

## Mogan Gölü'nde (Ankara) Klorofil-a Konsantrasyonunun Tahmininde Çoklu Regresyon ve Path Analizi Kullanımı

Serap POLATSÜ<sup>1</sup>Handan ÇAMDEVİREN<sup>2</sup>Ensar BAŞPINAR<sup>2</sup>

Geliş Tarihi : 30.05.1997

**Özet:** Bu çalışmada, Mogan Gölü'nde 1992-1994 yıllarında saptanmış fizikokimyasal özelliklere (su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, pH, elektrik iletkenliği, Secchi derinliği, toplam sertlik, kalsiyum sertliği, magnezyum sertliği, alkalinite, organik madde, amonyak-azotu, nitrit-azotu, nitrat-azotu, toplam fosfor konsantrasyonu) ilişkin veriler esas alınarak, klorofil-a konsantrasyonu tahmin edilmiştir. Bu tahminde, saptanan özellikler içerisinde önemli etkiye sahip olan 5 özellik (ay, pH, Secchi derinliği, kalsiyum sertliği, toplam fosfor konsantrasyonu) yardımıyla oluşturulan çoklu regresyon denklemi kullanılmıştır. Bu çoklu regresyon denkleminin klorofil-a konsantrasyonundaki varyasyonu açıklamadaki payı (isabet derecesi) %79 olarak bulunmuştur. Ayrıca, bu beş özelliğin, klorofil-a konsantrasyonuna göreli etkilerini tespit etmek amacıyla path analizi uygulanmıştır. Çoklu regresyon denklemini kullanarak klorofil-a konsantrasyonunun, elde edilen tahmini değerleri ile ölçüm değerleri birbiriyle uyum göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Mogan Gölü, çoklu regresyon analizi, path analizi, klorofil-a tahmini.

## The Use of Multiple Regression and Path Analysis in Prediction of Chlorophyll a Concentration N Mogen Lake (Ankara)

**Abstract:** In this study, the chlorophyll-a concentration of Mogan Lake was predicted by using physical and chemical parameters (water temperature, dissolved oxygen, pH, electrical conductivity, Secchi depth, total hardness, calcium and magnesium hardness, alkalinity, organic matter, ammonia-nitrogen, nitrite-nitrogen, nitrate-nitrogen, total phosphorus concentration) which were determined in 1992-1994. Out of these parameters, five (month, pH, transparency, calcium hardness, total phosphorus concentration) were used in the multiple regression equation which significant effect on the prediction of the chlorophyll-a concentration. The determination coefficient of the multiple regression analysis was found to be 79%. Moreover, the path analyse was used to determine the relative effects of the five parameters on the chlorophyll-a concentration. The predicted values of chlorophyll-a concentrations by using multiple regression equation were in agreement with the measured values.

**Key words:** Mogan Lake, multiple regression analysis, path analysis, prediction of chlorophyll-a concentration.

### Giriş

Göllerin besin düzeylerini temsil eden özelliklerin başında, azot ve fosfor gibi besin elementleri ile fitoplanktonlar gelmektedir. Basit ampirik besin elementi ve göllerde fitoplankton biyomasının, basit bir belirleyicisi olan klorofil-a konsantrasyonu modelleri, göl yönetiminde özellikle besin elementi artış veya azalışlarına karşı göllerin tepkisini tahmin etmede, geniş çapta kullanılmaktadır.

Göllerde, toplam fosfor konsantrasyonu fitoplankton ürününü sınırlayıcı bir faktör olduğundan, bahar döneminde ölçülen toplam fosfor konsantrasyonundan, klorofil-a'nın konsantrasyonunu tahmine yarayan modeller geliştirilmiş ve bu modeller Kuzey Amerika ve Avrupa'daki göllerde başarılı bir şekilde uygulanmıştır (Dillon ve Rigler 1974, Ostrofsky ve Rigler 1987).

Toplam fosfor ile klorofil-a arasındaki ilişkinin güvenilir olduğu modeller, daha çok alg verimliliğinin belirleyicisi olan toplam azot ve toplam fosfor oranlarının yüksek olduğu göller için bulunurlardır (Prepas ve Trew 1983).

Değişik araştırmalarda, suyun Secchi derinliği ile fitoplankton yoğunluğu arasındaki ilişki dikkate alınarak, bu

iki faktörü esas alan ilişki modelleri de geliştirilmiştir (Çizelge1).

Shapiro'ya göre biyolojik faktörler, klorofil-a: toplam fosfor oranında önemli bir etkiye sahiptir. Örneğin; yüksek zooplankton biyoması, toplam fosfor-klorofil-a modellerinden yararlanıldığında, klorofil-a konsantrasyonunun beklenenin altında tahmin edilmesine yol açabilir (Pace 1984).

Klorofil-a konsantrasyonu tahminlerinde, hızlı akış oranı gibi, göllerin morfolojik özelliklerine (Ostrofsky ve Rigler 1987) veya tuzluluk (toplam çözünmüş katı madde miktarı > 1000 mg/l) gibi gölün kimyasal özelliklerine (Campbell ve Prepas 1986) bağlı olarak bir değişim ortaya çıkmaktadır. Tahmindeki değişimde başka bir etken ise, sedimentasyon oranının önemli bir belirleyicisi olan dış kaynaklı sediment girişidir. Sedimentler, dibe çökmedikleri takdirde, algelere ulaşan ışığı azaltarak, planktonik alglerin yüksek yoğunlukta gelişimini engellemektedirler (Canfield ve Bachmann 1981).

<sup>1</sup> Ankara Üniv. Ziraat Fak. Su Ürünleri Bölümü-Ankara

<sup>2</sup> Ankara Üniv. Ziraat Fak. Zootekni Bölümü-Ankara



Çizelge 1. Göllerde klorofil-a konsantrasyonu ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) ile toplam fosfor konsantrasyonu ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) ve Secchi derinliği (SD, m) ilişkisine ait modeller

Model	R <sup>2</sup>	Kaynak
Klorofil-a= 0.58 TP+4.2		Ahlgren ve ark. 1988
Klorofil-a= 0.072 [TP] <sup>1.45</sup>		Dillon ve Rigler, 1974
Klorofil-a= 0.61 [TP] <sup>0.69</sup>	0.56	Beveridge, 1984
log(KI-a)= -1.136+1.45 log [TP]	0.65	Dillon ve Rigler, 1974
1/SD= 0.48+0.32 [KI-a]	0.59	Brezonik 1978
log [SD]= 0.94-0.86 log [KI-a]	0.76	Ostrofsky ve Rigler 1987
log [SD]= 4.46-0.38 log [KI-a]	0.42	Hoyer ve Jones 1983

Ayrıca göl suyundaki inorganik katı madde miktarı artışının suyun berraklığını azalttığı, bir birim fosfor için ortalama klorofil konsantrasyonunu düşürdüğü belirtilmiştir (Hoyer ve Jones 1983).

Canfield ve ark. (1984)'e göre, besleyici element-klorofil regresyonlarındaki değişkenliğin bir başka önemli kaynağı, akvatik makrofitlerdir. Zira sualtı makrofitleri fitoplankton gelişimini engelleyebilmektedir.

Mogan Gölü'nde yapılan bir çalışmada, toplam fosfor konsantrasyonundan yararlanarak, klorofil-a'yı tahmin eden bir model geliştirilmiş ve söz konusu özellikler arasındaki korelasyon katsayısı 0.81 olarak bulunmuştur (Pulatsü, 1996).

Bu çalışmada ise, modelin daha karmaşık hale getirilmesi ile klorofil-a tahmininde isabet derecesinin değişip değişmeyeceği ve modele birden fazla değişken alınarak, bu değişkenler arasındaki ilişkilerin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle, konu ile ilgili önceki çalışmalarda ele alınan basit regresyon denklemleri yerine, çoklu regresyon denklemi kullanılmış ve path analiz tekniği ile göl suyuna ait fizikokimyasal özelliklerin görelili etkileri belirlenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Araştırmanın yürütüldüğü Mogan Gölü, Ankara ili sınırları içerisinde, il merkezinden yaklaşık 20 km güneyde 39°47'44" ve 39°47'45" kuzey enlemleri ile 32°46'30" ve 32°49'30" doğu boylamları arasında, deniz seviyesinden 972 m yükseklikte alüvyonal bir set gölüdür.

Ankara'ya yakın en büyük rekreasyon alanı olan gölde, son yıllarda çeşitli kuruluşlar tarafından yapılan araştırmalar, göl suyu özelliklerinin sürekli olarak bozulduğu, göl derinliğinin giderek azaldığı ve özellikle sualtı bitkilerinin gelişiminde aşırı artışlar olduğu sonucunda birleşmişlerdir. Bu sorunların katkısıyla, gölün rekreatif amaçlı kullanımında güçlükler, göl suyunun azot ve fosfor miktarındaki artışlar ve gölde avlanan su ürünleri miktarında yıllara bağlı düşüşler ortaya çıkmıştır (Anonim 1992).

### Yöntem

Araştırma, saha ve laboratuvar çalışması ile istatistiksel değerlendirme olmak üzere üç aşamada yapılmıştır.

Su örnekleri, Mogan Gölünü temsil edecek özellikte seçilen dört istasyondan, 1992 yılında Nisan-Eylül, 1993-1994 yıllarında ise Nisan-Kasım aylarında alınmıştır. Tespit edilen özelliklerden, su sıcaklığı, pH, çözünmüş oksijen, Secchi derinliği değerleri belirlenen istasyonlarda saptanmıştır. Laboratuvara getirilen su örneklerinde ise, elektrik iletkenliği, organik madde, alkalinite, toplam sertlik, kalsiyum sertliği, magnezyum sertliği, amonyak-azotu, nitrit-azotu, nitrat-azotu, toplam fosfor konsantrasyon analizleri APHA (1975)'e göre yapılmış, klorofil-a konsantrasyon değerleri de Strickland ve Parsons (1972)'e göre belirlenmiştir.

Verilerin istatistik değerlendirilmesinde ise, çoklu regresyon ve path analizi kullanılmıştır (Draper ve Smith 1980, Li 1975). Çoklu regresyon analizi uygulanmadan önce, modele girecek özelliklerin seçiminde, bir ön analiz olan değişken eleme metodlarından, en iyi doğrusal kombinasyon (best linear combination) metodu kullanılmış ve ay (bu değişkenin regresyon denkleminde yer alabilmesi için yıllık ay sıralaması dikkate alınarak verilen kodlar analizde kullanılmıştır; Nisan ayı için 4, Mayıs ayı için 5 gibi), Secchi derinliği, pH, kalsiyum sertliği ve toplam fosfor konsantrasyonu bağımsız değişkenler olarak çoklu regresyon denkleminde katılmıştır.

Çalışmada tahmin edilmek istenen, klorofil-a'nın sudaki birçok özellikten doğrudan veya dolaylı olarak etkilenebileceği düşünüldüğünden, kullanılan çoklu regresyon denklemindeki özelliklere path analizi uygulanmıştır. Path analizinde kullanılan model aşağıdaki gibidir.

$$\text{KI-a} = b_1 \text{ Ay} + b_2 \text{ Işık geç.} + b_3 \text{ pH} + b_4 \text{ Ca}^{+2} + b_5 \text{ TF} \quad (1)$$

Ayrıca, path analizinin uyarıldığı denklemindeki Secchi derinliği, pH ve kalsiyum sertliği değerlerinin çoklu regresyon denkleminde kullanıldığı gibi transforme halleri kullanılmıştır. İstatistik değerlendirmede herbir özellikten elde edilen 80 adet ölçüm değeri kullanılmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, 1992-1994 yılları Nisan-Kasım ayları arasında Mogan Gölü'nde tespit edilen 15 adet fizikokimyasal özellik ile, yıl, ay ve derinlik gibi faktörler içerisinde; klorofil-a konsantrasyonu bağımlı değişken olmak üzere, 5 tane de bağımsız değişken ile oluşturulan çoklu regresyon denklemi kullanılmıştır. Denkleme giren özelliklere ilişkin tanıtıcı istatistikler, çizelge 2'de sunulmuştur.

Secchi derinliği, pH ve kalsiyum sertliğinin klorofil-a konsantrasyonu ile olan ilişkileri grafik yardımıyla incelendiği zaman doğrusal ilişkiden saptığı gözlenmiş bu ilişkileri doğrusala dönüştürmek amacıyla bir takım transformasyonlara baş vurulmuştur. Secchi derinliğinin 10 tabanına göre logaritması alınmış, pH değerlerinin karesinin tersi alınmış ve kalsiyum sertliği değerlerinin ise 3., 2. ve 1. kuvvetlerinin alınıp toplanmasından sonra bu toplamın doğal logaritması alınarak regresyon denkleminde kullanılmıştır. Toplam fosfor ve ay değişkenlerinin ise orijinal değerleri kullanılmıştır.



Çizelge 2. Regresyon denkleminde yer alan özelliklerin tanıttıcı istatistikleri

Özellikler	$\bar{x} \pm S_x$	Min.	Max.
Klorofil-a	3.972 ± .238	1.16	9.88
Ay	6.900 ± 0.228	4.00	11.00
Secchi derinliği	2.080 ± 0.076	1.00	3.50
pH	8.8538 ± 0.042	7.87	9.62
Ca <sup>+2</sup> sertliği	19.626 ± 0.517	10.60	28.93
Toplam fosfor kons.	19.72 ± 1.28	4.87	56.91

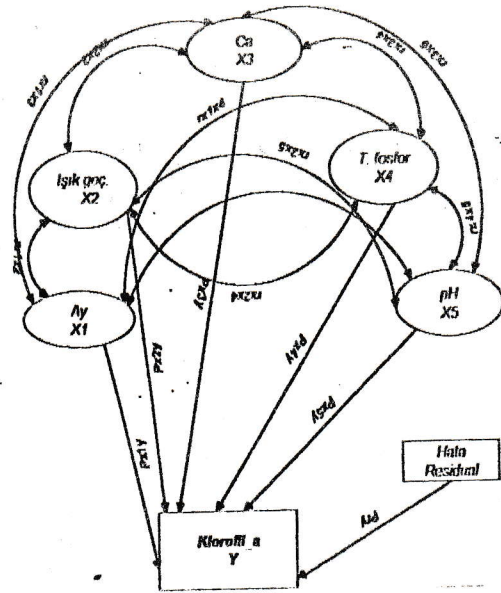
Yukarıda açıklanan transformasyonlar, aşağıda verilen çoklu regresyon denkleminde görünmektedir.

$$Kl-a = 0.14 + 0.29 Ay + 3.82 \cdot \log(\text{Secchi derinliği}) + .12(1/(\text{pH})^2 - 0.77 \ln((Ca)^3 + (Ca)^2 + Ca) + 0.11 T.F \quad (2)$$

Bu denklem yardımıyla yapılacak tahminlerdeki isabet derecesi, yaklaşık olarak %79 bulunmuştur. Bu denklem yardımıyla açıklanamayan kısım ise, yaklaşık %21 olup denkleme alınmayan özelliklerden kaynaklanmaktadır. Bu varyasyona hata varyasyonu adı verilmektedir (Li 1975).

Yukarıda tanımlanan çoklu regresyon denkleminde katılan değişkenlerin, hepsinin denkleme katkısı istatistik olarak önemli bulunmuştur ( $P < 0.01$ ).

Sebeup değişkenlerinin, sonuç değişkeni üzerine doğrudan ve dolaylı etkilerinin ortaya konulması amacıyla path analizi yapılmış ve 5 tane sebeup değişkeninin doğrudan etkilerinin toplamı %58, dolaylı etkilerinin toplam ise %19 olarak tespit edilmiştir. Sebeup değişkenleri ile sonuç ve hata değişkeni Şekil-1 de görünmektedir.



Şekil 1. Beş sebeup değişkeni ile klorofil-a arasındaki path şeması

Path analizinde dikkate alınan, sebeup değişkenleri yardımıyla sonuç değişkeninin açıklanamayan varyasyonu aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$R^2 = P_A^2 + P_B^2 + P_C^2 + P_D^2 + P_E^2 + 2r_{AB}P_A P_B + 2r_{AC}P_A P_C + 2r_{AD}P_D + 2r_{AE}P_A P_E + 2r_{BC}P_B P_C + 2r_{BD}P_B P_D + 2r_{BE}P_B P_E + 2r_{CD}P_C P_D + 2r_{CE}P_C P_E + 2r_{DE}P_D P_E \quad (3)$$

$$R^2 = \% 57.957 + \% 18.625 = \% 76.6 \quad (4)$$

$$1 - R^2 = 1 - \% 76.6 = \% 23.4 \quad (5)$$

Çizelge 3. Sebeup ve sonuç değişkenleri arasındaki korelasyon katsayıları

	Klorofil-a	Ay	Secchi derinliği	pH	Ca <sup>+2</sup> sertliği	TF Kons.
Klorofil-a	1.000					
Ay	0.474	1.0000				
Secchi derinliği	0.3264**	-0.1677	1.0000			
pH	0.1977	-0.1552	0.3120**	1.0000		
Ca <sup>+2</sup> sertliği	-0.2697**	-0.1157	0.1675	0.1895	1.00	
TF Kons.	0.7696**	.4372**	0.1479	0.0223	-0.1151	1.00

\*  $P < 0.05$  \*\*  $P < 0.01$  düzeyinde önemli doğrusal ilişki bulunmuştur.

Sebeup değişkenlerinin doğrudan etkileri (path katsayıları) ve bu özellikler yardımıyla açıklanamayan varyasyondaki payları aşağıdaki gibi bulunmuştur.

Çizelge 4. Sebeup değişkenlerinin toplam varyasyondaki doğrudan etki payları

Özellikler	Path katsayıları	Açıklanamayan varyasyondaki payları (%)
Ay	0.265574	7.053
Secchi derinliği	0.268142	7.190
pH	0.190214	3.618
Ca <sup>+2</sup> sertliği	-0.253152	6.409
TF kons.	0.580407	33.687

Çizelge-4 incelendiği zaman sadece doğrudan etkiler ele alındığında, klorofil-a konsantrasyonundaki varyasyonun büyük bir kısmını toplam fosfordaki varyasyonun açıkladığı, da-ha sonra sırasıyla Secchi derinliği, ay, kalsiyum sertliği ve pH özelliklerinin olduğu belirlenmiştir. Path analizi ile klorofil-a konsantrasyonundaki açıklanamayan varyasyon ise %23.4'tür. Bu varyasyon hata varyasyonu olarak denkleme katılmıştır.

Bu konudaki çalışmalarda, genellikle lineer ve lineer olmayan regresyon denklemleri kullanılmıştır (Bkz. çizelge 1). Ayrıca çizelge-1'den görüldüğü üzere kullanılan denklemler tek değişkenli doğrusal regresyon denklemleridir ve klorofil-a konsantrasyonu tahmininde toplam fosfor konsantrasyonun-



dan, klorofil-a konsantrasyonu tahmininde ise Secchi derinliğinden yararlanılmıştır.

<sup>1</sup>Bu çalışmada, Mogan Gölü'ndeki klorofil-a konsantrasyonunun tahmini için, farklı bir yaklaşım düşünülmüş su gibi oldukça değişken ve özelliklerinin birbirinden etkilenmesi veya birbirinin fraksiyonu olması nedeniyle, bu ilişkileri içeren dolayısıyla tahmindeki isabet derecesinin artmasına olanak sağlayan çoklu regresyon denklemi kurulmuştur (Bkz. denklem 2).

Mogan Gölü'nde, Pulatsü (1996)<sup>1</sup> ya göre, klorofil-a tahminine ilişkin isabet derecesi  $R^2=0.64$  olarak bulunmuş, bu çalışmada yapılan istatistik değerlendirme sonucunda ise klorofil-a varyasyonunun açıklanabilen kısmı yani tahmindeki isabet derecesi daha yüksek ( $R^2=0.79$ ) belirlenmiştir.

Mogan Gölü'ne ait verilere uygulanan path analizi tekniği, birden fazla özelliğin birarada tespit edildiği araştırmalarda kullanılabilir. Çünkü basit regresyon denklemleriyle herbir değişkenin etkisinin belirlenmesi sonucunda bu değişkenlerin bir arada olmasından kaynaklanan varyasyon gözardı edilmektedir. Bu durumda ise, gerçek etkileri ortaya konulamamaktadır.

### Sonuç

Klorofil-a konsantrasyonunun tahminine yönelik çalışmalar, göllerde yoğun alg büyümelerinde etken olmaları nedeniyle azot ve fosfor üzerinde odaklanmıştır. Bu çalışmada ise, sudaki özelliklerin birbirleriyle ilişkilerini de içeren çoklu regresyon denklemini geliştirilmiştir. Bu denklem yardımıyla yapılacak tahminlerdeki isabet derecesi  $R^2 = 0.79$  olarak bulunmuştur.

Göle ilişkin özelliklere uygulanan path analizinde ise ay, Secchi derinliği, pH, kalsiyum sertliği ve toplam fosfor konsantrasyonunun doğrudan etkileri toplamının tahminlerdeki isabet derecesine katkısının yaklaşık %58, dolaylı etkileri toplamının tahminlerdeki isabet derecesine katkısının yaklaşık %19 olduğu bulunmuştur. Doğrudan ve dolaylı etkiler içerisinde yapılan tahminlere, en büyük katkı toplam fosfor tarafından sağlanmaktadır. Bu sonuç, diğer çalışmalarda elde edilen ve genellikle toplam fosforun tek başına ele alındığı basit regresyon denklemlerinin geniş çapta kullanımını desteklemektedir. Ancak bu çalışmada Mogan Gölü'nde klorofil-a'nın tahmininde toplam fosfor konsantrasyonundan başka dört faktörün de payı olduğu ortaya konmuştur. Klorofil-besin elementi modellerinde güvenilirliği artırmak açısından, alg yoğunluğunu doğrudan veya dolaylı etkileyebilecek faktörler gözardı edilmemelidir (Canfield ve ark. 1984, Hoyer ve Jones 1983, Pace 1984).

Bu çalışmada belirlenen (2) numaralı model yardımı ile Mogan Gölüne ait verilerin aylık ortalama değerleri kullanılarak klorofil-a konsantrasyon değerleri tahmin edilmiş ve Çizelge 5'te sonuçlar sunulmuştur. Bu çizelgenin incelenmesinden görüleceği üzere tahmin edilen klorofil-a konsantrasyon değerleri ile ölçüm sonucu elde edilen klorofil-a değerleri birbirleriyle uyum göstermiştir.

Çizelge 5. Özelliklerin aylara göre ortalama değerleri ve klorofil-a konsantrasyonunun çoklu regresyon denklemiyle elde edilen tahmin değerleri,

Aylar	Ortalamalar					
	Klorofil-a (Ölçüm)	Klorofil-a (Tahmin)	Secchi derinliği	pH	Ca <sup>2+</sup>	T.Fosfor
Nisan	3.207	3.131	2.758	8.496	22.9	14.21
Mayıs	2.680	2.973	2.088	8.570	21.13	13.54
Haziran	3.856	3.541	2.237	9.192	16.253	16.42
Temmuz	3.596	3.725	1.500	9.183	19.17	24.78
Ağustos	3.012	2.922	1.492	9.106	18.29	13.14
Eylül	5.849	5.809	2.287	8.731	18.73	26.69
Ekim	7.99	8.735	2.287	8.742	28.44	52.54
Kasım	5.312	5.019	2.250	8.498	22.67	15.54

### Kaynaklar

- Ahlgren, I., Frisk, T. and Kamp-Nielsen, L., 1988 **Empirical and theoretical models phosphorus loading, retention and concentration vs. lake trophic state.** *Hydrobiologica*, 170: 285-303.
- Anonim 1992. **Gölbashi Özel Çevre Koruma Bölgesi Çevre Düzeni Planı. Ön Araştırma Raporu (Taslak).** T.C. Çevre Bakanlığı Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı, Ankara 111 S.
- Apha, 1975. **Standard methods for the examination of water and waste water.** Ondördüncü baskı. John D. Ducas Co., USA, 1193 P.
- Beveridge, M., 1984. **Cage and pen fish farming. Carrying capacity models and environmental impact.** FAO Fish. Tech. Pap., 255, Rome, 131 P.
- Brezonik, P.L., 1978. **Effect of organic color and turbidity of Secchi disc transparency.** *J. Fish. Res. Board Can.*, 35: 1410-1416.
- Campbell, C.E. and Prepas, E.E. 1986. **Evaluation of factors related to the unusually low chlorophyll levels in Prairie Saline Lakes.** *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43: 846-854.
- Canfield, D.E. and Bachmann, R.W. 1981. **Prediction of total phosphorus concentration, Chl-a and Secchi depths in natural and artificial lakes.** *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38: 414-423.
- Canfield, D.E., Shireman, D.E., Colle, W.T., Watkins, C.E., and Maceina, M.J., 1984. **Predictions of chlorophyll-a concentration in Florida Lakes: Importance of aquatic macrophytes.** *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41: 497-501.
- Dillon, P.J. and Rigler, F.H., **The phosphorus-chlorophyll relationship in lakes.** *Limnol. and Oceanogr.*, 19(5): 767-773, 1974.
- Draper, N.R. and Smith, H., 1980. **Applied Regression Analysis.** University of Wisconsin, USA. QA278.2.07 70 P.
- Hoyer, M.W. and Jones, I.R., 1993. **Factors affecting the relation between phosphorus and chlorophyll-a in Midwestern Reservoirs.** *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 40:192:199
- Li, C.C., 1975. **Path analysis.** The Boxwood Press. California, USA.346P.
- Ostrofsky, M.L. and Rigler, F.H., 1987. **Chlorophyll-phosphorus relationships or Subarctic Lakes Western Canada** *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 44: 775-781,
- Pace, M.L. 1984. **Zooplankton community structure but not biomass, influences the phosphorus-chl-a relationship.** *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41: 1089-1096.
- Prepas, E.E. and Trew, D.D., 1983. **Evaluation of phosphorus-chlorophyll relationship for lakes of the Precambrian Shield in Western Canada.** *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 40: 27-35.
- Pulatsü, S., 1996. **Mogan Gölü'nde (Ankara) toplam fosfor ve klorofil-a konsantrasyonu tahmin modelleri üzerine bir çalışma.** II. Uluslararası Su Ürünleri Sempozyumu, 21-23 Eylül, İstanbul.
- Strickland, J.D. and Parsons, T.R., 1972 **A Practical Handbook of Seawater Analysis.** 2nd Edition. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, 167., 310 P.

<sup>1</sup> (a) ile gösterilen varyasyon sebep değişkenlerinin sonuç değişkeni üzerine direk etkileri toplamları,  
 (b) ile gösterilen varyasyon sebep değişkenlerinin sonuç değişkeni üzerine dolaylı etkileri toplamları,  
 © ile gösterilen varyasyon sebep değişkenlerinin sonuç değişkeni üzerine direk ve dolaylı etkileri toplamları,  
 (d) ile gösterilen varyasyon ise sonuç değişkeninde gözlenen ve sebep değişkenleri tarafından açıklanamayan varyasyon olup hata varyasyonu olarak adlandırılır.