


Referans Evapotranspirasyonun Mekansal Değişiminin Belirlenmesinde Gediz Havzası Örneği

Yusuf Ersoy YILDIRIM¹ 

İsmail TAŞ^{2,*} 

Kadir Aytaç ÖZAYDIN³ 

¹Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara

^{2*}Çanakkale Onsekiz Mart Üni. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. Çanakkale

³Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): tas_ismail@yahoo.com

Geliş tarihi (Received):

Kabul tarihi (Accepted):

DOI: 10.21657/topraksu.655582

Öz

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), dünyadaki özellikleri ve olayları haritalamak ve analiz etmek için son derece yararlı ve kullanışlı bilgisayar tabanlı araçlardır. CBS teknolojisi, sorgulama, analiz etme, istatistiksel değerlendirme, ortakveri tabanı işlemlerini gerçekleştirerek coğrafi analizler ve haritalar yapma, çalışmalara görsellikler katmak gibi bir çok avantaja sahiptir. Klasik yöntemlerle Evapotranspirasyon haritalarının hazırlanması havzanın büyüklüğüne göre aylar hatta yıllar alabilmektedir. Ancak son yıllarda gelişen teknolojiye paralel olarak zaman ihtiyacı azalmış hatta dakikalar içinde söz konusu haritalar yapılabilir hale gelinmiştir. Jeostatistiksel metotlar büyük alanların kısa sürede haritalanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Gediz havzasını kapsayan bu çalışmada, havzada bulunan uzun yıllık iklim verilerinde yararlanılarak Referans Evapotranspirasyon (ET_o) değerleri Standardize FAO Penman Monteith yöntemi ile hesaplanmıştır. Hesaplama 6 tanesi havza içinde 8 tanesi de havza dışı komşu istasyon değerleri kullanılmıştır. Hesaplamalar sonucunda, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve yıllık toplam ET_o değerleri jeostatistik yöntemiyle haritalanmıştır. Jeostatistik haritaların üretilmesinde enterpolasyon yöntemi olarak cokriging, semivariogram olarak da spherical model kullanılmıştır. ET_o haritalarının hazırlanmasında söz konusu yöntem ve model güvenilir şekilde kullanılabilir şekilde belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler : Gediz Havzası, jeostatistik, referans evapotranspirasyon

Determination of Spatial Variation of Reference Evapotranspiration Case Study of Gediz Basin

Abstract

Geographic Information Systems (GIS) are computer based tools for mapping and analysing features and events on earth. GIS technology integrates common database operations such as query and statistical analysis with the unique visualisation and geographic analysis benefits offered by maps. Evapotranspiration mapping with classical methods may take months and even years based on the size of the area to be mapped. However, recently developed methods decreased the time consumed for such mapping practices to minutes. Geostatistical methods are the most commonly used methods for mapping over large areas in a short time. In present study, Reference Evapotranspiration (ET_o) values were calculated by Standardize FAO Penman Monteith method using long-term climate data in the

Gediz basin. The calculated ETo values were mapped for April, May, June, July, August, September and yearly total by using geostititic method. It was used 6 station in basin and 8 station out of basins for calculation. In the production of geostatistics maps, cokriging was used as interpolation method and spherical model was used for model of semivariogram. At the end of the study, it was determined that ETo maps could be produced with reliable method and model.

Key words: Gediz Basin, geostatistic, reference evapotranspiration

GİRİŞ

Dünyanın tamamında su kısıtlılığı en önemli sorunların başında yer almaktadır. Tüm faaliyetler suyun miktarı ve kalitesine bağlıdır. Temiz su kaynaklarına olan talebin gün geçtikçe artması beraberinde su kaynağı olarak kullanılabilir kaynakların dikkatli bir şekilde incelenmesi ve değerlendirilmesini de beraberinde getirmektedir.

Bitki su tüketim değerleri, gerek sulama projelerinin gerekse sulama programlarının hazırlanmasında, hayati öneme sahiptir. Bitki su tüketimi kolay ölçülen bir parametre değildir. Bunu belirleyebilmek için özel aletlerle doğru şekilde ölçülen çeşitli fiziksel parametreler yanında lizimetrelere ihtiyaç vardır. Lizimetre kullanımı, yoğun emek isteyen pahalı bir yöntem olmasının yanında ölçümlerin doğru bir şekilde yapılabilmesi ve sistemin tam anlamıyla işletilebilmesi için işlemlerin konu uzmanı eğitilmiş araştırmacı personel tarafından gerçekleştirilmesi gereklidir. Sıradan ölçümler için uygun olmamasına karşın dolaylı metotlarla tahmin edilen su tüketimi değerlerini kıyaslanması için söz konusu yöntem önemini sürdürmektedir (Allen vd. 1998).

Bitkisel üretimde yüksek kalite ve verim için en önemli girdi sulama suyudur. Bitkinin gereksinim duyduğu suyun, ihtiyaç duyulan zamanda ve miktarda sağlanabilmesi ancak doğru verilerle tasarlanmış, inşa edilmiş ve işletilen sistemlerde mümkündür. Sulama yapılarının planlama ve tasarım çalışmalarının en önemli bileşenlerinden bir tanesi de inşaatın gerçekleştirileceği bölgedeki üretilen ve üretilmesi planlanan bitkilerin su tüketim değerlerinin bilinmesidir. Tasarımda dikkate alınan bitki su tüketim değerlerinin doğruluğu, doğrudan planlanan sonuçlarını etkiler (Taş ve Kırnak, 2011).

Jeoistatistik, gelişen teknolojiye bağlı olarak çok daha az emek ve masrafın yanında çok daha kısa sürelerde incelenen parametrelerin kendi aralarındaki ve mekansal değişimlerdeki ilişkileri ortaya koyan tekniktir. Çok farklı bilim dallarında uygulama alanı bulan jeoistatistik ile araştırılan

değişkenin örnek alınmayan noktalardaki değerleri tahmin edilerek ve bu değişkene ait tahmin haritaları oluşturularak hazırlanan haritaların daha doğru ve güvenilir olmasını sağlamaktadır.

Sulama planlaması, sulama zamanının ve miktarının belirlenmesine yönelik farklı iş ve işlemleri içerir. Bu amaç için hesaplanan referans ETo, tahmini olarak bitki su gereksiniminde kullanılmaktadır. Bölgesel düzeyde evapotranspirasyonunun niceliksel olarak bilinmesi; yetiştirilecek ürün, verim, kalite, su kaynaklarının en uygun şekilde kullanımı, yönetimi ve çevresel değerlendirmeler gibi amaçlar için gereklidir. Önemli topoğrafik varyasyonları olan bölgelerde, yükseklik etkisinin buharlaşma ısısı üzerindeki etkisi de enterpolasyon için dikkate alınmalıdır. Bu nedenle dağlık alanlarda Ordinary kriging, regresyon kriging ve cokriging gibi jeostatistik enterpolasyon yöntemleri uygulanmaktadır (Martinez-Cob ve Cuenca, 1992; Philips vd., 1992). Jeostatistiksel yöntemlerin performansları, çalışılan değişkene, verinin mekansal konfigürasyonuna, kullanılan varsayımlara ve kesinliklerine bağlı olduğu için şimdiye kadar belirli bir enterpolasyon yönteminin üstünlüğü açık bir şekilde belirlenmemiştir. (Creutin ve Obled, 1982; Weber ve England, 1994). Bu nedenle her bir enterpolasyon yöntemi sadece bazı özel durumlar için en iyi yöntem olabilir (Isaaks ve Srivastava 1989). İki değişken arasındaki korelasyonun doğası hakkında herhangi bir varsayım yapılmadığı durumda, Cokriging'in teorik temellerinin ve dayanağının daha iyi olmasından dolayı, verilerin korelasyon derecesi ve mekansal yapısı çapraz semivariogramda dikkate alınır (Ahmed ve De Marsily, 1987). Bununla birlikte, kodlama için hesaplama gereklilikleri yüksek olduğundan, regresyon kriging yöntemi daha basit bir alternatif olarak değerlendirilebilir (Samper ve Carrera, 1990).

Noshadi ve Sepaskhah, (2005)'in ETO'ün kestirimine yönelik olarak yaptıkları çalışmada, enterpolasyon yöntemi olarak ordinary kriging, residual kriging ve cokriging yöntemlerini; semivariogram olarak spherical, exponential, Gaussian ve linear-sill yöntemlerini karşılatırmışlardır. Çalışma sonunda, enterpolasyon yöntemi olarak Cokirigin, semivariogram olarak spherical modelinin ETO haritalamasında kullanılmasını önermişlerdir.

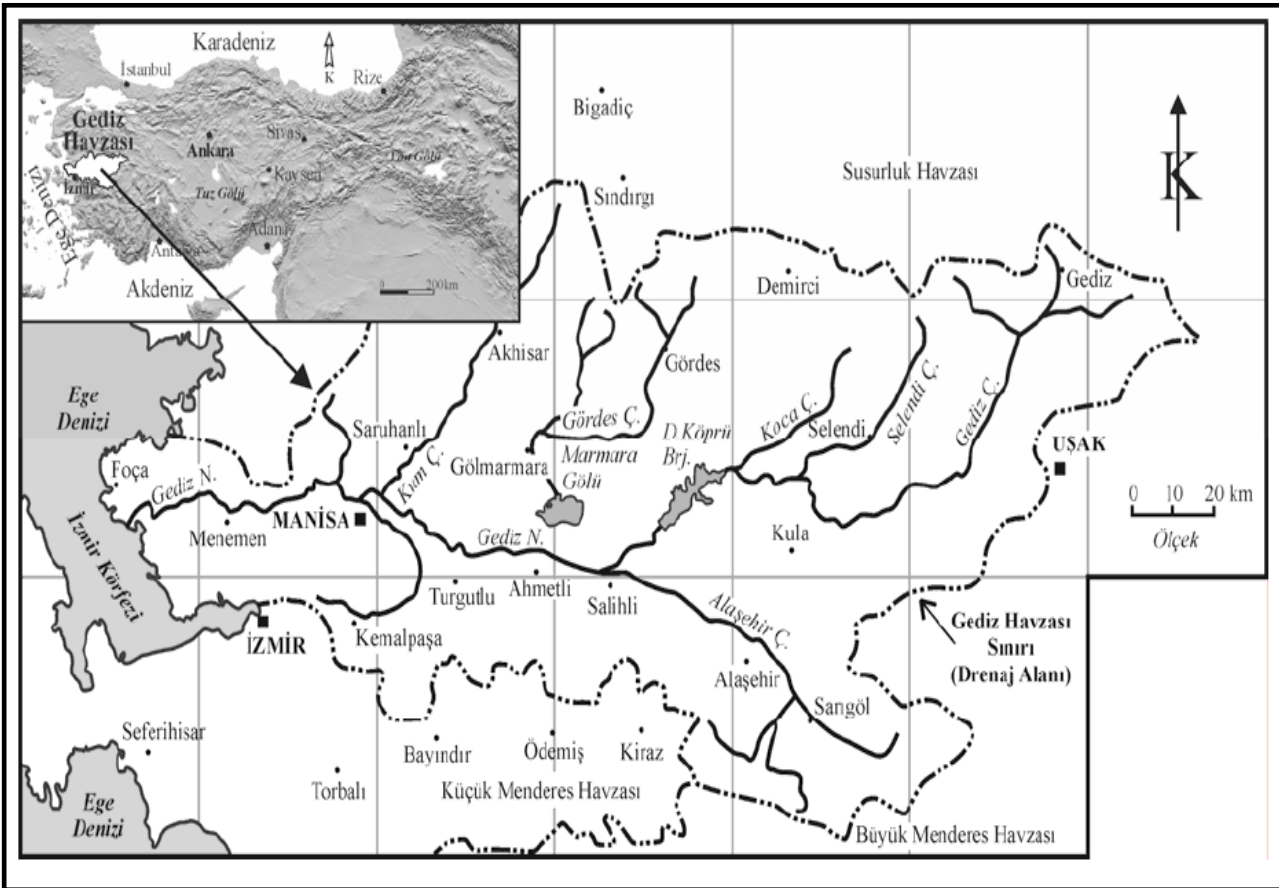
Yapılan bu çalışmada, günlük meteorolojik verilerden yararlanarak Gediz havzasının Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarının, aylık ve yıllık toplam referans evapotranspirasyon değerleri Standardize FAO Penman Monteith yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen değerlerden yararlanılarak Gediz havzasının hem söz konusu aylar için hem de yıllık toplam hesaplanan ETO değerleri, cokriging enterpolasyon yöntemi ve spherical semivariogram modeli kullanılarak jeostatistiksel yaklaşımla ETO haritaları hazırlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma alanı ve toprak özellikleri

Gediz Havzası Türkiye'nin batısında Ege Bölgesinde yer alan, sularını Gediz ve kolları vasıtasıyla Ege Denizine boşaltan, Ege, Susurluk ve Küçük Menderes Havzaları arasındaki sahayı kapsamaktadır. Havza coğrafi bakımdan $38^{\circ}04'-39^{\circ}13'$ kuzey enlemleri ile $26^{\circ}42'-29^{\circ}45'$ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Gediz havzası 17220 km^2 'lik bir alana sahip olup, Türkiye'nin en büyük nehir havzalarından biridir (Şekil 1). Gediz nehrinin uzunluğu yaklaşık 276 km 'dir. Havza yükseklikleri, deniz seviyesi ile 2300 m arasında değişmekte ve havzada Marmara gölü, çok amaçlı kullanılan Demirköprü rezervuarı ve sulama amaçlı bazı küçük gölet ve barajlar bulunmaktadır.

Havzada tespit edilmiş 11 Büyük Toprak Grubunun en yaygın olan Kireçsiz Kahverengi Orman toprağı %28.27'lik bir orana sahiptir. Onları sırasıyla %17.57 ile Kahverengi Orman toprakları %12.93 ile Kireçsiz Kahverengi topraklar, %9.63 ile Rendzinalar izlemektedir. Alüvyal



Şekil 1. Gediz havzasının coğrafi konumu

Figure 1. Geographical location of Gediz basin

topraklar %10.33, Kırmızı Akdeniz toprakları %4.06 ve Kolüvyal topraklar % 5.87 oranındadır. Kestane rengi topraklar %1.93, Regosoller %3.15 ve Yüksek Dağ Çayırı toprakları %0.11'lik alanlara sahiptirler. Ayrıca havzada çıplak kayalıklar, ırmak taşkın yatakları ve kıyı kumulları da %1.52'lik bir alan kaplamaktadırlar (Anonim, 2003).

Araştırma yerinin iklim özellikleri

Ege Bölgesi içinde geniş bir alanı kapsayan Gediz Havzası'nda, Akdeniz iklimi ile beraber İç Anadolu'nun karasal iklim özellikleri egemendir. Ovalar ve ovaları çevreleyen vadilerde, karasal nitelikli Akdeniz iklimi görülürken, yüksek dağlık bölgeler ve platolar ile kuzey ve kuzey doğusundaki dağlar ve platolarda İç Anadolu'nun karasal nitelikli ikliminin etkileri görülür. Ovaların çevresindeki dağlar, deniz etkisini kesecek kadar yüksek olmadığından ve denize dik konumlarından dolayı denizin etkisi batıdan doğuya doğru azalan ölçüde hissedilir. Ovalık kesimlerin ikliminde denize yakınlık nedeniyle yumuşama söz konusudur.

Yaz aylarında sıcaklık yükselirken, yağışlar kış aylarında yoğunlaşır.

Uzun yıllar kaydedilen ortalama yağış, dağlık bölgede yaklaşık 800 mm ile Ege sahil bölgesinde yaklaşık 500 mm arasında değişmektedir. Ortalama sıcaklıklar 13.5 °C - 16.6 °C arasında değişmektedir. Gediz havzasında yer alan bazı Meteoroloji istasyonlarına ait uzun yıllar (1975-2010) ortalama sıcaklık ve ortalama toplam yağış miktarları Çizelge 1'de verilmiştir. Söz konusu veriler dikkate alındığında, havzanın yıllık ortalama sıcaklığı 15.9 °C, yıllık ortalama yağış 446.2 mm ve yıllık ortalama buharlaşma ise 1317.3 mm'dir.

Araştırma yerinin su kaynakları

Batı Anadolu'da bulunan Gediz Havzası, Ege Denizi, Küçük Menderes ve Bakırçay havzaları arasında yer almaktadır. Havza kuzey, güney ve doğudan yükseklikleri 2000 metreyi bulan dağlar, batıda da Ege Denizi tarafından çevrelenmiştir. Nehrin ana kollarını Delinış, Selendi, Demirci, Nif, Alaşehir ve Kumçay akarsuları oluşturur. Bunun

Çizelge 1. T1 ve T2 konularına ait hesaplanan kök yüzdeleri (%) ve toprak katmanlarındaki tuzluluk değerleri (dS m⁻¹)
Table 1. Analysis of Variance for Grain Nitrogen, Zinc and Iron Concentrations and Grain Yield Values

İstasyon	Ortalama Sıcaklık (°C)												Ort. / Top.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Akhisar	6.1	7.1	9.9	14.5	19.8	24.7	27.2	26.8	22.5	17	11	7.5	16.2
Alaşehir	6.3	7.9	11.1	15.3	21.2	25.8	28.2	28.2	22	17	12.7	8.5	17.0
Demirci	3.7	3.9	6.6	11.3	16.9	21.2	24	24.2	19.5	15	9.5	5.2	13.4
Gediz	2.4	3.3	6.5	11.1	16.2	20.7	24.1	23.8	18.9	13.2	7.4	3.9	12.6
İzmir	8.9	9.4	11.8	16	20.9	25.8	28.1	27.6	23.6	18.9	13.8	10.3	17.9
Köprübaşı	4.7	6.6	9.7	14.1	20.4	25.7	28.7	28.7	21.7	16.2	11	7.0	16.2
Manisa	6.7	7.9	10.7	15.3	20.6	25.7	28.2	27.8	23.4	17.9	11.9	8.1	17.0
Turgutlu	6.6	7.4	10.4	15.3	20.6	25.4	27.6	27.2	23.1	17.7	11.7	7.6	16.7
	Yağış (mm)												
Akhisar	79.6	77.6	64.6	49.9	33.3	10.9	4.4	4.3	17.2	43	79	97.4	561.2
Alaşehir	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Demirci	72.5	80.2	69.3	62.1	41.2	14	8.5	11	20.9	45.7	75.5	89.6	590.5
Gediz	70.9	64.3	56.4	56.9	38.5	22.9	14.3	11.5	19.2	45.1	67.3	84.7	552
İzmir	114.8	104.7	79.3	46.3	25.7	8.4	2.3	1.9	17.7	49.9	105.8	130.8	687.6
Köprübaşı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Manisa	110.7	106.4	83	56.1	32.3	15.5	5.6	5.5	16.7	50.2	97	129.5	708.5
Turgutlu	62	68.8	60.4	46.6	28.5	9	3.7	2.6	14.2	29.9	70.2	74.2	470.1
	Buharlaşma (mm)												
Akhisar	1.9	1.4	13.5	106.8	173.2	237.7	292.1	270.4	185.9	101.7	35.7	5.2	1425.5
Demirci				58	174.7	234.8	301.8	273	180.6	113.2	38.6	6.1	1380.8
Gediz	0.2			66.5	117.4	154.4	202.7	191.6	130.7	73.9	11.7	3.2	952.3
İzmir	11.7	12	25.5	120.2	179.3	240.4	282.8	251	183.2	112.5	62.6	29.3	1510.5

yanında Orta ve Aşağı Gediz'de Adala, Ahmetli, Menemen, Akhisar, ve Alaşehir ovaları bulunmakta ve bu ovalarda yaklaşık 110 000 hektarlık alana sahip sulama sistemleri bulunmaktadır (Çetinkaya ve Barbaros, 2008).

Halihazırda Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü tarafından havzada birçok yatırım yapılmıştır. Bunlardan Demirköprü, Avşar ve Buldan barajları; Çömlekçi, Adala, Marmara, Emiralem, Ahmetli ve Buldan bağlamaları DSİ tarafından; Akpınar, Alaşehir, Sarıgöl, Adala I ve II, Gökkyaya, Ahmetli, Maltepe, Menemen, Türkeli ve Emiralem sulama sistemleri ise sulama birlikleri tarafından işletilmektedir. Havzadaki belli başlı su yapıları sulama amaçlıdır. Demirköprü, Avşar ve Buldan baraj gölleri ve Marmara Gölü 110 000 hektarlık tarımsal sulama alanını beslemektedir. Gediz Havzasında hali hazırda tarımsal su ihtiyacı genelde yüzeysel sulardan, endüstriyel ve kentsel su ihtiyaçları ise yeraltı suyundan karşılanmaktadır (Çetinkaya ve Barbaros 2008).

Gediz Havzasında mevcut suyun (61 mm/yıl) neredeyse tamamı kentsel, endüstriyel ve tarımsal su ihtiyacının karşılanmasında kullanılmaktadır. Mevcut yıllık yüzeysel su potansiyelinin (53 mm/yıl) yaklaşık olarak %75'i havzada sulama amaçlı tahsis edilmektedir. Sulama suyu talebi her ne kadar yıldan yıla değişse de, havza boyunca ortalama olarak 39 mm/yıl civarındadır. Bunun yanında yer altı suyundan (8~9 mm/yıl) karşılanan kentsel su ihtiyacı ise hızlı nüfus artışına bağlı olarak giderek artmaktadır (Çetinkaya ve Barbaros 2008).

Referans evapotranspirasyonun hesaplanması

Araştırmada, Gediz havzası içinde ve çevresinde bulunan toplam 14 (Manisa, İzmir, Akhisar, Demirci, Simav, Uşak, Ödemiş, Salihli, Gediz, Bergama, Balıkesir, Simav ve Afyon) meteoroloji istasyonunda günlük olarak ölçülen yaklaşık son 30 yıllık veri setlerinin ortalaması kullanılmıştır.

Evapotranspirasyonun hesaplanmasında Standardize FAO Penman Monteith yöntemi kullanılmıştır. Hesaplama elde var olan meteorolojik ölçümlerle birlikte ayrıca ilgili eşitlikler yardımıyla hesaplanan veriler kullanılmıştır. Standart edilmiş referans ET eşitliği aşağıdaki gibidir;

$$ET_{sz} = \frac{(0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{C_n}{T+273} U_2 (e_a - e_a))}{\Delta + \gamma(1 + C_d U_2)}$$

ET_{sz} = standart edilmiş referans bitki su tüketimi (kısa (ET_o) ve uzun (ET_r)) (mm d⁻¹ veya mm h⁻¹),

R_n = Bitki yüzeyi için hesaplanmış net radyasyon (MJ m⁻² d⁻¹ veya MJ m⁻² h⁻¹),

G = Toprak yüzeyi için toprak ısı akısı (MJ m⁻² d⁻¹ veya MJ m⁻² h⁻¹)

T = Ortalama günlük veya saatlik hava sıcaklığı, 1.5 - 2.5 m yükseklikte ölçülmüş (°C),

u₂ = Ortalama günlük veya saatlik rüzgar hızı, 2 m yükseklikte ölçülmüş (m s⁻¹),

e_s = Doymun buhar basıncı, 1.5-2.5 m yükseklikte ölçülmüş, (kPa), günlük hesaplamalarda en yüksek ve en düşük sıcaklıklar için hesaplanan doymun buhar basıncının ortalaması kullanılmalıdır.

e_a = Ortalama gerçek buhar basıncı, 1.5 - 2.5 m yükseklikte ölçülmüş, (kPa),

Δ = Doymun buhar basıncı – sıcaklık eğrisinin eğimi, kPa °C⁻¹,

γ = Psikrometrik sabite (kPa °C⁻¹),

C_n = Referans bitkiye ve hesaplamada esas alınana zaman dilimine göre değişen pay katsayısı,

C_d = Referans bitkiye ve hesaplamada esas alınana zaman dilimine göre değişen payda katsayısı.

Jeoistatistiksel yöntem

İstatistiğin uygulamalı bir dalı olan jeoistatistik, ilk defa yerbilimlerinde karşılaşılan tahmin problemlerinin çözümüne yönelik olarak kullanılmıştır. Geoistatistikte ölçüm yapılan notaların konumları ile gözlemler arası korelasyon dikkate alınır. Bu yöntemle yansız ve minimum varyanslı tahminler yapılabilmektedir (Olea, 1977, Başkan, 2004). Ölçülen değerlerden deneysel variogram yapısı belirlenir. Geoistatistiksel çalışmaların temelini, bu belirlenen variogram yapısına teorik bir modelin uydurulması oluşturmaktadır (Delhomme 1978, Vieira vd 1983, Başkan, 2004). Geoistatistiksel yöntemler, yönlü verilere uygulandığında oldukça sağlam ve güçlü sonuçlar ortaya koymaktadır.

Jeoistatistik metotları arasında en fazla tercih edilen yöntem Krigingdir. Gumiaux vd. (2003)'ün bildirdiğine göre bu metot ilk kez Matheron tarafından 1962 yılında geliştirilmiştir. Bu yöntemde hesaplamada dikkate alınan verilerin farklı katkıları göz önüne alınarak veri noktaları

arasında enterpolasyon yapılmaktadır. Bu yöntem, bir değişkenin yeri ve çevresindeki komşu diğer veri noktalarının arasındaki enterpolasyonun optimum tahmini olarak tanımlanır (Cressie, 1990).

Çalışmada ETo haritalarının hazırlanmasında kullanılacak yöntem olarak, Noshadi ve Sepaskhah, (2005)'in çalışmasındaki önerileri dikkate alınmıştır. Söz konusu araştırmacılar, ETo'ın hesaplanmasına ve haritalanmasına yönelik olarak yaptıkları çalışmada, enterpolasyon yöntemi olarak cokriging yöntemlerini; semivariogram olarak spherical modelin kullanımını iyi sonuçlar verdiğini dile getirmektedirler.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Jeostatistiksel yöntem sonuçları

Noshadi ve Sepaskhah, (2005)'in ETo'ın hesaplanmasına da ve haritalanmasında, enterpolasyon yöntemi olarak cokriging yöntemlerini; semivariogram olarak spherical modelin kullanımını iyi sonuçlar verdiğini belirtmektedirler. Çalışmada da söz konusu araştırmacıların önerileri dikkate alınmış ve alanın ETo haritaları üretilmiştir. Haritaların üretilmesi sırasında kullanılan yöntemlere ilişkin olarak hesaplanan önemli temel istatistiksel parametreleri Çizelge 2'de sunulmuştur. Nisan-Eylül ayları (dahil) ve yıllık toplam değere ilişkin hazırlanana haritalar Şekil 2-8 arasında sunulmuştur.

Çizelge 2'den de görülebileceği gibi, Nisan ayında hesaplanan en yüksek ETo değeri 110.7 ve en düşük ise 77.6 mm/ay'dır. Şekil 2'den de görülebileceği gibi havzanın kuzey-doğu ve kuzeyine doğru artan yükseklikle birlikte ETo değeri azalma göstermektedir. Batı, güney ve güney-batıya doğru ETo değerleri artış göstermektedir. Özellikle tahıl üretimi yapılan bölgelerde, yağışın yetersiz olduğu zamanlarda,

Nisan hatta bazı dönemlerde Mayıs ayı da dahil sulama suyuna gereksinim duyulmaktadır. Söz konusu dönemlerde verim ve kalitede düşüşün önlenmesi için tamamlayıcı sulamaların yapılması gerekmektedir. Üretilmekte olan bitkiler için sulama suyu gereksinimi ETo değerlerinin yetiştirilen ürüne ait bitki kat sayısı ile düzeltilerek uygulanması pratikte kolaylıklar sağlayacaktır. Böylelikle daha önce de dile getirildiği gibi hem verim ve kaliteden kayıpların oluşması önenebilir hem de kıt kaynak sulama suyundan, enerjiden ve zamandan tasarruf edilebilir.



Şekil 2. Nisan ayı ETo'ındaki değişimi
Figure 2. Change of ETo in April

Mayıs ayı ETo'ları Nisan ayı değerlerine oranla artış göstermektedir. Çizelge 2'den de görülebileceği gibi, Mayıs ayında hesaplanan en yüksek ETo değeri 152.8 ve en düşük ise 112.2 mm/ay'dır. Şekil 3'den de görülebileceği Nisan ayındaki gibi, havzanın kuzey-doğu ve kuzeyine doğru artan yükseklikle birlikte ETo değeri azalma göstermektedir. Havzanın özellikle Menemen ovasının yer aldığı batı bölümünde ETo değerleri 150 mm'yi aşmaktadır. Manisa, Salihli, Akhisar ve Demirci'nin güney bölgelerinin olduğu ve havzanın orta bölümü olarak kabul edilebilecek bölgede ise yaklaşık 140 mm'nin üzerinde ETo değeri hesaplanmıştır. Bölgede üretimi yapılan bitkilerin, özellikle yağışın yetersiz

Çizelge 2. Haritalara ilişkin bazı istatistiksel parametreler

Table 2. Values of some statistical parameters of maps

Parameters	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Yıllık Toplam
Count	14	14	14	14	14	14	14
Min	77.6	112.2	143.6	162	144.7	99.3	975
Max	110.7	152.8	191.1	227	212.7	153.5	1377
Root Mean Square	3.84	6.14	10.01	12.30	16.46	11.47	72.92
Mean Standardized	0.0004	0.012	-0.003	-0.02	-0.01	-0.04	-0.01
Root Mean Square Standardized	0.60	0.65	0.81	0.79	0.93	0.94	0.76
Average Standard Error	6.02	8.68	12.36	15.30	17.46	11.68	9.9

olduğu ve sulama suyuna gereksinim duyulduğu zamanlarda, verim ve kalitede düşüşün önlenmesi için sulamaların yapılması gerekmektedir.

İstasyonlara ait Haziran ayı ETo değerlerinin dağılımı, Nisan ve Mayıs ayları ile benzerlik göstermektedir. Çizelge 2'den de görülebileceği gibi, Haziran ayında hesaplanan en yüksek ETo değeri 191.1 ve en düşük ise 143.6 mm/ay'dır. Şekil 4'den de görülebileceği gibi güney ve güney batı bölümünde ortalama 190 mm civarında gerçekleşirken havzanın orta bölümünde 180 mm'lere kadar yükselmektedir. Havzanın doğusunda yer alan ve havzaya ismini veren Gediz ilçesine doğru yaklaşık 140 mm'ye kadar düşüş göstermektedir. Söz konusu bölgeler havzanın yüksek kesimlerini oluşturmaktadır.



Şekil 3. Mayıs ayı ETo'ndaki değişimi
Figure 3. Change of ETo in May



Şekil 4. Haziran ayı ETo'ndaki değişimi
Figure 4. Change of ETo in June

Temmuz ayı tüm havza için en yüksek ETo değerlerinin hesaplandığı aydır. Söz konusu ayda en yüksek ETo değeri 227 mm'dir. En düşük değer ise 162 mm ile havzanın doğusunda yer alan ve aynı zamanda havzanın yüksek kesimlerini oluşturan Gediz ilçesi çevresinde hesaplanmıştır. Şekil 5'den de görülebileceği gibi Temmuz ayı içerisinde havzanın büyük bölümü ortalama 200 mm civarında ETo hesaplanmaktadır. Yine en düşük havzanın en yüksek kesiminde bulunana Gediz ilçesi çevresinde 160-170 mm civarında gerçekleşmektedir. En yüksek ETo değerleri



Şekil 5. Temmuz ayı ETo'ndaki değişimi
Figure 5. Change of ETo in July

Akhisar çevresinde yaklaşık 210-220 mm arasında belirlenmiştir. Salihli ilçesi ve çevresinde söz konusu değerler 190-200 mm civarına gerilemektedir.

Temmuz ayındaki benzer durum Ağustos ayında da görülmektedir. Havza için hesaplanan en yüksek ETo değeri 212.7 ve en düşük ise 144.7 mm'dir. Şekil 6'dan da görülebileceği gibi havzanın büyük bölümü ortalama 180-190 mm civarında ETo sergilemektedir. Yine en düşük değer havzanın en yüksek kesiminde bulunana Gediz ilçesi çevresinde 150-160 mm civarında gerçekleşmektedir. En yüksek ETo değerleri Akhisar çevresinde yaklaşık 200 mm civarında belirlenmiştir. Salihli ilçesi ve çevresinde söz konusu değerler 170-180 mm civarında belirlenmiştir.

Eylül ayı için hesaplanan ETo'ların dağılımı Temmuz ve Ağustos aylarıyla benzerlik göstermektedir. Eylül ayında en yüksek ETo değeri 153.5 ve en düşük 99.3 mm'dir. Şekil 7'den de görülebileceği gibi havzanın batısında yer alan Menemen ve Akhisar'ın özellikle batı ve kuzey



Şekil 6. Ağustos ayı ETo'ndaki değişimi
Figure 6. Change of ETo in August



Şekil 7. Eylül ayı ETo'ndaki değişimi
Figure 7. Change of ETo in September

batı bölümü ile havzanın güneyinde ETo değerler havza geneline göre yüksek olup yaklaşık 130-140 mm civarındadır. Yine havzanın yüksek bölgeleri olan doğu bölümünde en düşük ETo (100-120 mm arası) değerleri dağılımı görülmektedir. Havzanın büyük bölümünde aylık 120-130 mm ETo değeri dağılım göstermektedir.

Gediz havzası için hesaplanan yıllık toplam ETo değerlerinin dağılım, daha önce açıklanan Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında belirlenen dağılımların ortalaması şeklindedir. Gediz havzası için hesaplanan en yüksek ETo değeri 1377 mm olup havzanın batısında bulunan Menemen ilçesi çevresi ile havzanın güneyinde yer alan komşu istasyon olan Denizli ilinin Güney ilçesine doğru uzanan Alaşehir ve Sarıgöl ilçeleri çevresinde olduğu görülmektedir. Havzaya ismini veren Gediz nehrinin olduğu ve aynı zamanda da havzanın yüksek kesiminde yer alana Gediz ilçesi çevresinde en düşük ETo değerleri dağılım göstermektedir. Manisa ve Akhisar çevreleri ile Demirci ilçesinden güneyinde kalan bölgede ETo değerleri 1200-1250 mm civarında gerçekleşmektedir. Salihli Ovasından kuzey güney doğrultusundan ortalama ETo değerleri 1150-1200 mm civarındadır.



Şekil 8. Yıllık toplam ETo'ndaki değişimi
Figure 8. Change of ETo in years

SONUÇLAR

Evapotranspirasyon, kıt kaynak suyun optimum şekilde kullanılmasının yanında, son yıllarda meydana gelen kuraklıklarla mücadelede dikkate alınan parametrelerin başında gelmektedir. Ayrıca mevcut su kaynaklarının potansiyelleri dikkate alınarak sürdürülebilir şekilde değerlendirilmesi, tarımsal üretimin devamlılığı açısından son derece önemlidir. Bunlara bağlı olarak yetiştiriciliği yapılan tüm ürünlerin sulama suyu ihtiyaçlarının saptanabilmesi ancak doğru yöntemlerle hesaplanmış ve geçerliliği test edilmiş evapotranspirasyon değerleriyle mümkündür.

Evapotranspirasyonun ölçülmesi ve izlenmesi klasik yöntemlerde hem zaman alıcı hem de maliyetli bir işlemdir. Son yıllarda gelişen teknoloji sayesinde ölçme ve izleme yöntemleri gelişmiştir. Alansal, bölgesel, havza ölçeğinde ve hatta ülkesel boyutta referans evapotranspirasyon belirlenmesi ve bunların dağılım haritalarının hazırlanması pratikte sulama programlarının oluşturulmasında önemli katkılar sağlamaktadır. İster arazi denemelerinden isterse güvenilirliği ispatlanmış yöntemlerle yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen veriler, doğru jeostatistiksel yöntemlerle analiz edilip haritaların hazırlanması, gerek konu uzmanlarına gerekse üreticiler için son derece yararlı ve kullanışlıdır. Uygun jeostatistik yöntemlerle yapılan evapotranspirasyonun haritaları daha kısa sürelerde ve daha doğru şekilde yapılabilmektedir. Eskiden kullanılan yöntemlerle bir bölgenin evapotranspirasyon haritalarını hazırlanmak, alanının büyüklüğüne bağlı olarak aylar hatta yıllar alabilmekteydi. Ancak son yıllarda geliştirilen yöntemler yardımıyla söz konusu haritaların hazırlanmasını veri setlerinin hazır olması durumunda birkaç dakika içinde gerçekleştirilebilmektedir. Söz konusu haritaların doğruluklarını/güvenilirliklerini belirleyen en önemli etmenlerden bir tanesi kullanılan jeostatistik yöntemidir. Dile getirilen yöntem, ilgili konuya ait parametrenin mekânsal bakımdan değişimini ve ilişkilendirilen diğer parametrelerle olan ilişkisini de incelemede yarar sağlamaktadır.

Referans evapotranspirasyonun hesaplanmasında Standardize FAO Penman Monteith yöntemi Gediz havzası için uygun ve iyi sonuçlar veren bir yöntemdir. Ayrıca, ETo haritalarının jeostatistiksel yöntemle hazırlanmasında da Noshadi ve Sepaskhah, (2005)'in önerdikleri gibi enterpolasyon yöntemi olarak cokriging; semivariogram olarak spherical modelin kullanımının harita hazırlamada iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

Ahmed S, De Marsily G (1987). Computation of geostatistical methods for estimating transmissivity using data on transmissivity and specific capacity. Water Resour. Res. 23, 1717-1737.

Anonim 2003. Tarım ve Köyisleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, APK Dairesi Başkanlığı Yayınları, Türkiye Toprak Su Kaynakları ve Çölleşme Raporu, Ankara. <http://www.khgm.gov.tr/kutuphane/collesme/colleme.htm>. Erisim Tarihi: 13.02.2009.

Başkan O (2004). Gölbaşı yöresi topraklarının mühendislik, fiziksel özellik ilişkilerinde jeostatistik uygulaması, Doktora Tezi, AÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Ankara.

Cressie NAC (1990). The origins of kriging. *Math. Geol.* 22: 239– 252.

Creutin JD, Obled C (1982). Objective analyses and mapping techniques for rainfall fields: an objective comparison. *Water Resour. Res.* 18: 413-431.

Çetinkaya CP, Barbaros F (2008). Su Yönetimi Senaryoları %le Gediz Nehri Yıllık Su Bütçesi Performansının Değerlendirilmesi. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi Bildirileri, TMMOB, s. 323-334. 20-22 Mart 2008, Ankara,

Delhomme JP (1978). Kriging in the Hydrosciences. *Advances in Water Resources*, 1(5): 251-266.

Gumiaux C, Gapais D, Brun JP (2003). Geostatistics applied to best-fit interpolation of orientation data. *Tectonophysics* 376: 241– 259.

Isaaks EH, Srivastava RM (1989). *An Introduction to applied geostatistics*. Oxford University Press, New Yourk, p. 561

Martinez-Cob A, Cuenca RH (1992). Influence of elevation on regional evapotranspiration using multivariate geostatistics for various climatic regimes in Oregon. *J. Hydrol.* 136: 353-380.

Noshadi M, Sepaskhah AR (2005). Application of geostatistics for potential evapotranspiration estimation. *Iranian Journal of Science & Technology, Transactions of Civil Engineering* 29 (3): 343-355

Olea RA (1977). Measuring spatial dependence with semivariograms. *kansas geological survey, series on spatial analysis*, No. 3, Lawrance, Kansas. p. 122

Philips DL, Dolph JD, Marks D (1992). A comparison of geostatistical procedures for spatial analysis of precipitation in mountainous terrain. *Agric. For. Meteorol.* 58: 119-141.

Samper FJ, Carrera J (1990). Multivariate geostatistical analysis of evapotranspirations and precipitation in mountainous terrain. *Geostatistica: Applications a la hydrologia subterranca*. In: A. Martinez-Cob (ed) *J. Hydrol.* 174: 19-35.

Taş İ, Kırnak H (2011). Yarı kurak iklim bölgelerinde bitki su tüketiminin tahmininde kullanılacak ampirik modeller. *Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2011; 8(1): 57 - 66.

Vieira SR, Hatfield JL, Nielsen DR, Biggar JW (1983). Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, 51 (3): 1-75, Davis-California

Weber D, England E (1994). Evaluation and comparison of spatial interpolators II. *Math. Geol.* 26: 589-603.