İstanbul 1972.

- Mickelsen, S. and Trede, L. D., "Identifying and Applying Learning Modes To Risk Management Education To Iowa Farmers", *28th Annual National Agricultural Education Research Conference* December, 12, 2001.
- Monti, L. M., Breeding Plants for Drought Resistance: The Problem and its Relevance. Drought Resistance in Plants. Meeting Held in Amalfi, 19 to 23, Belgium 1986.
- Numanoğlu, Nurşen, "*Ticareti Yapılabilir Çevresel Permiler: Bir Çevre Politikası Aracı Olarak Emisyon Ticareti*", Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara 2002.
- Ogallo, L. J., "Dought and Desertification", *Report of the CCL Rapportuer on Dought and Desertification in Warn Climates to the Tenth Session of the Commision for Climatology*, Lisbon 1989.
- Özbirecikli, Mehmet, "Ulusal Düzeyde ve Firma Düzeyinde Çevre Muhasebesi Hindistan Örneği", *Mufad Muhasebe ve Finansman Dergisi*, Sayı:4, Ekim 1999.
- Özcan, Rifat Erdem, Kayman, Selçuk, *Enerji Tüketimindeki Değişimin Küresel Isınmaya Etkisi ve ABD, AB ülkeleri, Japonya, Çin ve Türkiye Karşılaştırması: 1980 - 2004*, (http://www.tcmb.gov.tr/yeni/iletisimgm/Ozcan_Kayman.pdf), (ErişimTarihi:29.03.2010)
- Öztürk, Kemal, "Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri", *Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, Sayı: 22, 2001.
- Öztürk, Ali, "*Kuraklığın Kışlık Buğdayın Gelişmesi ve Verime Etkisi*", (<http://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/issues/tar-99-23-5/tar-23-5-9-98118.pdf>),23.11.1998, Erişim Tarihi: 14.05.2010.
- Paketçi, Merve, Söylemez, Burak, Tekcan, Ahmet Enes, "Kyoto Protokolü ülkelerin ekonomik kalkınmasına olan etkisinin sektörel bazda araştırılması üzerine bir çalışma", *Başkent Üniversitesi İ.İ.B.F İşletme, İktisat Bölümü*, Ankara 2006.

- Palmer, W.C., *Keeping Track of Crop Moisture Conditions, Nationwide: The New Crop Moisture Index*, Weatherwise 1968.
- Pamukçu, Konuralp, "Küresel Emisyon Ticareti Sistemi için Bir Model: Avrupa Birliği Emisyon Ticareti Programı", *İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, No:37 Ekim 2007.
- Patrick, G. F. and Musser, W. N., *Large Scale Farmers' Views of Sources and Responses to Risk*, *Purdue Agricultural Economics Report*, September, 8-11, 1999.
- Patrick, G. F. and Musser, W. N., *Sources Of And Responses To Risk: Factor Analysis of Large - Scale Us Cornbelt Farmers. Risk Management Strategies In Agriculture*, State of The Art And Future Perspectives, Edited by: R.B.M. Huirne, J.B. Hardaker and A.A. Dijkhuizen, Wageningen Agricultural University, 1997.
- Rehan, Rashid and Nehdi, "Moncef, Carbon Dioxide Emissions and Climate Change: Policy Implications for the Cement Industry", *Environmental Science & Policy*, Elsevier Ltd, 2005.
- Saner, Gamze, "Tarımda Riskin Ölçülmesine İlişkin Bir Deneme "Süt Sığırcılığı Örneği", *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, İzmir 1999.
- Shi. A., "Population Growth and Global Carbon Dioxide Emissions", *IUSSP Conference in Brazil, Session: 2001*.
- Sırdaş, Sevinç – Şen Zekai, "Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması", *İTU Dergisi*, Cilt 2, Sayı 2, Nisan 2003.
- Sırdaş, S., Şen, Z., "Standart Yağış İndeksinin Isparta için Uygulanması", *X. Mühendislik Sempozyumu*, Isparta 1999.
- Smith, D. I., Hutchinson, M. F. And McArthur, R. J., *Australian Climatic and Agricultural Dought: Payments and Policy*, 1993.
- Spence, Chris, *Küresel Isınma*, (Çeviren: Selin Gönen, Serkan Ağar), Pegasus Yayınları, İstanbul 2007.

- Şimşek, Osman, Mermer, Ali, Yıldız, Hakan, Özyaydın, Aytaç, Çakmak, Velgin, “Agrometshell modeli kullanılarak Türkiye’de buğdayın verim tahmini”, *Tarım Bilimleri Dergisi*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ankara 2007.
- Tanrıvermiş, H., “Türkiyede Tarım kesiminin Sigorta Sorunu ve Çözüm Önerileri”, *Milli Reasürans T.A.Ş.*, İstanbul 1997.
- Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, *Türkiye Tarımsal Kuraklık Eylem Planı*, Ankara 2007.
- Taşdan, Farız, “Kyoto Protokolü Finansal Destek Mekanizmaları Çerçevesinde Türkiye’de Gönüllü Salım Ticareti”, *1. Ulusal Enerji Verimliliği Forumu*, İstanbul Ocak 2009.
- Türkiye Sigorta ve Reasürans Şirketler Birliği, *Tarım Sigortaları Türkiye Bilgi Notu*, İstanbul 2003.
- Türkeş, M., “Hava ve İklim Kavramları Üzerine”, *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, Sayı:355, Ankara 1997.
- Türkeş, M., “Toronto 1988’den Berlin 1995’e İklim Değişikliği Sözleşmesi”, *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, 331, Ankara 1999.
- Türkeş, M., “Küresel ısınma: yeni rekorlara doğru”, *Cumhuriyet Bilim Teknik Dergisi*, Ankara 2000.
- Türkeş, M., *Bonn Anlaşması ve Küresel Isınmanın Önlenmesindeki Rolü*, Ankara, 2001.
- Türkeş, M., “Türkiye-İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi İlişkileri”, *Tübitak Vizyon Panelleri Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Tematik Paneli Sunumu*, Ankara, 2003.
- Türkeş, M., “Küresel İklimin Geleceği ve Kyoto Protokolü”, *17-19 Ekim 2006 tarihlerinde Bölgesel Çevre Merkezi REC Türkiye tarafından gerçekleştirilen Öncülerin Eğitimi semineri*, Ankara 2006.

- Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G., "Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri", *Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası)*, Ankara, 2000.
- Türkeş, M., *İklim Değişikliği Politikaları*, (<http://www.meteor.gov.tr/2009/arastirma/arastirma.aspx?subpg=103&ext=htm>), (Erişim Tarihi: 25.12 2009).
- Ulueren, M., "Küresel Isınma BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve KYTO Protokolü" (<http://www.mfa.gov.tr/turkce/grupe/ues-3/KureselIsınmaBMiklimve KYTO.htm>), Erişim Tarihi: 25.05.2010.
- UNFCCC-UNEP, *Understanding Climate Change A Beginner's Guide To the Un Framework Convention and It's Kyoto Protocol*, UNFCCC, G/E.02 No:01877/E, 2002.
- UNFCCC, *İklim Özen Göstermek: İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü için Kılavuz*, 2005.
- Ural, Engin, *Çevre ve Hukuk*, Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayını, İstanbul1981.
- Uslu, O., Türkman, A., *Çevre 82 Sempozyumu*. D.E.Ü. Kütüphanesi, 115, 1982.
- Uzmen, R., *Küresel Isınma Ve İklim Değişikliği: İnsanlığı Bekleyen Büyük Felaket Mi?*, Bilge Kültür Sanat Yayınları, İstanbul 2007.
- Varınca, Kamil, *İklim Değişikliği ve Çevre Felaketleri*, Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 2004.
- Yamanoglu, Göknül Çılgın, *Türkiye'de Küresel Isınmaya Yol Açan Sera Gazı Emisyonlarındaki Artış ile Mücadelede İktisadi Araçların Rolü*, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Çevre Bilimleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2006.

- Yönten, Aslı, *Küresel Isınmanın Azaltılması Politikaları ve Stratejileri-Türkiye İçin Bir Yaklaşım. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, İzmir 2007.
- WMO, *Report of the Meeting on Climate System*, Geneva 1983.
- ZHANG F.Q.,—*Can China Afford to Commit Itself an Emissions Cap? An Economic and Political Analysis*, *Energy Economics* 22, 2000.
- <http://www.bahcesel.com/forumsel/sulama-konulari/19070-bitki-su-tuketimi-evapotransprasyon/> (erişim: 06.04.2010)
- <http://tr.wikipedia.org/wiki/Evapotranspirasyon> (erişim: 12.10.2009)
- <http://nedemek.wordpress.com/2010/01/08/fenoloji-nedir/> (erişim:10.09.2009)
- <http://www.68aksaray.gen.tr/forum/f131/fenoloji-nedir-60982/#post108913> (erişim: 5.11.2009)
- <http://e-imo.imo.org.tr/DosyaDizin/WPX/Portal/Yayin/td/Cilt18/18-2-2EmrahDogan.pdf> (erişim: 24.11.2009)
- http://ankaratb.tobb.org.tr/index.php?option=com_content&task=view&id=139&Itemid=117 (erişim: 06.06.2010)
- www.unido.org (erişim: 05.08.2010)