

**T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI
ZTY-YL-2010-0001**

**TARIMSAL KURAKLIK İNDİSLERİ İLE EGE BÖLGESİ
BAZI İLLERİNİN MISIR ÜRETİMİNDE OLABİLECEK
DEĞİŞİMLERİN ARAŞTIRILMASI**

Mustafa İŞILDAR

**Tez Danışmanı:
Doç. Dr. Ömer Faruk DURDU**

AYDIN

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi Mustafa IŞILDAR tarafından hazırlanan “Tarımsal kuraklık indisleri ile Ege bölgesi bazı illerinin mısır üretiminde olabilecek değişimlerin araştırılması” başlıklı tez, 19 Nisan 2010 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan :	Doç.Dr.Ömer Faruk DURDU	Ziraat Fakültesi
Üye :	Doç.Dr.Necdet DAĞDELEN	Ziraat Fakültesi
Üye :	Prof.Dr.Aydın ÜNAY	Ziraat Fakültesi

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu yüksek lisans tezi, Enstitü Yönetim Kurulunun Sayılı kararıylatarihinde onaylanmıştır.

Ünvanı, Adı Soyadı
Enstitü Müdürü

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

...../...../2010

İmza

Mustafa İŞILDAR

ÖZET**TARIMSAL KURAKLIK İNDİSLERİ İLE EGE BÖLGESİ BAZI İLLERİNİN MISIR ÜRETİMİNDE OLABİLECEK DEĞİŞİMLERİN ARAŞTIRILMASI**

Mustafa İŞILDAR

Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ömer Faruk DURDU
2010, 92 sayfa

Bu araştırma, 1963-2007 periyodunda, Ege bölgesinde dört farklı üretim bölgesi Aydın, Uşak, Denizli ve Afyonkarahisar illerinde literatürde bilinen en iyi beş tane kuraklık indisini kullanarak her bir üretim bölgesi için en uygun kuraklık indisini belirleyip, iklim parametrelerinin verimi üzerine olan etkilerini araştırmaktadır. Bu çalışmada sırası ile Palmer Anormal Nem İndisi (Orig-Z), Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (PDSI), Kendinden Kalibreli Palmer Anormal Nem İndisi (SC-Z), Kendinden Kalibreli Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (SC-PDSI) ve Standardize Yağış İndisi (SPI) kuraklık indisleri kullanılmıştır. Kuraklık indisleri ve verim modelleri hesaplamalarında her bir ilin 1963-2007 yılları arasındaki meteorolojik ve mısır verim değerleri kullanılmıştır. Bu çalışmada mısır verim modelleri iki aşamada geliştirilmiştir. Birinci aşamada mısır verimi ile kuraklık indisleri arasında eğrisel regresyon modeli uygulanarak verim modelleri oluşturulmuştur. İkinci aşamada bu verim modelleri her bir il için test edilmiş ve en uygun verim modeli seçilerek tekrar yapılandırılmış ve mısır-verim modelleri oluşturulmuştur. SC-PDSI modeli 0.4251'lik bir R^2 değeri ile Aydın ili için en iyi performansı göstermiştir. Bunun yanında Denizli, Afyonkarahisar ve Uşak bölgeleri için PDSI modeli en iyi performansı göstermiştir. Bu indis belirtilen illerdeki mısır veriminde olan değişimlerin sırası ile % 41'ini, % 43'ünü ve % 42'sini açıklamaktadır. Kuraklık indislerine bağlı verim modelleri Ege bölgesinde mısır verimindeki değişim yaklaşık % 40'mı açıklayabilmektedir. Verim sapmalarındaki % 60'lık kısımda iklim parametreleri dışında başka etmenlerin etkili olduğu sonuçlardan gözlenmektedir.

Anahtar Sözcükler: kuraklık indisleri, bitki-verim modelleri, Ege bölgesi

ABSTRACT

INVESTIGATION OF CHANGES IN CORN YIELD WITH
AGRICULTURAL DROUGHT INDICES IN SOME PROVINCES OF
AEGEAN REGION

Mustafa İŞILDAR

Master Thesis, Department of Farm Structures and Irrigation

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ömer Faruk DURDU

2010, 92 pages

A comparative performance analysis was studied on well known drought indices (Standardized Precipitation Index (SPI), Palmer Drought Severity Index (PDSI) and its moisture anomaly index (Orig-Z), self-calibrated Palmer Drought Severity Index (SC-PDSI) and its moisture anomaly index (SC-Z)) to determine the most appropriate index for assessing corn (*Zea mays* L.) yield in four crop regions (Aydın, Denizli, Afyonkarahisar, Uşak) in western Turkey for the period of 1963 to 2007. There are two steps for developing corn yield models. First, a series of curvilinear regression based crop-yield models were developed for each of the crop region based on the drought indices. Each regression model was formulated using a second-order polynomial fit to the data, where the independent variable was a growing season drought index. Second, each corn yield model was tested to find a best appropriate model for the crop regions. In Aydın crop region, the SC-PDSI index was the best performed model of the five drought indices. This index was correlated with the corn yield departures with a R^2 value of 0.4251. In Denizli, Afyonkarahisar and Uşak crop regions, the PDSI was the best efficient model. This index explained 41%, 43%, and 42% of the variability in the observed data of Denizli, Afyonkarahisar and Uşak regions, respectively. In the Aegean region, drought indices based corn yield models can explain approximately 40% of changes in corn yield. Rest of the variability in corn yield, approximately 60%, is influenced by other parameters but climate parameters.

Key words: drought indices, crop-yield models, Aegean Region

ÖNSÖZ

Ege Bölgesi tarımsal potansiyel açısından Türkiye'nin önemli bölgelerinden biridir. Tarımsal üretimde çeşitlilik ve ekonomik geri dönüşler su kaynakları ile doğru orantılıdır. Bölgede iklim değişikliğinin olumsuz etkileri, artan nüfus ve buna bağlı olarak tarımsal ürünlere olan yüksek talep su kaynaklarının daha verimli kullanımını gerektirmiştir. Bu nedenle Ege bölgesinde iklim değişikliğinin bitkisel üretim üzerine etkilerini araştırmak önemli bir noktadır. Bu çalışmada da iklim değişikliğinin uzun yıllar içerisinde mısır verimine etkileri araştırılmış ve stratejik önemler tartışılmıştır. Çalışmalarımın her aşamasında tecrübelerini, güvenini ve en önemlisi manevi desteğini benden esirgemeyen danışman hocam sayın Doç. Dr. Ömer Faruk DURDU' ya, teşekkür eder ve saygılarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI.....	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ	xi
SİMGELER DİZİNİ	xv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ / KURAMSAL TEMELLER.....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM	7
3.1. Materyal	7
3.1.1. Araştırma Alanlarının Yerleri ve Bitki Desenleri	7
3.1.2. Araştırma Alanlarının İklim Özellikleri	9
3.1.3. Toprak Özellikleri ve Jeolojik yapı.....	14
3.1.4. Arazi Kullanımı ve Su Kaynakları.....	17
3.2. Yöntem	27
3.2.1. Verilerin Toplanması ve İşlenmesi	27
3.2.2. Kuraklık İndisleri.....	29
3.2.2.1. Palmer anormal nem indisi (Orig-Z).....	30
3.2.2.2. Palmer kuraklık şiddeti indisi (PDSI)	32
3.2.2.3. Kendinden kalibreli palmer anormal nem indisi (SC-Z).....	33
3.2.2.4. Kendinden kalibreli palmer kuraklık şiddeti indisi (SC-PDSI).....	35
3.2.2.5. Standardize yağış indisi (SPI).....	35
3.2.3. İndislerin Değerlendirme Metodolojisi.....	38
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	41
4.1. Üretim Bölgeleri için En İyi Kuraklık İndisinin Belirlenmesi.....	41
4.1.1. Aydın İli için En İyi Kuraklık İndisi.....	43
4.1.2. Denizli İli için En İyi Kuraklık İndisi	48
4.1.3. Afyonkarahisar İli için En İyi Kuraklık İndisi	52
4.1.4. Uşak İli için En İyi Kuraklık İndisi	57
4.2. Model Çıktılarının Karşılaştırmalı Analizi	61

5. SONUÇ	65
KAYNAKLAR	68
ÖZGEÇMİŞ	72

SİMGELER DİZİNİ

AWC	Toprağın Su Tutma Kapasitesi
b	Çizginin Y Ekseni İle Kesiştiği nokta
C	Kalibrasyon İndis Değeri
°C	Sıcaklık Sembolü
d _o	Nem Sapması Değeri
D _j	j Ayı İçin Ortalama Mutlak Nem Sapması Değeri
ha	Hektar Sembolü
hm ³	Hektometreküp Sembolü
H(x)	Çoğalan Olasılık Dağılımı
G(x)	Gamma Dağılımı
K	İklim Karakteristik Değeri
K'	İklim Faktörlerine Bağlı Katsayı
K _j	Ağırlık Faktörü
km	Kilometre Sembolü
km ²	Kilometrekare Sembolü
L _s	Üst Toprak Yüzeyinden Olan Evapotranspirasyon Kayıpları
L _u	Alt Toprak Katmanlarından Olan Nem Kayıpları
m	Çizginin Eğim Sembolü
m ³	Metreküp Sembolü
mm	Yağış Sembolü (milimetre)
MAE	Ortalama Mutlak Hata
n	Ölçüm Değerleri
NDI	NOAA Kuraklık İndisi
Orig-Z	Palmer Anormal Nem İndisi
P	Yağış
\hat{P}	Bölgede Aylık Olması Gereken (beklenen) Yağış Miktarı
P _i	Model Tarafından Tahmin Edilen Veri
PDSI	Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi
PE	Potansiyel Evapotranspirasyon
PL	Potansiyel Toprak Nem Kayıpları
PL _s	Üst Toprak Yüzeyinden Potansiyel Toprak Nem Kaybı
PL _u	Alt Toprak Katmanından Potansiyel Toprak Nem Kaybı
PR	Potansiyel Toprak Su İhtiyacı
R ²	Belirlilik Katsayısı
PRO	Potansiyel Yüzey Akış

pH	Toprak Reaksiyonu
RMSE	Ortalama Karesel Hata
SC-PDSI	Kendinden Kalibreli Palmer Kuraklık Şiddet İndisi
SC-Z	Kendinden Kalibreli Palmer Anormal Nem İndisi
SPI	Standardize Yağış İndisi
S_s	Belirli Bir Ayın Başlangıcında Toprak Yüzey Katmanındaki Nem
S_u	Belirli Bir Ayın Başlangıcında Toprak Alt Katmanındaki Nem
X_j	Palmer Kuraklık Şiddeti İndis Değeri
Z_j	Anormal Nem İndisi Değeri
B_0	Bağımsız Değişken Sıfır Olduğunda Bağımlı Değişkenin Alacağı Değer
B_1	Regrasyon Katsayısı
ε	Artık (Hata) Değerleri
$\Gamma(x)$	Gamma Fonksiyonu Sembolü
β	Ölçek Parametresi
α	Biçim Parametresi
x	Yağış Miktarı
O_i	Gözlemlenen Veri
\bar{O}	Ortalama Gözlemlenen Veri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Ege Bölgesinde çalışma alanı olarak belirlenmiş iller ve konumları	9
Şekil 3.2.	Kuraklık dönemlerindeki toplam bölgesel yağışların normal dönemlerdeki yağışlar ile karşılaştırılması	28
Şekil 4.1.	Aydın ili yıllara göre mısır verimi ve detrend veri	41
Şekil 4.2.	Denizli ili yıllara göre mısır verimi detrend veri	42
Şekil 4.3.	Afyonkarahisar ili yıllara göre mısır verimi ve detrend veri	42
Şekil 4.4.	Uşak ili yıllara göre mısır verimi detrend veri	43
Şekil 4.5.	PDSI model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması	44
Şekil 4.6.	SC- PDSI model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması	45
Şekil 4.7.	Orig-Z model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması	46
Şekil 4.8.	SC- Z model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması	47
Şekil 4.9.	SPI model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması	47
Şekil 4.10.	Denizli ili PDSI model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması	49
Şekil 4.11.	Denizli ili SC- PDSI model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması	50
Şekil 4.12.	Denizli ili Orig-Z model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması	50
Şekil 4.13.	Denizli ili SC- Z model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması	51
Şekil 4.14.	Denizli ili SPI model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması	52
Şekil 4.15.	Afyonkarahisar ili PDSI model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması	53
Şekil 4.16.	Afyonkarahisar ili SC-PDSI model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması	54
Şekil 4.17.	Afyonkarahisar ili Orig-Z model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması	55

Şekil 4.18. Afyonkarahisar ili SC-Z model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması	55
Şekil 4.19. Afyonkarahisar ili SPI model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması	56
Şekil 4.20. Uşak ili PDSI model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması	58
Şekil 4.21. Uşak ili SC-PDSI model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması	58
Şekil 4.22. Uşak ili Orig-Z model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması	59
Şekil 4.23. Uşak ili SC-Z model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması	60
Şekil 4.24. Uşak ili SPI model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Aydın ili iklim parametrelerinin uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama değerler (1975-2008).....	10
Çizelge 3.2. Denizli ili iklim parametrelerinin uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama değerler (1975-2008).....	11
Çizelge 3.3. Afyonkarahisar ili iklim parametrelerinin uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama değerler (1975-2008).....	12
Çizelge 3.4. Uşak ili iklim parametrelerinin uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama değerler (1975-2008).....	14
Çizelge 3.5. Aydın ili arazi kullanım durumu	18
Çizelge 3.6. Aydın ili tarım arazileri kullanım durumu	19
Çizelge 3.7. Aydın ilinde DSİ, KHGM ve halk tarafından sulanan alanların dağılımı.....	19
Çizelge 3.8. Aydın ilinde su kaynakları dağılımı.....	20
Çizelge 3.9. Denizli ili arazi kullanım durumu	20
Çizelge 3.10. Denizli ili tarım arazileri kullanım durumu	21
Çizelge 3.11. Denizli ilinde DSİ, KHGM ve halk tarafından sulanan alanların dağılımı.....	21
Çizelge 3.12. Denizli ilinde su kaynakları dağılımı	22
Çizelge 3.13. Afyonkarahisar ili arazi kullanım durumu	22
Çizelge 3.14. Afyonkarahisar ili tarım arazileri kullanım durumu	23
Çizelge 3.15. Afyonkarahisar ilinde DSİ, KHGM ve halk tarafından sulanan alanların dağılımı.....	24
Çizelge 3.16. Afyonkarahisar ilinde su kaynakları dağılımı.	24
Çizelge 3.17. Uşak ili arazi kullanım durumu	25
Çizelge 3.18. Uşak ili tarım arazileri kullanım durumu	25
Çizelge 3.19. Uşak ilinde DSİ, KHGM ve halk tarafından sulanan alanların dağılımı.....	26
Çizelge 3.20. Uşak ilinde su kaynakları dağılımı.....	26
Çizelge 3.21. Üretim bölgelerine ait meteorolojik verilerin tanımlayıcı istatistikleri.....	27
Çizelge 3.22. Palmer kuraklık şiddeti indis sınıflandırılması.....	33
Çizelge 3.23. Standardize yağış indisi kuraklık sınıflandırması.....	38
Çizelge 4.1. Aydın ili mısır verim modelleri.....	44
Çizelge 4.2. Denizli ili mısır verim modelleri	48
Çizelge 4.3. Afyonkarahisar ili mısır verim modelleri.....	53

Çizelge 4.4. Uşak ili mısır verim modelleri	57
Çizelge 4.5. Mısır verim modellerinin Aydın ili için karşılaştırmalı analizi	62
Çizelge 4.6. Mısır verim modellerinin Denizli ili için karşılaştırmalı analizi ...	63
Çizelge 4.7. Mısır verim modellerinin Afyonkarahisar ili için karşılaştırmalı analizi.....	64
Çizelge 4.8. Mısır verim modellerinin Uşak ili için karşılaştırmalı analizi	64

1. GİRİŞ

Türkiye'nin önemli tarım potansiyeline sahip Ege bölgesinde kısıtlı su kaynakları, düzensiz hidrolojik olaylar ve kuraklığın etkisiyle suya olan yüksek talep bölgede ekonomik, sosyal ve çevre ekolojisi üzerinde negatif etkiler oluşturmuştur. Ege bölgesi tarımsal aktivitelerin en yoğun olduğu üç tane havzayı kapsamakta olup bunlar Büyük Menderes havzası, Gediz havzası ve Küçük Menderes havzasıdır. Kuraklık karmaşık bir doğa olayı olup tamamen bölgenin meteorolojik yapısına bağlı olarak değişmektedir. Belirtilen üç havzada da tarımsal sektör tamamen bölgedeki hidrolojik ve meteorolojik olayların hareketlerine bağlı olarak hassas bir yapı arz etmektedir. Çünkü bölgeden geçen ana nehirler yeterli yağış alınmadığı sürece tarımsal sektörü destekleyecek kadar sulama suyu potansiyeline sahip değildir. Ege bölgesi bazında sıcaklıkların yükselmesi hidrolojik olaylarında hızlı seyretmesine neden olmaktadır. Buda kurak periyotların daha da kurak nemli sezonlarında daha da nemli ve yağışlı geçmesine neden olmuştur. Doğa olaylarında bu şekilde bir dengesizlik bölgede yüksek şiddette kuraklığın ve taşkın olaylarının görülmesine neden olmuştur. İklim parametrelerindeki aşırı değişimler bölgedeki mevcut su kapasitesini de olumsuz etkilemiştir. Bölgenin ulaşılabilir su kalitesi ve miktarında negatif yönde etkiler oluşturmuştur.

Tarım ve tarıma dayalı sektörlerin Ege bölgesinde kuraklık ile birebir ilişkili olması bölgedeki meteorolojik ve hidrolojik olayların yakından takip edilmesini gerekli kılmıştır. Bölgede daha az su isteyen pamuk bitkisinden mısır üretimine doğru bir yönelmenin olması ve bölgenin Türkiye mısır rekoltesinin %15'sini karşılayan bir konumda olması bu gerekliliği zorunlu hale getirmektedir (Anonim, 2008).

Ege bölgesi havzalarında en şiddetli kuraklık dönemi 1947 yılında kaydedilmiştir. 2001 ve 2002 yılları da son dönemlerde kuraklığın en etkili olduğu dönemler olarak görülmüştür. 2001 yılı kuraklığı oransal olarak kısa sürmüş ancak Nisan Mayıs ve Haziran aylarını kapsadığından mısır rekoltesinde önemli bir düşüşün olduğu görülmüştür. Bölgede ekonomik anlamda negatif etki bırakan en son kuraklık 2006-2007 tarımsal üretim sezonunda yaşanmıştır. Buda bölgede kuraklığın çok sık meydana geldiğini işaret etmektedir. Bu periyotta ekim döneminden önce yağışın uzun süre düşmemesi ve takibinde yüksek yaz sıcaklıkları bölgenin mısır rekoltesini olumsuz yönde etkilemiştir.

Literatürde en çok kullanılan kuraklık indisleri Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (PDSI) (Palmer,1965), Palmer Anormal Nem İndisi (Orig-Z) (Palmer,1965), Kendinden Kalibreli Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (SC-PDSI) (Wells vd., 2004), Kendinden Kalibreli Palmer Anormal Nem İndisi (SC-Z) (Wells vd., 2004), Standardize Yağış İndisi (SPI) (McKee vd., 1993), NOAA Kuraklık İndisi (NDI) (Strommen vd., 1980; Titlow, 1987) ve Bitki Şartları İndisine bağlı Normalize Bitki Fark İndisi (Kogan, 1995). Belirtilen bu kuraklık indislerinin kullandığı veriler, oluşturulmalarındaki amaç ve kuraklık ölçümlerinde göstermiş olduğu farklılıklar göz önüne alındığında, sadece bir kaç tarımsal kuraklığı gözleme ve tanılama işlevine sahiptir.

Bu çalışmanın temel amacı:

(1) Ege bölgesinde tarım potansiyeli yüksek dört üretim bölgesinde (Aydın, Afyonkarahisar, Denizli ve Uşak) kuraklık indisleri SPI, PDSI, Orig-Z, SC-PDSI ve SC-Z'nin, mısır verim modeli ile ilişkilendirilerek her bir üretim bölgesi için en uygun kuraklık indisini belirlemek,

(2) elde edilen en uygun tarımsal kuraklık indislerini değerlendirerek iklim parametrelerinin mısır üretiminde ne kadar etkili olduğunu araştırmak,

(3) her bir üretim bölgesi için üretilen kuraklık indislerinin, tarımsal planlamada karar vericiler için referans olabileceğini vurgulamaktır.

seviyesi değerlerinin alansal dağılımını elde etmiştir. Çalışmada ayrıca ülkemizin yarı kurak bir bölgede bulunduğu bu kuraklığın sürekli bir tehdit oluşturduğu ve bu tehdidi önlemenin en önemli koşulunun kuraklığın bir merkez tarafından izlenerek Ulusal Kuraklık nleme Merkezi (UKM)'nin kurulması gerektiğini önermiştir.

Wells vd. (2004) Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi zerine çalışmalar yürütmüş ve bu indisin lokal olarak yeterli olduğunu vurgulamıştır. Çünkü Palmer (1965) geliştirmiş olduğu modeli sadece birkaç bölge verilerini esas alarak geliştirmiştir. Wells vd. (2004) Kendinden Kalibreli Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (SC-PDSI) geliştirerek global düzeyde kullanılabilir bir kapasitede bir model oluşturmuştur.

Wu vd., (2004) Standardize Yağış İndisi (SPI) kuraklık indisini kullanarak mısır ve soya için tarımsal kuraklık risk modelleri geliştirmiş ve bunu Nebraska, ABD'de uygulamıştır. Mısır bitkisinin büyüme sezonlarını dikkate alarak farklı her bir büyüme aşaması için farklı risk modelleri önermiştir.

Pamuk vd. (2004) Standardize Yağış İndisi (SPI) yöntemiyle Ege Bölgesinde kuraklık irdelenmiş ve Kış dönemi ortalamalarının “orta derece kurak” sınırına yakın olmakla birlikte tüm aylık ortalama değerlerin “ normal” sınırlar içerisinde yer aldığı grlmştir.

Semenov ve Richter (2005) gelecekte olabilecek iklim değişimlerini modelleyerek kuraklık risklerinin buğday verimine olacak etkilerini İngiltere ve Wales'te incelemişlerdir. Bu çalışmada 2020 ile 2050 yıllarına doğru bölgede ısınmanın artacağı ve bununla tarımsal üretim üzerine pozitif etki oluşturacağı vurgulanmıştır. Ortalama buğday üretiminde hektara 1.5-2 ton üretim artacağı belirtilmiştir.

Yeğnidemir (2005) İç Anadolu Bölgesinde Standardize Yağış İndisi (SPI) metodu ile kuraklık analizi yapmış ve kuraklık karakteristiklerini belirlemiştir. alışmasında 28 meteoroloji istasyonunun 1953-2003 yıllarına ait aylık ortalama yağış verileri ile 1, 3, 6, 12, 24 ve 48 aylık SPI değerlerini hesaplamıştır. Bölgedeki her bir istasyonda farklı kesim seviyeleri için kuraklık karakteristikleri bulunarak noktasal kuraklık özelliklerini belirlemiştir. Çalışmada Kriging metodu kullanarak bölgesel kuraklık haritaları çizilerek su açığı olan yerleri tespit etmeye çalışmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu araştırmada, Ege bölgesi sınırları içerisinde yer alan Aydın, Denizli, Afyonkarahisar ve Uşak illerimiz çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Bu illerimiz geniş tarımsal üretim arazilerine ve bölge mısır rekoltesinde önemli bir yere sahip olmaları nedeni ile bu tez çalışması kapsamına alınmışlardır.

3.1.1. Araştırma Alanlarının Yerleri ve Bitki Desenleri

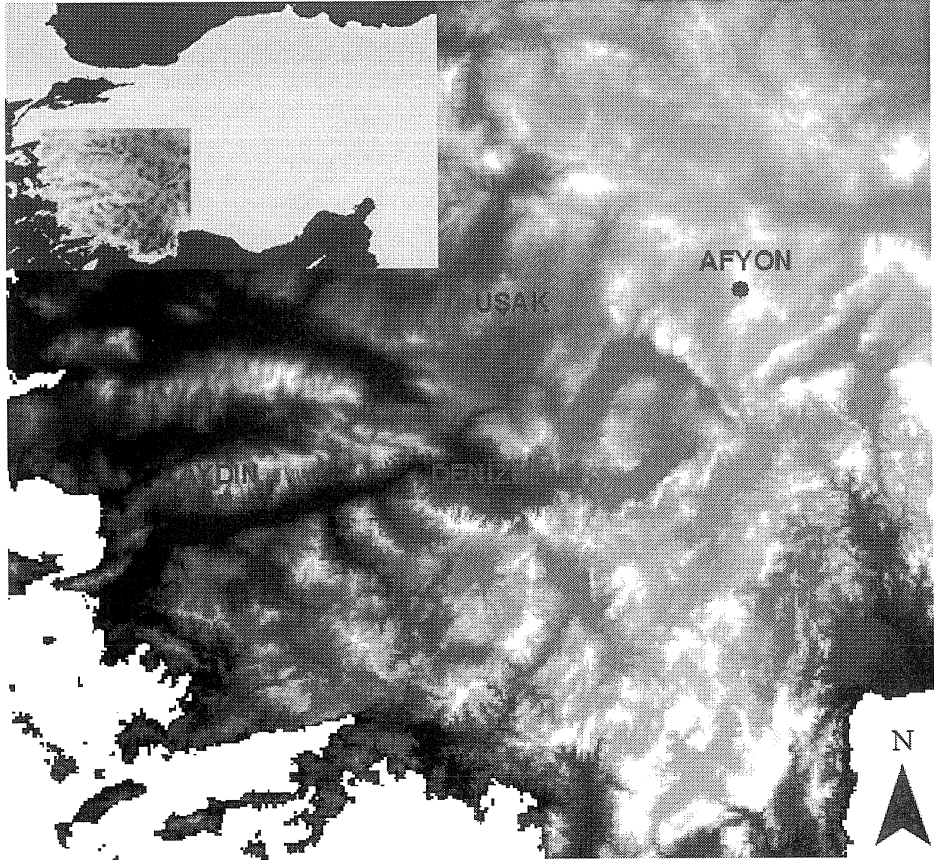
Aydın, orta ve batı kesiminde verimli ovalar, kuzey ve güneyi dağlar ile çevrili Büyük Menderes Havzası üzerinde 8007 km²'lik bir alan üzerine kuruludur. Doğusunda Denizli, batıda Ege Denizi, kuzeyde İzmir ve Manisa, güneyde ise Muğla illeriyle komşudur. İl, 37°44' ve 38°08' kuzey enlemleri ile 27°23' ve 28°52' doğu boylamları arasında yer alır.

Aydın ilinde maki bitki örtüsü hakimdir. Doğal ortamda zeytin, incir ve kestane yaygın durumdadır. Orman örtüsü yer yer deniz kıyılarında başlayarak bazı dağları bütünüyle kaplar. En sık ormanlar güneydeki Menteşe yöresi dağlarında yer alır. Kuzeyindeki Aydın dağlarında yer yer sarıçam ormanları vardır. Ormanlık alanlarda kızılçam, karaçam, fıstık çamı, sandal, akçakesme, laden, funda, kızılağaç, çınar, meşe, ardıç, söğüt, ceviz ve kavak ağaçları bulunmaktadır. Ayrıca kekik, adaçayı, salep, böğürtlen, lavanta, yabani çilek ve kapari gibi bitkiler de ilin florasını oluşturmaktadır. Botanik bahçesi zenginliğine sahip Dilek Yarımadası Milli Parkı, bilimsel açıdan da ayrı bir değer taşır (Anonim, 2005).

Denizli, 37°12' ve 38°12' kuzey enlemleri ile 28°30' ve 29°30' doğu boylamları arasında ve yüzölçümü 11.868 km² olan Denizli ili, Anadolu yarımadasının güneybatısında, Ege Bölgesinin doğusunda, Ege-İç Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri keşişme noktasında bulunur (Anonim, 2008c).

Denizli ili doğuda Burdur, Isparta, Afyonkarahisar; batıda Aydın, Manisa; güneyde Muğla; kuzeyde Uşak illeri ile komşudur. Yüzölçümü 11.868km², denizden yükseltisi ise 428m'dir.

yüksek kesimlerde karaçam) rastlanır. Ormanlık ve fundalık sahalar 239.168 ha yüzölçümü ile %44'lük gibi bir oranı teşkil etmektedir (Anonim, 2006a).



Şekil 3.1. Ege Bölgesinde çalışma alanı olarak belirlenmiş iller ve konumları

3.1.2. Araştırma Alanlarının İklim Özellikleri

İklimsel veriler Ege Bölgesinin sahil kesiminde tipik Akdeniz iklimi, yüksek bölgelere doğru ilerledikçe karasal iklim hüküm sürmektedir. Akdeniz iklim özelliği gösteren yerlerde yıllık ortalama sıcaklık 17°C, karasal iklim özelliği gösteren yerlerde ise ortalama sıcaklık 12,8°C'dir. Bölgede ortalama sıcaklık 15,6°C, ortalama yağış miktarı 672,98 mm ve ortalama nispi nem %62,44'tür (Anonim, 2006b).

Çizelge 3.1'deki uzun yıllar gözlem sonuçlarına göre, yıllık ortalama yağışın 657,7 mm olmasına karşın yağışların yıl içerisindeki dağılımı düzensizdir. Yağışlar en fazla 114,2 mm ile Aralık ayında, en az 2,2 mm ile Ağustos ayında oluşmuştur.

Denizli ili; Anadolu yarımadasının güneybatısında, Ege Bölgesinin doğusunda olup, coğrafi konumu itibarı ile Ege, İç Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri arasında bir geçit teşkil ettiğinden iklimi değişiklik arz etmektedir. Genellikle İç Anadolu'nun güney bölümü ve Ege ikliminin tipik özellikleri görülmektedir.

Denizli üretim bölgesinde sıcaklık kıyı Ege Bölgesi şehirlerimizden biraz daha düşüktür. Örneğin Aydın İlinin sıcaklığından 2-3°C' lik bir düşüklük söz konusudur. Yazları gölgede 40°C' ye varan ve kış ayları ise -12°C' ye kadar düşen sıcaklık ile Ege Bölgesi ikliminden farklılık gösterir (Anonim 2004b).

Kışları ılık (kış mevsimi ortalama sıcaklığı 6,6°C) ve yağışlı, yazları sıcak (yaz mevsimi ortalama sıcaklığı 25,4°C) dir. Yaz aylarında Basra Alçak Basınç Merkezinin etkisi ilde görüldüğü zaman sıcaklıklar bir hayli yükselmektedir uzun yıllar donlu günler ortalaması 37,4 gün, ortalama yıllık nispi nem %60,21 dir. İlde son yıllardaki en etkili kuraklık 1964 ve 1989 yıllarında görülmüştür. Hakim rüzgar yönü kuzeybatıdır (Anonim 2004b).

Çizelge 3.2. Denizli ili bazı iklim parametrelerinin uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama değerler (1975 - 2008) (Anonim, 2009a)

Aylar	Sıcaklık (°C)			Ort. Bağlı Nem (%)	Top. yağış (mm)	Ort. Rüzgar hızı (m/s)	Ort. Gün. süresi (h)
	Ort.	Max.	Min				
Ocak	5.9	10.6	2.2	62,0	77.5	1.6	3.8
Şubat	6.7	11.8	2.5	61,0	69.2	1.5	4.5
Mart	9.9	15.7	5.0	62,0	65.1	1.6	5.8
Nisan	14.5	20.5	9.1	58,0	57.0	1.7	6.9
Mayıs	19.8	26.1	13.3	56,0	38.4	1.6	9.1
Haziran	24.7	31.3	17.6	47,0	21.4	1.8	11.3
Temmuz	27.5	34.3	20.3	45,0	17.1	1.3	11.9
Ağustos	26.7	33.9	19.8	51,0	7.9	1.7	11.1
Eylül	22.3	29.8	15.8	53,0	13.1	1.6	9.4
Ekim	16.9	23.7	11.5	62,0	32.9	1.6	6.8
Kasım	11.0	16.7	6.7	68,0	65.5	1.3	4.7
Aralık	7.3	11.8	3.8	71,0	83.0	1.5	3.3

düşük sıcaklık 1993 yılında $-19,0^{\circ}\text{C}$ ile Ocak ayında, en yüksek sıcaklık 2000 yılında $39,8^{\circ}\text{C}$ ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir.

Çizelge 3.3 deki uzun yıllar gözlem sonuçlarına göre, yıllık ortalama yağış $417,8$ mm dir. Yağışlar en fazla $45,8$ mm ile Aralık ayında, en az $14,0$ mm ile Ağustos ayında oluşmuştur.

Uşak ilinde geçiş tipi olarak nitelendirilen karasal iklim hakimdir. İç Batı Anadolu' da çukur Ege grabenlerinin kenarında aniden yükselen yamaçlarla başlayan platolardan oluşan ilimizde kışları oldukça soğuk ve yağışlı, yazları ise sıcak ve kurudur. Yağış iç kısımlarda ve platolarda daha azdır. Ege Bölgesi ile İç Anadolu Bölgeleri arasında yer aldığından dolayı, geçiş özelliği gösteren bir iklim tipi görülmektedir. Ege Bölgesine göre daha sert, İç Anadolu Bölgesine göre ise daha yumuşak bir iklim tipi karşımıza çıkmaktadır (Anonim 2006a).

Kış mevsimi en yağışlı mevsim olup, toplam yağışın $\%42,5$ 'ini oluşturmaktadır. İlkbahar yağışları $\%28,2$ değerle ikinci yağışlı mevsimdir. İlkbahar mevsimiyle Haziran ayının yağışlı olması özellikle hububat tarımı için büyük önem arz etmektedir. Yaz mevsimi $\%9$ ' luk değerle en kurak mevsimdir. Sonbahar yağışları toplam yağışın $\%20,3$ 'ünü oluşturur. Sonbahar, ilkbahara göre daha kurak geçmektedir. Uşak'ta uzun yıllar nispi nem ortalaması $\%64$ ' tür. Sonbahar-İlkbahar mevsimleri arasında özellikle yazları nispi nem oranı düşüktür. En yüksek nem $\%78$ ile Aralık ve $\%77$ ile Ocak aylarında olurken, en düşük nem ise $\%49$ ile Ağustos ve $\%50$ ile Temmuz aylarında olmaktadır (Anonim 2006a).

Çizelge 3.4' ün incelenmesinden görüldüğü gibi, Uşak'ta uzun yıllara ait sıcaklık ortalaması $12,4^{\circ}\text{C}$ dir. Aylık en yüksek sıcaklık ortalaması $23,6^{\circ}\text{C}$ ile Temmuz ayında, en düşük sıcaklık ortalaması ile $2,4^{\circ}\text{C}$ ile Ocak ayındadır. En düşük sıcaklık 2000 yılında $-15,4^{\circ}\text{C}$ ile Ocak ayında, en yüksek sıcaklık 2000 yılında $40,2^{\circ}\text{C}$ ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir.

Çizelge 3.4 deki uzun yıllar gözlem sonuçlarına göre, yıllık ortalama yağış 527 mm dir. Yağışlar en fazla $73,5$ mm ile Aralık ayında, en az $9,7$ mm ile Ağustos ayında oluşmuştur.

Aydın ilinde 395.494 ha tarım arazisi mevcuttur. I. ve IV. sınıf arasında kalan arazi miktarı 231.102 ha dır. 164.392 ha alan diğer sınıf (V-VIII) arazilerinden oluşmaktadır.

Kullanma kabiliyet sınıfları 8 adet olup, toprak yarar ve sınırlandırmaları I. sınıftan VIII. sınıfa doğru giderek artmaktadır.

I. sınıf arazilerin kapladığı alan 54.717 ha olup, il yüzölçümünün %7' sini teşkil etmektedir. II. sınıf arazilerin kapladığı alan 45.984 ha olup, il yüzölçümünün %6'sını teşkil etmektedir. III. sınıf arazilerin kapladığı alan 81.552 ha olup, il yüzölçümünün %10' una sahiptir. IV. sınıf arazilerin kapladığı alan 76.073 ha olup, il yüzölçümünün %9' una sahiptir (Anonim, 2006b).

Saturasyon (işba) yüzdesine göre yapılan sınıflamada tarım topraklarının %59,1'i tınlı, %30,4'ü killi-tınlı, %9,1'i killi ve %1,4'ü kumlu bünyeye sahiptir. Bu dağılım ilde tarım için uygun toprak bünyesi varlığını göstermektedir. Toprak Reaksiyonu (pH) bakımından tarım topraklarının %13,6'sı asit, (pH 6,5' dan düşük) %28,3'ü nötr (pH 6,6-7,5) %58,1'i ise alkali (pH 7,5'dan büyük) reaksiyona sahiptir. Toprak tuzluluğu (%total tuz) açısından İşlemeli tarım uygulanan toprakların %93,5'i tuzsuz, %5,1'i hafif tuzlu, %1'i orta tuzlu ve %0,4'ü ise çok tuzludur. Toprakların çok tuzlu ve orta tuzlu olanlarında bitki gelişimini engelleyebilecek derecede problem bulunmaktadır. Aydın ili tarım topraklarının %34,5'i az, %20,4'ü orta, %22,67'si kireçli, %17,6'sı fazla ve 4,97'si ise çok fazla kireçlidir. Toprakların büyük bir kısmı organik madde yönünden ve %63,9'u bitkilerin alınabilir fosfor bakımından fakirdir (Anonim, 2008b).

Denizli ilinde arazi karakteri daha çok 4. zaman metamorfik kayalarla alüvyondan ibarettir. Arazi yapısında jeolojik zamanlar birbirine karışmış durumdadır. Topraklarında genellikle neojen hakimdir.

Arazi sınıfları incelendiğinde, VII. sınıf arazilerin %46,07' lik oranla 1. sırada yer aldığı görülmektedir. Bu topraklar çok dik eğime sahip, erozyona açık, toprak sıklığı, taşlılık, tuzluluk ve sodiklik gibi kültür bitkilerinin yetiştirilmesini engelleyen çok çeşitli sınırlandırmalara sahiptir. VI. sınıf araziler %17,11'lik bir oranla 2.sırada yer almaktadır. Bu sınıfa giren topraklar fiziksel koşulları; tohumlama, kireçleme, gübreleme ve kontur karıkları, drenaj hendekleri, saptırma

Afyonkarahisar ilinde çok değişik toprak yapısı gözlenmektedir. En fazla %31,2 oran ile kahverengi topraklar hakim dir. Kalan kısmı; %17,7 kahverengi orman toprakları, %13,8 kireçsiz kahverengi topraklar, %10,5 alüvyal topraklar, %9,8 kireçsiz kahverengi orman toprakları, %17 diğer toprak grupları oluşturmaktadır.

Afyonkarahisar ilinde toplam tarım yapılan arazi miktarı 639.131 ha dır. Tarım yapmaya uygun I-IV. sınıf arazi toplamı 544.261 ha dır (%85). Diğer tarım alanları V-VII. sınıf araziler üzerinde olup, ekonomik tarımsal üretim yapmaya uygun olmayan arazilerden oluşmaktadır (%15) (Anonim, 2004a). Subsidans havzası niteliğindeki Akşehir-Afyonkarahisar çöküntü alanını denetleyen ana faylar kuzey-güney ve kuzeybatı-güneydoğu yönlerindedir.

Bölgede genç epirojenik hareketlerin kuzeyde genel bir yükselme, güneyde ise bir alçalma şeklinde görüldüğü ve bu hareketlerin bölgenin morfolojik yapısında önemli rol oynadığı görülmektedir. Bölgedeki çökme ve yükselmelerin sonucunda kaide seviyesinde önemli değişiklikler meydana gelmiş ve Kuvaternerde erozyonun şiddetlenmesine neden olmuştur.

Akşehir-Afyonkarahisar çöküntü alanının en önemli akarsuyu olan Akarçay depresyon yönünde menderes çizerek akar ve Akarçay'ın yatağı ovanın en alçak kısımlarını oluşturur. Burada akarsu örgülü drenaj tipindedir. İscehisar ve çevresinde kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzanan mermerler ve onların üzerinde volkanik kökenli birimler yer alır. İscehisarda Seyitler Deresi Vadisi tüfler içinde açılmış olgun bir vadidir. İscehisar doğusunda Şeydiler Köyü çevresinde tüfler üzerinde farklı aşınım sonucunda mağara ve peri bacaları oluşmuştur (Anonim, 2008d).

3.1.4. Arazi Kullanımı ve Su Kaynakları

Ege Bölgesi, Türkiye yüzölçümünün %11,54'sini oluşturmaktadır. Türkiye tarım alanlarının %12,32'si, orman alanlarının %17,85'i, tarım dışı alanlarının %8,71'i ve çayır mera alanlarının %4,48'i Ege bölgesinde bulunmaktadır. Ege Bölgesinde, bölge toplam yüzölçümünün %35,45'ini tarım alanları teşkil etmekte olup, Türkiye ortalamasının %33,2 üzerindedir. İllerin toplam yüz ölçümleri arasında tarım arazisi oran olarak en fazla olan il Aydın (%49,39), en az olanı ise Muğla (%19,67) ilidir.

Çizelge 3.6. Aydın ili tarım arazileri kullanım durumu (Anonim, 2009b)

Arazi Kullanım Şekli	Alan (ha)	Kültür arazisine oranı (%)
Zeytin ve meyvelikler	199.533	50,00
Sanayi bitkileri	109.361	28,00
Hububat	41.032	10,00
Sebze alanı	13.100	4,00
Diğer alanlar	32.468	8,00
Toplam	395.494	100,00

İlin toplam yüzey su potansiyeli 3.800 hm³/yıl olup, tahsis edilen içme ve kullanma suyu 107 hm³/yıl ve tahsis edilen sulama suyu 1.846 hm³/yıl dır.

Aydın ilinde temel sulama suyu kaynağı Büyük Menderes nehridir. İl topraklarındaki uzunluğu 283 km olup her yıl 13 milyon m³ alüvyon taşıyarak 320 km²'lik bir alüvyon ovası oluşturmuştur. Aydın ilindeki Kemer barajı, İkizdere barajı, Topçam barajı, Yaylakavak barajı sulama ve kullanma suyu sağlayan temel rezervuarları olup toplam 1.675 ha baraj rezervuar yüzeyini oluşturmaktadır. Ayrıca Büyük Menderes nehri üzerinde kurulu Denizli ili Güney ilçesinde bulunan Adıgüzel ve Cindere barajları Aydın ili arazilerine sulama suyu sağlayan rezervuarlardır (Anonim, 2008b).

Aydın ilinde yaklaşık 290-300 milyon m³'lük bir yer altı su rezervuarı bulunmaktadır. Bu rezervuarlardan yaklaşık 80-90 milyon m³'lük kısım gerek içme gerekse sulama amaçlı kullanılmaktadır. Aydın ilinin 17 ilçesinde toplam 13.319 adet artezyen mevcut olup, bu sular ile yaklaşık 28.000 ha arazi sulanmaktadır (Anonim, 2008b). Aydın ilinde sulanan alanlar Çizelge 3.7'de ve su kaynakları dağılımı da Çizelge 3.8'de gösterilmiştir (Anonim, 2005).

Çizelge 3.7. Aydın ilinde DSİ, KHGM ve halk tarafından sulanan alanların dağılımı (Anonim, 2005)

Kurum Adı	Sulanan Alan (ha)
DSİ	148.174
KHGM	6.079
Halk Sulaması	60.771
Toprak su kooperatifi sulamaları	2.198
Toplam	217.222

Çizelge 3.10. Denizli ili tarım arazileri kullanım durumu (Anonim, 2008f)

Arazi Kullanım Şekli	Alan (ha)	%
Hububat alanı	169.875	45,1
Endüstri Bitkileri alanı	62.021	17,4
Baklagiller alanı	17.008	4,5
Yem Bitkileri alanı	37.438	10,0
Nadas alanı	10.013	1,8
Bağ alanı	45.783	12,1
Sebze alanı	13.659	3,7
Zeytin alanı	3.831	1,0
Meyve alanı	17.109	4,4
Toplam	376.738	100,0

Denizli’de tarım yapılabilen 376.738 ha alanın %33’ü sulanmakta ve halen 252.731 ha alan sulanmamaktadır. Ekonomik olarak sulanabilecek arazi miktarı 207.222 ha dır (Anonim, 2004b).

Çizelge 3.11’de görüldüğü üzere sulama imkanı bulunan arazilerin 79.446 hektarı %64 oranla altyapısı DSİ tarafından hazırlanmıştır. KHGM tarafından alt yapısı hazırlanıp sulamaya açılan arazi miktarı %21 oranla 26.286 ha’dır. Çiftçilerimizin kendi imkanları ile sulamaya açtıkları arazi miktarı ise %15 oranla 18.275 ha ’dır.

Çizelge 3.11. Denizli ili DSİ, KHGM ve Halk tarafından sulama alanların dağılımı (Anonim, 2004b)

Kurum Adı	Sulanan Alan (ha)
KHGM	26.286
DSİ	79.446
Halk Sulaması	18.275
Toplam	124.007

DSİ Yerüstü Sulamaları ile 79.446ha alan sulanmakta ve projeler tamamlandığında etüt halinde (1.400 ha), inşaat halinde (38.746 ha), planlaması devam eden (4.600 ha) ve planlaması biten (35.310 ha) toplam 80.056 ha alan daha sulamaya açılmış olacaktır (Anonim, 2004b).

Çizelge 3.14' de Afyonkarahisar'da tarım arazilerinin dağılımı gösterilmiş olup, tarla bitkileri ekiliş alanlarının oranı Türkiye'de olduğu gibi, Afyonkarahisar'da da diğer alanlara göre daha yüksektir. Bu oran Türkiye'de %68 iken Afyonkarahisar'da %69,60'tır. Diğer alanlar ise toplam tarım alanının ancak % 30,4'ünü oluşturmaktadır.

Türkiye'nin sahip olduğu toplam tarla bitkileri ekiliş alanlarının %2,5'i, Sebze+Süs bitkileri ekiliş alanlarının %0,8'i, Bağ alanlarının %0,27'si, Meyve alanlarının %0,59'u Afyonkarahisar'da bulunmaktadır. Görüldüğü gibi Afyonkarahisar'da tarla bitkileri ekiliş alanları ön plana çıkmaktadır.

Afyonkarahisar ilinde sulanan alanlar Çizelge 3.15'de gösterilmiştir. Afyonkarahisar ilinde sulama genelde halk sulaması şeklinde olup, yer altı sulamaları ağırlıktadır. Sulama imkânı bulunan arazilerin 35.388 ha' ın altyapısı DSİ tarafından hazırlanmıştır. KHGM tarafından alt yapısı hazırlanıp sulamaya açılan arazi miktarı 33.773 ha'dır. Çiftçilerimizin kendi imkânları ile sulamaya açtıkları arazi miktarı ise 109.066 ha'dır (Anonim, 2004a).

Afyonkarahisar'da 638.533 ha tarım alanı mevcut olup, bunun 540.892 ha'ı (%85) sulamaya elverişlidir. Sulamaya elverişli alanların yalnızca 178.227 ha'lık (%33) kısmı sulanmaktadır (Anonim, 2004a).

Çizelge 3.14. Afyonkarahisar ili tarım arazileri kullanım durumu
(Anonim, 2004a)

Arazi kullanım şekli	Alan (ha)	Kültür arazisine oranı
Tarla bitkileri alanı	444.373	69,60
Bağ alanı	1.483	0,20
Meyve alanı	12.542	2,00
Sebze alanı	7.816	1,20
Diğer alanlar	172.329	27,00
Toplam	638.533	100,00

Afyonkarahisar ilin de yerüstü su kaynakları potansiyeli 941 hm³/yıl, yer altı su kaynakları potansiyeli 316 hm³/yıl'dır. Toplam su yüzeyi (doğalgöl, baraj, gölet, akarsu) 43.201ha'dır. Eber Gölü (13.043 ha) ve Karamık gölü (4.000 ha) il sınırları içerisindedir. Akşehir gölünün 21.165 ha'lık ve Acıgöl'ün 2.000 ha'lık bölümü il sınırları içerisindedir. İlde 3 adet baraj yapılmış olup rezervuar yüzeyleri

3.18’de görüldüğü gibi Nadas bırakma toplam tarım alanının %4,86’sını kaplamaktadır. Hububat ekim alanı %56,06 ile ilk sırayı almaktadır. Daha sonra baklagiller ikinci sırada görülmektedir. Hububat ekilişleri içinde arpa 75.050 ha ile birinci sırada, buğday 57.700 ha ile ikinci sırada yer almaktadır.

Endüstri Bitkileri ekilişlerine bakıldığında; tütün 6.870 ha alanla %38 ile ilk sırada, Haşhaş 7.785 ha alanla %43 ikinci sırada, Susam 1.495 ha alanla %8 ile üçüncü sırada, Şeker Pancarı 1.196 ha alanla dördüncü sıradadır. Ayçiçeği ve pamuk ise %4 ile beşinci sırada yer almaktadır.

Çizelge 3.17. Uşak ili arazi kullanım durumu (Anonim, 2006a)

Arazi Kullanım Şekli	Alan (ha)	%
Tarım Arazisi	242.114	45,3
Çayır Mera Arazisi	36.837	6,9
Orman ve Fundalık	236.678	44,3
Tarım Dışı Araziler	18.771	3,5
Toplam	534.400	100,0

Çizelge 3.18. Uşak ili tarım arazileri kullanım durumu (Anonim, 2006a)

Arazi Kullanım Şekli	Alan (ha)	%
Hububat alanı	135.740	56,06
Baklagiller alanı	50.325	20,79
Endüstri Bitkileri alanı	18.154	7,50
Nadas alanı	11.167	4,86
Yem Bitkileri alanı	9.463	3,91
Sebze alanı	7.239	2,99
Meyve alanı	4.267	1,76
Bağ alanı	5.159	2,13
Toplam	242.114	100,00

Uşak ilinde DSI’ce gerçekleştirilen tarımsal amaçlı arazi sınıflandırma çalışmaları sonucunda bugüne kadar 8696 ha arazi incelenmiş, bu arazilerin 7941 ha’ı

3.2. Yöntem

3.2.1. Verilerin Toplanması ve İşlenmesi

Kuraklık ve mısır verimi arasındaki ilişkiyi araştıran bu tez çalışmasında Ege bölgesinin dört önemli üretim bölgesi olan Aydın, Denizli, Afyonkarahisar ve Uşak illerine ait veriler yapılacak analizlere esas olarak kabul edilmiştir. İfade edilen üretim bölgelerinin bu çalışmada seçilmesindeki neden bu illerdeki meteoroloji istasyonları verilerinin sağlıklı olmasının yanında tarımsal üretimdeki potansiyelleridir. Bu üretim bölgelerinde kuraklık indislerinin hesaplanması için 1963-2007 yılları arasındaki periyotta aylık sıcaklık ve yağış değerleri bu illerdeki meteoroloji istasyonlarından sağlanmıştır. Bu tez çalışmasında kullanılan meteorolojik veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınmıştır. Çizelge 3.21’de her dört ilimiz için yağış ve sıcaklığın tanımlayıcı istatistik analizi gösterilmiştir.

Kuraklık indisi modelleri, üretim bölgeleri için kuraklık indis değerlerini hesaplarken girdi verisi olarak kullanılan su tutma kapasitesi (AWC) değerlerini isteyecektir. Bu değerler her bir bölge için önceden yayınlanmış makalelerden (Dağdelen ve Gürbüz, 2008) ve tarım organizasyonlarından elde edilmiştir.

Çizelge 3.21 Üretim bölgelerine ait meteorolojik verilerin tanımlayıcı istatistikleri

	Enlem (N)	Boylam (E)	Yükseklik (m)	Yağış (mm)			Sıcaklık (°C)		
				Yıllık ort.	Max	Min	Yıllık ort.	Max	Min
Aydın	37° 85'	27° 85'	57	625.49	931.30	359.20	17.32	18.82	15.93
Denizli	37° 78'	29° 08'	425	555.45	772.60	337.90	15.86	17.60	14.18
Afyon	37° 21'	28° 36'	1034	418.60	512.80	271.10	10.26	12.08	8.81
Uşak	38° 68'	29° 40'	919	529.05	703.10	402.40	12.28	13.74	11.05

Sıcaklık ve yağış verileri incelendiğinde, 1970’lerin ortasından sonuna kadar geçen periyotta, 1980’nin sonları ve 1990’nın başlarında ve 2004-2005 hidrolojik yılda şiddetli ve uzun süren kuraklık dönemleri geçirmiştir. Şekil 3.2 belirtilen şiddetli kurak dönemlerdeki toplam bölgesel yağış ile normal toplam bölgesel yağışları karşılaştırmaktadır. Şekilde görüldüğü gibi belirtilen bu üç kuraklık periyodunda aylık ve yıllık yağış değerleri azımsanmayacak kadar normal dönemlerdeki yağışların çok altındadır. Özellikle 1989-1992 ve 1976-1977

çalışmasında üretim deseni içinden mısırın çalışma konusu olarak seçilmesi bu ürünün Ege bölgesinde yoğun bir şekilde üretilmesi ve önemli bir ekonomik gelir kaynağı olmasıdır.

Yıllara göre mısır üretimindeki değişim incelendiğinde, verimde yukarı doğru bir doğrusal trend olduğu görülmüştür. Uzun yıllar içerisinde tarımsal teknolojinin gelişmesiyle birlikte tarımsal üretimde yukarıya doğrusal trendin olması olağan bir olaydır. Bu nedenle yıllara göre mısır verimine detrend işlemi uygulanarak verimdeki yukarıya doğrusal eğim yok edilmeye çalışılmıştır. Detrend işlemi kısaca herhangi bir zaman serisi verisinde var olan trendin matematiksel veya istatistiksel metotlar ile kaldırılmasıdır. Bu tez çalışmasında ortalama yıllık mısır verimi, hasadın yapıldığı yıl ile regresyon yapılarak detrend işlem yapılmıştır (Mavromatis, 2007).

$$MISIR_VERİMİ = \beta_0 + \beta_1 * YIL + \varepsilon$$

Eşitlikte MISIR_VERİMİ bağımlı değişkeni ve hasat edilen dekara mısır verimini (kg), YIL bağımsız değişkeni ve hasat yılını, β_0 bağımsız değişken sıfır olduğunda bağımlı değişkenin alacağı değeri, β_1 regresyon katsayısını ve ε artık (hata) değerleri ifade etmektedir. Hesaplama sürecinde detrend işlemi uygulanmış verim verisi artıklarının incelenmesine büyük önem verilmiştir (Swinton ve King, 1991). Bu artık değerlerdeki değişimler iklim değişimlerinin verim üzerine olan etkilerini daha açık olarak sergilemektedir. Ayrıca artık değerler verim değerlerinden olan sapmaları çok daha detaylı ve net açıklama imkanı verir (Wu vd., 2004). Mısır verimindeki pozitif bir artık o verim değerinin uzun yıllar ortalama verim değerinin üzerinde olduğunu ifade eder. Bunun aksine verimdeki negatif artık değerleri o verim değerinin uzun yıllar ortalama verim değerinin altında olduğunu belirtir. Bu tez çalışmasında detrend işleminden sonra elde edilen standardize edilmemiş artıklar (bu tez içerisinde bundan sonra verim sapması olarak adlandırılacaktır) dört üretim bölgesi için ayrı ayrı hesaplanmış ve verim modellerinin değerlendirilmesinde kullanılmıştır.

3.2.2. Kuraklık İndisleri

Kuraklık ile mısır verimi arasındaki ilişkiyi değerlendirmek ve kuraklık indislerini kullanarak mısır verimini tahmin etmek için bu tez çalışmasında beş farklı kuraklık indisi ele alınmıştır. Kuraklık verim ilişkisini belirlemede literatürde en

Potansiyel toprak nem kayıpları (PL) yağışın hiç olmadığı bir dönemde toprak yüzeyinden evapotranspirasyon kaybolan nem miktarı olarak tanımlanır (Alley, 1984).

$$PL = PL_s + PL_u$$

bu eşitlikte $PL_s = \min(PE, S_s)$ ve $PL_u = (PE - PL_s)S_u / AWC$, $PL_u \leq S_u$ şeklinde ifade edilirler. Potansiyel yüzey akışı potansiyel yağıştan potansiyel toprak su ihtiyacının çıkarılması ile bulunur.

$$PRO = AWC - PR = S_s + S_u$$

Bölge için üretilen bu potansiyel değerler sonraki aşamada bölgenin ortalama değerlerine oranlanarak iklimle birebir ilişkili olan katsayılar üretilmiştir.

$$\alpha_j = \overline{ET_j} / \overline{PE_j}, \quad \beta_j = \overline{R_j} / \overline{PR_j}, \quad \gamma_j = \overline{RO_j} / \overline{PRO_j}, \quad \delta_j = \overline{L_j} / \overline{PL_j},$$

$$j = 1, \dots, 12$$

Bu eşitlikte değerler üzerindeki üst çizgiler o aya ait ortalama değerleri göstermek için konulmuştur ve j değeri hangi aya ait olduğunu belirtmek için kullanılmıştır. Bu katsayılar her ay için farklı farklı üretilmesi gerekir. Bu katsayılardan yararlanarak bir bölgede aylık olması gereken (beklenen) yağış miktarı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$\hat{P} = \alpha_j PE + \beta_j PR + \lambda_j PRO - \delta_j PL$$

Yukarıda tanımlanan eşitliklerden faydalanarak nem miktarında oluşan aylık sapma (ortalama değerden) gerçek yağış ile beklenen yağışın karşılaştırılması ile bulunabilir.

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

Eşitlikteki nem sapması değeri, d_o , aylık yağışta meydana gelen fazlalık veya eksiklik konusunda bilgi verir. Nem sapması, d_o , farklı zamanlarda ve farklı bölgelerde değişik değerler alacağı için farklı d_o değerleri için analiz ve karşılaştırmalar yapılması pek doğru olmayabilir. Bu nedenle Palmer ağırlıklı nem

Eşitlikteki $q = 1/3$ ve $p = 0.897$ değerleri matematiksel sabit sayılar olup süreç faktörleri olarak adlandırılmaktadırlar. Orig-Z değerleri ile PDSI değerleri sıcaklık, yağış ve su tutma kapasitesi değerleri göz önüne alınarak hesaplanırlar. Fakat aylık değerlerine bakıldığı zaman her ikisi de birbirinden önemli derecede farklıdırlar. Çünkü Orig-Z indis değerleri bir önceki ayın nem değerlerinden etkilenmemektedir. Bu nedenle bu indisin almış olduğu değerler aydan aya dramatik olarak çok farklılık gösterir. Halbuki, PDSI değerleri Orig-Z değerlerine göre çok daha yavaş değişim gösterir. Bunun nedeni ise PDSI indis değerlerinin önceki ayın şartlarının üçte ikilik kısmını içermesidir. Palmer hesaplama sistemine göre kuraklık sınıflandırılması Çizelge 3.22'de verilmiştir.

3.2.2.3. Kendinden kalibreli palmer anormal nem indisi (SC-Z)

Kendinden Kalibreli Palmer Anormal Nem İndisi (SC-Z) Well vd. (2004) tarafından geliştirilmiştir. Palmer (1965) yönteminden farklı olarak K iklim karakteristik değerleri otomatik olarak uzun yılların verilerine dayanarak hesaplanır. Palmer Anormal Nem İndisi değerinin hesaplanmasında nem sapma değeri, d , bir bölgenin nem fazlalığı ve eksikliği konusunda doğru bilgi vermeyebilir. Bu nedenle nem sapma değeri, d ve iklim karakteristiklerini temsil eden K değerinin bir kombinasyonunun dan oluşan Anormal Nem İndisi geliştirilmiştir.

Çizelge 3.22 Palmer Kuraklık Şiddeti İndis sınıflandırılması

X	Sınıf
≥ 4	Aşırı nemli
3.00 - 3.99	Çok nemli
2.00 - 2.99	Orta Nemli
1.00 - 1.99	Hafif nemli
0.50 - 0.99	Çok az nemli
0.49 - -0.49	Normale yakın
-0.50 ile -0.99	Çok az kurak
-1.00 ile -1.99	Az kurak
-2.00 ile -2.99	Orta kurak
-3.00 ile -3.99	Şiddetli kurak
≤ -4.00	Aşırı kurak

3.2.2.4. Kendinden kalibreli palmer kuraklık şiddeti indisi (SC-PDSI)

Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (PDSI) bir kümülatif indis olup her hesaplanan indis değeri bir önceki indis değerine bağlıdır. Spesifik olarak herhangi bir PDSI X_i değeri önceki PDSI X_{i-1} değerinin ağırlıklı toplamı ile ilişkilidir ki bu değer mevcut iklim karakteristiklerinin ve nem anormal indisi değerinin kombinasyonundan oluşmuştur. PDSI formülündeki p ve q değerleri süreç faktörleri olup direkt olarak kuraklık şiddeti indisinin yağıştaki ani değişimlere karşı hassasiyetini ölçmektedir.

Palmer yönteminde süreç faktörleri belli bir lokasyon için hesaplanmış ancak farklı lokasyonlarda otomatik hesaplamalar yapılmamıştır. Palmer anormal nem indisi toplamı ile mevcut PDSI değerleri arasında bir doğrusal ilişki geliştirilerek p ve q değerlerini hesaplamıştır.

$$p = \left(1 - \frac{m}{m+b}\right) \text{ ve } q = \left(\frac{C}{m+b}\right)$$

Bu eşitliklerde m çizginin eğimini b de çizgini y eksenine ile kesiştiği noktayı ve C ise kalibrasyon indis değerini gösterir. Bu eşitliklerde Palmer nemli ve kurak dönemler için C faktörünü -4 olarak kullanmıştır. Wells vd. (2004) bu noktaya dikkat çekerek farklı lokasyonların yağış olaylarına karşı hassasiyetlerinin de farklı olduğunu belirtmiştir. Örneğin herhangi bir bölgede toprak yapısından dolayı suyun toprakta tutulması o bölgenin yağışa karşı daha hassas olabileceğini gösterebilir. Bu nedenle Wells vd. (2004) kurak ve nemli periyotlar için farklı süreç faktörlerinin olması gerektiğini önermiştir.

Kendinden Kalibreli Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (SC-PDSI) farklı bölgeler için süreç faktörlerini otomatik olarak hesaplamaktadır. Hem kurak hem de nemli periyotlar için en küçük kareler metodu kullanılarak farklı m ve b değerleri üretilmektedir.

3.2.2.5. Standardize yağış indisi (SPI)

Standardize Yağış İndisi (SPI) McKee vd. (1993, 1995) tarafından farklı zaman periyotları için kuraklık ve nemli periyotları tayin etmek için geliştirilmiştir. Bu

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

Bu eşitliklerde n ölçüm değerleridir.

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

Yukarıdaki eşitliklerden elde edilen parametreler daha sonra verilen ay ve zaman dilimi için yağışın çoğalan olasılık işleminin tanımlanması için kullanılır:

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\hat{\beta}^{\hat{\alpha}} \Gamma(\hat{\alpha})} = \int_0^x x^{\hat{\alpha}-1} e^{-x/\hat{\beta}} dx$$

Gamma dağılımının $x = 0$ için belirlenememesi ve yağış dağılımının da sıfır değerleri içermesi çoğalan olasılığı aşağıdaki eşitlik formuna getirir:

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

Bu eşitlikte q sıfır yağışın olasılığını ifade eder. Çoğalan olasılık dağılımı $H(x)$ is bu aşamadan sonra ortalaması sıfır varyansı bir olan standart normal dağılıma (Z) transfer edilir ki bu değerde SPI değerini oluşturur.

Edwards ve McKee (1997), Lloyd-Hughes ve Saunders (2002) metotlarının yanında Abramowitz ve Stegun (1965) farklı bir yaklaşımla SPI hesaplamaları yapmışlardır:

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

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

burada

kullanılarak üretilen bu regresyon modelleri tekrar yapılandırılarak verilere uydurulmaya çalışılmıştır.

Her bir mısır verim modelinde bağımsız değişken yetiştirme sezonu kuraklık indisi (PDSI, Orig-Z, SC-PDSI, SC-Z, SPI indislerinden biri) iken bağımlı değişkende üretim bölgesindeki verimde olan sapmalardır. Bu tez çalışmasında ikinci derece polinomial regresyon fonksiyonları mısır-verim modellerinin oluşturulmasında kullanılmıştır. Bunun nedeni fonksiyonların bitki-su-verim ilişkisini çok iyi tahmin etmelerinden kaynaklanmaktadır (Ash vd., 1992).

İkinci aşamada mısır-verim ilişkisinde kullanılan kuraklık indislerinden hangisinin en iyi sonucu verdiğini belirleme işlemi için hesaplamalar yapılmıştır. Geliştirilen mısır-verim modelleri dört tane uyum derecesi indisi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu tez çalışmasında kullanılan uyum derecesi indisleri: belirlilik katsayısı (R^2), ortalama karesel hata (RMSE), ortalama mutlak hata (MAE) ve uyuşma indisi (d). Mısır-verim modellerinin kuraklık indisleri açısından bu şekilde değerlendirilmesi literatürde kabul gören bir metottur (Kumar ve Panu, 1997; Quiring ve Papakryiakou, 2003; Mavromatis, 2007). Belirlilik katsayısı (R^2) gözlemlenmiş verilerdeki toplam varyansın model tarafından açıklanma oranını açıklar. Örneğin R^2 değeri 0.8 olması durumunda, model gözlemlenmiş verideki değişimin %80'nini açıklayabilecek durumdadır denilir. Belirlilik katsayısı (R^2) veride pik değerler olması durumunda miktar belirleme veya nicel analizler için uygun olmayabilir. Bu yüzden Belirlilik katsayısı iki tane farklı uyum derecesi indisi ile birlikte kullanılır ki bunlar RMSE ve MAE indisleridir. Kök ortalama karesel hata (RMSE), varyans ve sapmanın kombinasyonundan gelir ve aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}$$

Ortalama mutlak hata (MAE) aşağıda belirtilen eşitlikle hesaplanabilir.

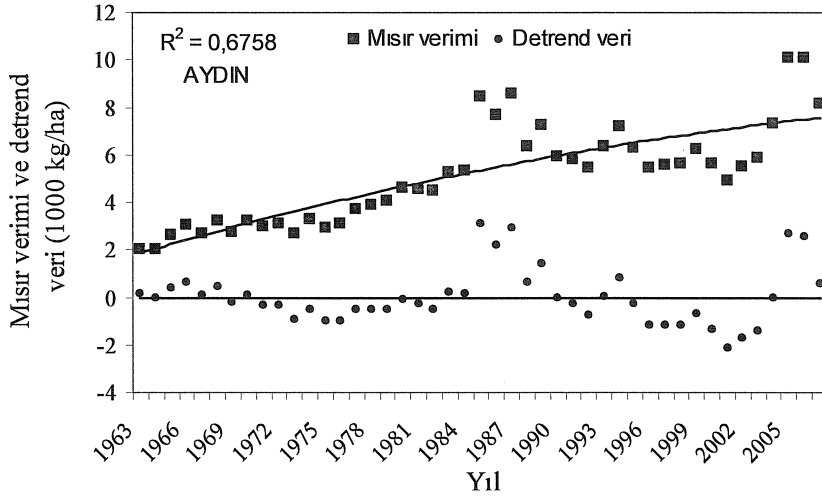
$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |O_i - P_i|$$

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Üretim Bölgeleri İçin En İyi Kuraklık İndisinin Belirlenmesi

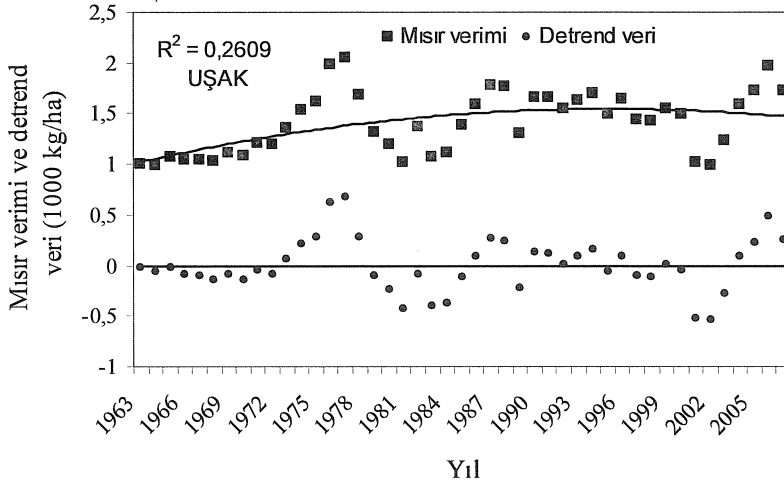
Bu çalışmada seçilen üretim bölgeleri Aydın, Denizli, Afyonkarahisar ve Uşak illeri için yetiştirme sezonu kuraklık indisleri esas alınarak eğrisel regresyon modelleri geliştirilmiş ve verim sapması değerleri bu modellerden tahmin edilmeye çalışılmıştır. Regresyon modelleri geliştirilmeden önce mısır verimleri her bir il için detrend işlemine tabi tutulmuş ve verimdeki yukarıya doğrusal eğim yok edilmeye çalışılmıştır.

Şekiller 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4 sırası ile Aydın, Denizli, Afyonkarahisar ve Uşak illerinin mısır verimlerini ve detrend verilerini göstermektedir. Şekil 4.1’de eğilim çizgisine bakılırsa Aydın ili mısır veriminin yıllara göre artış gösterdiği ve 2000’li yıllarda sabit seyir izlediği görülmektedir. Özellikle 1985 ile 1995 yılları arasında verim miktarında önemli değişimlerin olduğu gözlemlenmektedir. 1995 yılından 2005 yılına kadar Aydın ili mısır verimi eğilim çizgisinin altında kalmıştır.



Şekil 4.1. Aydın ili yıllara göre mısır verimi ve detrend veri (1000 kg/ha)

Şekil 4.2’de Denizli ilinin mısır verimi yıllara göre doğrusal olarak artmaktadır. Yine bu üretim bölgesinde de 1995 ile 2003 yılları arasında mısır verimi eğilim çizgisinin altında kalmıştır. Afyonkarahisar ili mısır verimi Denizli iline benzer



Şekil 4.4. Uşak ili yıllara göre mısır verimi ve detrend veri (1000 kg/ha)

Her bir üretim bölgesi için beş tane mısır verim modeli olmak üzere toplam yirmi tane model geliştirilmiştir. Mısır verim modellerinden elde edilen değerler ile orijinal verim sapması değerleri karşılaştırılarak her bir il için en iyi kuraklık indisi modeli belirlenmeye çalışılmıştır.

4.1.1. Aydın İli için En İyi Kuraklık İndisi

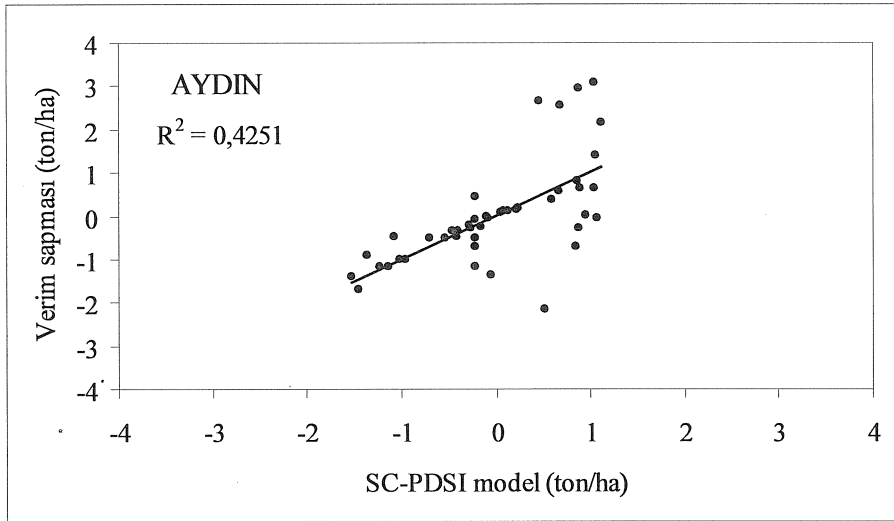
Aydın üretim bölgesi mısır büyüme sezonu indisleri ile mısır verim sapması değerleri arasında eğrisel regresyon metodu kullanılarak 5 tane mısır verim modeli oluşturulmuştur (Çizelge 4.1).

Bu polinomyal regresyon modelleri test edilerek Aydın bölgesinde mısır verimi ve kuraklık arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayabilen model tespit edilmeye çalışılmıştır.

Şekil 4.5 PDSI verim regresyon modeli tahminleri ile verim sapması değerlerini karşılaştırmaktadır. Tahmin değerleri ile verim sapması arasındaki belirlilik katsayısı (R^2) değeri 0.3755 tir. Diğer bir anlatımla PDSI mısır verim modeli tahminleri, mısır veriminde olan sapmaların %37 oranında açıklayabilmektedir. Geriye kalan %63'lük kısımda başka değişkenlerin mısır verim sapmasında büyük rol aldığı söylenebilir.

Aydın bölgesi için SC-PDSI mısır verim modeli tahminleri ile orijinal mısır verimi arasındaki bağıntıyı sergileyen grafiksel analiz Şekil 4.6'de gösterilmiştir. Bu modelde R^2 değeri 0.4251 olarak bulunmuştur. Yani orijinal verim sapmasındaki değişimin %42'lik kısmı SC-PDSI kuraklık indisi tabanlı mısır verim modeli tahminleri ile açıklanabilmektedir.

Özellikle verim sapması değerlerinin yüksek olması durumunda SC-PDSI verim modelinin orijinal verilere yakın tahminler yapmadığı görülmektedir. SC-PDSI modeli 1.1 ton/ha'dan yüksek pozitif verim sapması değerlerini tahmin etmede başarılı değildir.

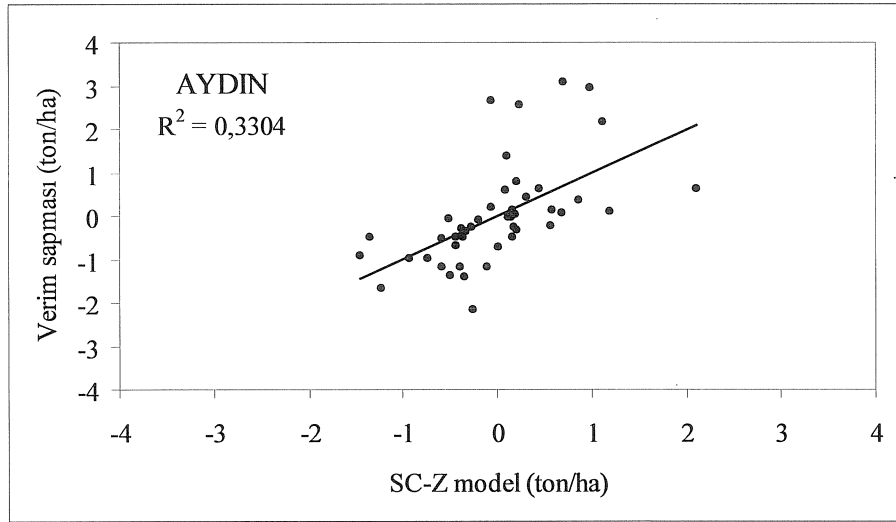


Şekil 4.6. SC-PDSI model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması

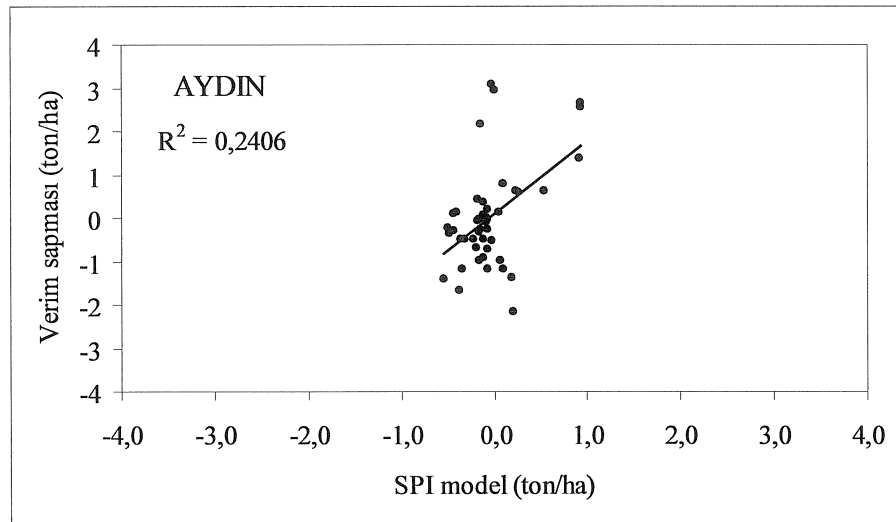
Orig-Z mısır verim modeli tahminleri Aydın ili orijinal verim sapma değerlerindeki değişimin %30'unu açıklayabilmektedir (Şekil 4.7). SC-PDSI modelinde olduğu gibi bu modelde yüksek verim sapması değerlerini iyi tahmin edememiştir.

SC-Z verim modeli Örig-Z modeline benzer sonuçlar üretmiş ve bu modelde belirlilik katsayısı 0.3304 olarak bulunmuştur (Şekil 4.8). SC-Z modeli yüksek verim sapması değerlerinde iyi sonuçlar üretememiştir.

bir performansla çalıştığını ifade etmiş, ancak diğer modellerin orijinal verim değerlerini tahminde yeterli olmadığını belirtmiştir.



Şekil 4.8. SC-Z model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması

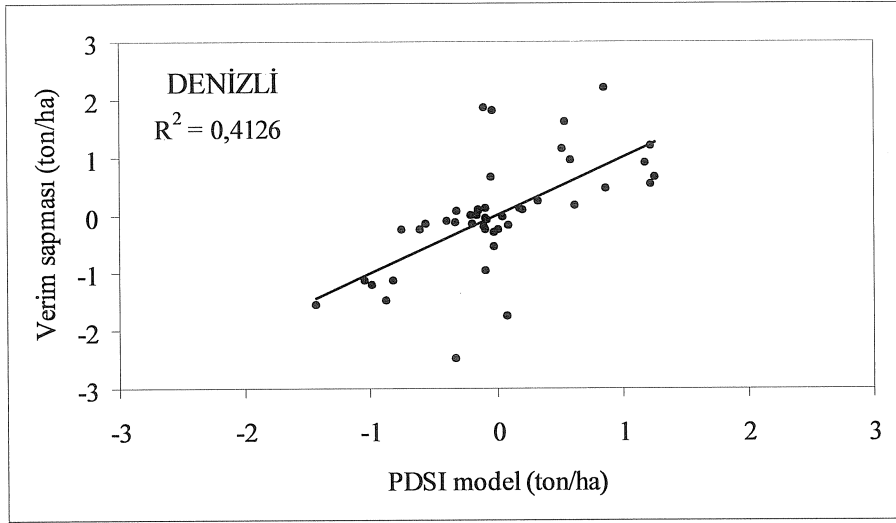


Şekil 4.9. SPI model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması

Diğer kuraklık indisi modelleri bu çalışmada da olduğu gibi güney Yunanistan'da yapılan çalışmada yeterli bir performans göstermemiştir. Mavromatis (2007) yine aynı çalışmasında tüm verim modellerinin pozitif verim sapması değerlerini iyi

değerlerinin küçük olduğu noktalarda model tahminlerini yeterli olduğu görülmektedir.

Şekil 4.10, Denizli üretim bölgesinde PDSI modeli tahminlerinde yağış ve topraktaki mevcut nem parametreleri dışında %61 oranında başka etkenlerinde verim sapması üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. PDSI verim modeli 1.3 ton/ha'dan fazla pozitif verim sapması değerlerini tahmin etmede iyi performans gösterememiştir.



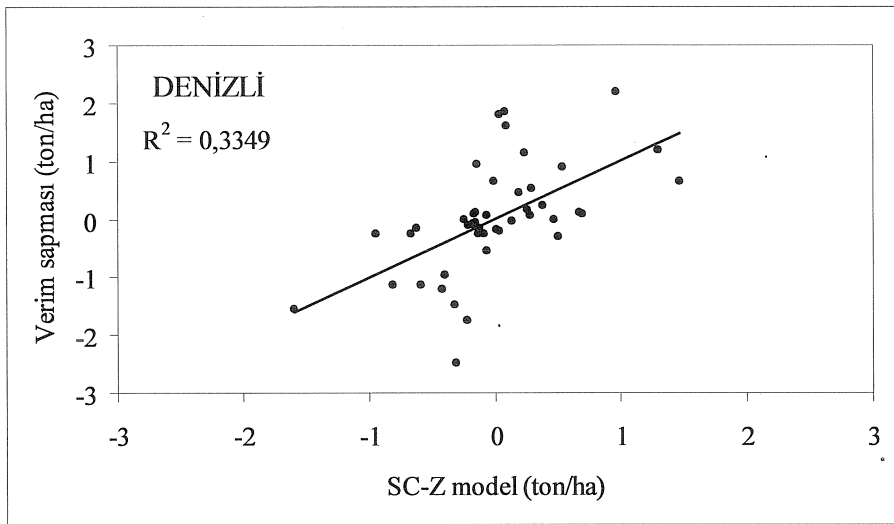
Şekil 4.10. Denizli ili PDSI model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması

SC-PDSI modeli tahminleri ile verim sapması değerleri arasındaki ilişki Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Bu modelin belirlilik katsayısı değeri 0.3475 olup, SC-PDSI kuraklık indisleri mısır veriminde olan değişimin %34'ünü açıklamaktadır. Özellikle mısır verim sapmasının yüksek olduğu noktalarda bu modelin uygun tahminler yapmadığı gözlemlenmiştir. SC-PDSI modeli PDSI modeline benzer şekilde 1.3 ton/ha'dan yüksek verim tahminlerinde başarısız olmuştur.

Orig-Z modeli tahminleri ile mısır verim sapması arasındaki istatistiksel ilişki 0,3939'luk belirlilik katsayısı ile tanımlanmaktadır (Şekil 4.12). Diğer bir anlatımla Orig-Z kuraklık indisi tabanlı model tahminleri verim sapmasında olan

modelleri 1.3 ton/ha dan yüksek orijinal verim değerlerini tahminde istenilen performansı gösterememiştir. SPI modeli Aydın ilinde olduğu gibi Denizli ilinde de diğer verim modellerine göre düşük bir randıman sergilemiş ve belirlilik katsayısı 0.19 olarak bulunmuştur (Şekil 4.14).

Mısır verim modelleri arasında belirlilik katsayısı en yüksek olan model Denizli ili için PDSI mısır verim modelidir ($R^2 = 0.4126$). Modelin ürettiği tahminler ile orijinal mısır verim sapması değerleri arasındaki en iyi uyuma bu modelde görülmektedir.



Şekil 4.13. Denizli ili SC-Z model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması

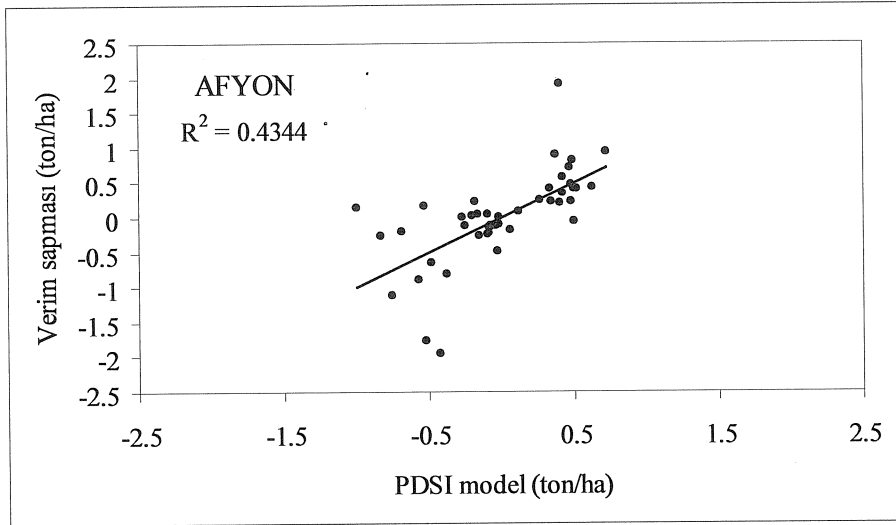
Mavromatis (2007) yılında yapmış olduğu çalışmada Yunanistan'ın daha serin iklim koşullarına sahip kuzey bölgelerinde PDSI modelinin daha verimli çalıştığını vurgulamıştır. Aydın ve Denizli bölgelerin iklim koşullarının birbirine yakın olmasının rağmen her iki bölgede farklı verim modellerinin başarılı olması PDSI ve SC-PDSI kuraklık indislerinin hesaplanma metotlarından kaynaklanmış olabilir. Çünkü PDSI modelinde süreç faktörleri (p ve q) belli bir lokasyon için hesaplanmış ancak farklı lokasyonlarda otomatik hesaplamalar yapılmamıştır.

SC-PDSI indisi kurak ve nemli periyotlar için farklı süreç faktörlerinin olması gerektiğini önermiş ve farklı bölgeler için süreç faktörlerini otomatik olarak hesaplamaktadır. Aydın bölgesinde yağış miktarının Denizli bölgesine göre biraz

PDSI modeli 0.7 ton/ha'dan büyük olan verim sapması değerlerini iyi tahmin edememiştir.

Çizelge 4.3. Afyonkarahisar ili mısır verim modelleri

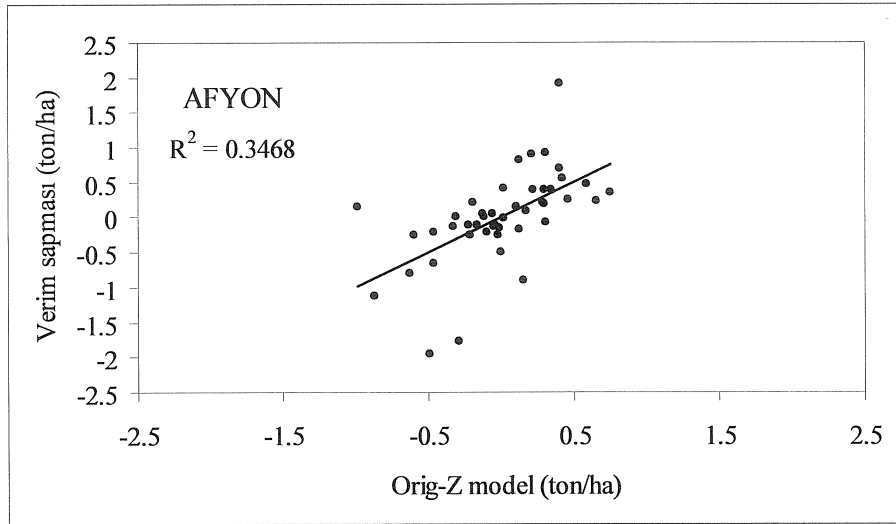
Kuraklık indisi	Mısır verim modeli
Palmer Anormal Nem İndisi (Orig-Z)	$Y = -0,0647 - 0,08182*X + 0,001729*X^2$
Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (PDSI)	$Y = -0,2287 - 0,08557*X + 0,005331*X^2$
Kendinden Kalibreli Palmer Anormal Nem İndisi (SC-Z)	$Y = -0,02091 - 0,09520*X - 0,000997*X^2$
Kendinden Kalibreli Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (SC-PDSI)	$Y = -0,1338 - 0,06024*X + 0,001736*X^2$
Standardize Yağış İndisi (SPI)	$Y = 0,0183 - 0,2876*X - 0,0163*X^2$



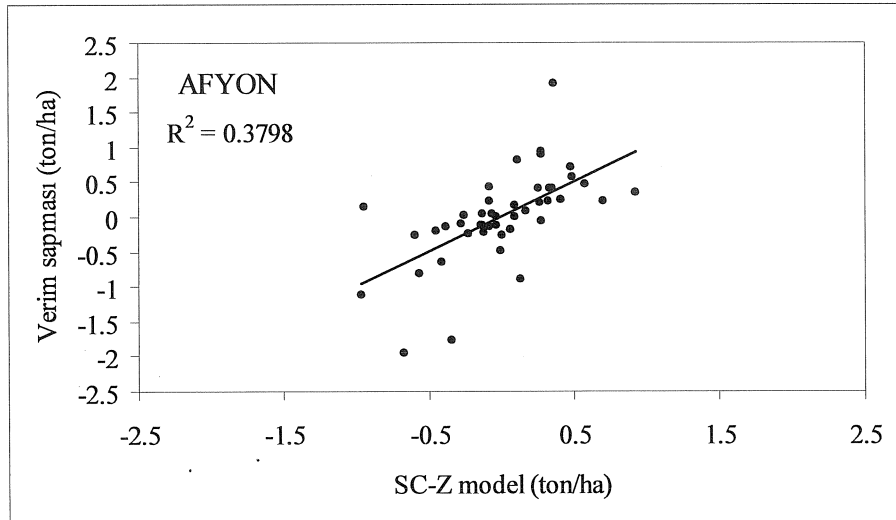
Şekil 4.15. Afyonkarahisar ili PDSI model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması

Afyonkarahisar SC-PDSI mısır verim modeli tahminleri ile verim sapmasındaki değerler arasındaki ilişki 0.3961'lik belirlilik katsayısı ile açıklanmaktadır (Şekil 4.16). SC-PDSI mısır verim modeli tahminleri verim sapmasındaki değişimlerin

Orig-Z ve SC-Z modelleri bir önceki modellerde olduğu gibi 0.6 ton/ha'dan büyük verim sapması değerlerini tahmin etmede başarılı değillerdir.



Şekil 4.17. Afyonkarahisar ili Orig-Z model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.18. Afyonkarahisar ili SC-Z model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması

4.1.4. Uşak İli için En İyi Kuraklık İndisi

Uşak ili için geliştirilen mısır verim modelleri Çizelge 4.4'de verilmiştir. Her bir model iklim parametrelerine bağlı olarak üretilen kuraklık indislerini bağımsız değişken olarak kabul edip mısır veriminde olan değişimleri tahmin etmektedir. Bu kuraklık indisi tabanlı modeller test edilerek orijinal mısır verimindeki değişimi en iyi tahmini eden model belirlenmeye çalışılmıştır.

Çizelge 4.4. Uşak ili mısır verim modelleri

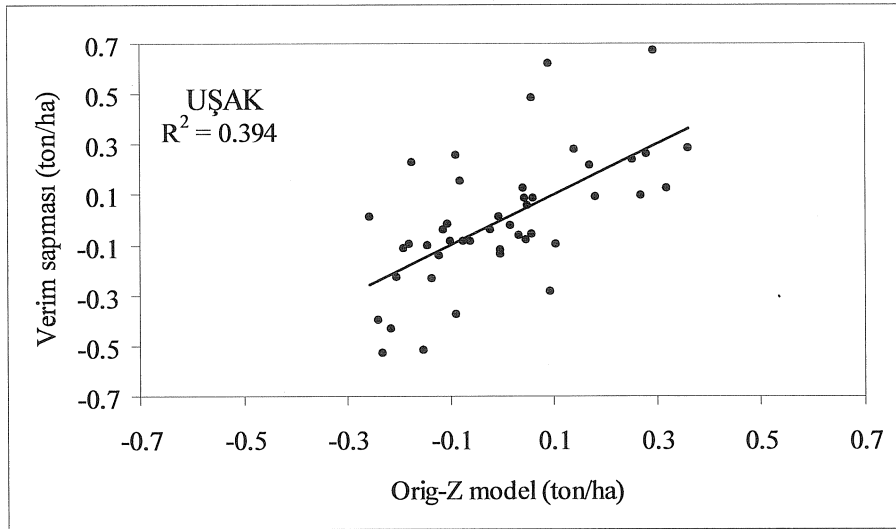
Kuraklık indisi	Mısır verim modeli
Palmer Anormal Nem İndisi (Orig-Z)	$Y = 0,01296 - 0,04420 * X - 0,000912 * X^2$
Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (PDSI)	$Y = - 0,01388 - 0,04831 * X - 0,000159 * X^2$
Kendinden Kalibreli Palmer Anormal Nem İndisi (SC-Z)	$Y = 0,03898 - 0,04472 * X - 0,003245 * X^2$
Kendinden Kalibreli Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (SC-PDSI)	$Y = - 0,02357 - 0,02696 * X + 0,001121 * X^2$
Standardize Yağış İndisi (SPI)	$Y = 0,02670 - 0,1143 * X - 0,03373 * X^2$

Uşak ili PDSI verim regresyon modeli ile verim sapmasında olan değişimi gösteren grafik Şekil 4.20'te verilmiştir. Bu model orijinal verim sapmasındaki değişimlerin ancak %42'sinin PDSI model tahminleri tarafından açıklanabileceğini göstermektedir. Mısır verimindeki değişimin %58'lik kısmı ise iklim parametreleri dışındaki diğer etmenlerden etkilendiği söylenebilir. PDSI mısır verim modeli düşük verim sapmalarında iyi tahminler yaparken yüksek verim sapması değişimlerinde istatistiksel anlamda yeterli bir tahmin yapamamıştır.

Şekil 4.21 SC-PDSI mısır verim modeli tahminleri ile orijinal verim sapması arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Belirlilik katsayısı bu modelde 0.3202 düzeyinde bulunmuştur.

olduğu gibi bu modelde de yüksek sapma değerleri SC-PDSI modeli tarafından iyi tahmin edilememiştir.

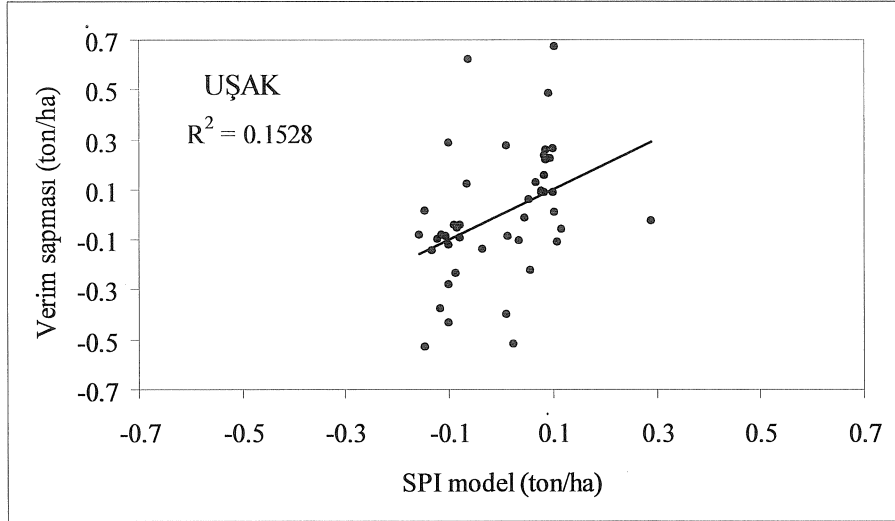
Orig-Z modeli tahminleri ile verim sapması arasındaki ilişki 0.394'lük bir belirlilik katsayısı ile açıklanmıştır (Şekil 4.22). Orijinal mısır verimindeki değişimlerin %39'u ancak mısır verim modeli tahminleri tarafından açıklanmaktadır. Kalan %61'lik kısımda iklim parametrelerinin istatistiksel anlamda verim sapması üzerine etkili olmadığı Orig-Z verim modeli tahminlerinden anlaşılmaktadır. Bu model diğer modellerin göstermiş olduğu özelliği göstermekte olup yüksek verim sapması değerlerini iyi tahmin edememektedir.



Şekil 4.22. Uşak ili Orig-Z model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.23 SC-Z mısır verim modeli ile verim sapması değerleri arasındaki ilişkiyi 0,3167'lik bir belirlilik katsayısı ile açıklamaktadır. Verim sapmasındaki değişimlerin %31'lik kısmı Orig-Z mısır verim modeli tahminleri ile açıklanmaktadır. %69'luk kısmında ise iklim parametreleri dışında başka etmenlerin etkili olduğu açıkça görülmektedir. Bu modelin sıfıra yakın verim sapması değerlerinde iyi tahminler yaptığı yüksek verim değişimlerinde modelin istatistiksel anlamda yetersiz olduğu söylenebilir.

yapmış oldukları çalışmada PDSI, Orig-Z, SPI ve NOAA Kuraklık İndisleri arasında Orig-Z modelinin en iyi performans gösteren model olduğunu ifade etmişlerdir.



Şekil 4.24. Uşak ili SPI model tahminleri ve verim sapması değerlerinin karşılaştırılması

4.2. Model Çıktılarının Karşılaştırmalı Analizi

Aydın ili için mısır verim regresyon modellerinin karşılaştırmalı istatistiksel analizi Çizelge 4.5'te verilmiştir. Bölüm 3.2.3'te belirtildiği üzere belirlilik katsayısı (R^2) veride pik değerler olması durumunda miktar belirleme veya nicel analizler için uygun olmayabilir. Bu nedenle uyum derecesi indislerinin (RMSE, MAE, d) kontrol edilmesi gerekir.

Modeller arasında karşılaştırma yapıldığında ortalama mutlak hata (MAE) değerinin 0.5418 değeri ile en düşük SC-PDSI modelinde ve en yüksekte SPI modelinde olduğu görülmüştür. MAE değeri model tahminlerinin orijinal değerlere ne kadar yakın olduğu konusunda fikir verir. Kök ortalama kare hatası (RMSE) diğer modellere kıyasla en düşük SC-PDSI modelinde görülmekte ve burada değer 0.88 ton/ha'dır.

Çizelge 4.6. Mısır verim modellerinin Denizli ili için karşılaştırmalı analizi

Model	Ortanca (ton/ha)	Std (ton/ha)	R ²	MAE	RMSE (ton/ha)	d
Verim sapması	-0.0279	0.9483				
PDSI	-0.0789	0.6092	0.4126	0.4814	0.7187	0.7427
SC-PDSI	-0.1654	0.5590	0.3475	0.5217	0.7575	0.6838
SPI	-0.0204	0.4151	0.1966	0.6128	0.8431	0.5412
Orig-Z	-0.0028	0.5952	0.3939	0.5162	0.7301	0.7239
SC-Z	-0.0649	0.5488	0.3349	0.5535	0.7648	0.6739

Çizelge 4.7 mısır verim regresyon modellerinin Afyonkarahisar ili için istatistiksel karşılaştırmalı analizini göstermektedir. PDSI modelinin MAE değeri 0.3216'lık bir değerle diğer modellere göre en düşük kalırken, SPI modeli en yüksek MAE değerine sahiptir. RMSE değeri verim modelleri içerisinde en düşük değerini PDSI modelinde almıştır. Tersine SPI modeli en 0,5980'lik bir rakamla en yüksek RMSE değerine sahip olmuş ve bu modelin ürettiği verilerin orijinal verilere ne kadar uzak olduğunu göstermiştir. Uyuşma indisi (d) en yüksek değerine PDSI modelinde ulaşmış ve 0.7616 değerini almıştır. Yine SPI modeli en düşük uyuma indisi değeri ile model çıktılarının orijinal veriler ile uyuşmadığı sonucunu vermiştir.

Yunanistan'ın orta kuzey bölgeleri iklim şartlarının Afyonkarahisar bölgesi ile benzer özellikler gösterdiği düşünülürse bu çalışma ile Mavromatis (2007)'in çalışması arasında benzerlikler olduğu görülmektedir. Yunanistan'da buğday verimi için yapılan çalışmada RMSE 0.395 ton/ha, MAE 0.309 ton/ha, R² 0.438 ve uyuma indisi (d) 0.773 olarak bulunmuştur.

Uşak ili mısır verim modelleri tahminlerinin istatistiksel karşılaştırmalı analizi Çizelge 4.8'de verilmiştir. MAE değeri 0.1436'lık bir rakamla en düşük PDSI modelinde bulunmuştur. Diğer üretim bölgelerinde olduğu gibi bu ilimizde de SPI modeli iyi bir performans gösterememiş ve 0.1692 rakamı ile en yüksek MAE değerini almıştır. Diğer modellerle karşılaştırıldığında en düşük RMSE değeri yine PDSI modelinde elde edilmiş ve 0.1953 ton/ha değeri almıştır. RMSE parametresi

5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında Ege Bölgesinde yer alan Aydın, Afyonkarahisar, Denizli ve Uşak illerimizde kuraklık indisleri ile mısır verimi arasındaki ilişkiyi esas alan mısır verim modelleri geliştirilmiştir. Her bir il için geliştirilen beş verim modeli test edilerek üretim bölgesi için en uygun kuraklık indisi belirlenmeye çalışılmış ve iklim parametrelerindeki değişimin mısır verimi üzerinde etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçların tarımsal planlamada kullanılabilirliği üzerinde tartışılmıştır.

Ege Bölgesinde seçilen bu dört ilimizin yağış-sıcaklık verileri ve mısır verimleri yapılacak analizlerde esas teşkil etmiştir. Bu tez çalışmasında beş farklı kuraklık indisi kullanılmıştır: 1) Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (PDSI), 2) Palmer Anormal Nem İndisi (Orig-Z), 3) Kendinden Kalibreli Palmer Kuraklık Şiddetin İndisi (SC-PDSI), 4) Kendinden Kalibreli Palmer Anormal Nem İndisi (SC-Z), 5) Standardize Yağış İndisi (SPI). Belirtilen illerimizde her bir kuraklık indisinin hesaplanması için 1963-2007 yılları arasındaki periyotta sıcaklık ve yağış değerleri kullanılmıştır.

Her bir ilimize ait mısır verimleri işlenerek verim modellerinin geliştirilmesinde kullanılmıştır. Yıllara göre mısır üretimindeki değişimler incelendiğinde yukarıya doğru bir doğrusal trend olduğu görülmektedir. Mısır verimindeki bu yükselme detrend işlemi uygulanarak yok edilmiştir. Detrend işlemi sonucu elde edilen verim sapması değerleri iklim değişiminin mısır verimi üzerine olan etkilerini daha açık olarak sergilediği düşünüldüğünden bu tez çalışmasının tamamında model tahminleri ile verim sapmaları arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Mısır verim modellerinin oluşturulması iki aşamadan oluşmuştur. Birinci aşamada Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları aylık indis değerleri toplanarak büyüme sezonu kuraklık indisi belirlenmiştir. Mısır verimi ve büyüme sezonu kuraklık indisleri esas alınarak her bir il için beş tane eğrisel regresyon verim modelleri üretilmiştir. Dört üretim bölgesi ve beş kuraklık indisi için toplam yirmi tane verim modeli oluşturulmuştur. İkinci derece polinomial eşitlikler kullanılarak üretilen regresyon modellerinde eğri uydurma yöntemi ile orijinal veriler için tahminler üretilmiştir. Verim modellerinde bağımsız değişken yetiştirme sezonu kuraklık indisi iken bağımlı değişkenlerde orijinal verim sapması değerleridir. İkinci aşamada mısır verim modellerinin performansları değerlendirilmiştir. Performans değerlendirmesi dört tane uyum derecesi indisi kullanılarak

Kuraklık indisleri ve mısır verimine bağlı olarak geliştirilen verim modellerinin tamamında verimde olan değişimin yaklaşık %60'nın iklim parametrelerindeki değişime bağlı olmadığı görülmüştür. Buda gösteriyor ki Ege Bölgesinde mısır verimindeki dalgalanma iklim değişimine bağlı olduğu gibi büyük oranda başka parametrelerde bağlıdır.

Bölge bazında bitkisel üretim deseni planlayıcılarının bitki verim modellerini mutlaka göz önüne almalıdırlar. Küresel ısınma ve iklim değişimi ile birlikte özellikle meteorolojik verilere dayalı geliştirilmiş iklim verilerinin dikkatle ele alınması gerektiği bu tez sonuçlarından anlaşılmaktadır.

[http://www.cedgm.gov.tr/icd_raporlari/denizliicd2008.pdf],
Erişim Tarihi: 28.01.2010.

Anonim (2008d). Uşak İl Çevre Durum Raporu, Çevre ve Orman Bakanlığı Çevresel Etki Değerlendirme Ve Planlama Genel Müdürlüğü, [http://www.cedgm.gov.tr/icd_raporlari/usakicd2008.pdf]
Erişim Tarihi: 28.01.2010.

Anonim (2008e). Mısır Bitkisinin Rekolte ve Ekiliş Alan Verileri (1964-2008), Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK).

Anonim (2008f). Brifing Raporu, Denizli Tarım İl Müdürlüğü.

Anonim(2008g).Türkiye Ziraat Odaları Birliği, [http://www.tzob.org.tr/tzob_web/basin_bulten/2008/17_08_2008.htm]
Erişim Tarihi: 28.01.2010.

Anonim (2009a). Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, [http://www.meteoroloji.gov.tr.veridegerlendirme/il_ve_ilce_istatistik.aspx]
Erişim Tarihi: 28.01.2010.

Anonim (2009b). Aydın İli Tarımsal Yapısı, Aydın Tarım İl Müdürlüğü, [<http://www.aydintarim.gov.tr>] Erişim Tarihi: 11.01.2010.

Anonim (2009c). İl Raporu, Afyonkarahisar Valiliği İl Planlama ve Koordinasyon Müdürlüğü, [<http://www.egev.org/userFiles/File/afyonilraporu.doc>]
Erişim Tarihi: 11.01.2010.

Ash, G.H.B., Shaykewich, C.F., Raddatz, R.L., 1992. Moisture risk assessment for spring wheat on the eastern prairies: a water-use simulation model. *Climatol. Bull.* 26 (2), 65-78.

Chipanshi, A.C., Chanda, R., Totolo, O., 2003. Vulnerability assessment of the maize and sorghum crops to climate in Botswana. *Climatic Change*, 61: 339-360.

Dağdelen, N., Gürbüz, T., 2008. Aydın koşullarında ikinci ürün mısırın su tüketimi. *Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5, 2, 67-74.

Edwards, D.C., McKee, T.B., 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. *Climatology Report Number 97-2*, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.

Keskin, M.E., Terzi, Ö., Taylan, E., Yılmaz, A.G. 2007. Isparta Bölgesi Meteorolojik Kuraklık Analizi. **1. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi TİKDEK 2007**, (11-13 Nisan 2007), 359 s., İstanbul.

üzerine etkisi. Trakya Toprak ve Su Kaynakları Sempozyumu, 24-27 Mayıs 2001., Kırklareli

- Sırdaş, S., Şen, Z. 2003. Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması. **İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi**, 2 (2): 95-103.
- Strommen, N., Krumpel, P., Reid, M., Steyaert, L., 1980. Early warning assessments of droughts used by the U.S. agency for international development. In: Pocinki, L.S., Greeley, R.S., Slater, L. (Eds.), *Climate and Risk*. The MITRE Corporation, McLean, VA, pp. 8-37.
- Swinton, S. M. and King, R.P., 1991. Evaluating Robust Regression Techniques for Detrending Crop Yield Data with Nonnormal Errors. **American Journal of Agricultural Economics**, 73, 446-451.
- Titlow, J.K., 1987. A precipitation-based drought index for the Delaware river basin. *Publications in Climatology* 40. C.W. Thornthwaite Associates, Centerton, NJ.
- Thom, H.C.S., 1958. A note on the gamma distribution, *Mon. Wea. Rev.*, 86, 117-122
- Thornthwaite, C.W., 1948. An approach towards a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38: 55-94.
- Trnka, M., Hlavinka, P., Semerádová, D., Dubrovsky, M., Zalud, Z., Monzny, M., 2007. Agricultural drought and spring barley yields in the Czech Republic. *Plant Soil Environ*, 53 (7) : 306-316.
- Wells, N., Goddard, S., Hayes, M.J., 2004. A self-calibrating palmer drought severity index. **Journal of Climate**, 17: 2335-2351.
- Wu, H., Hubbard, K.G., Wilhite, D.A., 2004. An agricultural drought risk-assessment model for corn and soybeans. **International Journal of Climatology**, 24: 723-741
- Yeğnidemir M. K. 2005. İç Anadolu Bölgesinin Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYS) Metodu ile Kuraklık Analizi. Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 173s., Kırıkkale.