

## Tarımsal Üretimde Kullanılan Sulama Sularının Elektriksel İletkenliğinin (EC) Uzaysal Değişkenlik Analizi: Dalaman-Muğla Örneği

Namık Kemal SÖNMEZ<sup>1</sup> Sahriye SÖNMEZ<sup>2</sup> Hasan Raşit TÜRKKAN<sup>3</sup>  
Resul ALTIN<sup>2</sup> Mesut ÇOŞLU<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uzaktan Algılama ABD, Antalya

<sup>2</sup> Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Antalya

<sup>3</sup>Akdeniz Üniversitesi, Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi (AKUZAL), Antalya  
Sorumlu yazar: [nksonmez@akdeniz.edu.tr](mailto:nksonmez@akdeniz.edu.tr)

Geliş tarihi: 28.11.2019, Yayına kabul tarihi: 12.12.2019

**Özet:** Çalışmada, test alanı olarak belirlenen Dalaman-Muğla ilçesinde; sulama amacı ile kullanılan suların elektriksel iletkenliklerinin (EC) belirlenmesi, uzaysal dağılımlarının jeostatistiksel yöntemlerle haritalanması ve değişimlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla, Dalaman ilçesinde tarımsal üretimin yoğun olarak yapıldığı üç farklı yöreden ve üç farklı dönemde sulama suyu örnekleri alınmış, alınan örneklerde pH, EC, anyon ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^{-1}$ ,  $\text{Cl}^{-1}$  ve  $\text{SO}_4^{2-}$ ) ve katyon ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^{+1}$  ve  $\text{K}^{+1}$ ) analizleri gerçekleştirilmiştir. Jeostatistiksel analizlerde, örnekleme noktalarından elde edilen EC verilerinin tanımlayıcı istatistiklerle analiz edilmesi amacı ile, yarıvariogram analizi ve Ordinary Kriging yöntemleri uygulanmıştır. Bu kapsamda, bölgenin EC modelleri çıkarılmış ve doğruluk analizleri yapılmış ve modeller karşılaştırılmıştır. Çalışmada, EC dağılım haritalarının çıkarılması amacı ile örneklerin alındığı kuyuların mekansal (uzaysal) konumları ve birbirleri arasındaki mesafeler hesaplamaya alınarak jeostatistiksel analizler yapılmış ve analiz sonuçlarında bölgeler arasındaki dağılımlar ve ayırım noktaları çok düşük hata oranları ile belirlenmiştir. Araştırma sonucunda sulama sularının elektriksel iletkenliklerinin, arazinin topografyasına bağlı olarak kuzeyden güneye doğru gidildikçe artış gösterdiği tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Elektriksel İletkenlik, Jeostatistiksel Analiz, Sulama suyu, Tuzluluk

### Spatial Variability Analysis of Electrical Conductivity (EC) of Irrigation Water Used in Agricultural Production: An Example of Dalaman-Muğla

**Abstract:** In this study, it is aimed to determine the electrical conductivity (EC) in the agricultural irrigation waters in an agricultural production area determined as test area, to generate the spatial distribution map in the region using geostatistical methods and to examine the regional changes. In this context, water samples were taken from three different regions where agricultural production have been intensively carried out in Dalaman and pH, EC, anion ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^{-1}$ ,  $\text{Cl}^{-1}$  and  $\text{SO}_4^{2-}$ ) and cation ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^{+1}$  ve  $\text{K}^{+1}$ ) analyzes were performed in these samples. In the geostatistical analysis, semi variogram and Ordinary Kriging methods were used to analyze the EC data obtained from sampling points with descriptive statistics. Thus, EC models of the region were extracted and accuracy analyzes were performed and the models were compared. In the study, spatial locations of the wells and distances between each other were calculated by using geostatistics analyzes and distribution points and separation points between regions were determined with very low error rates. As a result of the research, it has been determined that the electrical conductivity of irrigation water increases depending on the topography of the land from north to south.

**Key Words:** Electrical conductivity, Geostatistical analysis, Irrigation water, Salinity

### Giriş

Dünyada ve ülkemizde sulu tarım alanları yüz yıllardır verimlilik

potansiyellerini sürdürme çabası içinde olmasına karşın, sulama sularından, doğal nitelikli hidrolojik ve jeokimyasal etkenler nedeniyle toprak ve suyun

tuzlulukları artış göstermiş ve bununla ilişkili olarak tarım arazilerinde drenaj problemleri ortaya çıkmıştır. Tarımsal alanlarda ortaya çıkan bu drenaj problemleri sadece tarımsal alanlarla sınırlı kalmamış, tuzlu drenaj sularının ulaştığı alanlarda çevresel ve sağlık sorunlarına da sebep olmuştur. Ülkemizde son yıllarda üretim ortamının ana materyali olan toprakların tuzluluğu tüm dünya ülkelerinde tarımsal üretimi kısıtlayan önemli sorunlardan birisi olmuştur. Özellikle dünyada yılda 10 milyon ha arazinin tuzluluk etkisi ile kullanılamaz duruma gelmesi, sorunun boyutunu daha iyi gözler önüne sermektedir (Anaç ve Aksoy, 2000). Özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yetersiz yağış ve yüksek buharlaşma, sulu tarım alanlarında ise sulama sularındaki yüksek tuz konsantrasyonları tuzluluğun başta gelen sebeplerindendir. Öte yandan yanlış sulama uygulamaları da özellikle drenaj koşullarının kötü olduğu yerlerde tuzluluğa sebep olmaktadır (Üras ve Sönmez 2010; Taş, 2009).

Dünyada ve ülkemizde tarım arazilerinin sınırlı olduğu ve dünya nüfus artışından dolayı besin ihtiyacının katlanarak arttığı dikkate alınır en azından mevcut arazilerin daha verimli kullanılmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle tuzlu toprakların ıslah edilmesi ve ekonomik bir biçimde değerlendirilmesi ve sulamada kullanılan sulama sularının kalitesine dikkat edilmesi son derece önem kazanmaktadır (Kara ve Apan 2000; Taş, 2009). Aksi takdirde bitki kök bölgesinde biriken tuzlar toprak verimliliğini azaltmakta ve bitki gelişimini sınırlamaktadır. Tuzlu taban suyunun yüzey suları ile karıştırılarak tekrar sulama suyu olarak kullanılması taban suyu yönetiminde kullanılan bir yöntemdir. Fakat bu şekilde sulama yapılabilmesi için bitki türü, sulamada

kullanılacak suyun tuzluluk düzeyi, bitkilerin hassas oldukları dönemler ve iklim etkisi ve taban suyunun tuzluluk düzeyi belirlenmelidir (Kara ve Apan 2000; Yurtseven, 1997).

Çalışmanın yürütüldüğü Muğla iline bağlı Dalaman ilçesi toplam tarım arazisi 162.348 dekar olup bunun % 55'i (88.630 dekar) sulu tarım alanı, % 45'i ise (73.718 dekar) kuru tarım alanı niteliği taşımaktadır. Özellikle sulanabilen tarım alanlarının iklim ve toprak yapısının uygunluğu nedeniyle yörede polikültür tarımı yapılabilmektedir. Dalaman'da buğday (sulu) 16500 dekar, silajlık mısır 4100 dekar, karpuz 1500 dekar, limon 98590 dekar, portakal 138040 dekar, mandalina 3900 dekar, greyfurt 8830 dekar ile sulanan ürünlerin başında gelmektedir (Anonim, 2018). Yürütülen bu çalışmada, yoğun tarımsal faaliyetlerin yapıldığı Dalaman ilçesinde tarımsal sulama amacı ile kullanılan sularının elektriksel iletkenliklerinin laboratuvar analizleri ile belirlenmesi, elde edilen bu değerlerden yola çıkılarak bölgenin gerek elektriksel iletkenlik değerlerinin ve gerekse tuzluluk düzeylerinin uzaysal dağılımlarının jeostatistiksel yöntemlerle haritalanması ve dönemsel değişimlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

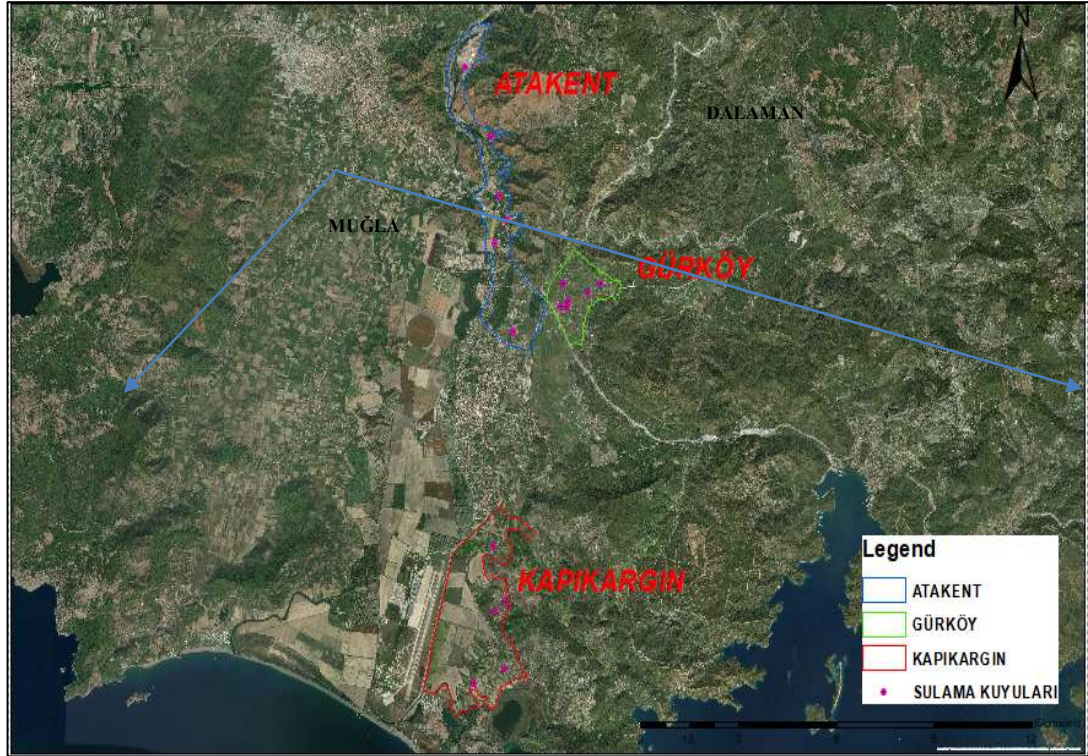
## **Materyal ve Yöntem**

### **Materyal**

Yürütülen bu çalışmada Dalaman İlçesi'nde tarımsal üretim için kullanılan sulama suyu örnekleri materyal olarak kullanılmıştır. Bu kapsamda araştırmada üç farklı lokasyon seçilmiş ve Kapıkargın, Gürköy ve Atakent yörelerini kapsayan bu lokasyonlardaki sulama sularından örneklemeler gerçekleştirilmiştir. Su örneklemeleri Ayyıldız (1983)'ın bildirdiği esaslara

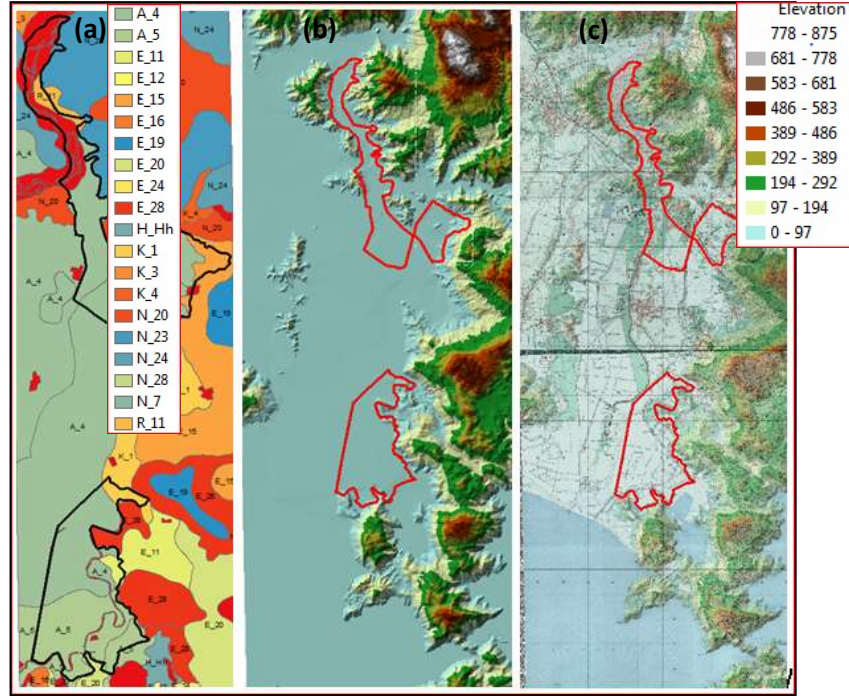
uygun olarak üç farklı dönemde (Ekim-Kasım 2017,1. Dönem; Şubat-Mart 2018, 2. Dönem ve Mayıs-Haziran 2018, 3. Dönem) yürütülmüştür. Arazide yapılan incelemelerde her bir örnekleme dönemin için toplam 18 farklı kuyudan su örneği alınmıştır. Araştırmada

değerlendirmeye alınan sulama suyu örnek sayısı ise toplam 54 adet olmuştur (Şekil 1). Araştırmada alınan sulama suyu örneklerinde pH, EC, Ca, Mg, K, Na,  $CO_3^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$  ve  $Cl^-$  analizleri yapılmıştır.



Şekil 1. Çalışma Alanı Sınırları ve Sulama Kuyuları Konumları  
Figure 1. The Map of The Study Area and Irrigation Well Locations

Çalışmada, alana ait uydu verileri, materyal olarak olarak kullanılmıştır (Şekil 2).  
toprak haritası temel kartografik



Şekil 2. (a) Toprak Haritası; (b) Sayısal Yükseklik Haritası; (c) Topoğrafik Haritası  
Figure 2. (a) Soil Map, (b) Digital Elevation Map, (c) Topographic Map

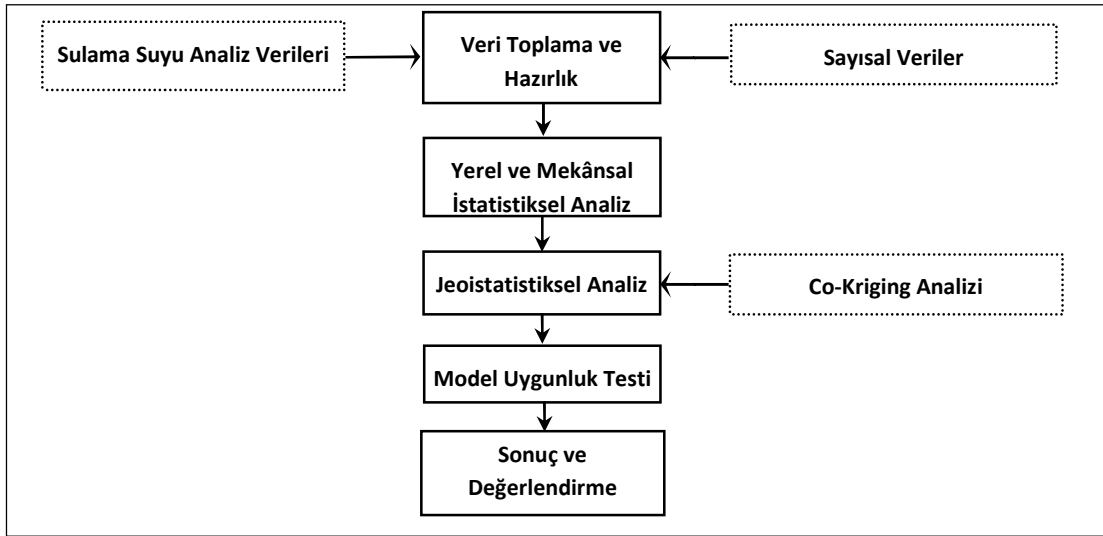
Şekil 2’den alana ait sayısal yükseklik modeli incelendiğinde, çalışma alanı arazileri 0 mt den 800 mt yüksekliğe kadar değişen bir bölgede yer aldığı görülmektedir. Araştırma alanına ait toprak haritasından bölgenin taban arazilerinde Alüviyal (A) ile Hidromorfik toprakların (H) yer aldığı, yamaç alanlarda Koluviyal toprakların (K) dağılım gösterdiği, yüksek bölgelerde ise Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları (E), Kırmızımsı Kahverengi Topraklar (R), Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları (N) gibi farklı özelliklere sahip toprakların yer aldığı görülmektedir.

### Yöntem

Çalışmada öncelikli olarak koordinatları bilinen sulama suyu

kuyularından üç farklı dönemde örnekler alınmıştır. Alınan bu su örneklerinde pH, EC,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  ve  $\text{Cl}^-$  analizleri Ayyıldız (1976)’a göre; Ca, Mg, K ve Na analizleri Fresenius et al. (1988)’e göre;  $\text{SO}_4^-$  analizi ise Anonymous (1980)’un belirttiği şekilde analizleri gerçekleştirilmiştir. Alandaki örnekleme yapılan sulama sularının EC’lerinin bölgedeki uzaysal dağılımının ortaya konulması aşaması ise; veri toplama, istatistiksel analiz, jeostatistiksel analiz, model uygunluk testi ve değerlendirme olmak üzere farklı işlem basamaklarında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). Çalışmanın son aşamasında jeostatistiksel analizlerle elde edilen elektriksel iletkenlik haritalarından USA Riverside Tuzluluk Laboratuvarı Tuzluluk Sınıflandırma Sistemine göre tuzluluk haritası oluşturulmuştur (Anonim, 1954).





Şekil 3. Çalışma Akış Şeması  
Figure 3. Flow Chart

Her bir işlem aşaması aşağıda kısaca açıklanmıştır;

**Veri toplama ve hazırlık;** Bu aşamada örnekleme yapılan sulama suyu kuyularının konum verileri sisteme girilmiş ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında veri tabanları oluşturulmuştur.

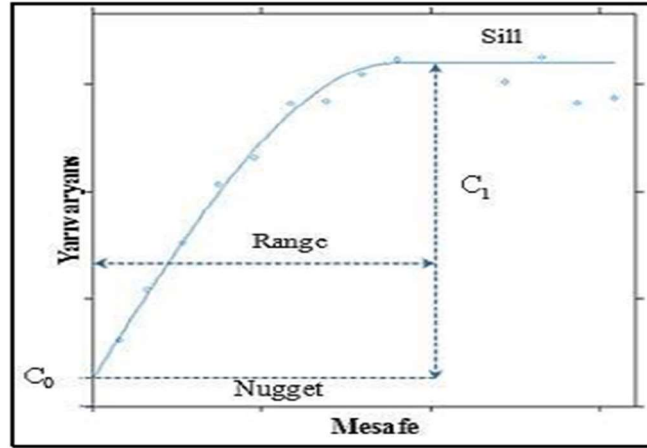
**Yerel ve mekansal istatistiksel analizler;** Bu aşamada, yerel istatistik hesaplamaları yapılarak verilerin ilişkileri ve dağılımları incelenmiş, excel programı kullanılarak özet tablolar oluşturulmuştur. Mekansal istatistiksel değerlendirmede ise, otokorelasyon ve regresyon analizleri yapılarak değişken verilerin ilişki ve katsayıları bulunmuş ve yerel mekansal istatistiksel analizde mevcut verilerin dağılımları ve aralarındaki ilişkilerin incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Yapılan incelemede, çalışma alanı içerisinde Kapıkargın bölgesinde bulunan bir kuyunun analiz sonuçlarının tüm dönemlerde çok yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu kuyu diğer verilerle birlikte istatistiksel değerlendirmeye dahil edildiğinde veri dağılımında çok yüksek sapmaya neden olduğu için, söz konusu değerler alanda

gerçekleştirilecek olan jeostatistiksel analizlerde kullanılmamıştır.

**Jeostatistiksel analizler;** Jeostatistiksel analizlerin ilk aşamasını yarivariogram analizlerinin yapılıp en uygun parametrelerinin belirlenmesi ve uzaysal bağımlılıklarının ortaya konularak modellenmesini içermektedir. Yarivariogram/Kovaryans bulutu, artan mesafe ile ilişkide meydana gelen değişimi ölçmede kullanılan en önemli araçtır. Yarivariogram bulutu mümkün olabilecek tüm gözlem çiftlerinin arasındaki farkın karesinin bu çiftlerin ayırım mesafesine (h) göre gösterilmesiyle elde edilmektedir (Aydın ve Çiçek, 2013). Sulama kuyularının sayısı arttıkça, uzaklığı ve değerinin grafik üzerinde gösterimi ve yorumu güçleşmektedir. Bu nedenle, uygulamada uygun sınıf aralıkları belirlenerek deneysel yarivariogramın oluşturulması yoluna gidilmiştir. Yarivariogram bulutunun yarivaryans değerlerinin belirli sınıf aralığına (lag distance) ayrılıp, o mesafeye düşen yarivaryans değerlerinin ortalamasının alınması “deneysel yarivariogram” grafiğini vermektedir (Aydın ve Çiçek, 2013).

Mekânsal modelin oluşturulması için mekânda bulunan bağımlılık kuralının bulunması yani “teorik yarıvariogramın” belirlenmesi de gerekmektedir. Bu yarıvariogram, matematik modelini temel alır ve deneysel yarıvariograma

oturtularak (fit edilerek) elde edilmektedir (Bailey and Gatrell 1995; Hengl, 2009; Fotheringham et al., 2000; Kalkhan, 2011; Chun and Griffith, 2013). Şekil 4’te deneysel ve teorik yarıvariogram modeli verilmiştir.



Şekil 4. Deneysel ve Teorik Yarıvariogram Model  
Figure 4. Experimental and Theoretical Semi Variogram Model

Elde edilen yarıvariogram modeline göre Ordinary (sıradan) Co-Kriging metodu (Isaaks and Srivastava, 1989) ile interpolasyon yapılmış ve EC dağılımı tahmin haritaları ve hata tahmin haritaları üretilmiştir. Bu analizlerde ArcGIS10.1 yazılımının Jeostatistik Analiz modülü kullanılmıştır. Çalışmanın jeostatistiksel analiz kısmında farklı çeşitleri bulunan kriging varyanslarından Co-Kriging tekniği kullanılmıştır. Co-Kriging tekniğinde sulama sularının yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda EC değerleri ile en yüksek korelasyona sahip olan Na katyonu analiz verileri hesaplamaya dahil edilerek jeostatistiksel analizler yapılmıştır.

**Model uygunluk testi;** Çapraz Geçerlilik-Cross Validation olarak ta adlandırılan bu test, belirlenen teorik yarıvariogramın çalışma alanını temsil etme niteliği çapraz doğrulama (jack-knifing) olarak da bilinen yöntemle (Deutsch and Journel, 1992; Vieira et

al., 1983) yapılabilmektedir. Bu teknikte, bir lokasyondaki değer veri setinden geçici olarak çıkarılmakta ve geriye kalan diğer değerler kullanılarak çıkartılan bu lokasyon için tahmin yapılmaktadır. Bu işlem aynı şekilde geride kalan tüm örnekler için tekrarlanmaktadır (Isaaks and Srivastava, 1989).

Çalışmanın tahmin haritalarının uygunluk testi değerlendirmesinde, hesaplanan ME(Mean Error), RMSE (Root Mean Square Error), ASE (Average Standard Error), MSE (Mean Standardized Error), RMSSE (Root Mean Square Standardized Error) ile R<sup>2</sup> (Belirleyicilik katsayısı) performans sonuç değerlerine bakılmıştır.

## Bulgular

Çalışma alanı içerisindeki mevcut sulama kuyularının konumsal koordinatları ve üç farklı dönemden

alınan sulama suyu örneklerinin analiz sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1’den görüleceği üzere veri dağılımını bozan Kapıkıran bölgesindeki 5 numaralı kuyu çıkarılarak yapılan değerlendirmede, çalışma alanından 1.dönemde (Ekim-Kasım.2017) alınan sulama sularının EC değerlerinin ortalamasının 949.64  $\mu\text{S/cm}$  olduğu belirlenmiştir. Bu dönemde, bölgenin en güney uçunda yer alan Kapıkırgan bölgesindeki 3 ve 4 nolu kuyulardan alınan örneklerde EC değerlerinin 2000  $\mu\text{S/cm}$  değerlerinde olduğu, alanın orta kısmında yer alan Gürköy bölgesindeki 16 nolu kuyudan alınan örnekte ise EC değerinin 1490  $\mu\text{S/cm}$  ile genel ortalamadan çok yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür. Çalışma alanından 2.dönemdeki (Şubat-Mart. 2018) analiz sonuçları incelendiğinde ise tüm alanda genel EC değerlerinin ortalamasının 908.47  $\mu\text{S/cm}$  olduğu belirlenmiştir.

Şubat-Mart aylarındaki 2. Örnekleme döneminde bölgenin güney uçundaki Kapıkırgan bölgesindeki 3 ve 4 nolu kuyulardan alınan örneklerde EC değerlerinin 1644  $\mu\text{S/cm}$  ve 1954  $\mu\text{S/cm}$  değerlerinde olduğu, alanın orta kısmında yer alan Gürköy bölgesindeki 15 nolu kuyudan alınan örnekte ise EC değerinin 1047  $\mu\text{S/cm}$  ile genel ortalamadan yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür. Çalışma alanından 3.dönemde (Mayıs-Haziran. 2018) alınan sulama sularının EC değerlerinin ortalaması ise 1391.65  $\mu\text{S/cm}$  olarak belirlenmiştir. Bu dönemde Kapıkırgan bölgesindeki 3 ve 4 nolu kuyulardan alınan örneklerde EC değerlerinin 5240  $\mu\text{S/cm}$  ve 7143  $\mu\text{S/cm}$  değerlerine yükseldiği, alanın orta kısmında yer alan Gürköy bölgesindeki 16 nolu kuyudan alınan örnekte ise EC değerinin 990  $\mu\text{S/cm}$  ile genel ortalamadan yüksek değerlere ulaştığı belirlenmiştir.

Çizelge 1. Sulama Kuyularının Kordinatları ve Su Örneklerinin Laboratuvar Analiz Sonuçları  
Table 1. Coordinates of Irrigation Wells and Analysis Results of Water Samples

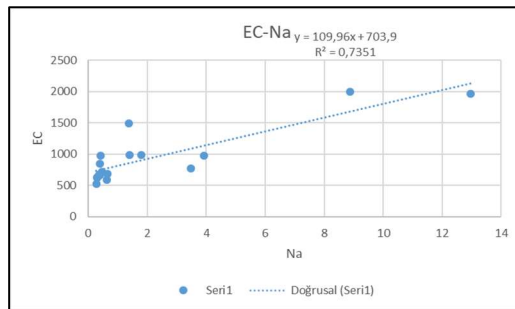
Örnek No	X	Y	pH			EC ( $\mu\text{S/cm}$ )			Ca (meq/l)		
			Dönemler			Dönemler			Dönemler		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	36701497	28809866	7.76	7.95	7.75	690	616	602	0.39	0.32	0.3
2	36705106	28820158	8.04	8.05	7.77	594	622	655	0.23	0.15	0.22
3	36718697	28816133	8.31	7.85	7.84	2000	1644	5240	1.1	2.15	0.79
4	36720816	28819653	7.82	7.07	6.87	1966	1954	7143	1.32	2.3	6.77
5	36721320	28811796	7.6	7.55	7.78	7930	7990	7110	10.72	12.1	9.33
6	36733899	28814920	7.91	7.7	7.83	991	989	999	0.71	0.6	0.43
7	36810463	28815126	8.07	8.06	7.99	981	699	673	0.95	0.71	0.54
8	36816092	28812564	8.1	8.25	8.15	674	579	558	1.23	0.97	0.89
9	36845786	28798799	8.32	8.21	8.18	637	675	680	0.27	0.16	0.27
10	36829865	28808550	8.18	8.24	8.08	626	564	560	0.23	0.04	0.19
11	36804900	28811334	8.03	8.23	8.02	664	692	630	0.95	0.72	0.77
12	36784319	28818820	8.26	8.41	8.16	770	757	725	0.58	0.35	0.46
13	36796187	28835566	8.09	8.28	8.01	980	849	848	0.9	0.61	0.76
14	36790832	28837039	8.07	8.11	7.91	724	815	915	1.56	1.39	1.81
15	36792120	28237401	7.99	7.47	7.97	523	1047	625	1.64	2.94	1.71
16	36790800	28834781	7.97	7.6	8.03	1490	980	993	2.23	0.94	1.26
17	36794416	28843984	7.73	7.83	8.12	990	1046	963	3.65	3.04	1.62
18	36796743	28847897	7.77	7.35	8.2	844	916	849	4.35	3.56	3.6
Örnek No	X	Y	Mg (meq/l)			Na (meq/l)			HCO <sub>3</sub> (meq/l)		
			Dönemler			Dönemler			Dönemler		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	36701497	28809866	6.68	5.71	13.98	0.65	0.74	0.73	5.52	5.32	7.20
2	36705106	28820158	5.83	5.58	19.62	0.63	0.58	0.74	6.84	6.66	10.00
3	36718697	28816133	14.62	15.16	22.03	8.88	5.17	7.00	7.94	7.70	11.86
4	36720816	28819653	7.50	26.83	23.33	12.97	6.65	40.87	17.54	14.14	9.00
5	36721320	28811796	20.83	32.25	32.25	49.13	54.78	53.48	9.64	8.90	7.62
6	36733899	28814920	10.56	7.78	22.11	1.40	1.34	1.40	11.88	10.22	8.10
7	36810463	28815126	8.09	4.69	19.83	0.42	0.39	0.40	7.42	7.16	7.32
8	36816092	28812564	5.59	3.26	15.89	0.38	0.36	0.46	6.46	5.82	4.50
9	36845786	28798799	5.83	3.75	20.7	0.30	0.28	0.32	7.9	8.48	6.32
10	36829865	28808550	7.08	2.97	19.83	0.30	0.27	0.30	8.06	6.90	5.19

11	36804900	28811334	7.31	3.37	19.62	0.40	0.37	0.42	7.62	7.34	6.08
12	36784319	28818820	6.56	4.12	19	3.49	2.48	2.74	11.68	8.80	7.66
13	36796187	28835566	7.33	5.5	21.97	3.91	0.44	0.53	9.9	12.38	9.28
14	36790832	28837039	8.51	4.3	21.9	0.46	0.44	0.59	9.5	7.82	7.88
15	36792120	28237401	4.92	3.68	18.93	0.27	0.66	0.45	5.5	11.18	5.54
16	36790800	28834781	15	3.75	22.59	1.37	1.20	1.55	15.76	11.12	10.30
17	36794416	28843984	8.51	2.56	20.67	1.79	1.53	1.80	9.8	8.82	9.14
18	36796743	28847897	6.03	2.53	18.83	0.39	0.32	0.36	6.26	5.72	5.78
Örnek No	X	Y	Cl (meq/l)			SO <sub>4</sub> (meq/l)					
			Dönemler			Dönemler					
			1	2	3	1	2	3			
1	36701497	28809866	0.56	0.96	0.64	1.37	0.57	6.86			
2	36705106	28820158	0.08	0.56	1.04	1.27	0.89	9.57			
3	36718697	28816133	8.88	10.24	4.96	5.33	4.61	13.61			
4	36720816	28819653	2.24	0.48	32.96	15.4	22.04	29.38			
5	36721320	28811796	52.88	72.00	52.24	14.03	18.9	53.68			
6	36733899	28814920	0.80	1.04	1.6	2.92	1.53	12.14			
7	36810463	28815126	0.32	0.64	0.96	1.09	1.97	11.02			
8	36816092	28812564	0.32	0.64	0.64	1.14	1.84	10.78			
9	36845786	28798799	0.24	0.64	0.64	0.32	4.91	12.56			
10	36829865	28808550	0.96	0.64	0.64	0.18	4.24	12.68			
11	36804900	28811334	0.16	0.64	0.96	1.21	3.47	12.54			
12	36784319	28818820	0.40	0.64	0.64	0.38	2.12	13.37			
13	36796187	28835566	0.40	0.56	0.64	0.57	6.37	11.66			
14	36790832	28837039	0.48	0.72	0.64	1.34	3.34	13.6			
15	36792120	28237401	0.16	0.88	0.96	1.32	4.68	13.75			
16	36790800	28834781	0.48	0.64	1.04	1.97	5.76	13.7			
17	36794416	28843984	1.12	1.28	1.84	2.83	2.86	13.24			
18	36796743	28847897	0.32	0.32	0.64	8.25	0.39	16.39			

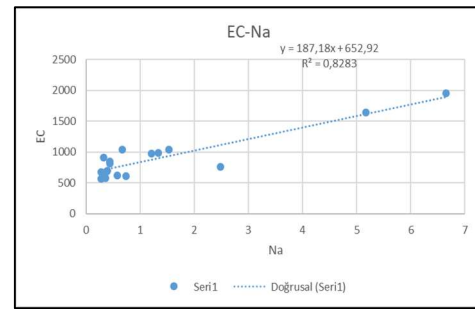
Elde edilen bu veriler ışığında çalışmada sulama sularının EC çalışma alanı içerisinde farklı üç farklı lokasyonlardaki kuyuların ait tüm dönemleri kapsayan istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır. Bu kapsamda sulama sularının EC değerlerinin anyon ve katyon değerleri arasındaki korelasyonlarına bakılmıştır (Çizelge 2 ve Şekil 5).

Çizelge 2. Dönemsel İstatistiksel Analiz Sonuçları Değerleri (R ve R<sup>2</sup>)  
Table 2. Periodical Statistical Analysis Results (R and R<sup>2</sup>)

SINIF	1.DÖNEM		2.DÖNEM		3.DÖNEM	
	R(pearson)	R2 (Belirtme katsayısı)	R(pearson)	R2 (Belirtme katsayısı)	R(pearson)	R2 (Belirtme katsayısı)
EC-PH	-0.0477	0.0023	-0.7109	0.5054	0.7936	0.6298
EC-Ca	0.1638	0.0268	0.5772	0.3332	0.6867	0.4715
<b>EC-Na</b>	<b>0.8574</b>	<b>0.7351</b>	<b>0.9101</b>	<b>0.8283</b>	<b>0.8850</b>	<b>0.7832</b>
EC-Cl	0.7305	0.5337	0.4991	0.2491	0.8729	0.762
EC-Mg	0.7142	0.5101	0.8661	0.7502	0.4739	0.2246
EC-SO <sub>4</sub>	0.6903	0.4765	0.7480	0.5595	0.7772	0.6041
EC-HCO <sub>3</sub>	0.6474	0.4191	0.6174	0.3812	0.4921	0.2422

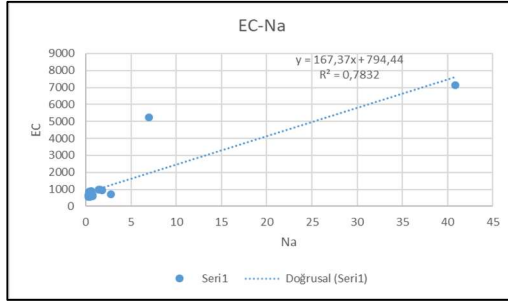


(a)



(b)





(c)

Şekil 5. Elektriksel İletkenlik ve Sodyum Analiz Değerleri Korelasyon Dağılım Grafikleri  
Figure 5. Electrical Conductivity and Sodium Analysis Values Correlation Distribution Charts

Çizelge 2 ve Şekil 5'ten görüleceği üzere yapılan karşılaştırmalar sonucunda EC değeri ile en yüksek korelasyon katsayısına sahip olan Na konsantrasyonunu arasında 0.857-0.910 ve 0.885 meq/l ile her üç dönemde yüksek oranda istatistiksel bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın bu aşamasında da Kapıkargın bölgesinde bulunan bir kuyunun EC değeri veri dağılımını bozduğu için analiz işlemlerinde veri setinden çıkarılmıştır.

Çalışmanın diğer aşaması olan jeoistatistiksel analizlerde ise EC değerleri ile birlikte Na değerleri de analize dahil edilmiş ve Co-Kriging metodu ile bölgenin EC haritaları ve hata haritaları çıkarılmıştır. Çalışmada analiz verilerinin histogram dağılımlarında normal dağılıma uygun olduğu görüldüğünden logaritmik düzeltme uygulanmamıştır.

Çalışmada yapılan jeoistatistiksel analizde, sulama suyu verilerinin mekânsal uzaklığa göre yarıvariogram dağılımlarının incelemesinde 1. dönemde analiz verilerinde adım mesafesi 246.84 m. ve adım sayısı 20, 2. dönem analiz verilerinde adım mesafesi 289.99 m. ve adım sayısı 12, 3. dönem analiz verilerinde adım mesafesi 248.83 m. ve adım sayısı 12 olarak tespit edilmiştir.

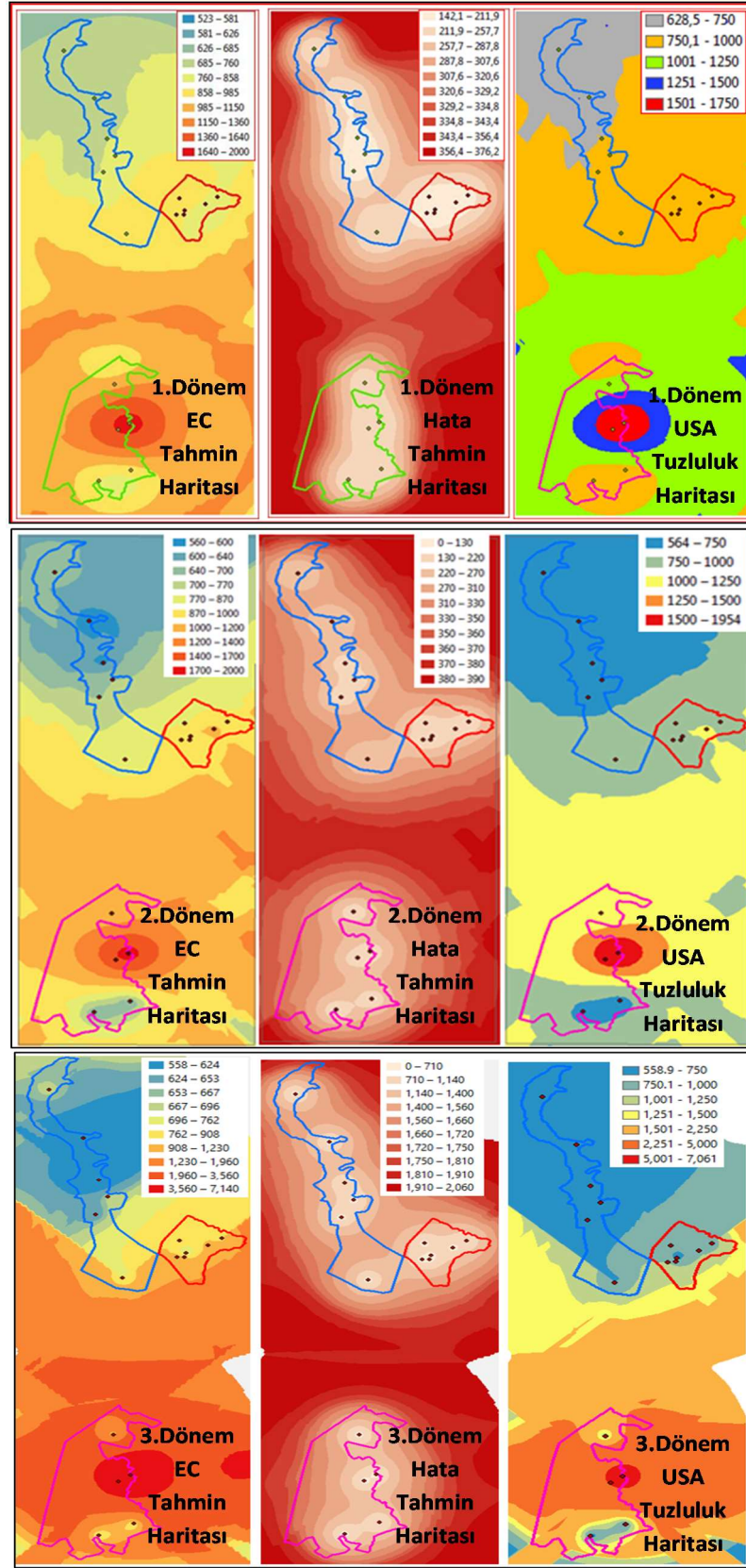
(a) Ekim-Kasım 2017 (1. Dönem)

(b) Şubat-Mart 2018 (2. Dönem)

(c) Mayıs-Haziran 2018 (3. Dönem)

Bilindiği üzere Kriging analizi; değeri bilinen lokasyonlardan, değeri bilinmeyen lokasyonlardaki değişkenlerin değerini tahmin etmek için bilinen değerlerin ağırlık ortalaması alınarak yapılmaktadır (Türkoğlu vd., 2016). Analizde tahmin ile elde edilen hatanın Kriging varyansı hesaplaması ile haritalandırma gerçekleştirilmektedir (Linchtenstern, 2013). Yürütülen bu çalışmada; Ordinary Kriging (OK), Simple Kriging (SK), Universal Kriging (UK), Block Kriging (BK), Indicator Kriging (IK), Co-Kriging (KED) gibi çeşitleri bulunan kriging yöntemlerinden Co-Kriging yöntemi kullanılmıştır.

Bu kapsamda yapılan Co-Kriging analizlerinde, 1. dönem verilerinde "Gaussian" modeli 2. ve 3. dönem verilerinde "Exponential" modeli uygulanmıştır. Bu metotla üç farklı dönem için yapılan Co-Kriging analiz sonucunda da elde edilen EC tahmin haritaları, çapraz geçerlilik (uygunluk testi) sonucunda elde edilen hata tahmin haritaları ile jeoistatistiksel yöntemle elde edilen EC dağılım haritasından USA Riverside Tuzluluk Laboratuvarı Tuzluluk Sınıflandırma Sistemine göre oluşturulan tuzluluk dağılım haritaları (Anonymous, 1954). Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Çalışma Alanının Dönemsel Tahmin haritaları  
 Figure 6. Periodic Forecast Maps of the Study Area

Çalışmada hazırlanan hata tahmin haritalarında genellikle sulama kuyularının bulunduğu alan ve çevresinde çok düşük oranda 140-300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  aralıklarında hata tahminlerinin yapıldığı belirlenmiştir. Ayrıca sulama kuyularının bulunduğu ve analiz örneklerinin alındığı bölgelerin dışında kalan alanlar ile Gürköy ve Kapıkargın bölgeleri arasında belirli bir mesafenin bulunmasından dolayı bu alanlarda yüksek oranlarda hata tahminleri tespit edilmiştir. Hata tahminlerinin sınır

bölgelerinde yüksek olmasının nedeni, bu bölgelerde sulama kuyusu örneklerinin bulunmaması olarak açıklanmaktadır. Yapılan çalışmadan elde edilen hata tahmin haritası sonuçları, uygulanan Co-Kriging yönteminin ve analiz tahmin modelinin geçerliliğinin yüksek olduğunu göstermiştir. Bu kapsamda sulama suyu verilerine ait EC değerlerinin, Yarıvarioqram Modeli Uygunluk Testi (çapraz doğrulama-cross validation) sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Model Uygunluk Testi (Çapraz Doğrulama)  
Table 3. Model Conformity Test (Cross Verification)

17 adet kuyu analizi	Uygulanan Model	R <sup>2</sup>	RMSE(mm)	ME	MSE	RMSSE
1.dönem	Co-Kriging(EC-Na) Ordinary“Gaussion”	0.735	310.11	6.50	0.005	0.72
2.dönem	Co-Kriging(EC-Na) Ordinary“Exponential”	0.828	134.11	16.72	0.057	0.89
3.dönem	Co-Kriging(EC-Na) Ordinary“Exponential”	0.783	965.37	192.62	0.122	1.03

Çizelge 3'den görüleceği üzere analizleri yapılan her üç farklı dönemde, EC değerleri ile Na değerleri arasındaki belirtme katsayısı (R<sup>2</sup>) değerinin (0.735-0.828-0.783) olduğu ve 1'e daha yakın değer aldığından, analiz değerleri ile tahmin değerleri arasında çok yüksek doğrusal bir ilişkinin olduğu yani tahmin değerlerinin gerçek değerleri büyük oranda açıkladığı görülmektedir. Bu değerlerin 1'e yakın olması gözlem değerleri ile tahmin değerleri arasındaki doğrusal ilişkinin gücünün yüksek olduğunu göstermektedir. Yapılan analiz sonucunda kök ortalama kareler hatası (RMSE) değeri 310.11, 134.11 ve 965.37  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu değer, seçilen modelin ölçülen değerleri ne kadar yakın tahmin ettiğini göstermektedir. Araştırmacılar, bu değer ne kadar küçükse o kadar iyi tahmin edildiğini ifade etmişlerdir. Yapılan analizde 3. dönemdeki hata oranının yüksek olmasının sebebi en güneyde

bulunan Kapıkargın bölgesindeki 3 ve 4 nolu sulama kuyularının EC değerlerinin çok yüksek olmasından dağılımda sapmalara neden olduğundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Standartlaştırılmış-indirgenmiş hata ortalaması (MSE) değeri ise Çizelge 4'den görüleceği üzere, analiz sonucunda 0.005, 0.057 ve 0.122 olarak elde edilmiştir. Model uygunluk testlerinde bu değerlerin 0'a yakın değer alması beklenmektedir. Elde edilen değer 0 değerine ne kadar yakın ise modelin hata oranı da o kadar düşük anlamına gelmektedir. Elde edilen sonuçlar hata oranının düşük olduğunu ve analizin sağlıklı yapıldığını göstermektedir.

Çalışmanın son aşamasında jeostatistiksel analizlerle elde edilen elektriksel iletkenlik haritalarından USA Riverside Tuzluluk Laboratuvarı Tuzluluk Sınıflandırma Sistemine göre oluşturulan tuzluluk haritası ile sulama

sularının çalışma alanındaki tuzluluk sınıfı dağılımları alan (ha) ve (%) olarak Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4 ve Şekil 6’dan görüleceği üzere çalışma alanının en kuzey bölgesini oluşturan Atakent bölgesinde, ekim kasım aylarını kapsayan 1. dönemde sulama sularının EC değerlerinin % 42’lik bir oranla orta tuzluluk sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Alanda fazla tuzlu sınıfa giren bölgelerin ise % 58’lik bir oranda dağılımı gösterdiği tespit edilmiştir. Atakent bölgesindeki sulama kuyularından örnekleme yapılan 2. ve 3. dönemlerde ise, orta tuzluluktaki alanlar anılan sıraya göre % 61-72 oranlarda artış göstermiş, fazla tuzlu sınıftaki alanlar ise yine anılan sıraya göre % 38-27’lik oranla düşüş göstermiştir. Çalışma alanının orta kısmında yer alan Gürköy bölgesinde ise, örnekleme yapılan 1. ve

2. dönemlerde bölgenin tamamının fazla tuzluluk sınıfında yer aldığı, çalışmanın 3. dönemde bu bölgenin % 2’lik bir kısmında orta tuzluluktaki alanların dağılımı gösterdiği, %98’lik kısmın ise diğer dönemlerde olduğu gibi fazla tuzlu sınıfta yer aldığı tespit edilmiştir. Yapılan tuzluluk sınıflandırmasında alanın en güneyini oluşturan Kapıkargın bölgesinde, 1. dönemde alanın tamamının fazla tuzlu sınıfına dahil olduğu, aynı bölgenin 2. döneminde ise alanın %10’luk kısmının orta tuzlulukta olduğu, %90’lık kısmının ise fazla tuzlu sınıfında yer aldığı ortaya konmuştur. Çalışmada örnekleme yapılan 3. dönemde ise Kapıkargın bölgesinin sulama sularının tuzluluk değerlerinin % 48’lik oranla fazla tuzluluk sınıfında yer aldığı, çok fazla tuzluluk sınıfındaki alanların ise % 51 düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. USA Riverside Tuzluluk Laboratuvarı Tuzluluk Sınıflandırma Sistemine göre Alandaki Sulama Suyu örneklerinin Tuzluluk Sınıfları (Anonymous, 1954).

Table 4. USA Riverside Salinity Laboratory Salinity Classes of Irrigation Water Samples according to Salinity Classification System (Anonymous, 1954).

1.DÖNEM		Örnekleme Alanları (%)							
		Atakent		Gürköy		Kapıkargın		Toplam Alan Ortalaması	
Tuzluluk Sınıfları	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
C1 (Az Tuzlu)	250>	0	-	0	-	0	-	0	
C2 (Orta Tuzlu)	250-750	42.0	309.7	0	-	0	-	14.0	309.70
C3 (Fazla Tuzlu)	750-2250	58.0	427.7	100	275.25	100	953.40	86.0	1656.30
C4 (Çok Fazla Tuzlu)	2250<	0	-	0	-	0	-	0.0	
	TOPLAM	100.0	737.40	100.0	275.25	100.0	953.40	100.0	1966.0
2.DÖNEM		Örnekleme Alanları (%)							
		Atakent		Gürköy		Kapıkargın		Toplam Alan Ortalaması	
Tuzluluk Sınıfları	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
C1 (Az Tuzlu)	250>	0	-	0	-	0	-	0	
C2 (Orta Tuzlu)	250-750	61.3	452.26	0	-	10.5	99.94	28.1	552.2

C3 (Fazla Tuzlu)	750-2250	38.7	285.14	100	275.25	89.5	853.46	71.9	1413.8
C4 (Çok Fazla Tuzlu)	2250<	0	-	0	-	0	-	0.0	
	TOPLAM	100.0	737.40	100.0	275.25	100.0	953.40	100.0	1966.0
<b>3.DÖNEM</b>		<b>Örnekleme Alanları (%)</b>							
		<b>Atakent</b>		<b>Gürköy</b>		<b>Kapıkargın</b>		<b>Toplam Alan Ortalaması</b>	
<b>Tuzluluk Sınıfları</b>	<b>EC (<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b>	<b>%</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>	<b>ha</b>
C1 (Az Tuzlu)	250>	0	-	0	-	0	-	0	
C2 (Orta Tuzlu)	250-750	72.6	535.33	2.2	6.16	0	-	27.5	541.46
C3 (Fazla Tuzlu)	750-2250	27.4	202.11	97.8	269.09	48.5	462.61	47.5	933.80
C4 (Çok Fazla Tuzlu)	2250<	0	-	0	-	51.5	470.79	25.0	490.79
	TOPLAM	100.0	737.40	100.0	275.25	100.0	953.40	100.0	1966.0

### Tartışma ve Sonuç

Çalışmada alana ait topoğrafik haritaların, sayısal yükseklik modellerinin ve toprak haritalarının incelenmesi neticesinde; çalışma alanının alüviyal arazi niteliği taşıdığı ve kuzeyden güneye doğru inildikçe arazi yüksekliğinde önemli bir değişimin olduğu belirlenmiştir. Bu kapsamda alanın güneyine doğru gidildikçe taban suyu seviyesi yükselmekte ve güney kısımda lagünlerle karşılaşmaktadır. Çalışmada, kuzeyden güneye doğru üç ayrı lokasyonda ve üç farklı dönemde örnekleme yapılmış olup söz konusu bu lokasyonlar, aynı zamanda alanın topoğrafik yapısına bağlı olarak taban suyu özelliklerinin değişiminin ortaya konulması açısından da önem taşımaktadır. Nitekim alanın en kuzeyindeki yükseklik 40 m iken, güney kısmındaki yükseklik 2 m civarındadır.

Yapılan modelleme çalışmasında alanın en güneyinde yer alan Kapıkargın bölgesinin tüm dönemlerde yüksek tuzluluğa sahip olması ve özellikle 3. dönemde sulama sularının nerede ise yarısından fazlasının çok fazla tuzlu sınıfta yer almasının nedeni olarak, bu bölgenin en alçak topoğrafyada bulunması, deniz

seviyesine yakın ve lagünlerin bulunduğu alanlarla ilgili kaplı olması, bu bağlamda denizden kaynaklı olası tuzlu su karışımlarının olabileceği, ayrıca sıcak dönemlerde buharlaşmadan kaynaklanan tuzlulaşmanın sulama sularını etkilemesi olarak açıklanmaktadır. Alandaki özellikle sıcak döneme denk gelen 3. Dönemdeki yüksek tuzluluk, jeostatistiksel analiz ile oluşturulan dağılım haritasının doğruluğunu destekler niteliktedir. Ayrıca yapılan arazi çalışmalarında Kapıkargın bölgesinde yer alan ve yüksek EC değerine sahip olan üç kuyunun termal su kaynağına yakın olduğu tespit edilmiştir. Bu durum sözkonusu kuyulara termal suların karışmış olma ihtimalini de güçlendirmektedir.

Araştırma sonuçlarında alanın en kuzey kısmını oluşturan Atakent bölgesindeki 2. dönem 3. örnekleme dönemlerinde orta tuzlu sınıfında yer alan bölgelerin artış göstermesinin ve fazla tuzlu sınıfına giren bölgelerin azalmasının nedeni olarak ise, alanın bölgede en yüksek topoğrafyada yer alması ve özellikle 2. dönemdeki yağışın sulama sularının EC değerlerinin azalmasında etkili olabileceği sonucunu



ortaya koymaktadır. Gerek arazi çalışmalarında ve gerekse istatistiksel analizlerle elde edilen dağılım haritaları sonuçları birbirleri ile paralellik göstermektedir. Çalışmada sulama sularının EC dağılım haritalarının çıkarılmasında sulama suyu örneklerin alındığı kuyuların; mekansal (uzaysal) konumlarının ve birbirleri arasındaki mesafelerin hesaplamaya dahil edilmesi ile yapılan jeostatistiksel analizler sonucunda, bölgeler arasındaki dağılımların ve ayırım noktalarının çok düşük hata oranları ile belirlenmesi mümkün olmuştur. Elde edilen dağılım haritası ile sulama sularının EC değerlerinin, arazinin topografyasına bağlı olarak kuzeyden güneye doğru gidildikçe artış gösterdiği ortaya konulmuştur. Analiz sonuçları, Co-Kriging interpolasyonu ile oluşturulan EC tahmin haritalarının düşük hatalarla ve gerçeğe daha yakın olarak üretildiğini göstermiştir.

Bu çalışma sonuçlarının, bölgedeki EC dağılımlarında meydana gelen değişimlerine göre yetiştirilecek olan en uygun bitki seçimlerinin yapılması ve gerekli önlemlerin alınmasında rehber niteliği taşıyacağı öngörülmektedir. Ayrıca çalışmada, sulama sularının EC değerlerinin alan içerisindeki dağılımlarının tahminlerinde sulama kuyularının sayılarının artırılmasının yanı sıra, toprak örneklerinde EC analizlerinin yapılmasının ve bu analiz sonuçlarının yardımcı veriler olarak model içerisine dahil edilmesinin, bölgede yürütülecek olan yeni modelleme çalışmalarında sulama suyu EC tahmin haritalarının doğruluklarını daha da artıracığı sonucuna ulaşılmıştır.

### Kaynaklar

Anaç, S. ve Aksoy, U. 2000. Foreword. International Symposium on Techniques to Control Salination

- for Horticultural Productivity. 30 March 2002. Antalya- Turkey
- Anonim, 2018. Dalaman ziraat odası. [http://www.zmo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=8914&tipi=38&sube=0](http://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=8914&tipi=38&sube=0)
- Anonymous, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agr. Handbook No: 60. USA.
- Anonymous, 1980. Standart Methods for The Examination of Water and Waste Water 15<sup>th</sup> edition. APHA. AWWA. WPCF. American Public Health Association No: 15. Fifteenth Street NW. Washington DC. 20005.
- Aydın, O. ve Çiçek, İ., 2013. Ege Bölgesi'nde Yağışın Mekansal Dağılımı. Coğrafi Bilimler Dergisi. CBD 11/2. 101-120.
- Ayyıldız, M., 1976. Sulama Suyu Kalitesi ve Sulamada Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 636. Ders kitabı No: 199. Ankara
- Ayyıldız, M., 1983. Sulama Suyu kalitesi ve Tuzluluk Problemleri (ikinci baskı). A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 879, Ders Kitabı No: 244, Ankara.
- Bailey, T.C. and Gatrell. A.C., 1995. Interactive Spatial Data Analysis. Addison Wesley Longman Limited. Harlow. UK.
- Chun, Y. and Griffirth, D.A. 2013. Spatial Statistics&Geostatistics. SAGE. London.
- Deutsch, C.V. and Journel. A.G. 1992. Geostatistical Software Library and User's Guide, Oxford University Press. Inc.. New York.
- Fotheringham, A., Brunsdon, C., Charlton, M. 2000. Quantitative Geography Perspectives on Spatial Data Analysis. SAGE. London.
- Fresenius, W., Qentin, K. E., Schneidler, W., 1988. Water

- Analysis a Pratical Guide to Physico-chemical. Chemical and Microbiological Water Examination and Quality Assurance. ISBN 3-540-177723-Springer-Verlay. Berlin Heidelberg. Newyork.
- Hengl, T., 2009. A Practical Guide to Geostatistical Mapping. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg.
- Isaaks, E. and Srivastava. R., 1989. An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press. New York
- Kalkhan, M.A., 2011. Spatial Statistics Geospatial Information Modelling and Thematic Mapping. CRC Press. USA.
- Kara, T. ve Apan, M., 2000. Tuzlu taban suyunun sulamada tekrar kullanımını için bir hesaplama yöntemi, OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2000, 15(3)62-67, Samsun.
- Linchtenstern, A., 2013. Kriging Methods in Spatial Statistics. Bachelor's Thesis. Technische Universität München. Department of Mathematics. Germany.
- Taş İ., 2009. Karaman-Ayrancı Tuzlu Alkali Topraklarının Mevcut Durumunun ve Yıkama Etkinliği'nin Belirlenmesi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara
- Türkoğlu, N., Aydın, O., Duman, N., Çiçek, İ., 2016. Türkiye' de Yağışın Farklı Mekansal Enterpolasyon Yöntemleriyle Karşılaştırılması. Journal Of Human Sciences. V.13/3.
- Üras, D.S. ve Sönmez, S., 2010. Tarım Alanlarında Tuzluluk Oluşumu ve Bitkiler İle çevre Üzerine Etkileri, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi; Özel sayı: 5. Ulusal besleme ve Gübre Kongresi Bildirileri, 653-658, İzmir.
- Vieira, S.R., Hatfield, J.L., Nielsen, D.R., Biggar, J.W., 1983. Geostatistical Theory and Application to Variability of Some Agronomical Properties. Hilgardia. 51. 3. 1-75. Davis California.
- Yurtseven, E., 1997. Ülkemiz nehir su kaynaklarının kalite değerlendirmesi. VI. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, 5-8 Haziran 1997, s.453-459, Kirazlıyayla, Bursa.