

# AGROMETHSELL MODELİ İLE BUĞDAYIN VERİM ANALİZİ

Osman ŞİMŞEK<sup>1</sup>, Belgin ÇAKMAK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> DMİ Zirai Meteoroloji ve İklim Rasatları Dairesi Başkanlığı Zirai Meteoroloji Şubesi  
06120 Kalaba, Keçiören, Ankara, TÜRKİYE, e-mail: [osimsek@dmi.gov.tr](mailto:osimsek@dmi.gov.tr)

<sup>2</sup> A.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü  
06110 Dışkapı, Ankara, TÜRKİYE, e-mail: [bcakmak@ankara.edu.tr](mailto:bcakmak@ankara.edu.tr)

## ÖZET

Kuraklık, canlıların yaşamı üzerinde çok büyük olumsuz etkileri olan, önemli ekolojik sorunların yaşanmasına neden olan, meteorolojik karakterli bir afettir. 21. yüzyıl'da meydana gelmesi beklenen iklim değişikliği ve kuraklık, gıda güvenliğini tehdit etmektedir. Bu çalışmada FAO tarafından geliştirilen AgroMetShell (AMS) modeli kullanılarak Su Yeterlilik İndeksi (WSI) hesaplanmış ve seçilen illerde buğdayın verim analiz ve tahminleri için kullanılma olanakları araştırılmıştır.

Üretilen WSI değerleri incelendiğinde; en yüksek ortalama değere ulaşılan yıl 1981-1982 Tarım Yılı olup, 10 istasyona ait ortalama değer 97.2 olup bu değer iyi düzeyde verimi ifade etmektedir. En düşük ortalama değer ise 1994 yılında 72.6 olup vasat verimi ifade etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** AgroMetShell Modeli, Su Yeterlilik İndeksi.

## YIELD ANALYSIS OF WHEAT BY AGROMETSHELL MODEL

### ABSTRACT

Drought has been characterized as a meteorological natural disaster, which has profound negative effect on the living beings and led to major ecological problems. The expected climate change and drought scenarios in 21 century will have threatened the food security. The possible use of AgroMetShell model, developed by the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO), on yield analysis and forecasts in Turkey was investigated.

The highest average value of calculated WSI was obtained for 1981-1982 agricultural year and average value of 10 stations is realized as 97.2 which represents a good yield level. The lowest average value of 72.6 was obtained for 1994. This value represents a moderate yield level.

**Key Words:** AgroMetShell Model, Water Satisfaction Index.

## 1. GİRİŞ

Tarım atmosfer şartlarında çalışan bir fabrikadır. Tarımsal üretimi etkileyen dört ana faktör 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. Dünyada yaşanan iklim değişikliği ve küresel ısınma sonucunda insanoğlunun gelecekle ilgili kaygıları giderek artmaktadır. 21. yüzyılın ortaları ve sonu için

hazırlanan raporlarda (IPCC, 2007) sıcaklıkların önemli düzeyde artacağı ve yağışların da azalacağı belirtilmektedir (Şimşek ve Çakmak, 2010). Ayrıca nüfus artışı ile birlikte su ve gıda ihtiyacı hızla artmaktadır. Bunun sonucunda ciddi bir su ve gıda güvenliği sorunu oluşması beklenmektedir. Su gıda güvencesinin en önemli kaynağıdır. Giderek kısıtlı hale gelen su kaynaklarına olan hızlı talep artışı, tarımda kullanılan su miktarını kısıtlamakta ve dünya gıda güvenliği tehlikeye girmektedir (Çakmak ve Aküzüm, 2009). Su kaynaklarında meydana gelecek azalma ve kirlenme nedeniyle içme suyu ve tarımda sulama suyu temini oldukça güçleşecektir. Özellikle Akdeniz havzasında ve yarı kurak iklim kuşağında yer alan Türkiye için yapılan tahminlerde güney ve batı bölgelerde sıcaklık artışı ve yağış azalması beklenmektedir (ÇOB, 2007).

Ülkemizde halen 18.7 milyon hektar olan ekilebilir arazinin yaklaşık % 83'ünde serin iklim tahılları yetiştirilmektedir. Bu oranın içerisinde buğday ve arpanın payı % 80 civarındadır. Buğday ve arpa Anadolu coğrafyasında geniş üretim alanlarına sahip temel ürünlerimizdendir. Özellikle buğday, fazla üretim seçeneklerinin bulunmadığı az yağışlı bölgelerde yegane geçim kaynağı ve insanımızın temel besin maddesi olması bakımından ekonomik ve sosyal bir değer ifade etmektedir. Yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar tarım alanları üzerinde önemli düzeyde verim kayıplarına ve ciddi ekonomik gelir düşüşlerine neden olabilmektedir. (Herdem vd., 2002).

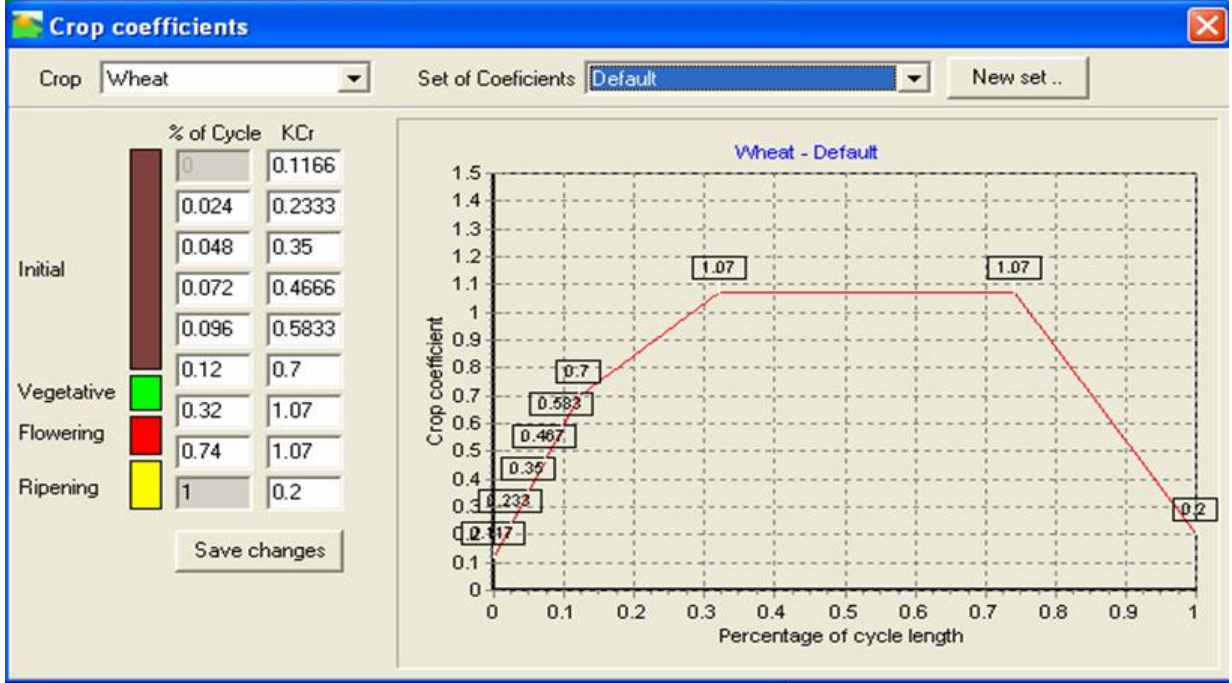
Buğdayın mevcut durumunun değerlendirilmesi, risk analizinin yapılarak gelecekte olması muhtemel verim düşüşü ve kıtlık tehlikelerine karşı önceden gerekli önlemlerin alınması, Türkiye için bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu kapsamda, son dönemde büyük ilerleme kaydeden bilgisayar yazılımlarından faydalanarak analiz ve değerlendirmeler yapmak mümkündür. Ülke genelinde ürün izleme ve verim tahmini yapılması konusunda yapılan en önemli çalışma FAO tarafından finanse edilen “Ürün Verim ve Üretim Tahminleri Kapasitesinin Güçlendirilmesi (TCP/TUR/3002-A)” projesidir. Proje, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı (TKİB) Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün (DMİGM) işbirliği ve diğer ilgili kurumların desteği ile Kasım 2004-Eylül 2006 tarihleri arasında yürütülmüş ve başarıyla tamamlanmıştır. Bu proje ile, FAO'nun AMS modeli, istatistiksel yöntemler, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri kullanılarak buğday için Türkiye'de aylık bazda verim tahminleri yapılmış, bültenler hazırlanarak yayınlanmıştır (Şimşek vd., 2007). Bu çalışmada FAO tarafından geliştirilen AgroMetShell (AMS) modelinin Türkiye'de verim analiz ve tahminleri için kullanılma olanakları araştırılmış, bu konuda Türkiye'deki eksikliğin giderilmesine katkı sağlanmıştır (Şimşek, 2010).

## **2. MATERYAL VE YÖNTEM**

### **Materyal**

AMS modelinin kullanılabilmesi için gerekli girdiler araştırılıp temin edilmiştir. Meteorolojik veriler DMİGM'den (DMİGM, 2009) alınmış olup, 260 Büyük Klima İstasyonu'na ait geçmiş ve aktüel verileri kapsamaktadır. Veriler, günlük olarak yağış, nispi nem, rüzgar hızı, güneşlenme süresi ve şiddeti, maksimum, minimum ve ortalama hava sıcaklık değerleridir. Çalışmada, güneşlenme süresi veya toplam güneş radyasyonu verisi olan 212 istasyondan buğday analizi yapılacak 10 istasyon kullanılmıştır. AMS modeli bu meteorolojik verileri kullanarak, FAO Penman-Monteith eşitliği ile referans evapotranspirasyon (ET<sub>o</sub>) değerlerini hesaplamaktadır.

Buğday için yapılan verim analizi çalışmasında, bu bitkiye ait bitki katsayıları mümkün olduğunca yurtiçi araştırmalardan temin edilmiş olup, eksikler FAO 56'dan (Allen vd., 1998) elde edilmiştir. Modelde, her il için fenolojik gözlemler ve ilgili bitki katsayıları tanımlanmıştır. Bununla ilgili örnek bir tanımlama Şekil 2.1'de verilmiştir. Buğdaya ait ekim, hasat tarihleri TAGEM ve DMİGM'den alınmıştır. Modelde, her il için vejetasyon süresi boyunca gerçekleşen safhalar ve ilgili bitki katsayıları tanımlanmıştır. Model sulama yapıldığında bunu hesaba katabilmektedir. Ancak bu çalışmada ülke genelinde sulanmayan koşullar için model çalıştırılmıştır. Toprak su tutma kapasitesi ortalama bir değer olan 60 olarak ve etkili yağış oranı AMS kullanım kılavuzunda önerilen üst limit değeri olan 100 olarak alınmıştır (Mukhala ve Hoefsloot, 2004).



Şekil 2.1 Buğday için bitki katsayısının tanımlanması

## Yöntem

### Su Yeterlilik İndeksi (WSI)

Bu çalışmada, FAO tarafından, istatistik ve bitki modelleme yaklaşımlarını kullanarak hava koşullarının bitki üzerindeki etkisini değerlendirmek için kullanılan, farklı araçların bir araya getirildiği AgroMetShell (AMS) modeli kullanılmıştır. AMS, ürün özel toprak su bütçesini hesaplamak için kullanılan bitki, toprak ve meteorolojik verilerin üzerine inşa edilmiştir ve bitki koşullarını değerlendirmek için kullanılan bazı zirai meteorolojik anlamlı değişkenleri üretmektedir (FAO, 2004). Yazılım veri analizi ve Görüntü Veri Analizi (Image Data Analysis-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,
- Zirai meteorolojik değişkenler ve diğer indikatörler ile bunların grid formattaki çıktılarının uzaysal enterpolasyonu için birkaç metod,

- 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 analizlerdir.

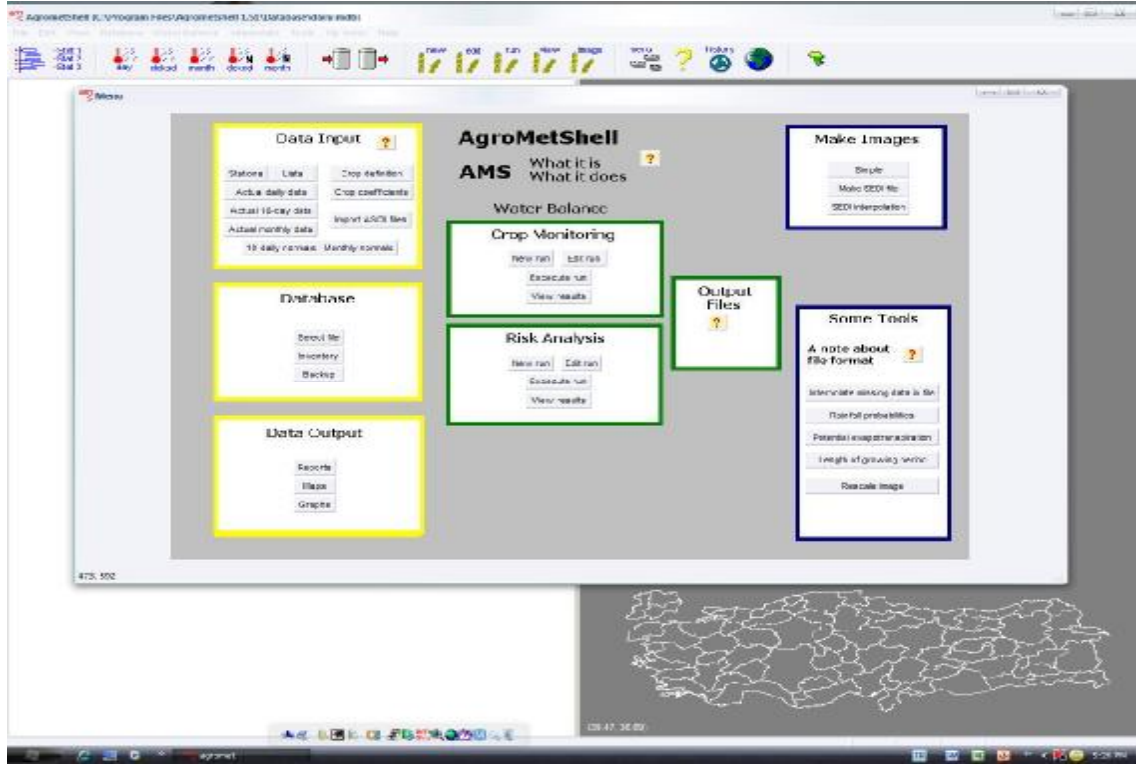
FAO'nun Zirai Meteoroloji Birimi, 1974'ten başlayarak, FAO'nun Küresel Bilgi ve Erken Uyarı Sistemi içinde yer alan sahra altı ülkelerinde, bitki koşulları hakkında sürekli güncellenen bilgi ile desteklenen bir ürün tahmin metodolojisi kurmuş olup sürekli olarak gelişmektedir. Bu birim, Milli Gıda Güvenliği Bilgisi ve Erken Uyarı Sistemleri'ne dahil olan zirai meteoroloji bölümlerine yazılım temin etmektedir. İlk zamanlarda, bitki özel su bütçesi tarafından üretilen Su Yeterlilik İndeksi (Water Requirement Satisfaction Index-WRSI or WSI)) ve bitki durumu arasındaki ilişkiyle ilgili niteliksel bir metodoloji geliştirildi (Frere and Popov, 1979; 1986; Gommès, 1997; Gommès vd., 1996). Bugün bu metodoloji, hasat gerçekleşmeden birkaç ay önce ürün verim miktarlarını tahmin etmeye yardım etmektedir.

Modelleme, büyüme sezonunun sürekli gözlenmesi esasına dayanır. Ekimden hasada kadar olan sürede, 10 günlük periyotta kümülatif olarak su bütçesi belirlenir. 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 Yeterlilik İndeksi (Water Satisfaction Index-WSI), 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.

WSI büyüme sezonu boyunca, ürünün su ihtiyacının karşılanıp karşılanmadığını açık olarak ifade eden bir göstergedir. FAO tarafından yapılan çalışmalar, belirli bir ürün için doğrusal verim azalma fonksiyonu kullanılarak WSI'nın ürün verimi ile ilişkilendirilmesinin mümkün olduğunu göstermiştir (Doorenbos ve Pruitt, 1977; Frere and Popov, 1979; 1986). Bitki büyüme sezonunun sonunda veya sezondaki belirli bir on günlük dönemin sonunda, AET<sub>c</sub> (Gerçek evapotranspirasyon) ve PET<sub>c</sub>'nin (Potansiyel evapotranspirasyon) ayrı ayrı toplamının oranı, WSI'nın hesabında kullanılır (1). "Su açığı yok" durumunda WSI değeri 100'dür ve bu su eksikliği ile ilgili bir verim azalmasının mevcut olmadığını ifade eder. WSI değerinin 50'nin altında olması durumunda bitki üretiminde bir başarısızlık olduğu değerlendirilmiştir (Smith, 1992). Ürün azalma tahminlerine temel teşkil eden WSI, gıda güvenliği için hazırlık ve planlama yapmaya katkı sağlar. Büyüme sezonu boyunca her on günlük dönemin sonunda bitki performansının bir göstergesi ve izleme aracı olarak değerlendirilir. Bir erken uyarı aracı olarak, uzun yıllar ortalama meteorolojik değerler kullanılarak bitkinin sezon sonu performansı tahmin edilebilir.

$$WRSI = \frac{\sum AET_c}{\sum PET_c} * 100 \quad (1)$$

Bu çalışmada AMS 1.51 model versiyonu kullanılmıştır. Şekil 2.2'de modelin ana kullanım yüzü görülmektedir.



Şekil 2.2 AgroMetShell 1.51 modelinin ana kullanım yüzü

AMS modeli, 10'ar günlük su bütçesi yöntemi ile her bir istasyon için WSI indeks değerleri üretilmek üzere çalıştırılmıştır. Her istasyon için, 1982-2009 arasında, verileri olan yıllar için WSI değerleri bulunmuştur. Şekil 2.3'te Ankara ili 2007 yılı WSI grafiği verilmiştir.



Şekil 2.3 Ankara istasyonunda buğdayın 2006-2007 Tarım Yılı WSI grafiği



### 3. BULGULAR

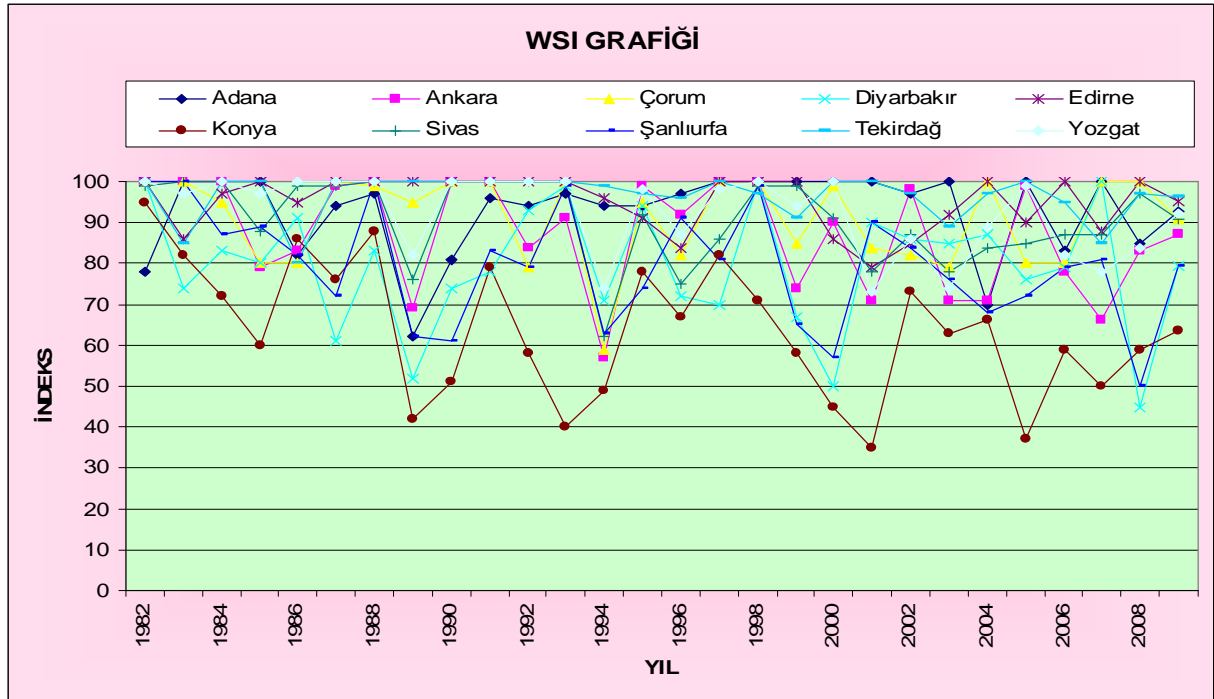
Bu çalışmada FAO tarafından geliştirilen AMS modeli kullanılarak WSI değerleri üretilmiş ve seçilen illerde buğday için verim analizi yapılmıştır.

#### WSI İle Buğdayın Verim Analizi

Bu çalışmada WSI değerleri hesaplanan istasyonlardan buğday üretiminde söz sahibi olan 10 ilin meteoroloji istasyonları için buğday verim analizi yapılmıştır. Burada kullanılan 10 istasyonun bulunduğu illerin toplam buğday üretimi, Türkiye'nin buğday üretiminin yaklaşık yarısını ifade etmektedir. Bu illerimizde farklı meteorolojik koşullar söz konusu olup kimi yerlerde yıllık yağış miktarı buğday üretimi için yeterli olurken kimi yerlerde ciddi su açığı oluşmaktadır. Üretimde yağışın düzenli olup olmaması da büyük önem arz etmektedir.

Hesaplanan WSI değerleri yıldan yıla ve istasyondan istasyona büyük değişimler göstermektedir (Şekil 3.1). Tarım yılı bazında baktığımızda en yüksek ortalama değere ulaşılan yıl 1981-1982 Tarım Yılı olup, 10 istasyona ait ortalama değer 97.2 olarak gerçekleşmiştir. Bu değer iyi düzeyde verimi ifade etmektedir. İkinci en yüksek ortalama değer 1988 yılında 96.7 olarak gerçekleşmiş olup bu değer de iyi düzeyde verim olduğunu ifade etmektedir.

Analiz periyodunda görülen en düşük ortalama değer 1994 yılında 72.6 olmuştur. Bu değer ortalamanın altında vasat düzeyde bir verimi ifade etmektedir. İkinci en düşük değer 1989 yılında 74 olarak gerçekleşmiş olup bu değer de vasat düzeyde bir verimi ifade etmektedir.



Şekil 3.1 AMS modeli ile üretilen WSI indis değerleri grafiği

İstasyon bazında değerlendirildiğinde en yüksek ortalamaya sahip il Tekirdağ olmuştur. Bu istasyonun ortalama WSI değeri 96.5'tir ve bu değer iyi düzeyde bir verimi ifade etmektedir. Bir başka ifade ile bu bölgede yağış eksikliğinden kaynaklanan verim düşüşü oldukça azdır. En düşük ortalama değere sahip il ise Konya olup 63.7 gibi bir ortalama değer ortaya

çıkıştır. Bu değer ise ortalamanın altında vasat düzeyde bir verimi ifade etmektedir. Yani yağış ve su eksikliği bu bölgede buğday üretimi için önemli bir sorun oluşturmakta ve verimi ciddi oranda azaltmaktadır. Diğer illerin ortalama değerleri Adana 92.6 (ortalama verim), Ankara 87.2 (ortalama verim), Çorum 90.9 (ortalama verim), Diyarbakır 79.3 (vasat verim), Edirne 95.1 (iyi verim), Sivas 90.7 (ortalama verim), Şanlıurfa 79.4 (vasat verim) ve Yozgat 92.3 (ortalama verim) olarak gerçekleşmiştir. Sonuçta, ortalama bir değer olarak, 2 ilde iyi verim, 5 ilde ortalama verim, 3 ilde ise vasat verim tespit edilmiştir.

Tablo 3.1’de her istasyon için yıllık ve % olarak tekerrür miktarları verilmiştir. En yüksek ortalama WSI değerine sahip olan Tekirdağ için yapılan analizlerde elde edilen indis değerlerine göre 14 yıl (% 51.9) çok iyi verim, 8 yıl (% 29.6) iyi verim ve 5 yıl (% 18.5) ortalama verim gerçekleşmiştir.

Tablo 3.1 AMS modeli ile üretilen WSI indis değerlerinin sınıflandırılması

Değerlendirme	Çok iyi 100	İyi 99-95	Ortalama 94-80	Vasat 79-60	Kötü 59-50	Çok kötü 50'den az	Toplam
Tüm İller (Yıl)	0	3	22	2	0	0	27
Tüm İller (%)	0	11	82	7	0	0	100
Adana (Yıl)	11	5	8	3	0	0	27
Adana (%)	41	19	30	11	0	0	100
Ankara (Yıl)	8	4	6	8	1	0	27
Ankara (%)	30	15	22	30	4	0	100
Çorum (Yıl)	11	5	8	2	1	0	27
Çorum (%)	41	19	30	7	4	0	100
Diyarbakır (Yıl)	3	1	10	10	2	1	27
Diyarbakır (%)	11	4	37	37	7	4	100
Edirne (Yıl)	15	3	8	1	0	0	27
Edirne (%)	56	11	30	4	0	0	100
Konya (Yıl)	0	1	4	10	6	6	27
Konya (%)	0	4	15	37	22	22	100
Sivas (Yıl)	7	6	9	5	0	0	27
Sivas (%)	26	22	33	19	0	0	100
Şanlıurfa (Yıl)	3	2	9	11	2	0	27
Şanlıurfa (%)	11	7	33	41	7	0	100
Tekirdağ (Yıl)	14	8	5	0	0	0	27
Tekirdağ (%)	52	30	19	0	0	0	100
Yozgat (Yıl)	11	5	7	4	0	0	27
Yozgat (%)	41	19	26	15	0	0	100

En düşük ortalama değere sahip olan Konya’da 1 yıl (% 3.7) iyi verim, 4 yıl (% 14.8) ortalama verim, 10 yıl (% 37) vasat verim, 6 yıl (% 22.2) kötü verim ve 6 yıl (% 22.2) çok kötü verim görülmesi beklenmektedir. Periyot boyunca çok iyi verim beklenen yıl bulunmamaktadır. Verim 22 yılda ortalamanın altında kalmıştır. Bu durum, bu bölgede, buğday üretimi açısından çok ciddi bir riskin bulunduğunu göstermektedir.

Frere ve Popov (1979) yıllık bitkilerin minimum su ihtiyacını gösteren bitki özel Su Yeterlilik İndeksi’ni (WSI) geliştirdi. Bitkinin yaşamı sürecinde onar günlük olarak hesaplanan indeks, sonuçta bitkinin büyüme periyodu boyunca yaşadığı toplam su stresini ifade eder. WSI, ürün verimi ile ilişkili olan gerçek bitki su tüketiminin ağırlıklı ölçümünü ifade eder.

WSI yöntemi ile kuraklık izleme ve verim tahmini çalışmaları son dönemlerde artmaktadır. WMO (2009) tarafından yenisi yayınlanan zirai meteorolojik pratikler rehberinin zirai



meteorolojik tahminler bölümünde, kuraklık izleme indisleri başlığı altında WSI da anlatılmıştır. Türkiye’de AgroMetShell (AMS) ve WSI kullanılarak ürün izleme ve verim tahmini çalışmaları FAO tarafından desteklenen Teknik İşbirliği Projesi kapsamında 2005-2006 yıllarında gerçekleştirilmiştir. Projede AMS modeli kullanılarak istasyon bazında WSI grafiği ve değerleri elde edilmiştir. NDVI görüntüleri yardımıyla WSI değerleri araziye yayılmış ve il bazında ortalama değerler elde edilmiştir. Bulunan WSI indeks değerleri ve diğer parametreler ile TÜİK’e ait illerin ortalama verim değerleri arasında istatistiksel analizler yapılmıştır. Sonuçta 2005 ve 2006 yılları için il bazında verim tahminleri elde edilmiştir. TÜİK’ten alınan istatistik verim değerleri ve modelin 2005, 2006 verim tahmini değerleri kullanılarak haritalar oluşturulmuştur.

Adana, Konya, Sivas, Şanlıurfa illeri için AMS modelinden elde edilen çıktılar ve verim istatistikleri arasında yapılan çoklu regresyon sonucu her il için farklı parametreler önemli bulunmuştur. Yağışın kısıtlı olduğu Konya, Sivas, Şanlıurfa gibi illerde modelin korelasyon katsayısı yüksek olurken (sırasıyla,  $r^2 = 0,81, 0,77$  ve  $0,90$ ) yetiştirme döneminde yağışın yeterli olduğu Adana’da daha düşük ( $r^2 = 0,51$ ) bulunmuştur (Şimşek vd., 2007).

#### 4. SONUÇ

Gıda güvenliğinin sağlanması gayesiyle başta FAO olmak üzere AB, ABD vb. gelişmiş ülkeler ve kuruluşlar ürünün izlenmesi ve verim tahmini sistemleri kurmuşlardır. Bu sistemlerin merkezinde de bitki-iklim modelleri bulunmaktadır. Uzaktan algılama ürünleri ile desteklenen modeller yardımıyla ürünler sürekli izlenmekte ve hasat öncesi kriz oluşmadan gerekli tedbirler alınmaktadır. Bunun yanında, modeller yardımıyla hangi ürünün hangi bölgede ekilmesinin daha doğru olacağına karar verilebilmektedir.

Bu çalışmada FAO tarafından geliştirilen AgroMetShell (AMS) modeli kullanılarak buğday için Türkiye’de risk analizi çalışması yapılmıştır. En yüksek verimin alındığı bölgeler, en düşük verimin alındığı bölgeler ve özellikle buğday üretiminde başta gelen illerimizdeki üretim riski belirlenmiştir. En düşük ortalama değere sahip olan Konya’da 1 yıl (% 3.7) iyi verim, 4 yıl (% 14.8) ortalama verim, 10 yıl (% 37) vasat verim, 6 yıl (% 22.2) kötü verim ve 6 yıl (% 22.2) çok kötü verim görülmesi beklenmektedir. Periyot boyunca çok iyi verim beklenen yıl bulunmamaktadır. Verim 22 yılda ortalamanın altında kalmıştır. Bu durum, bu bölgede, buğday üretimi açısından çok ciddi bir riskin bulunduğunu göstermektedir.

WSI indeksi, değişik ürünler ve değişik bölgeler için hesaplanarak büyüme periyodu boyunca tarımsal kuraklıktan etkilenme durumu sürekli olarak takip edilebilir. İklim değişikliği modellerinden alınacak çıktılar kullanılarak istenilen noktada istenilen ürün için oluşabilecek zarar ve verim düşüşü tahmin edilebilir. AMS ve WSI üreticiler, araştırmacılar ve karar vericiler için çok yönlü faydalı olabilecek bir araçtır. Bu çalışmada karşılaşılan en önemli sorun, Türkiye’de model kullanımı için gerekli olan verilerin bulunamamasıdır. Yeterli olmamakla birlikte en kolay ulaşılan ve sayısal ortamda hazır bir şekilde tutulan veri meteorolojik veridir. Toprak verileri ise genellikle bulunamamaktadır. Yeterli ve güvenilir fenolojik veri yoktur. Bitki katsayıları ile ilgili yeterli çalışma bulunmamaktadır. Bulunamayan veriler için uluslararası kurumların verileri ve model tarafından önerilen değerler kullanılmıştır. Türkiye için daha doğru sonuçlara ulaşılabilmesi için model çalışmalarında gerekli olan veri tabanlarının en kısa sürede oluşturulması gerekmektedir. Modellerin kalibrasyonu için de tüm parametrelerin yerinde ölçüm ve karşılaştırmalarının yapılması gerekmektedir.

## 5. KAYNAKLAR

- Allen, G. R., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. Crop Evapotranspiration. FAO Irrigation and Drainage Paper, No 56, Rome, Italy: FAO, 1998.
- Çakmak, B. ve Aküzüm, A. Tarımsal Altyapı ve Sulama. Ziraat Mühendisleri Odası. "Küresel Kriz, Türkiye ve Gıda Güvencesi" Sempozyumu 15 Ekim 2009. Çağdaş Sanatlar Merkezi, 21s., Ankara, 2009.
- ÇOB. İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi. Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, 2007.
- DMİGM. Meteorolojik Gözlemler. DMİ Genel Müdürlüğü, İstatistik ve Yayın Şube Müdürlüğü, Ankara, 2009.
- Doorenbos, J. and Pruitt W.O. Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24, by Doorenbos J and W.O. Pruitt. FAO, Rome, Italy, 1977.
- FAO. AgroMetShell Toolbox CD-ROM. FAO-SDRN Working Paper Series. Rome, Italy: FAO – 124, 2004.
- Frère, M. and Popov, G.F. Agrometeorological Crop Monitoring and Forecasting. FAO, Plant Production and Protection, Paper No. 17. Rome, Italy, 1979.
- Frère, M. and Popov, G.F. Early Agrometeorological Crop Yield Forecasting. FAO, Plant Production and Protection Paper No. 73. Rome, Italy, 1986.
- Gommes, R. FAO's Experience In The Provision Of Agrometeorological Information To The User Community. Workshop on User Requirements for Agrometeorological Services, November 10-14, 1997, Pune, India, 1997.
- Gommes, R., Snijders, F.L. and Rijks, J.Q. The FAO Crop Forecasting Philosophy in National Food Security Warning Systems. Chapter 6 in Report of the EU Support Group on Agrometeorology. EU-JRC official pub. of the EU paper series, 1996.
- Herdem, Z., Doğan, M., Yeşilyurt, N., Akçı, M., Çelenk, H., Keskin, S., Pasin, V., Duman, H., Egemen, M., Doğan, O., Tutar, S., Kuzuoğlu, E., Odabaşı, A. ve Koç, M. Buğday ve Arpa Tarımı. Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 2002.
- IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Summary for Policy Makers, Paris, 2007.
- Mukhala, E. and Hoefsloot, P. AgroMetShell Manual. Rome, Italy: FAO, 2004.
- Smith, M. Expert Consultation on Revision of FAO Methodologies for Crop Water Requirements. FAO, Rome, Publication 73, 1992.
- Şimşek, O., Mermer, A., Yıldız, H., Özaydın, K.A. ve Çakmak, B. AgroMetShell Modeli Kullanılarak Türkiye'de Buğdayın Verim Tahmini. Tarım Bilimleri Dergisi, 2007, 13(3); 299-307, Ankara, 2007.
- Şimşek, O. ve Çakmak, B. Drought Analysis for 2007-2008 Agricultural Year of Turkey. Tekirdag Ziraat Fakültesi Dergisi/Journal of Tekirdag Agricultural Faculty T.Z.F Dergisi Yıl 2010-7 sayı (3):99-109, Tekirdağ, 2010.
- Şimşek, O. Türkiye'de Tarım Yılı Kuraklık Değerlendirmesi ve Bitki Gelişim Modeli İle Buğdayda Kuraklık-Verim Analizi. A.Ü. Ziraat Fak. Doktora Tezi, Ankara, 2010.
- Şimşek, O., Mermer, A., Yıldız, H., Özaydın, K.A. ve Çakmak, B. AgroMetShell Modeli Kullanılarak Türkiye'de Buğdayın Verim Tahmini. Tarım Bil. Der., 2007, 13(3); 299-307, Ankara, 2007.
- WMO. Guide to Agricultural Meteorological Practices (GAMP) Draft 3rd Edition (WMO-No.134). World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 2009.  
[http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/agm/gamp/gamp\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/agm/gamp/gamp_en.html) Erişim Tarihi: 10.12.2009.