EK-11

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ
KESİN RAPORU

RUSLE Teknolojisi ile Eldivan Sarayköy Göleti Su Toplama Havzasına Gelebilecek Sediment Miktarının Tahmin Edilmesi

Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Günay ERPUL

Yardımcı Araştırmacılar;
Doç. Dr. İlhami Bayramin
Yrd. Doç.Dr. Mustafa Başaran
Yrd. Doç.Dr. Melda Dölarslan
Dr. Mümtaz Kibar
Araş. Gör. Ali Uğur Özcan
Araş. Gör. Selen Deviren Saygın
Araş. Gör. Özgür Burhan Timur
Yük. Zir. Müh. Fevziye Ebru Yılman
Yük. Zir. Müh. Salih Aydın
Zir. Müh. Murat Özsayar

Proje Numarası: 07B4347001

Başlama Tarihi: 09.07.2009

Bitiş Tarihi: 09.07.2009

Rapor Tarihi:15.07.2009

Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Ankara - 2009

1. Projenin Türkçe ve İngilizce Adı ve Özetleri

ÖZET

07B4347001

RUSLE Teknolojisi ile Eldivan Sarayköy Göleti Su Toplama Havzasına Gelebilecek Sediment Miktarının Tahmin Edilmesi

Günümüzde ülkesel, bölgesel veya su toplama havzaları ölçeğinde toprak erozyonu şiddeti ve dağılımının belirlenmesi; toprak korumalı tarım sistemlerinin planlanması ve uygulanması açısından önemli bir konu olmuştur. Özellikle baraj ve gölet havzalarında, toprak erozyonuna duyarlı alanların belirlenmesi ve bir su toplama havzasının sürdürülebilirliğini tehdit edebilecek toprak erozyon oranlarının zamansal dağılımının bilinmesi, toprak erozyonunun önlenebilmesi için gerekli koruma önlemlerinin projelendirilmesine yardımcı olacaktır. Bu çalışmada, Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (ETKE/USLE) ve Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (YETKE/RUSLE) ile birlikte Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve jeoistatistiksel yöntemler kullanılarak, Eldivan Sarayköy-II Sulama Göleti su toplama havzasında toprak erozyon haritası çıkarılmıştır. Sonuç olarak, ETKE/YETKE yönteminin yağış ve yüzey akış aşındırma enerjisi, toprak erozyon duyarlılığı, eğim uzunluğu ve dikliği ve bitkisel örtü ve ürün yönetimi değişkenleri hesaplanarak, ilgili su toplama havzasına gelmesi olası ortalama sediment miktarı (ton ha^{-1} $yıl^{-1}$) belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: ETKE/YETKE (USLE/RUSLE) yöntemi, CBS, Jeoistatistik, Toprak Erozyon Haritası, Eldivan Sarayköy-II Göleti

Abstract

07B4347001

Predicting Sediment Proportion In The Catchment Of Eldivan-Sarayköy-II Dam (Çankırı) By The Rusle Methodology

Determination of the severity and distribution of soil erosion by water at the national, regional or watershed scale has recently been an important issue for planning and applying agricultural systems with soil conservation measures. Particularly, in dam and lake catchments detecting the areas susceptible to the soil erosion and quantifying the temporal distribution of the soil loss rates which might risk the sustainability of the catchments will help to design the conversation practices that are necessary to prevent soil from eroding. In this study, by using the Universal Soil Loss Equation (USLE) and the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) along with Geographic Information Systems (GIS) and geo-statistical methods, a soil erosion map of Eldivan Sarayköy-II Dam was obtained. Finally, by the estimation of the rainfall-runoff erosivity factor, soil erodibility factor, slope length and steepness factor and cover management factor of USLE/RUSLE technology, the average amount of sediment (ton ha-1 year-1) to be likely transported by water erosion into the catchment of Eldivan Sarayköy-II Dam was calculated.

Keywords: USLE/RUSLE technology, GIS, Geostatistics, Soil Erosion Map, Eldivan Sarayköy-II Dam.

2. Amaç ve Kapsam

Eldivan Sarayköy-II Sulama Göleti su toplama havzasında, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Jeoistatistik, Uzaktan algılama yöntemleri (UA) ve USLE/RUSLE (ETKE/YETKE) teknolojisi kullanılarak Baraj gölüne gelebilecek sediment miktarı ton ha^{-1} $yıl^{-1}$ olarak belirlenmiş ve haritalandırılmıştır.

ETKE/YETKE yöntemi ülkesel, bölgesel ve havza ölçeğinde, toprak erozyon tehlikesini değerlendirmek için kullanılabilen ve matematiksel eşitliğe dayalı bir yaklaşımdır. İyi bilinen YETKE (Renard et al., 1997), şimdiye kadar geliştirilen modellerden daha yaygın bir şekilde farklı ölçeklerde uygulanabilen ve daha az veri gereksinimi olan bir eşitliktir.

Toprak kayıplarının tahmininde kullanılan Yenileştirilmiş Evrensel Toprak Kayıpları (YETKE/USLE) eşitliğinde değerlendirmeye alınan değişkenler; İklim (R alt değişkeni), aşınmaya karşı toprağın gösterdiği duyarlılık (K alt değişkeni), topografya (LS alt değişkeni), Ürün yönetimi (C alt değişkeni), Toprak ve arazi koruma önlemlerinin varlığı (P alt değişkeni) dir. Bu değişkenlerin Eşitlik 1 de gösterildiği üzere çarpılmasıyla çalışılan alandan meydana gelecek toprak kayıpları tahmin edilebilmektedir.

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \qquad [1]$$

Burada,

A, Yıllık toprak kaybı (t ha^{-1} $yıl^{-1}$); R, Yağış erozyon oluşturma gücünü gösterir sayısal değişken (MJ mm ha^{-1} $saat^{-1}yıl^{-1}$); K, Toprakların erozyona olan duyarlılığını gösterir sayısal değişken (t ha saat ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1}); L, Eğim uzunluğu değişkeni; S, Eğim dikliği değişkeni; C, Bitkisel örtü ve ürün yönetim sayısal değişkeni ve P, Toprak koruma yöntemleri sayısal değişkenidir. Çalışma kapsamında bu değişenler bölge için değerlendirilerek ArcView 3.2 yardımıyla haritalandırılmıştır.

Değişkenlerin elde edilebilmesi için yoğun bir şekilde arazi, laboratuar ve ofis çalışması yürütülmüş olup, aşağıda kısaca detaylandırıldırmış, çalışma ile ilgili daha kapsamlı bilgi Materyal ve Yöntem ile Bulgular ve Tartışma kısımlarında verilmiş olup, Sonuç ve Öneriler başlığı altında havzada meydana gelen toprak kaybı miktarı ton ha^{-1} $yıl^{-1}$ olarak belirtilerek mevcut durum yansıtılmış ve öneriler getirilmiştir.

R alt değişkeni için Çankırı iklim istasyonuna ait toplam ortalama aylık ExI30 değerleri ve SYM (Sayısal Yükselti Modeli) kullanılarak Konumsal R Değişkeni yüzeyi elde edilmiştir. K alt değişkenini belirlemek amacıyla 313 noktadan Jeoistatistiksel yöntem ile toprak örnekleri alınmıştır. Alınan bu örneklerin; tekstür, organik madde, hidrolik geçirgenlik, hacim ağırlığı, toprak yapısı gibi toprak özellikleri laboratuar ortamında belirlenmiştir. LS alt değişkeninin belirlenmesinde Sayısal Yükselti Modeli (SYM) ve Arcview 3.2 "Hidrolojik Akım Birikimi" hesaplama yeteneğinden yararlanılmıştır. C alt değişkeninin hesaplanmasında, arazi pürüzlülüğü, önceki arazi kullanımı, kanopi örtüsü, yüzey örtüsü ve toprak nemi değişkenleri ölçülerek hesaplanılmış ve bu değişkenlerin birbiri ile, Materyal ve Yöntem kısmında belirtildiği üzere çarpılması ile çalışma alanı için C alt değişkeni belirlenmiştir.

P alt değişkeni, bölgede her hangi bir koruma önlemi bulunmadığı için 1 olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, birim zamanda birim alandan yüzey ve parmak erozyonu sonucu oluşan ve ETKE/YETKE yöntemi ile tahmin edilen toprak kayıplarının (ton ha^{-1} $yıl^{-1}$) ne kadarının Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasına ulaştığı, "Sediment İletim Oranı" (SİO) kullanılarak CBS ortamında YETKE-LS alt değişkenleri aracılığıyla hesaplanmaktadır (Eşitlik 2).

$$SIO = \exp\left[-\beta \frac{L_i}{\sqrt{S_i}}\right] \qquad [2]$$

Burada,

SİO, her bir hücre için belirlenmiş sediment iletim oranı, Li, hücre su yolu uzunluğu (m), Si, hücre eğimi (%) ve β, akım ve sediment taşınım süreçlerine bağlı olarak geliştirilen eşitlik katsayısıdır. Detaylı bilgi Materyal ve Yöntem bölümünde yer almaktadır.

Özetle bu çalışmada, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasına gelebilecek sediment miktarı, Eş. [1]'de verilen ETKE/YETKE yöntemi ile hem CBS hem de jeo-istatistiksel yaklaşımlar bir araya getirilerek tahmin edilmiştir. İlk önce her bir ETKE/YETKE değişkeni ve alt-değişkeni bir haritalama yüzeyi olarak elde edilmiş ve CBS tabanlı ArcINFO araçları kullanılarak ETKE/YETKE-A haritası hazırlanmıştır.

Bu, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasında, farklı iklim, toprak, topografya ve arazi kullanımı ve örtüsünden dolayı oluşan farklı toprak kayıplarının (ton ha^{-1} $yıl^{-1}$) alansal dağılımını gösteren bir niceliksel toprak erozyon tahmin haritasıdır. Havzada toprak-su koruma mühendislik önlemleri alınmadığı varsayılarak (P = 1), toprak kaybı (ETKE/YETKE-A) değeri aşağıdaki eşitlik ile belirlenmiştir (Eş. [3]):

$$ETKE/YETKE - A = RK(LS)[(PLU)(CC)(SC)(SR)(SM)](SIO) \qquad [3]$$

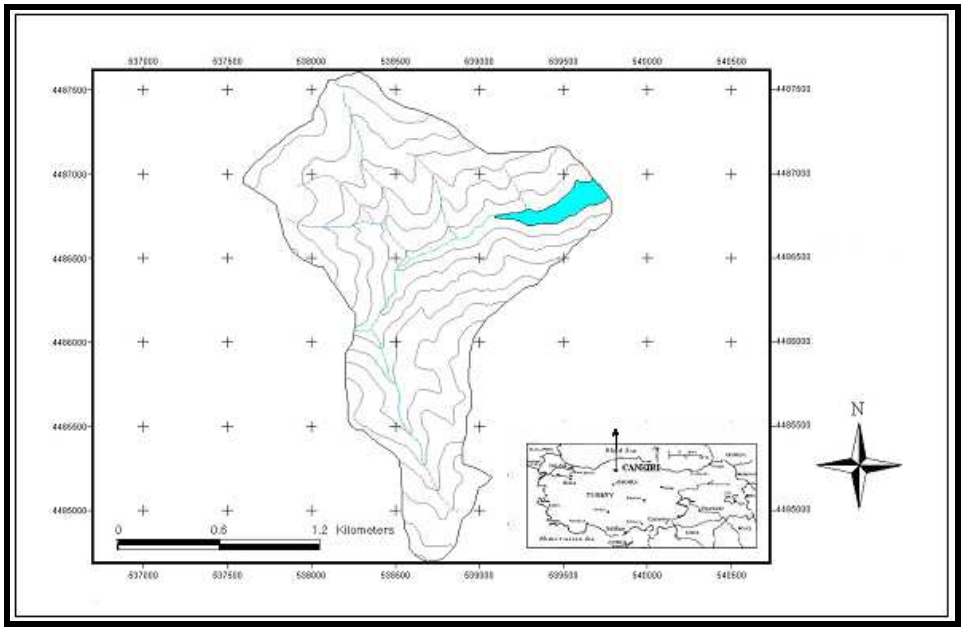
Eş. [3]'de verilen değişkenler, her bir haritalama birimine ait sırasıyla yağış erozyon oluşturma gücü (MJ mm ha^{-1} $saat^{-1}y^{-1}$), toprak erozyon duyarlılık (t ha saat ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1}), eğim uzunluğu ve dikliği, ürün ve ürün yönetimi alt değişkenleri olarak önceki arazi kullanımı, kanopi örtüsü, yüzey örtüsü, yüzey pürüzlülüğü ve toprak nemi değişkenleri ile sediment iletim oranını ifade etmektedir.

3. Materyal ve Yöntem

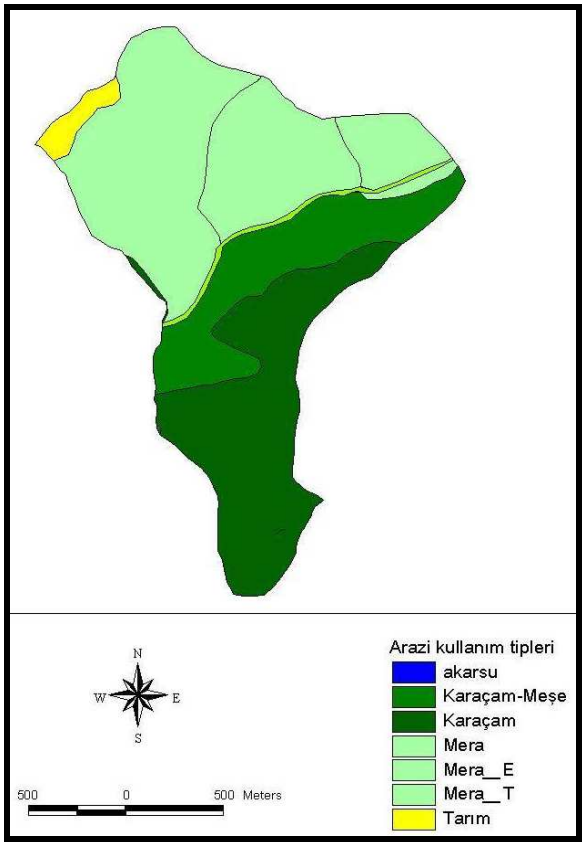
3.1. Materyal

3.1.1 Çalışma alanı

Çankırı ili Eldivan ilçesinin 3 km batısında Kale Sırtı ile Pehlivanarkası sırtı arasında, Sakatçayı Deresi üzerinde sulama amacıyla yapılan Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası, yaklaşık olarak 2.8 km^2'lik (280 ha) bir alana sahiptir. Çalışma alanının sınır yer belirteçleri ve topografik haritası Şekil 1' de verilmiştir. Kil çekirdekli toprak dolgu tipinde yapılan sulama barajının en yüksek su depo hacmi 600.000 m^3 ve en yüksek göl alanı 48.200 m^2'dir. Su toplama havzasında orman ve mera olmak üzere iki farklı arazi kullanımı görülmektedir. Su toplama havzasının arazi kullanım tipleri Şekil 2 de gösterildiği üzere; Karaçam Ormanı, Bozuk Karaçam-Meşe Ormanı, Mera, Mera-E (Erozyon etkisinde) ve Mera-T (Erozyon tehdidi nispeten daha az), Akarsu Tabanı ve Tarım'dır. Bunların kapladığı alanlar sırasıyla 79,24 ha (%29,47), 49,35 ha (%18,35), 17,21 ha (%6,40), 77,14 ha (%28,69), 41,35 ha (%15,38), 3,95 ha (%1,40) ve 0.59 ha (%0,21)' dir. Baskın arazi tipleri orman (%47,82) ve mera (%50,47) olurken, tarım alanları havzada oldukça sınırlıdır ve yok denecek oranlardadır.



Şekil 1. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası sınır yer belirteçleri ve topografik haritası

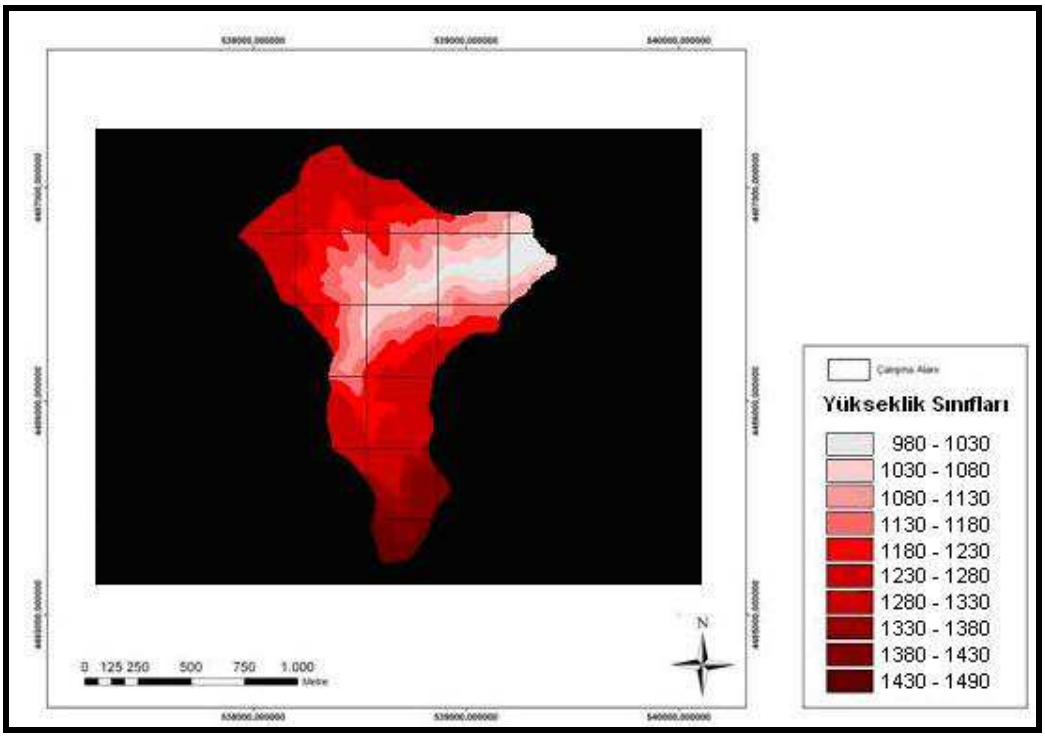


Şekil 2. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasının arazi kullanım haritası

Eldivan coğrafi konumu itibariyle; doğuda Çankırı İli, batıda Şabanözü İlçesi, kuzeyde Korgun İlçesi, güneyde Ankara' nın Kalecik İlçesi ile çevrili durumdadır. İlçenin güneyinde bulunan Eldivan Dağı 1854 m yüksekliğinde olup, bölgenin en önemli yaylasıdır. İç Anadolu step iklimi ile Batı Karadeniz iklimi arasındaki geçiş bölgesinde (Erinç, 1962) olan çalışma alanının yıllık toplam yağışı 491.2 mm olup ortalama sıcaklığı 10.4 ^{o}C' dir (Anonim, 2007). Araştırma alanında, jeolojik formasyonlar Neojen ve Kretaseye ait metamorfik ve volkanik fasiyesler oluşturur. Doğu ve batısında Neojene ait maruk tabakalı kalkerler yer alır. Kuzeyde kretaseye ait kalker ve andezitler; Güney batıda ise serpantin çoğunluktadır (Anonim, 1988). Araştırma alanı ülkemizin üç büyük flora alanlarından İran-Turan flora bölgesinde, Davis' in kareleme sistemine göre A4 karesi içinde yer almaktadır. Buradaki orman kuşağında, Orta Anadolu steplerinin çevresinde yaygın halde görülen Meşeler karaçam ormanlarıyla birlikte bulunmaktadır (Şekil 2). Orman alt florası ise daha çok İrano-Turanian florasına ait bireylerden oluşmaktadır (Atalay 1983). Araştırma alanı bitki örtüsü Karaçam (Pinus nigra subps. Pallasiana Arnold.), Sarıçam (Pinus sylvestris L.), Meşe (Quercus sp.), Ardıçlar (Juniperus sp.), Söğüt (Salix sp.), Ihlamur (Tilia sp.), Alıç (Crateagus sp.), Titrek Kavak (Populus sp.), Akçaağaç (Acer negundo L.), Ahlat (Pyrus elaeagnifolia Palas.), Karaçalı (Paliurus spinachristi Miller.), Fındık (Corylus sp.), Kiraz (Cerasus avium L.), Elma (Malus sp.) ve yer yer Ceviz (Juglans sp.) ağaçlarından oluşmaktadır (Göl ve Dengiz, 2007).

Eldivan Sarayköy I ve II Göletlerinin toplam su toplama havzaları yaklaşık olarak 13.8 km^2 alana sahiptir. Sakatçayı Deresi üzerinde Sarayköy-I Göleti, 11 km^2 su toplama havzası ve 332.900 m^3 su tutma kapasitesiyle 20 yıl önce yapılmıştır; fakat bu süre içerisinde gölete taşınan sediment ile

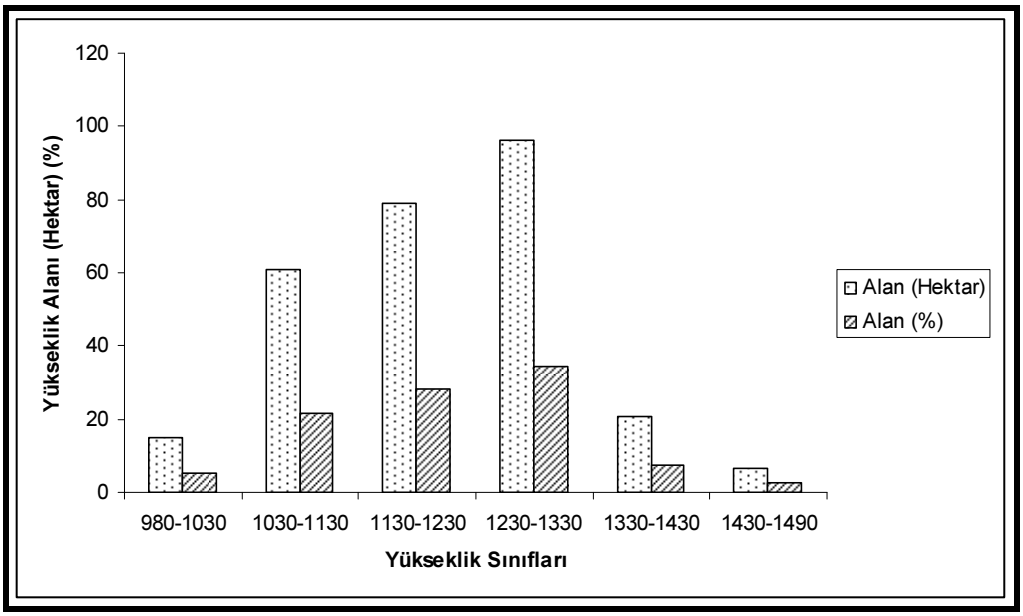
ömrünü doldurmuştur. Yeni göletin yapılmasıyla, artık eski gölet erozyonu engellemek için bir seki bendi görevini almıştır. Çalışma alanının yükseklik haritası Şekil 3' de verilmiştir. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasının en düşük kısmını oluşturan gölet mansap kısmının yüksekliği 980 metre olup, en yüksek kısmı 1496 metredir. Şekil 4' de verilen yükseklik sınıflarının alansal dağılımı ise Çizelge 1'de verilmiştir. Yükseklik sınıflarını incelediğimizde, 1230-1330 metreler arası yükseklikteki alan yüzdesi %34,58'dir. Sırasıyla 980-1030; 1030-1130; 1130-1230; 1230-1330; 1330-1430 ve 1430-1490 arasındaki sınıfların alansal yüzdeleri %5,34; 21,81; 28,38; 34,58; 7,45 ve 2,44'dir. Bu % alansal dağılımlar bir sütun grafiği ile Şekil 4' de verilmiştir.



Şekil 3. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasının yükseklik haritası

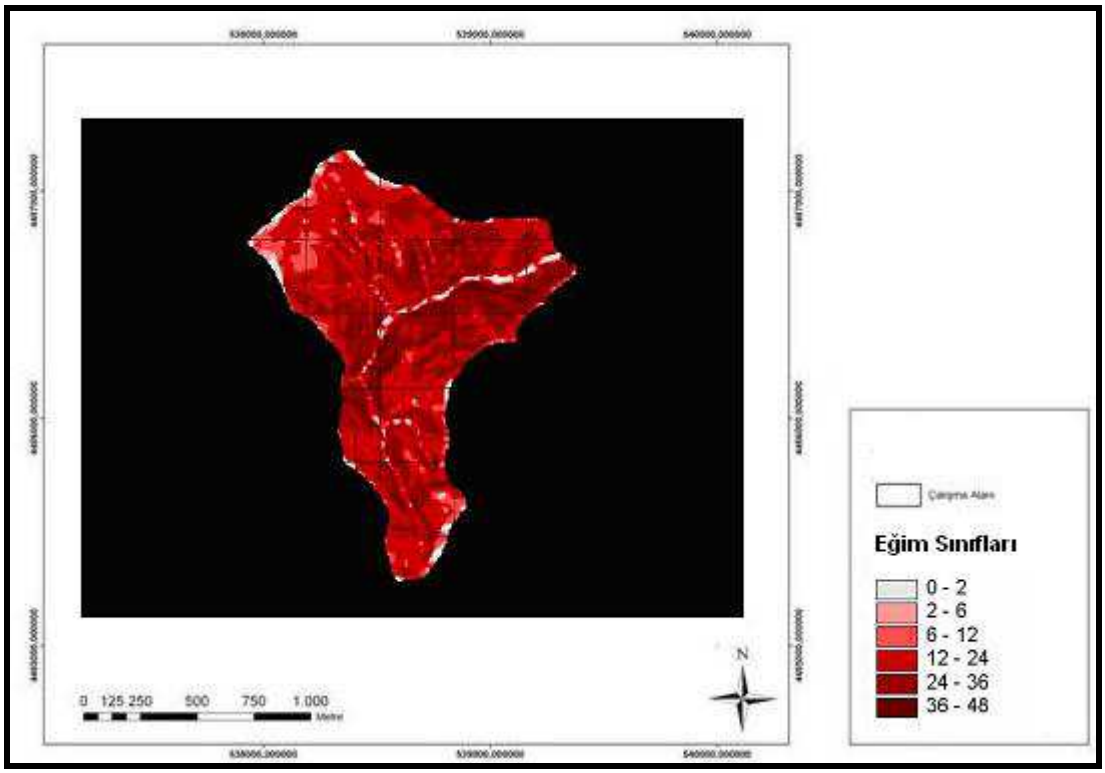
Çizelge 1. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası yükseklik sınıflarının alansal dağılımı (%)

Yükseklik Sınıfları	Alan (ha)	% ha
980-1030	14,85	5,34
1030-1130	60,70	21,82
1130-1230	78,96	28,38
1230-1330	96,22	34,58
1330-1430	20,72	7,45
1430-1490	6,79	2,44
Toplam	278,24	100



Şekil 3. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası yükseklik sınıflarının alansal dağılımı (%)

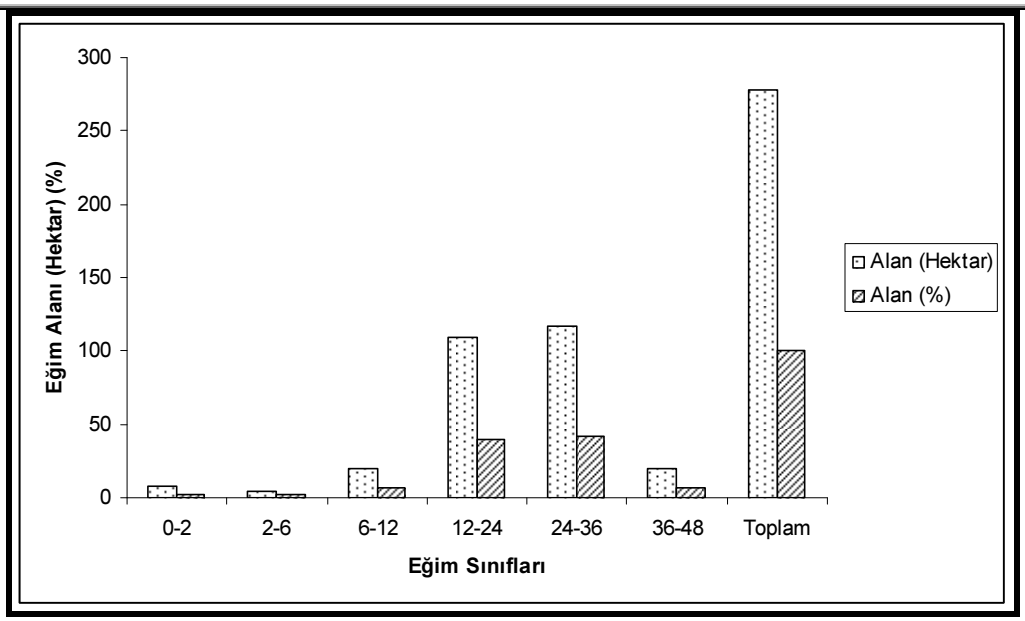
Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası eğim haritası Şekil 5' de verilmiştir. Bu haritada eğim %0-2, 2-6, 6-12, 12-24, 24-36 ve 36-48 aralıklarında sınıflandırılmıştır. Şekil 5'den görüldüğü üzere, çalışma alandaki eğimler %0-48 arasında değişim göstermektedir. Havzada dik eğime sahip alanlar çok fazla bulunmaktadır. Özellikle %12-24, 24-36 ve 36-48 sınıflarında eğime sahip alanların yüzde oranları sırasıyla %39,29, 42,10 ve 7,16'dır ve toplamları ise % 88,55'dir. Diğer yandan, %0-2, 2-6 ve 6-12 eğim sınıfları ise sırasıyla %2,63, 1,68, ve 7,14 oranlarında eğime sahiptir. Bu sınıfların toplamı ise sadece %11,45'dir (Çizelge 2 ve Şekil 5). Özetlenecek olursa, yaklaşık olarak çalışma alanının %11'i düz, hafif ve orta düzeyde eğime sahip iken, %89'luk kısmı dik, çok dik ve aşırı eğim sınıflarında bulunmaktadır. Bu durumda, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasının topografik olarak erozyona oldukça duyarlı olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Sırasıyla 0-2. 2-6. 6-12. 12-24. 24-36. ve 36-48 arasındaki sınıfların alansal yüzdeleri %2,63; 1,68; 7,14; 39,29; 42,10 ve 7,16'dir. Bu % alansal dağılımlar bir sütun grafiği ile Şekil 6' da verilmiştir.



Şekil 4. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası eğim haritası

Çizelge 2. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası eğim sınıflarının % dağılımları

Eğim Sınıfları	Alan (ha)	% ha
0-2	7.32	2.63
2-6	4.67	1.68
6-12	19.87	7.14
12-24	109.32	39.29
24-36	117.13	42.10
36-48	19.93	7.16
Toplam	278.24	100.00



Şekil 5. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası eğim sınıflarının alansal dağılımı (%)

3.2. Yöntem

Amaç ve kapsam kısmında da kısaca değinildiği ve Eşitlik 1'de tanımlandığı üzere, çalışma yöntemi olarak ETKE/YETKE erozyon tahmin teknolojisi kullanılmıştır (Wishcmeier and Smith, 1978; Renard et al., 1997).

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \qquad [1]$$

Burada,

A, Yıllık toprak kaybı (t ha^{-1} $yıl^{-1}$); R, Yağış erozyon oluşturma gücünü gösterir sayısal değişken (MJ mm ha^{-1} $saat^{-1}yıl^{-1}$); K, Toprakların erozyona olan duyarlılığını gösterir sayısal değişken (t ha saat ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1}); L, Eğim uzunluğu değişkeni; S, Eğim dikliği değişkeni; C, Bitkisel örtü ve ürün yönetim sayısal değişkeni ve P, Toprak koruma yöntemleri sayısal değişkenidir.

Eş. [1]' de, sadece R ve K değişkenleri birimleştirilmiştir ve diğer değişkenler birimsizdirler. Ayrıca, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasında Eş. [1] ile toprak kayıplarının belirlenmesinde, toprak-su koruma mühendislik önlemleri alınmadığı kabülüne dayanılarak, P = 1 koşulu esas alınmıştır. Aşağıda, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasına gelebilecek toprak miktarının (A, t ha^{-1} $yıl^{-1}$) tahmin edilmesinde kullanılan ETKE/YETKE bağımsız değişkenlerinin elde edilmesi yöntemleri sırasıyla verilmiştir.

3.2.1 Yağış erozyon oluşturma gücü (ETKE/YETKE-R)

Çalışma havzasının konumsal ETKE/YETKE-R yüzeyinin hazırlamasında, çalışma alanının Sayısal Yükselti Modeli kullanılmıştır (Foster et al., 1981). Havzada yüksekliğe bağlı yağış değişimleri Eş. [4] göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır (Toy and Foster, 1998):

$$R_y = R_r\left(\frac{P_y}{P_r}\right)^{1,75} \qquad [4]$$

Burada,

Ry, R değişkeni bilinmeyen konum için düzeltilmiş R değeri; Rr, R değişkeni bilinen referans istasyonun R değeri; Py, R değişkeni bilinmeyen konumun ortalama yıllık yağışı (mm) ve Pr, R değişkeni bilinen referans istasyonun ortalama yıllık yağışıdır (mm).

Eş. [4], her 300 m'lik yükseklik artışının 50 mm'lik bir yağış artışına neden olacağı varsayımı ile çözülmüştür. Ayrıca, Kaya (2008) tarafından güncellenen Türkiye YETKE-R haritası Çankırı iklim istasyonu YETKE-R değeri referans R değeri (Rr, MJ mm ha^{-1} $saat^{-1}$ y^{-1}) olarak alınmış ve hesaplamalarda kullanılmıştır. Kaya (2008), uzun dönem düzenli yağış ölçümlerinin yapıldığı 252 adet meteoroloji istasyonunun günlük yağış verilerini kullanarak, 1993 – 2004 yılları arasında oluşan her bir yağışın enerjisi ve şiddeti hesaplanmıştır ve ülke ölçeğinde yağış enerji ve şiddetlerinden YETKE-R değişkeni belirlenmiştir. 1993 – 2004 yılları arasındaki günlük yağış verilerinden hesaplanılan Çankırı iklim istasyonuna ait toplam ExI30, ortalama aylık ExI30, % ExI30, eklenik ExI30 ve en yüksek ExI30 değerleri Çizelge 4' de verilmiştir.

Çizelge 3' deki her bir YETKE-R indislerinin hesaplanması aşağıda verilmiştir. İncelenilen yağışın birim alandaki toplam enerjisi (ET, MJ ha-1) Eş. [5] ile hesaplanmıştır:

$$E_T = \sum_{i=1}^{n} E_i \qquad [5]$$

Burada,

"n" incelenilen yağıştaki değişim aralığının sayısıdır. Bunun yanında YETKE - R, yağış toplam enerjisi (ET, MJ ha^{-1}) ile o yağışın 30 dakikalık en yüksek yağış şiddetinin çarpımına eşittir (I30, mm $saat^{-1}$) (Eş. [6]):

$$R_i = E_T x I_{30} \qquad [6]$$

Yağış şiddetinin hesaplanılması Eş. [7] ile yapılmıştır:

$$i_r = \frac{d_{p_r}}{d_{t_r}} \qquad [7]$$

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Yıl Sayısı	-	-	-	4	12	12	10	12	12	10	-	-	YILLIK
Toplam ExI30	-	-	-	795	2455	861	703	1078	1559	1067	-	-	8519
Ort. Aylık ExI30	-	-	-	199	205	72	70	90	130	107	-	-	872
% ExI30	-	-	-	23	23	8	8	10	15	12	-	-	100.00
Eklenik ExI30	-	-	-	23	46	55	63	73	88	100	-	-	
En Yüksek ExI30	-	-	-	211	219	170	109	123	150	116	-	-	219

Burada,

dpr, yağışın derinliği (mm); dtr, yağışın süresi (sa) ve ir, yağışın şiddeti (mm sa^{-1})' dir.

Çizelge 3. Çankırı iklim istasyonuna ait toplam ExI30, ortalama aylık ExI30, % ExI30, eklenik ExI30 ve en yüksek ExI30 değerleri (1993–2004) (Kaya, 2008).

YETKE-R, bir yıl içerisinde oluşan her bir erozyona neden olabilecek yağışın R değerinin toplamından oluşur (Eş. [8]):

$$R_y = \sum_{i=1}^{m} R_i = \sum_{i=1}^{m} \left(E_T x I_{30}\right)_i \qquad [8]$$

Burada,

"m" yıl içerisinde oluşan ve hesaplama koşullarını sağlayan yağış sayısıdır. Böylece Ry'ın birimi MJ ha^{-1} mm $saat^{-1}$ $yıl^{-1}$'dır. Aynı şekilde, aylık toplamlar göz önünde bulundurularak aylık YETKE-R değerleri elde edilmiştir. Uzun yıllar ortalaması olarak YETKE-R değerleri ise Eş. [9] ile hesaplanmıştır:

$$R = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{N} \left[\sum_{i=1}^{m} \left(E_T x I_{30}\right)_i \right] \qquad [9]$$

Çizelge 3'de açık bir şekilde görüleceği üzere, Çankırı iklim istasyonunda yıl içerisinde erozyon oluşturan yağışların yaklaşık olarak %46'sı Nisan ve Mayıs aylarında, %26'sı Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında ve %27'si Eylül ve Ekim aylarında düşmektedir. Diğer yandan, Kasım, Aralık,

Ocak, Şubat ve Mart aylarında ise, erozyon oluşturan yağışlara rastlanmamaktadır. Çizelge 3' de verilen ortalama aylık ExI30 değerlerinden yarım aylık ExI30 değerleri Eş. [10] ve Eş. [11] ile hesaplanmıştır (Çizelge 4).

$$EI_1 = EI\left(\frac{0.75(EI-1)+0.25(EI+1)}{(EI-1)+(EI+1)}\right) \quad [10]$$

$$EI_2 = EI\left(\frac{0.25(EI-1)+0.75(EI+1)}{(EI-1)+(EI+1)}\right) \quad [11]$$

Burada,

EI, ilgilenilen ay için Çizelge 3' den okunulan EI değeri; EI-1, ilgilenilen aydan bir önceki ay için Çizelge 3' den okunulan EI değeri; EI+1, ilgilenilen aydan bir sonraki ay için Çizelge 3' den okunulan EI değeri; EI1 ve EI2, ilgilenilen ayın ilk ve ikinci yarısı için hesaplanılan EI değerleridir.

Çizelge 4. Çankırı iklim istasyonuna ait ortalama yarım aylık ExI30 değerleri

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
M	-	-	-	199	205	72	70	90	130	107	-	-	872
EI1 değerleri			0	50	126	45	33	38	62	80	0	0	434
EI2 değerleri			0	149	78	27	37	52	68	27	0	0	438
EI1+EI2			0	199	205	72	70	90	130	107	0	0	872

3.2.2 Toprak erozyon duyarlılığı (ETKE/YETKE-K)

Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası topraklarının erozyona göstermiş olduğu duyarlılık, Wischmeier et al. (1971) tarafından geliştirilen toprak erozyon duyarlılık eşitliği (Eş. [12] ve [13]) kullanılarak belirlenmiştir. Bu eşitlikler ile ETKE/YETKE-K değişkeni "t ha saat ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1}" birimlerinde hesaplanmıştır. Yüzde olarak belirlenen kum, çok ince kum, silt, kil ve organik madde ile toprak yapı sınıfları ve toprak su geçirgenlik sınıfları, bu eşitliklerin bağımsız değişkenlerini oluşturmaktadır.

$$ETKE/YETKE-K = \frac{2{,}1x10^{-4}(12-OM)M^{1{,}14} + 3{,}25(s-2) + 2{,}5(p-3)}{7{,}59x100} \quad [12]$$

Bu eşitlikteki M ise, Eş. [13] ile ifade edilmektedir:

$$M = (\%Silt + \%Çokincekum)(100 - \%Kil) \quad [13]$$

Burada,

OM, organik madde %' si; s, toprak yapı sınıfı (Soil Survey Manual, 1951); p, toprak geçirgenlik sınıfı (Soil Survey Manual, 1951) ve K' nın birimi ton ha h ha^{-1} MJ mm^{-1}' dir.

Araştırmada Jeoistatistik kullanılarak toplanan 313 adet yüzey toprağının yapısı arazide belirlenirken, hacim ağırlığı (Blake and Hartge, 1986), bünye (Bouyoucous, 1951), organik madde (Jackson, 1958) ve hidrolik geçirgenlik (Klute and Dirksen, 1986) analizleri laboratuvarda yapılmıştır.

Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası ETKE/YETKE-K değişkeni için noktasal yüzey toprak örnekleme (0 – 20 cm) noktaları Ek 1'de verilmiştir. Bu örneklerin yer belirteçleri ise Ek 2' de yer almaktadır. Noktasal olarak belirlenen ETKE/YETKE-K değişkenleri, SPSS 2000 istatistik paket programında genel istatistik özellikleri açısından değerlendirilmiş ve Kolmogorov-Smirnov testi ile dağılımın normalliği test edilmiştir.

Daha sonra bu veriler kullanılarak, GS+7 jeo-istatistik programı ile deneysel yarı-variyogramları üretilmiş ve ETKE/YETKE-K'nin Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasındaki konumsal dağılımı en uygun teorik model ile temsil edilmiştir.

Jeo-istatistiksel yaklaşımlar ile variyogram eşitlik ve değişkenleri belirlenmiştir. Deneysel yarı-variyogram eşitlik 14 ile Journel and Huijbregts (1978) ve Trangmar et al. (1987)'a göre hesaplanmıştır:

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad [14]$$

Burada,

$z(x_i)$, örnek değerini ve $N(h)$, örnekler arasındaki mesafeyi göstermektedir. Belirlenen eşitlik değişkenleri ve örnekleme noktalarının yer-belirteçleri ile ETKE/YETKE-K verileri ArcView 8.3' e aktarılarak, ETKE/YETKE-K değişkenine ait kestirim haritası oluşturulmuştur.

3.2.5 Eğim uzunluğu ve dikliği değişkeni (ETKE/YETKE-LS)

ETKE/YETKE yönteminde, diğer bağımsız değişkenler sabit tutulduğunda (R, K, ve C), eğim uzunluğu ve dikliğindeki artışlar ile birim alanda oluşacak toprak kayıplarının (A, t ha^{-1}) artacağı kabul edilmiştir.

Niceliksel olarak eğim uzunluğu (l, m) ve eğim dikliği (s, %) değişkenleri, ETKE/YETKE' de sırasıyla birimsiz L ve S değişkenleri ile temsil edilmektedir. L değişkeni birimsiz olarak Eş. [15] ile hesaplanmaktadır (Wischmeier and Smith (1965, 1978)).

$$L = \left(\frac{\ell}{22,13} \right)^{m} \qquad [15]$$

Burada,

l, "metre" olarak eğim uzunluğunu ifade eder ve "m" üs değeri ise, arazi eğimine (s) bağlı olarak farklı değerler almaktadır; öyle ki, s ≤ %3 olduğunda, m = 0,3; s = %4 olduğunda, m = 0,4 ve s ≥ %5 ise, m= 0,5'dir. Aynı şekilde, birimsiz olarak eğim dikliği değişkeni (S) ya Eş. [16] ya da Eş. [17] ile hesaplanmaktadır (Wischmeier and Smith (1965, 1978).

$$S = \frac{0,43 + 0,30s + 0,043s^2}{6,613} = 0,0650 + 0,0454s + 0,0065s^2 \qquad [16]$$

$$S = 65,4\sin^2\theta + 4,56\sin\theta + 0,065 \qquad [17]$$

Burada,

Eğim dikliği (s) birimi % iken, Eş. [17]'de eğim dikliği (θ) birimi "Radyan"dır.

ETKE/YETKE yönteminde eğim uzunluğu, yüzey akışın oluştuğu noktadan itibaren, eğimin azaldığı ve toprak birikmesinin başladığı veya yüzey akışın bir çevirme kanalına boşaldığı noktaya kadar olan yatay mesafe olarak tanımlanır (Wischmeier ve Smith 1978; Renard et al., 1997). Gerçekte ETKE/YETKE-LS değişkeni, diğer koşulların aynı olduğu düşünüldüğünde, herhangi bir uzunluğa ve eğime sahip bir alandan oluşan toprak kayıplarının, 22,13 m uzunluğunda ve % 9 eğimi olan bir parseldeki toprak kaybına oranını ifade etmektedir. 22,13 m uzunluğunda ve % 9 eğimli parselin ETKE/YETKE-LS değeri 1' dir (Wischmeier and Smith 1978) (Şekil 3.11).

ETKE/YETKE yöntemi ile Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasına gelebilecek sediment miktarının tahmin edilmesinde, ETKE/YETKE-LS değişkeni, ETKE/YETKE-R ile ETKE/YETKE-LS arasındaki etkileşimleri göz önünde bulundurarak ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri kullanılarak elde edilmiştir. Burada, ETKE/YETKE-LS değişkeni, Eldivan Sarayköy II Göleti su toplama havzasının "Sayısal Yükseklik Modeli" (SYM) ve Arcview 3.2 "Hidrolojik Akım Birikimi" hesaplama yeteneği aracılığıyla elde edilmiştir. ETKE/YETKE-LS değişkeni, eşitlikler [15], [16] ve [17]'in CBS uyarlaması olan Eş. [18] ile belirlenmiştir (Moore and Burch 1986a, 1986b):

$$\text{ETKE/YETKE - LS} = \left(\frac{\chi\eta}{22,13} \right)^{0,4} \cdot \left(\frac{\sin\theta}{0,0896} \right)^{1,3} \qquad [18]$$

Burada,

χ, yüzey akış yoğunlaşma sayısını; η, hesaplama yapılan hücrelerin büyüklüğü ve θ, eğim dikliğini (o) vermektedir. Bu şekilde ETKE/YETKE-LS, sadece eğim uzunluğu ve dikliğine göre değil, aynı zamanda toprak yüzeyinde meydana gelmesi beklenen akışı da dikkate alarak elde edilmiştir. Çalışma alanının yüzde eğimi SYM kullanılarak hesaplanmış ve eğim uzunluğu her bir piksel için sabit değer olarak 15 m alınmıştır. (Ogawa et al 1997).

3.2.6 Bitkisel örtü ve ürün yönetimi (ETKE/YETKE-C)

Hem ETKE hem de YETKE' de C değişkeni, ürün yetiştirme ve yönetim uygulamalarının erozyon üzerine etkilerini yansıtmak için kullanılmaktadır ve yönetim seçeneklerinin toprak koruma planlarına olan göreli etkilerini karşılaştırmak amacıyla kullanılan bir etmendir. ETKE/YETKE-C değişkeni, koruma planlarının ortalama yıllık toprak kayıplarını nasıl etkilediğini ve toprak kaybı potansiyelinin inşaat işlevleri, ürün münavebeleri veya diğer yönetim uygulamaları veya tasarımları esnasında zamansal olarak nasıl dağılım gösterdiğini belirlemeye çalışır.

ETKE/YETKE' deki diğer değişkenlerin çoğunda olduğu gibi, C değişkeni, bir ölçekten sapma kavramına dayandırılmıştır. Bu durumda kabul edilen ölçek, anızsız devamlı nadas koşulları altındaki bir parseldir. Bu şu anlama gelir: arazi yüzeyi tamamıyla temizlenmiş ve üzerinde hiçbir artık ve örtünün bulunmadığı devamlı nadas koşulları geçerlidir. Öyle ise, "Toprak Kaybı Oranı" (TKO = SLR = Soil Loss Ratio) gerçek koşullar altındaki toprak kayıplarının temel alınan ölçek koşullarda meydana gelen toprak kayıplarına oranının bir hesabıdır (Eş. [19]).

$$TKO = \frac{A_C}{A_N} \qquad [19]$$

Burada,

A_C, herhangi bir bitkisel örtü yönetimi altında oluşan toprak kaybı (ton ha^{-1} $yıl^{-1}$) ve A_N, anızsız devamlı nadas koşulları altında oluşan toprak kaybı (ton ha^{-1} $yıl^{-1}$)' dır.

Wishmeier (1975) ve Mutchler et al. (1982) tarafından yapılan çalışmalar, ürün ve yönetiminin toprak kayıpları üzerindeki genel etkisinin bir seri alt değişkenler ile ifade edilebileceğini göstermiştir. YETKE'de bu yöntem, Laflen et al. (1985) ve Weltz et al. (1987) tarafından değiştirilen şekli ile kullanılır. Bu yaklaşımdaki önemli değişkenler, önceki ürün ve yönetimi etkileri, bitkisel kanopi örtüsü ile toprak yüzeyinin korunması, yüzey bitkisel örtüsü ve yüzey pürüzlülüğü etkisi ile erozyondaki azalma ve bazı durumlarda, düşük toprak nem içeriğinin düşük şiddetli yağışlar sonucu yüzey akışlardaki azalmalar üzerine etkisidir. YETKE' de bu değişkenlerin her biri alt-değişken olarak sayısal değerlere tahsis edilir ve bu sayısal değerler, TKO' i elde etmek için birbirleri ile çarpılır. ETKE/YETKE yöntemi ile Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasına gelebilecek sediment miktarının tahmin edilmesi çalışmasında kullanılan ETKE/YETKE-C değişkeni eşitliği, Eş. [20]' de gösterilmiştir.

$$EYKE/YETKE\text{ - }C = PLU \times CC \times SC \times SR \times SM \qquad [20]$$

Burada;

PLU: Önceki Arazi Kullanımı Alt-değişkeni, CC: Kanopi Örtüsü Alt- değişkeni, SC: Yüzey Örtüsü Alt- değişkeni, SR: Yüzey Pürüzlülüğü Alt- değişkeni, SM: Toprak Nemi Alt- değişkenidir.

Göreli olarak bir dengeye ulaşmış doğal mera, otlak ve ormanlık gibi bitki örtüsüne sahip arazi kullanımları için, TKO değerlerini hesaplamada kullanılan fiziksel değişkenler zamanla çok yavaş bir şekilde değişebilir; bu yüzden, hesaplanılan TKO değerleri de çok az değişir. Bu durumlarda, tüm yılı temsil eden tek bir ortalama TKO değerine dayalı bir C değişkeni hesaplamanın yeterli olduğu düşünülmüştür.

Bu çalışmada her bir alt değişkenin nasıl belirlendiği Bölüm 3.2.6.1' de detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

3.2.6.1 Önceki arazi kullanımı alt-değişkeni (PLU)

Önceki arazi kullanımı alt-değişkeni, önceden yetiştirilen bitkilerin hem toprak erozyonu hem de toprak sıkışması üzerine olan etkilerini açıklamayı amaçlar. Bu etkiler aşağıdaki Eş. [21] ile ifade edilir:

$$PLU = C_f \cdot C_b \cdot \exp\left[\left(-c_{ur} \cdot B_{ur}\right) + \left(c_{us} \cdot B_{us} / C_f^{c_{uf}}\right)\right] \quad [21]$$

Burada,

PLU, önceki arazi kullanımı alt-değişkeni (0 ile 1 arasında değişiklik gösterir); C_f, toprak yüzeyi sıkışma etmeni; C_b, toprak-altı bitkisel artıklarının toprak sıkışmasındaki göreli etkinliği; Bur, toprağın üst birkaç cm derinliğinde bulunan canlı ve ölü köklerin ağırlığıdır ($M\ L^{-2}\ L^{-1}$) (= lb $acre^{-1}$ in^{-1}) (birim derinlikte ve birim alandaki canlı ve ölü köklerin ağırlığı); Bus, toprağın üst katmanlarına karıştırılan artıkların ağırlığı ($M\ L^{-2}\ L^{-1}$) ve C_{uf}, yüzeye karıştırılan artıkların etkinliği üzerine toprak sıkışmasının etkisini temsil eder. c_{ur} ve c_{us} ise yüzey altı artıklarının etkilerini gösteren sabitelerdir.

Yukarıda belirtildiği üzere Eş. [21], artık yönetimi ile toprak sıkışması arasındaki karşılıklı etkileşimleri açıklayan bir eşitliktir. Doğal olarak artık yönetimi ile hem erozyona neden olan süreçlerin, parçalanma-sıçrama erozyonu, yüzey erozyonu ve parmak erozyonunun önlenmesi hem de toprak fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. Öyle ki, artık yönetimi ve toprak sıkışmasının erozyon üzerine etkileri sadece su geçirgenliği üzerine değil, toprakların erozyona olan duyarlılıkları üzerine de olmaktadır. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasında sadece mera ve orman alanları bulunduğu (Şekil 2) ve bir önceki bitkinin yüzey artıkları üst toprak ile karıştırılmadığı için, ki bu durumda $B_{us} = 0$ olacağından, Eş. [21] aşağıdaki şekilde ifade edilerek (Eş. [22]) PLU hesaplamalarında kullanılmıştır.

$$PLU = C_f \cdot C_b \cdot \exp\left[\left(-c_{ur} \cdot B_{ur}\right)\right] \quad [22]$$

Böylece bir önceki bitkinin yüzey üstü artıklarının etkisi değil, yalnızca arta kalan toprak-altı canlı ve ölü köklerinin etkisi göz önünde bulundurulmuştur.

Sırasıyla her bir değişkenin fiziksel anlamları ifade edildiğinde, C_f değişkeni, toprak işleme-kaynaklı yüzey toprağı hacim ağırlığındaki değişimlerinin toprak erozyonu üzerine etkisini açıklar. Toprak işleme, toprak kümelerinin dağılmasına neden olur ve toprak erozyon duyarlılığını yükseltir.

Bu, bozulmamış topraklara sahip mera ve otlaklardaki veya "0-toprak işlemeli" tarımsal yönetimlerdeki çok daha düşük toprak kaybı ile açıkça gözlenmiştir. Dissmeyer and Foster (1981)' in çalışmalarına dayandırılarak, yeni işlenmiş toprak koşullarında C_f değeri 1'dir. Buradaki varsayım, işlemeden sonra toprak, erozyona karşı en duyarlı halde bulunmaktadır. Eğer toprak bozulmadan bırakılırsa, bu değer üssel olarak 7 yıl içerisinde veya kullanıcı tarafından belirlenen diğer bir zaman dilimi içerisinde 0,45 değerini alır. Bu şu anlama gelir: PLU ile ilgili olarak, toprak bozumları en fazla olduğunda $C_f = 1$, toprak işleme hiç olmadığında ise $C_f = 0{,}45$ olacaktır. Daha önce belirtildiği gibi, Eldivan Sarayköy II Göleti su toplama havzasında tarımsal işlevlerden dolayı toprak işlemeler veya toprak bozmaları olmadığından, Eş. [22] ile PLU hesaplamalarında $C_f = 0{,}45$ olarak alınmıştır.

C_b, ve C_{ur}, katsayıları yüzey-altı biokütlesinin erozyonu düşürmedeki göreli etkinliğini tanımlamaktadırlar. ,

Bu değerler, Van Liew and Saxton (1983) bilgileri, Tarım El Kitabı 537 (Wischmeier and Smith, 1978)' ndaki değerleri ve toprak-işlemesiz tarım denemelerinin geniş bir serisinden toplanan çok sayıdaki veri-setinin bilgileri kullanılarak elde edilmişlerdir. Bu analizler, $C_b = 0.951$ ve $c_{ur} = 0.00199$ acre in lb^{-1} olduğunu göstermiştir.

Yukarıdaki eşitlikler (Eş. [21] ve [22] "Amerikan Birim Sistemi"nde (U.S. Customary System) verilmiştir. Bu birimleri "Uluslararası Birim Sistemi"ne (International System of Units = SI) çevirmek için aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır:

$$\frac{\text{in}}{\text{cm}} = \frac{1}{2{,}54} = \frac{6}{2{,}54\text{x}6} = \frac{6}{15{,}24} \qquad [23]$$

$$\frac{\text{acre}}{\text{m}^2} = \frac{1}{401280} \qquad [24]$$

$$\frac{\text{da}}{\text{m}^2} = \frac{1}{1000} \qquad [25]$$

$$\frac{\text{acre}}{\text{da}} = \frac{1}{401{,}280} \qquad [26]$$

$$\frac{lb}{kg} = \frac{1}{0,4536} \qquad [27]$$

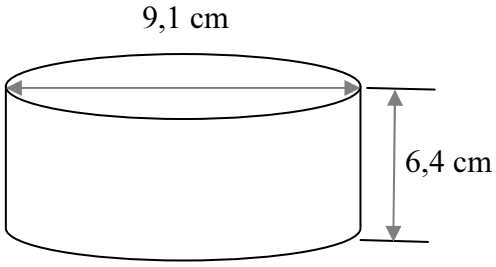
Yukarıdaki eşitliklerin sadeleştirilmiş şekli ise Eş. [28]' de verilmiştir.

$$B_{ur}(MS) = \alpha B_{ur}(AS) \qquad [28]$$

Burada,

B_u(MS) metrik sistemde B_u değeri (kg da^{-1} cm^{-1}) ve B_u(AS) Amerikan birim sistemindeki B_u değeridir (lb $acre^{-1}$ in^{-1}) ve α değeri ise 4,45 x 10-4'dür.

Havzada, toprağın üst birkaç cm derinliğinde bulunan canlı ve ölü köklerin ağırlığı, B_{ur}, (M L-2 L-1 = kg da-1 cm-1) (Eş. [22]) aşağıda Şekil 6' da boyutları verilen örnekleme kabı ile ölçülmüştür. Ek olarak, arazideki örnekleme anı Şekil 7' de gösterilmiştir.



Şekil 6. Yüzey toprağında birim alanda ve birim derinlikte bulunan canlı ve ölü köklerin ağırlığının (B_{ur}, kg da^{-1} cm^{-1}) ölçüldüğü bozulmamış örnek kabı

Şekil 6. Yüzey toprağında birim alanda ve birim derinlikte bulunan canlı ve ölü köklerin ağırlığının (Bur, kg da^{-1} cm^{-1}) belirlenebilmesi için arazide örnek alınması

Şekil 6' de belirtildiği şekilde, birim alanda (~260 cm^2 = 0,026 m^2) ve birim derinlikte bulunan canlı ve ölü köklerin ağırlığı 6,4 cm' lik bir derinlik için ölçülmüştür. Halbuki ETKE/YETKE-C yöntemi, PLU değerlerinin üst 20 cm' lik toprak derinliği için belirlenmesini gerekli kılar. Alınan ölçümün ilk 10 cm' lik derinliği temsil ettiği düşünülürse, 10 cm derinlikten daha derin toprakta bulunan canlı ve ölü köklerin ağırlığı, 0 – 10 cm derinlikteki kök ağırlığının % 80'ni alarak hesaplanır (Eş. [29]) (Renard et al., 1997).

$$B_{ur\,(10-20)} = 0{,}80 \cdot B_{ur\,(10-20)} \qquad [29]$$

Burada,

$B_{ur}(10 - 20)$, 10 ile 20 cm arası toprak derinliğindeki B_{ur} değeri ve $B_{ur}(0–10)$, 0 ile 10 cm arası toprak derinliğindeki B_{ur} değeridir.

3.2.6.2 Kanopi örtüsü alt-değişkeni (CC)

Kanopi örtüsü, toprak yüzeyinden belirli yüksekliklerdeki bitkilerin oluşturduğu örtü anlamına gelmektedir. Diğer bir deyişle, toprağa değmeyen ve doğrudan toprak yüzeyinde olmayan bir örtüdür. Öyle ki, böyle bir örtü altında, özellikle yağmur damlaları doğrudan toprak yüzeyine çarpmadan önce kanopi tarafından tutulur; toprak yüzeyine aktarılacak yağış enerjisi önemli ölçülerde kanopi tarafından azaltılabilir. Bir kanopi örtüsünün toprak yüzeyine aktarılacak yağış enerjisinde yapacağı azalma, o örtünün veya bitkisel kanopinin etkinliğini açıklar. Açıktır ki, sonuçta örtü tarafından tutulan yağmur damlalarının çoğunluğu toprak yüzeyine ulaşacaktır, ama önemli oranlarda hızı kesilen yağmur damlalarının yüzeye çarpma enerjisi, herhangi bir bitki örtüsü ile engellenilmeyen koşullardaki enerjisinden çok daha az olacaktır. Örtü ile tutulan yağmur damlaları daha az enerjiye sahip daha küçük su zerreciklerine ayrışarak, ya yaprak kenarlarından ya da bitki gövdesinden düşük enerjiler ile toprak yüzeyine çarparlar. ETKE/YETKE-C' de kanopi örtüsü etkinliği Eş. [30] ile verilir:

$$CC = 1 - F_c \cdot \exp\left(-0.1 \cdot H\right) \qquad [30]$$

Burada,

CC, kanopi örtüsü alt-değişkeni $0 < CC \leq 1$; Fc, kanopinin arazi yüzeyini kaplama oranı (%) ve H, yağmur damlalarının kanopiye çarptıktan sonra sahip oldukları düşme (düşü) yüksekliğidir (ft) (Eş. [31]).

$$\frac{\text{feet}}{\text{metre}} = \frac{1 \cdot \text{foot}}{0.3048} \qquad [31]$$

Eş. [30], bir kanopinin kapladığı alan oranında yağışı kesintiye uğratacağı ve terminal hızı ile değişik çaplarda düşen damlaların örtü ile tutulduktan sonra, 0,1 in (=2,54 cm)' lik bir tekdüze çap ile H yüksekliğindeki örtüyü terk-ettiği kabulüne dayandırılmıştır (Wischmeier and Smith, 1978). Quinn

and Laflen (1983), bitki gövdesinden düşen damla büyüklüklerinin Wischmeier and Smith (1978) tarafından farz edilen büyüklüklerden önemli ölçülerde farklı olduğunu bulmalarına karşın, Eş. [30]' da verilen ilişkinin mısır için tatmin edici olduğunu belirtmişlerdir.

Diğer araştırıcılar ise, farklı bitkilerin farklı etkileri olduğunu belirtmişlerdir (Armstrong and Mitchell, 1987, 1988; Finney, 1984; Haynes, 1940).

Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası Karaçam ve bozuk Karaçam-Meşe ormanlarında, kanopinin arazi yüzeyini kaplama oranı (Fc, %) ve ağaç boyları arazide doğrudan ölçülerek (Şekil 8), ETKE/YETKE-C kanopi örtüsü alt-değişkeni (CC) Eş. [30] ve [31] ile hesaplanmıştır.

Şekil 8. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası karaçam ve bozuk karaçam-meşe ormanlarında, 200 m^2'lik örnekleme alanları kullanılarak ağaçların boyları, çapları ve kapalılıklarının ölçülmesi

3.2.6.3 Yüzey örtüsü alt-değişkeni (SC)

Kanopi örtüsü ile karşılaştırıldığında, bitkisel yüzey örtüleri doğrudan yüzeyde toprak ile temas halinde olan örtülerdir. Yüzey örtüleri, yüzey akışların taşıma kapasitesini önemli bir biçimde düşürür (Foster, 1982; Laflen, 1983) ve yağmur damlasının doğrudan etkisine maruz kalacak yüzey alanını azaltır.

Belki de, tek başına TKO değerlerini belirleyen en önemli etmendir. Özet olarak yüzey örtüsü, toprak yüzeyi ile doğrudan temasta bulunan bitki artığı, kaya parçaları ve diğer erozyona dirençli materyalleri içerir (Simanton et al., 1984; Box, 1981; Meyer et al., 1972). ETKE/YETKE' de toprak erozyonu üzerine yüzey örtüsünün etkisi Eş. [32] ile verilir:

$$SC = \exp\left[-b \cdot S_p \cdot \left(\frac{0{,}24}{R_u} \right)^{0.08} \right] \qquad [32]$$

Burada, SC, yüzey örtüsü alt-değişkeni; b, bir deneysel katsayı; Sp, yüzey örtüsü ile kaplı alanın

yüzdesi ve Ru, yüzey pürüzlülüğü (in)' dür."b" değeri, toprak erozyonunu düşürmede yüzey örtüsünün etkinliğini gösterir. Laflen et al. (1980) ve Laflen and Colvin (1981), sıra bitkileri için "b" değerlerinin 0,030 ile 0,070 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Dickey et al. (1983), küçük taneli tahıllar üzerinde gerçekleştirdikleri yapay yağmurlama çalışmalarında "b" değerlerinin 0,024 ile 0,032 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Ancak, küçük taneli hububatlar için "b" değerleri 0,050 olarak kullanılmaktadır. Simanton et al. (1984), 0,039'luk bir "b" değerini yüzey altı biyokütlesinin hemen hemen değişmez olduğu mera ve otlak koşulları için önermişlerdir.

Eş. [32]' de Sp değerleri %sayı olarak kullanılmaktadır; yani Sp değerleri [sayı/100] olarak kullanılmamaktadır. 0,24 in (0,6096 mm) ise herhangi bir arazide görülebilecek en küçük pürüzlülük değerini vermektedir. Ru üzerinde, yüzey pürüzlülüğü alt-değişkeni (SR) konusu işlendiğinde ayrıntılı olarak durulacağından, bu bölümde fazla bilgi verilmemiştir.

Yüzey örtüsü ile kaplı alanın yüzdesi (Sp) ile yüzeydeki ürün artığının kuru ağırlığı (Bs lb acre^{-1}) (kg da^{-1}) arasındaki bağıntı Gregory (1982) tarafından verilmiştir (Eş. [33]):

$$S_p = \left[1 - \exp\left(-\alpha \cdot B_s\right)\right] \cdot 100 \qquad [33]$$

Burada, Sp, yüzde artık örtüsü; α, bir artık parçası tarafından yüzeyde kaplanılan alanın bu artık ağırlığına oranıdır (acre lb^{-1}) (da kg^{-1}) ve Bs, yüzeydeki ürün artığının kuru ağırlığıdır (lb acre^{-1}) (kg da^{-1}).

Çizelge 5' de, alışıla-gelen bazı bitkilerin artık parçaları yüzey kaplama alanlarının, bunların artık ağırlığına oranları (acre lb^{-1}) (da kg^{-1}) verilmiştir. Bu çalışmada, orman-altı örtüleri ve mera örtüsü için 0,00055 acre lb^{-1} (= 0,49 kg da^{-1}) değeri kullanılmıştır. Çizelge 5' deki değerler, Alberts et al. (1989), Ghidey et al. (1985), Gregory (1982), Gregory et al. (1985), Larson et al. (1978) ve National Research Council (1975), U.S. Department of Agriculture (1990), and U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service (1991)'den alınmıştır.Çizelge 5. Alışılagelen bazı bitkilerin yüzey artıkları için "α" değerleri (Renard et al., 1997)

Bitki	"α" (acre lb^{-1})	Bitki	"α" (acre lb^{-1})
Yonca – kaba yonca	0,00055	Sorgum	0,00036
Bromotu	0,00055	Soya fasulyesi	0,00059
Mısır	0,00038	Ayçiçeği	0,00024
Pamuk	0,00022	Tütün	0,00036
Yulaf	0,00059	Buğday (yazlık)	0,00059
Yer fıstığı	0,00030	Buğday (kışlık)	0,00059
Çavdar	0,00055		

Eğer herhangi bir arazide birden fazla çeşitte artık var ise, elde edilecek yüzde toplam yüzey örtüsü Eş. [34] ile hesap edilir:

$$S_p = \left\{1 - \exp\left[-\sum_{i=1}^{N}(\alpha_i \cdot B_{si})\right]\right\} \cdot 100 \qquad [34]$$

Eş. [34]' de; N, artık çeşit sayısı ve αi, karşılaşılan her bir artık çeşidinin kapladığı alanın ilgili artığın ağırlığına oranıdır.

Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasında, orman-altı örtüsü ve mera yüzeyindeki artıkların ağırlığı (Bs, kg da^{-1}), 40 x 40 cm büyüklüğünde ve tel örgülü çerçeveler ile ölçülmüştür (Şekil 9). Örneklenen artıklar laboratuar koşullarında kurutulmuş ve Bs değerleri elde edilmiştir. Sonuçta, Eş. [32] ve [33] yardımıyla ETKE/YETKE-C-SC alt-değişkeni hesaplanmıştır.

Şekil 9. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası orman-altı örtüsü ve mera yüzeyindeki artıklar ağırlıklarının ölçülmesi

3.2.6.4 Yüzey pürüzlülüğü alt-değişkeni (SR)

ETKE/YETKE' de gelişi-güzel pürüzlülük, arazi eğimi ve tesadüfi olmayan toprak işleme izlerinden (karıklar, tarım aletleri ve pulluk izleri) kaynaklanan yüzey değişimleri göz önüne alınmaksızın, yüzey yükseltilerinin standart sapması olarak tanımlanır (Allmaras et al., 1966). Cogo et al., (1984), yüzey pürüzlülüğünün doğrudan toprak erozyonunu etkilediğini göstermişlerdir, ve dolaylı olarak da, artık (örtü) etkinliği üzerine etkileri ile, ki daha önce "yüzey örtüsü alt-değişkeni" (SC) için verilen Eş. [32]' de gösterildiği şekilde, erozyona tesir etmektedir.

Pürüzlü bir yüzey, birçok çukurluklar (depresyon) ve engellere sahiptir. Herhangi bir yağış anında, bu çukurluklar su ve sediment tutar. Böylece benzer koşullar altında, pürüzlü yüzeylerde düz

yüzeylere oranla daha yavaş erozyon oranları oluşur. Aynı zamanda yüzey pürüzlülüğünü artırmak, akış hızını düşürerek yüzey akışların taşıma kapasitesi ve toprak parçalama gücünü de azaltır.

Toprak pürüzlülüğü ve kesekliliği kabuk oluşumunun derecesi ve hızını da etkilemektedir. Pürüzlü ve kesekli bırakılan topraklar, genellikle daha yüksek infiltrasyon (toprak su geçirgenliği) oranlarına sahiptir. Çok ince bir şekilde parçalanılan (un-ufak edilen) topraklar ise çoğunlukla daha düz yüzeylere sahiptir, diğer bir deyişle pürüzsüzdür. Bu topraklar hızlı bir şekilde kabuk oluşturular ve düşük infiltrasyon oranlarına sahiptirler (Sumner and Stewart, 1992).

Gelişi-güzel pürüzlülük değerleri, yüzey bozulmalarının (toprak işleme amaçlı yüzey işlevlerinin) çeşit ve derecesine bağlı olarak değişiklik gösterir. Ayrıca, belirli bir toprak işleme uygulaması için pürüzlülük koşulları, önceki toprak işleme, işleme hızı ve tarla koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterebilir.

Yüzey pürüzlülüğünün erozyon üzerine etkisinin tanımlanmasında şu temel koşul dikkate alınır: Bitki örtüsü tamamıyla temizlenmiş ve orta yoğunluktaki yağışlara maruz kalma ile toprak yüzeyinin düzlendiği birim parsel koşulları için SR = 1 olur. Bu koşullar yaklaşık olarak gelişi-güzel pürüzlülüğün 0,24 in (0,6096 cm = 6 mm)'lik değerini verir. Bu, bazı uygulamalar için SR değerlerinin 1'den büyük olmasını mümkün kılar. Bu koşullarda, rototiller işlemeleri veya kuru nadas koşulları altında siltli tın toprakların devamlı işlenmesinde olabileceği gibi, toprak çok ince olarak un-ufak edilir (toprak işleme ile çok küçük parçacıklara ayrıştırılır; un-ufak hale getirilir) ve çok küçük gelişi-güzel pürüzlülüğe neden olacak şekilde düzlenir. Devamlı toprak bozmaları ile daha pürüzlü yüzeyin bırakıldığı koşullar için (örneğin, devamlı otlatmanın yapıldığı mera koşulları için), 0,24 in (= 6 mm) değeri kullanılmaktadır. Toprağın un-ufak edildiği bu koşullar dışında, toprak işlemeler sonrasında bırakılan pürüzlülüğün yağmur damlaları etkisiyle düzlendiği kabul edilir; eklemeli yağış artarken gelişi-güzel pürüzlülük 6 mm değerine yaklaşır. Yağmur damlası etkisiyle pürüzlülüğün yok olması, yani toprak yüzeyinin düzlenmesi, Onstad et al. (1984) tarafından geliştirilen eşitlik ile tanımlanır (Eş. [35]).

$$D_r = \exp\left[\frac{1}{2}\left(-0{,}14 \cdot P_t\right) + \frac{1}{2}\left(-0{,}012 \cdot EI_t\right)\right] \qquad [35]$$

Eş. [35]' de; D_r, birimsiz pürüzlülük azalma (yok olma) katsayısı; P_t, en son yapılan toprak işlemeden (tüm alansal yüzeyde yapılan bozmalar) sonraki toplam yağış miktarı (inch) ve EI_t, aynı işlevden sonraki toplam EI değeridir.

Dr değerleri, hiç yağmur almayan toprak yüzeyi için 1,0 ile geniş ölçüde yağmur alan ve büyük ölçüde pürüzlülüğünü kaybetmiş yüzey için 0,0 değeri arasında üssel olarak değişiklik gösterir.

Eğer başlangıç pürüzlülük R_i (inch) olarak tanımlanırsa, halihazırdaki toprak işlemeden önceki yüzey pürüzlülüğü (R_u) Eş. [36] ile tanımlanır:

$$R_u = 0{,}24 + \left[D_r\left(R_i - 0{,}24\right)\right] \qquad [36]$$

Burada, R_u inch olarak elde edilir.

Birçok tarla toprak işleme uygulamaları sadece toprak yüzeyinin bir kısmını etkilediği için, Ru değeri, o anda bozulmayan arazi yüzeyinin de pürüzlülüğüdür. Tarla toprak işlemelerinden etkilenen arazi kısımları için pürüzlülüğün, toprağın en üst 4 in'lik (10 cm) kısmında bulunan yüzey-altı biokütlesinin bir bağıntısı olduğu belirlenmiştir. Bu bağıntı Eş. [37] ile tanımlanmaktadır.

$$R_a = 0{,}24 + (R_t - 0{,}24)\{0{,}8[1 - \exp(-0{,}0012 \cdot B_u)] + 0{,}2\} \qquad [37]$$

Eş. [37]' de; Ra, biokütle düzeltmesinden sonraki pürüzlülük (inch); R_t, ilk toprak işleme pürüzlülüğüdür (inch) ve B_u, toprağın toplam yüzey altı biokütle miktarıdır (lb $acre_{-1}$ in_{-1}) ($Bu = B_{ur} + B_{us}$).

Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasının %98,29' u orman ve mera arazilerinden oluştuğu için ve havzada tarımsal amaçlı toprak işlemeler yapılmadığı için, bu çalışmada gelişi-güzel pürüzlülük (R_u) değerinin 6 mm (= 0,24 in) olduğu varsayılmıştır (Renard et al., 1997).

3.2.6.5 Toprak nemi alt-değişkeni (SM)

Toprağın herhangi bir zamanda içerdiği nem (önceki toprak nemi), su geçirgenliği ve yüzey akışlar üzerinde ve dolayısıyla toprak erozyonu üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Genel olarak, önceki nem etkileri, devamlı olarak işlenen nadas parsellerinin doğal bir unsurudur ve bu etkiler yıl boyunca toprağın erozyona duyarlılığındaki değişimler ile yansıtılır. Karasal iklimlerde, çoğunlukla toprak nemi, erozyonun büyük bir kısmının oluştuğu ilkbahar ve erken yaz aylarında yüksektir. Bu yüzden, bitkili parsellerdeki önceki toprak nemi, toprak duyarlılık etmeninin elde edildiği devamlı işlenen nadas koşullarındaki ile paralellik gösterir ve sonuçta, toprak nemindeki değişimler için herhangi bir düzeltme yapılmaz.

Kuru tarım bölgelerinde (Austin, 1981) bitki gelişim evrelerindeki toprak nemi, ürün münavebesi ve yönetimine bağlı olarak değişim gösterir. Bu koşullarda kışlık buğday, ya bir önceki kışlık buğdaydan veya daha sığ köklü bir üründen ya da yaz nadasından sonra ekilir. Eğer münavebede tam bir yıllık nadas kullanılıyor ise, bir önceki kış boyunca depolanan nemin bir kısmı toprak profilinde muhafaza edilir. Bu özellikle etkili bir artık yönetim sistemi kullanıldığında çok daha geçerlidir. Özetlenecek olursa, SM yıl boyunca toprak nemindeki değişimleri yansıtmak amacıyla kullanılır. Yaz aylarındaki toprak nemi azalması, bitki köklenme derinliğine ve toprak derinliğine bağlı olarak değişir; toprak neminin yeniden depolanması ise, yağış miktarı ve yine toprak derinliğine bağlıdır.

Eğer toprak profili tarla kapasitesinde veya buna yakın ise, SM = 1,0' dir ve devamlı nadas parselindeki neme eşdeğer olarak kabul edilir. Toprak profilindeki nem içeriği, 6 ft (1,8 metre) derinlikte solma noktasına yakın olduğunda, SM değeri 0,0' dır, ki bu durumda yüzey akış ve

erozyon beklenilmediğini işaret eder. SM kış boyunca Ekim 1' den Mart 31' e kadar yükselir. Kuru toprağın yağışlı dönem süresince nem ile yeniden beslenmesi (R) aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir (Eş. [38]):

$$R = 0{,}5 + 0{,}062 \times (P - 10) \quad [38]$$

Burada,

R, toprak yeniden nem besleme oranıdır (%). R = 1 olduğunda SM = 1 ve toprak tarla kapasitesinde nem içermektedir. P ise yıllık yağış miktarıdır (inch). Eş. [38], $10 \leq P < 18$ olduğu koşullar için gereklidir ve $P \geq 18$ olduğunda ise, R = 1'dir.

Toprak nemi alt-değişkenini hesaplamak amacıyla kullanılan farklı ürünlerin yetişme dönemi boyunca "toprak nemi tüketim oranları" (D, %) Çizelge 6' da verilmiştir.

Çizelge 6. Yetişme dönemi boyunca farklı ürünlerin toprak nemini tüketme oranları

Ürün	Nem tüketim oranı (D, %)
Kışlık buğday ve diğer derin köklü ürünler	1,00
Yazlık buğday ve arpa	0,75
Yazlık bezelye ve mercimekler	0,67
Sığ köklü ürünler	0,50
Yaz nadası	0,00

Toprak nemini tüketme oranının 1,00 olması, ürün yetiştirme döneminde topraktaki tüm nemin bitki tarafından kullanıldığı anlamına gelmektedir.

Bu çalışmada ETKE/YETKE-C-SM alt-değişkenin belirlenmesinde, alınan toprak örneklerinin tarla kapasitesi (SM = 1,0) değerleri kullanılmıştır. Toprak örnekleri bünye (%kum, silt and kil), organik madde (%OM) ve hacim ağırlığı (HA, Mg m^{-3}) analizleri ile her bir toprak örneğinin tarla kapasitesi nem içeriği (θp, sayı/100), Eş. [39] kullanılarak hesaplanmıştır (Saxton et al., 1986).

$$\theta_p = a + b(\%kum) + c(\%silt) + d(\%kil) + e(\%OM) + f(HA) \quad [39]$$

Eş. [39] ile verilen doğrusal çoklu (polinomiyal) regresyon parametreleri Rawls et al. (1982) tarafından Çizelge 7 ile verilmiştir. Eş. [39]' de, "a katsayısı" doğrusal çoklu regresyonun y-eksenini kestiği noktanın sayısal değeri olup, "b, c, d, e ve f katsayıları" sırasıyla kum, silt, kil, OM ve HA'

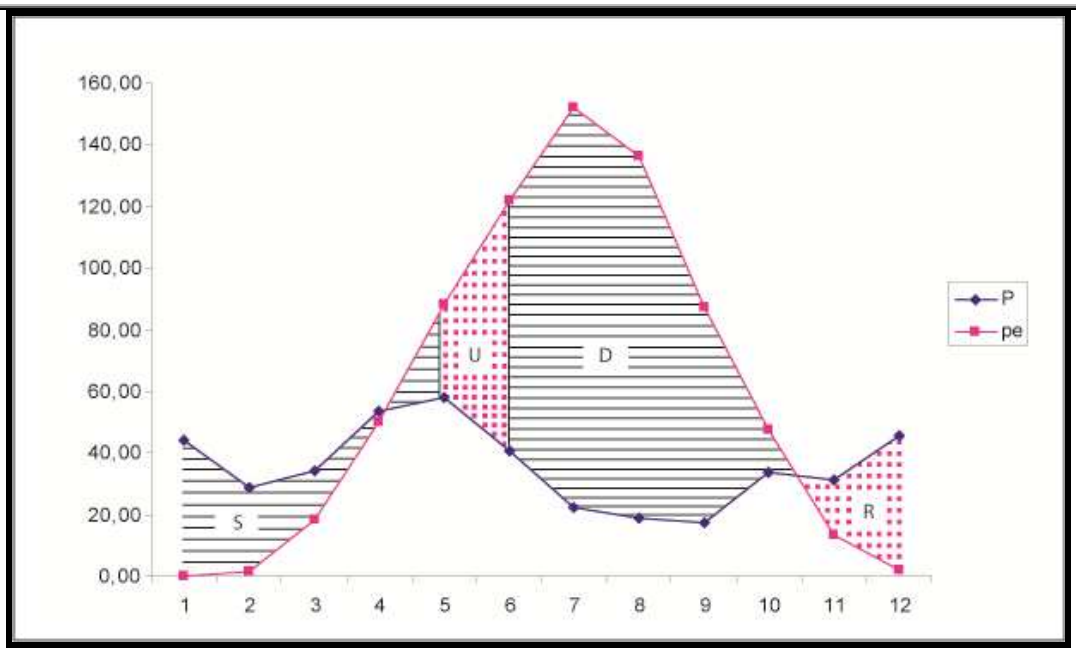
ndaki birim değişmenin tarla kapasitesinde oluşturacağı değişimi gösteren model eğim terimleridir.

Çizelge 7. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası toprak örneklerinin tarla kapasitesinin Eş. [39] ile hesaplanmasında kullanılan doğrusal çoklu regresyon katsayıları (Rawls et al., 1982).

Tansiyon (kPa)	(a)	% Kum (b)	% Silt (c)	% Kil (d)	% OM (e)	Korelasyon Katsayısı (R)
10	0,4188	-0,0030		0,0023	0,0317	0,81
20	0,3121	-0,0024		0,0032	0,0314	0,86
33	0,2576	-0,0020		0,0036	0,0299	0,87
60	0,2065	-0,0016		0,0040	0,0275	0,87
100	0,0349		0,0014	0,0055	0,0251	0,87
200	0,0281		0,0011	0,0054	0,0220	0,86
400	0,0238		0,0008	0,0052	0,0190	0,84
700	0,0216		0,0006	0,0050	0,0167	0,81
1000	0,0205		0,0005	0,0049	0,0154	0,81
1500	0,0260			0,0050	0,0158	0,80

Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasının toprak nem durumu (ETKE/YETKE-C-SM), Çankırı iklim istasyonu uzun yıllık ortalama aylık yağış ve sıcaklık verileri ile belirlenmiştir.

Havza toprakları için elde edilen su bütçesi aylık değerleri Ek 3’ de ve ilgili grafik Şekil 10’ da verilmiştir.



Şekil 10. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası toprak su bütçesi

Ek 1'de açık bir şekilde görülebileceği gibi, havzada Ocak ayı başından (1/1) Mayıs ayının başına (5/1) kadar topraktaki yarayışlı su içeriği "1" dir (W = 100); bu aylarda toprakların tarla kapasitesinde olduğu kabul edilirse, SM = 1'dir. Öte yandan, Haziran ayının başından (6/1) Kasım ayının başına (11/1) kadar topraktaki yarayışlı su içeriği "0"dır (W = 0); bu aylarda toprakların solma noktasında olduğu kabul edilirse, SM = 0'dır. Bunların yanında, topraktaki yarayışlı su içeriği Mayıs, Kasım ve Aralık ayları için sırasıyla yaklaşık olarak %70, %18 ve %61'dir. Bunların SM değerleri ise sırasıyla 0,70, 0,18 ve 0,61 olarak kabul edilmiştir. Ayrıca, toprakların yarayışlı su içeriği, Eş. [39] ile hesaplanılan "tarla kapasitesi" ile aşağıdaki eşitlik ile (Eş. [40]) karşılaştırmalı olarak ilişkilendirilmiştir:

$$SM_i = \frac{TK_i}{TK_m} \qquad [40]$$

Burada,

SM_i, TK_i ve TK_m, sırasıyla herhangi bir toprak bünyesine sahip örneğin toprak nem değeri, aynı örneğin tarla kapasitesi ve örneklenen tüm topraklar içerisinde gözlemlenen en büyük tarla kapasitesi değeridir. Sonuçta, yıllık ortalama toprak nem değeri (SM_{ort}), aylık SM değerlerinin aritmetik ortalaması olarak Eş. [41] ile belirlenmiştir:

$$SM_{ort} = \frac{1}{12}\sum_{i=j}^{12}(SM_i)_j \qquad [41]$$

Burada, j = 1, ……, 12'dir.

3.2.7 Sediment iletim oranı (SİO)

Bu çalışmada, birim zamanda birim alandan yüzey ve parmak erozyonu sonucu oluşan ve ETKE/YETKE yöntemi ile tahmin edilen toprak kayıplarının (ton ha^{-1} $yıl^{-1}$) ne kadarının Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasına ulaştığı "Sediment İletim Oranı" (SİO) kullanılarak CBS ortamında belirlenmiştir (Ferro et al., 2001). Bu eşitliklerde SİO ETKE/YETKE-L ve S değişkenleri aracılığıyla hesaplanmaktadır. İlgili eşitlik burada yeniden verilmiştir (Eş. [42]).

$$SIO = \exp\left[-\beta \frac{L_i}{\sqrt{S_i}}\right] \qquad [42]$$

Burada,

SİO, her bir hücre için belirlenmiş sediment iletim oranı, L_i, hücre su yolu uzunluğu (m), S_i, hücre eğimi (%) ve β, akım ve sediment taşınım süreçlerine bağlı olarak geliştirilen eşitlik katsayısıdır. Ferro and Minacapilli (1995), β katsayısı için Eş. [43]'i önermişlerdir.

$$\frac{\beta}{\beta^*} = -2{,}7113 + 1{,}1214 \ln(A_h) \qquad [43]$$

Burada,

β*, havza fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişen bir katsayı ve küçük havzalar için değeri 0,62'dir ve Ah ise havza yüzey alanıdır (km^2).

3.2.8 Yıllık toprak kaybı (ETKE/YETKE-A)

Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasına gelebilecek sediment miktarı, Eş. [3]'de verilen ETKE/YETKE yöntemi ile hem CBS hem de jeo-istatistiksel yaklaşımlar bir araya getirilerek tahmin edilmiştir. İlk önce her bir ETKE/YETKE değişkeni ve alt-değişkeni bir haritalama yüzeyi olarak elde edilmiş ve CBS tabanlı ArcINFO araçları kullanılarak ETKE/YETKE-A haritası hazırlanmıştır. Bu, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasında, farklı iklim, toprak, topografya ve arazi kullanımı ve örtüsünden dolayı oluşan farklı toprak kayıplarının (ton ha^{-1} $yıl^{-1}$) alansal dağılımını gösteren bir niceliksel toprak erozyon tahmin haritasıdır. Havzada toprak-su koruma mühendislik önlemleri alınmadığı varsayılarak (P = 1), her bir haritalama biriminin toprak kaybı (ETKE/YETKE-A_i) değeri aşağıdaki eşitlik ile belirlenmiştir (Eş. [44]):

$$\text{ETKE/YETKE} - A_i = R_i K_i (LS)_i [(PLU)_i (CC)_i (SC)_i (SR)_i (SM)_i] (SIO)_i \qquad [44]$$

Eş. [44]'da verilen değişkenler, her bir haritalama birimine ait sırasıyla yağış erozyon oluşturma gücü (MJ mm ha^{-1} $saat^{-1}y^{-1}$), toprak erozyon duyarlılık (t ha saat ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1}), eğim uzunluğu ve

dikliği, ürün ve ürün yönetimi alt değişkenleri olarak önceki arazi kullanımı, kanopi örtüsü, yüzey örtüsü, yüzey pürüzlülüğü ve toprak nemi değişkenleri ile sediment iletim oranını ifade etmektedir. Bu durumda, Eldivan Sarayköy II Göleti su toplama havzasına gelebilecek toplam (toprak miktarı) sediment miktarı (ETKE/YETKE-AT, ton ha^{-1} $yıl^{-1}$) Eş. [45] ile belirlenmiştir:

$$\text{ETKE/YETKE} - A_T = \sum_{i=1}^{n} A_i \qquad [45]$$

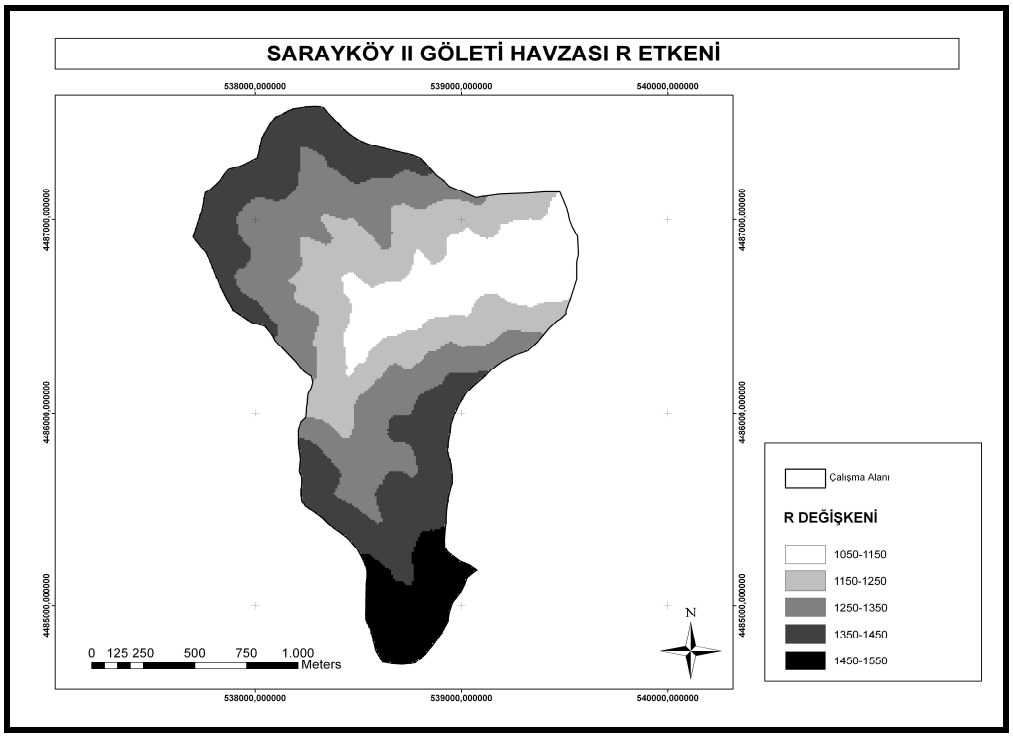
Burada, i = 1, ……..n.

4. Analiz ve Bulgular

Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasına gelebilecek sediment miktarının (A, t ha^{-1} $yıl^{-1}$) tahmin edilmesinde kullanılan ve "Materyal ve Yöntem" bölümünde detayları açıklanan ETKE/YETKE bağımsız değişkenleri için elde edilen bulgular bu bölümde sırasıyla verilmiştir.

4.1 Yağış Erozyon Oluşturma Gücü (ETKE/YETKE-R)

Çankırı iklim istasyonuna ait toplam ortalama aylık ExI30 değerleri (Çizelge 3) ile çalışma alanının SYM' si ve Eş. [3] (Foster et al., 1981; Toy and Foster, 1998) kullanılarak Arcview 3.2 programı ortamında elde edilen konumsal ETKE/YETKE-R yüzeyi Şekil 11' de verilmiştir.



Şekil 11. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası konumsal ETKE/YETKE-R haritası

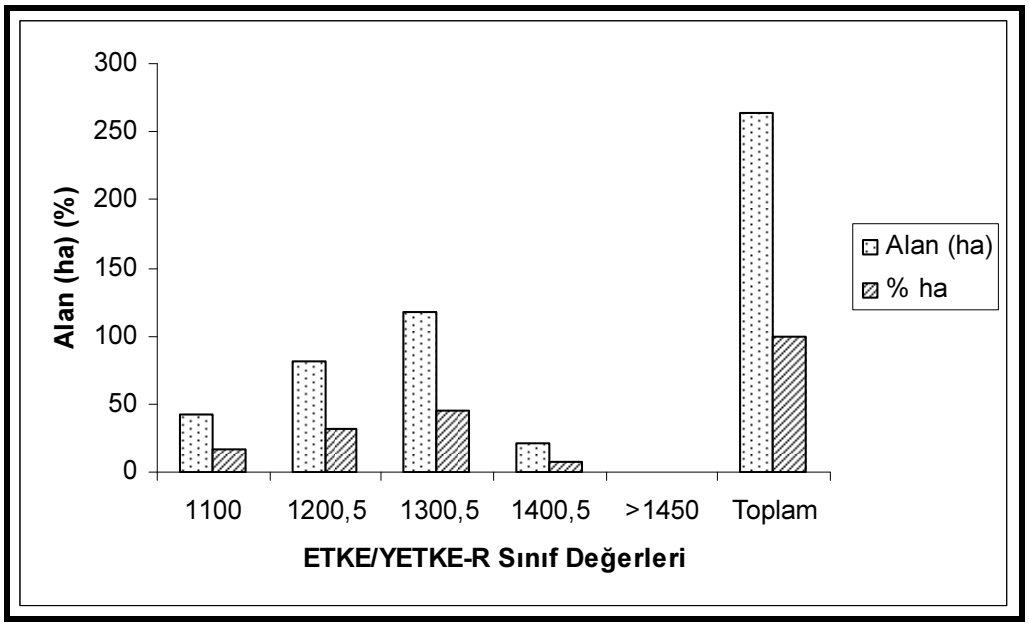
ETKE/YETKE-R değişkeninin çalışma alanı için hesaplanılan dağılım aralığı 1050 MJ ha^{-1} mm $saat^{-1}$ $yıl^{-1}$ ile 1550 MJ ha^{-1} mm $saat^{-1}$ $yıl^{-1}$ arasında değişiklik göstermektedir. Havzanın en alçak noktası için elde edilen ETKE/YETKE-R değişkeni değeri ile en yüksek noktası için elde edilen ETKE/YETKE-R değişkeni değeri arasındaki fark ise 500 MJ ha^{-1} mm $saat^{-1}$ $yıl^{-1}$ olarak elde edilmiştir. Daha önce, Eş. [4] ile ifade edildiği üzere, bu çalışmada, yükseklikle beraber yağışın erozyon oluşturma gücünün arttığı gözlemlenmiştir. Yüksekliğe bağlı olarak havzanın güneyinde ETKE/YETKE-R değişkeni değeri artmış, merkezden kuzey doğu yönüne doğru (vadi tabanı) en az değerini almıştır. Havzanın kuzey batı yönünde yüksekliğin tekrar artmasıyla, ETKE/YETKE-R

değişkeni değerinde de tekrar artış görülmüştür.

Şekil 11' den elde edilen ETKE/YETKE-R değişkeninin, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasındaki oransal dağılımı ve havza için ağırlıklı ortalama ETKE/YETKE-R değeri Çizelge 8' de verilmiştir. Su toplama havzasında baskın olan ETKE/YETKE-R sınıfları, 1151-1250 ve 1251-1350 sınıflarıdır. Bunların alansal oranları sırasıyla yaklaşık olarak %31 ve 44'dür; toplamları ise yaklaşık olarak %75'dır. Diğer yandan, ETKE/YETKE-R değerleri <1151 ve 1351-1450 ve >1450 olan sınıfların toplam alansal oranları sırasıyla yaklaşık olarak %16, 8 ve 0,2'dir. Ek olarak bu % alansal dağılımları yansıtan sütun grafiği Şekil 12' de verilmiştir.

Çizelge 8. ETKE/YETKE-R değişkeninin, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasındaki oransal dağılımı

R Sınıf Değerleri	Sınıf Orta Değerleri	Alan (ha)	% ha	Sınıf Orta Değeri x Alan (ha)
1050 – 1150	1100	41,81	15,86	45991,00
1151 – 1250	1200,5	82	31,11	98441,00
1251 – 1350	1300,5	118,05	44,79	153524,02
1351 – 1450	1400,5	21,18	8,04	29662,59
>1450	1450	0,53	0,20	768,5
	Toplam	263,57	100	328387,11
			Ağırlıklı Ortalama	328387,11 / 263,57 = 1245,91



Şekil 12. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası ETKE/YETKE-R sınıflarının alansal dağılımı

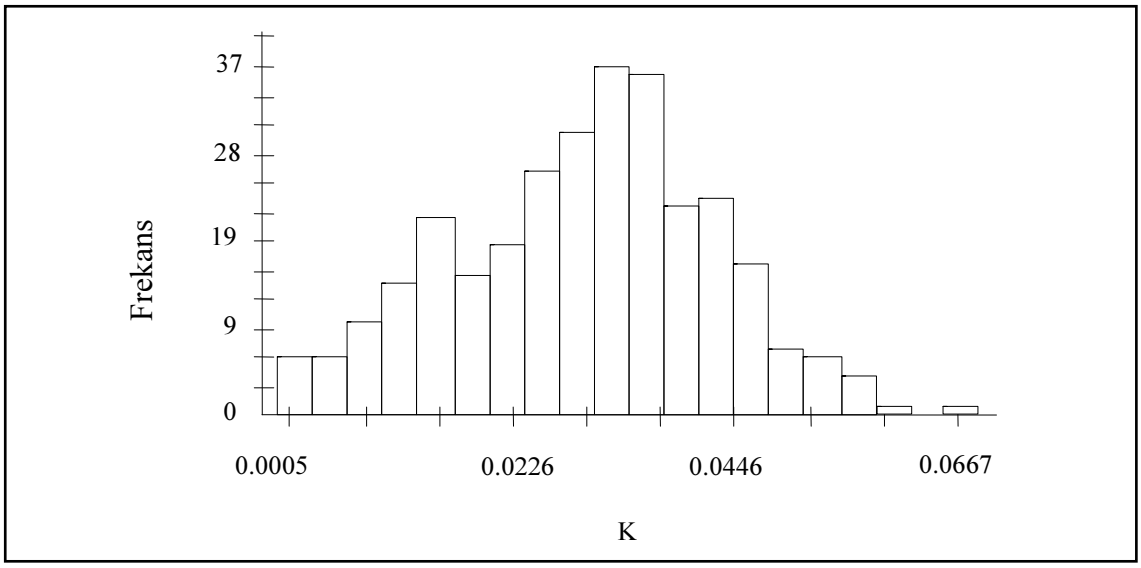
4.2. Toprak Erozyon Duyarlılığı (ETKE/YETKE-K)

Toprak erozyon duyarlılık eşitliği (Eş. [12] ve [13]) (Wischmeier et al., 1971) kullanılarak belirlenen, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası topraklarının ETKE/YETKE-K (t ha saat ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1}) değerleri, %kum, %çok ince kum, %silt, %kil, %organik madde, toprak yapı sınıfları ve toprak su geçirgenlik değerleri ve sınıfları ile birlikte Ek 4'de verilmiştir. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası topraklarının noktasal ETKE/YETKE-K (t ha saat ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1}) değerlerinin, SPSS 2000 istatistik paket programında elde edilen genel istatistik özellikleri Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 9. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası topraklarının noktasal ETKE/YETKE-K (t ha saat ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1}) değerlerinin genel istatistik özellikleri

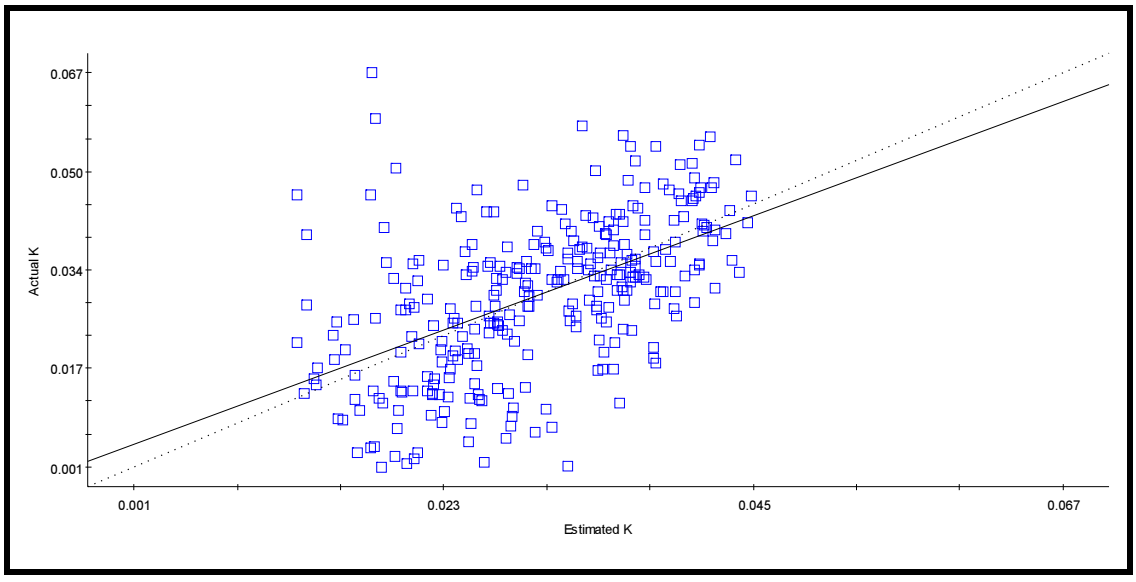
Ortalama	Standart Sapma	Değişim Katsayısı	En Küçük	En Yüksek	Çarpıklık (Skewness)	Basıklık (Kurtosis)
0,0029	0,012	41	0,001	0,067	-0,11	-0,41

Çizelge 9'da belirtildiği üzere, havzada en küçük ve en yüksek ETKE/YETKE-K değerleri sırasıyla 0,001 ve 0,067 t ha saat ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1}'dir. Alınan örneklerin ortalama ve standard sapması ise sırasıyla 0,0029 ve 0,012 t ha saat ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1}'dir. Öte yandan, örnek kümesinin değişim katsayısı (DK) %41 bulunmuştur. Eldivan Sarayköy II Göleti su toplama havzasının %41'nde, topraklar, ETKE/YETKE-K değerleri açısından değişik değerler almıştır. Bu, havzada değişik arazi kullanım tiplerinin, farklı eğim diklikleri, uzunlukları ve bakılarının bulunması ile açıklanabilir. Özellikle, farklı arazi kullanım tiplerinin toprak organik madde içeriği üzerinde ve farklı eğim diklik sınıflarının arazide değişik taşınma ve birikme süreçleri üzerinde etkili olacağı düşünülebilir. Sonuç olarak bu değişimler, hem toprak organik maddesi hem de toprak bünyesinde önemli farklılıklara neden olacaktır. Toprak erozyon duyarlılık eşitliği (Eş. [12] ve [13]) (Wischmeier et al., 1971) ise, doğrudan bu toprak özelliklerinin bir bağıntısının bir bileşkesi olarak hesaplanmaktadır. Ek olarak, Kolmogorov-Smirnov testi ile ETKE/YETKE-K örnekleri dağılımın normalliği test edilmiştir ve dağılımın "Çarpıklık" (Skewness) ve "Basıklık" (Kurtosis) ölçütleri belirlenmiştir. Bunlar sırasıyla -0,11 ve -0,41 olarak elde edilmiştir. ETKE/YETKE-K örnekleri normal dağılım gösterdiği için, doğrudan ölçülen değerler üzerinden jeoistatistik hesaplamalar yapılmıştır.

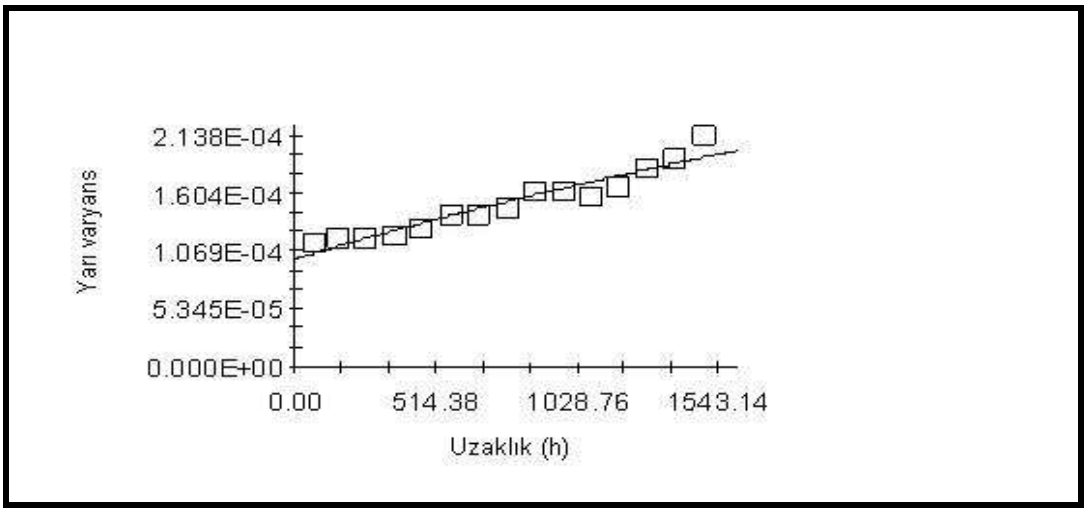


Şekil 13. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası topraklarının noktasal ETKE/YETKE-K (t ha saat ha-1 MJ-1 mm-1) değerlerinin frekans dağılımı

Ek 2' de verilen noktasal ETKE/YETKE-K değişken değerlerine ait GS+ 7 jeo-istatistik programı ile elde edilen deneysel yarı-variyogramın (Journel and Huijbregts, 1978; Trangmar et al., 1987) (Eş. [14]) eğrisi ve modele ait parametreler sırasıyla Şekil 15 ve Çizelge 10' da verilmiştir. Deneysel yarı-variyogram için e-sayısı üssel modeli (exponential), çapraz doğrulama sonucu en uygun model olarak belirlenmiştir (Şekil 14).



Şekil 14. Deneysel yarı-variyogram için üssel (exponential) modelin çapraz olarak doğrulanması



Şekil 15. Noktasal ETKE/YETKE-K değişken değerlerine ait GS+7 jeo-istatistik programı ile elde edilen deneysel yarı-variyogramın eğrisi

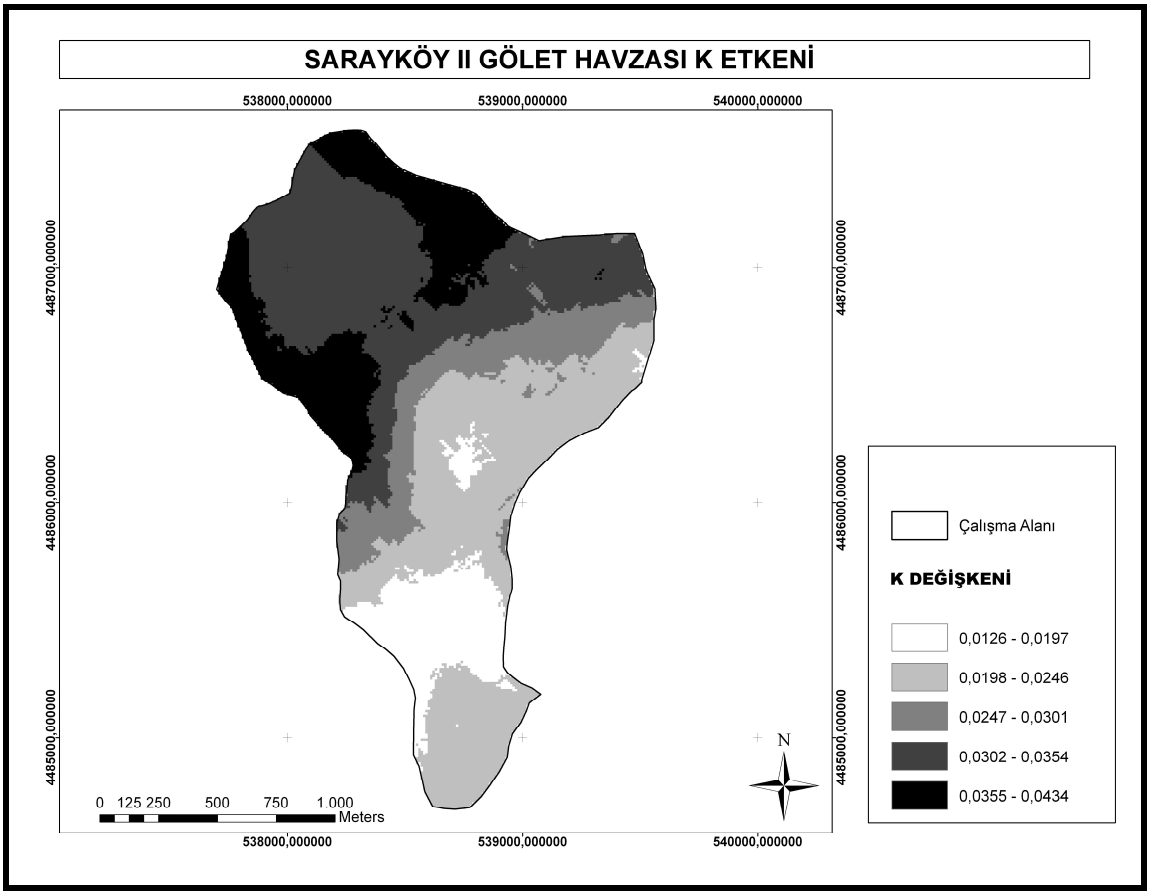
Çizelge 10. Noktasal ETKE/YETKE-K değişken değerlerine ait ve Eş. [14] ile verilen deneysel yarı-variyogram modelinin parametreleri

Değişken	Model	Külçe Etkisi (CO)	Sill (CO+C)	CO/(CO+C) (%)	Uzaklık (m)	r2
ETKE/YETKE-K	Exponential	0,00010	0,0004084	25	4100	0,92

Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası topraklarının ETKE/YETKE-K (t ha saat ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1}) değerlerinin ani değişimi veya analiz ve örnekleme hatalarından dolayı bir miktar külçe etkisi belirlenmiştir (0,0001). Varyansın uzaklığa bağlı olarak ulaştığı en yüksek (maksimum) nokta olan "Sill" değeri 0,000408 ve en yüksek ilişkili uzaklık ise 4100 m olarak hesaplanmıştır. Bir başka ifadeyle, 4100 m uzaklık içinde K faktörü istatistiksel ilişki göstermektedir. Chien et al. (1997)'a göre "Sill" değerinin külçe etkisine oranı ile örnekleme noktaları arasında kuvvetli bağımlılık olup olmadığını belirlenebilmektedir. Bu sınıflamaya göre örnekleme noktaları arasında, eğer C0/(C0+C) oranı <25 ise kuvvetli, 25-75 arasında ise orta ve >75 ise zayıf bir bağımlılık olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışmada, ETKE/YETKE-K örneklemeleri arasında kuvvetli bir ilişki olduğu belirlenmiştir (C0/(C0+C) = 25, Çizelge 10).

Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası topraklarının ETKE/YETKE-K (t ha saat ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1}) konumsal deseni (kestirim haritası) Şekil 16'da görülmektedir. ETKE/YETKE-K değişkeninin çalışma alanı için hesaplanılan dağılım aralığı 0,0126 t ha saat ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1} ile 0,0434 t ha saat ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1} arasında değişiklik göstermiştir. Araştırma alanının özellikle kuzey

kesiminin yüksek toprak erozyon duyarlılığı taşıdığı, ETKE/YETKE-K değişkeninin dağılım gösterdiği değerlerden anlaşılmaktadır. Bu alanda, ETKE/YETKE-K değişkeninin yüksek değerlerle dağılım göstermesinin nedeni, burada, toprak bünyesinin erozyona duyarlı taneciklerden oluştuğu, organik madde kapsamının ve toprak su geçirgenliklerinin düşüklüğüne bağlanılabilir. Ayrıca, eğim olarak güney bakıda bulunan bu bölge, güneş ışınlarını dik alması nedeni ile kuzey bakıya göre daha kurak ve sıcaktır. Bu farklılık, hem toprak oluşumu hem de bitki örtüsü yoğunluğunu etkileyen önemli bir etmendir. Havza içerisinde mera olarak kullanılan kuzey bölümde, aşırı otlatma sonucu toprakta yeterince organik madde birikmemesi ve hayvan etkilerinden dolayı toprakların sıkışması, ETKE/YETKE-K değişkeninin havzanın kuzey ve kuzey-batı bölümünde yüksek belirlenmesinin bir diğer nedeni olabilir. Araştırma alanının güney bölümünde karışık meşe ve karaçam ormanı bulunmaktadır. Bu bölgede yüksek toprak organik maddesi ve yüksek toprak su geçirgenliği, ETKE/YETKE-K değişkeninin düşük belirlenmesini sağlamıştır.



Şekil 16. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası topraklarının ETKE/YETKE-K (t ha saat ha-1 MJ-1 mm-1) konumsal deseni

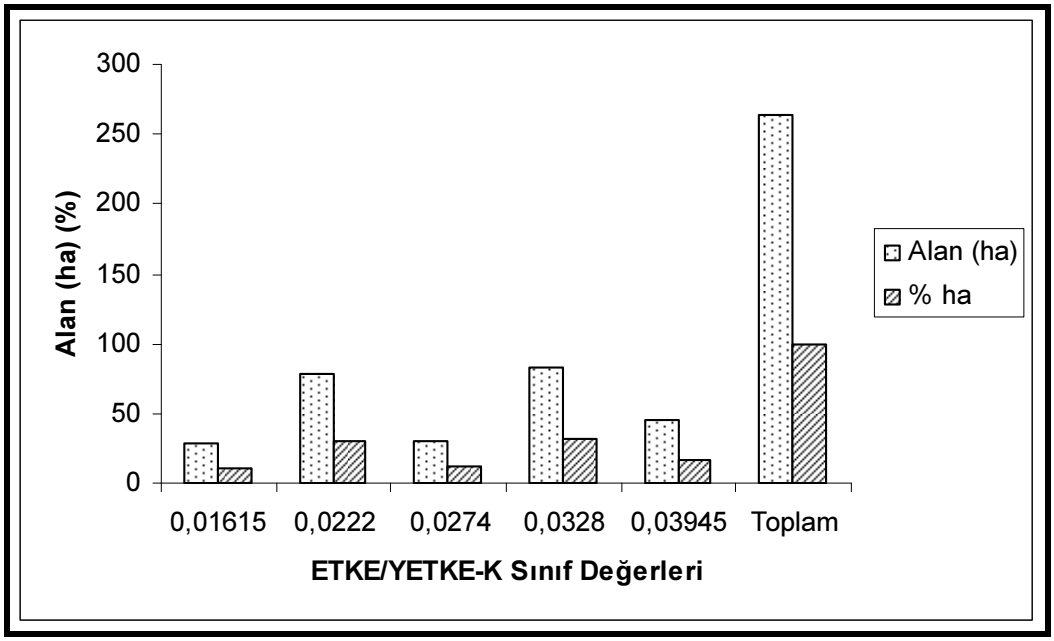
Şekil 16' dan elde edilen ETKE/YETKE-K değişkeninin, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasındaki oransal dağılımı ve havza için ağırlıklı ortalama ETKE/YETKE-K değeri Çizelge 11' de verilmiştir. Su toplama havzasında baskın olan ETKE/YETKE-K sınıfları, 0,0198-0,0246 ve 0,0302-0,0354 sınıflarıdır.

Bunların alansal oranları sırasıyla yaklaşık olarak %30 ve 31'dir; toplamları ise yaklaşık olarak %61'dır.

Diğer yandan, ETKE/YETKE-K değerleri <0,0198, 0,0247-0,0301 ve >0,0354 olan sınıfların toplam alansal oranları sırasıyla yaklaşık olarak %11, 11 ve 17'dir. Ek olarak bu % alansal dağılımları yansıtan sütun grafiği Şekil 17' de verilmiştir.

Çizelge 11. ETKE/YETKE-K değişkeninin, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasındaki oransal dağılımı

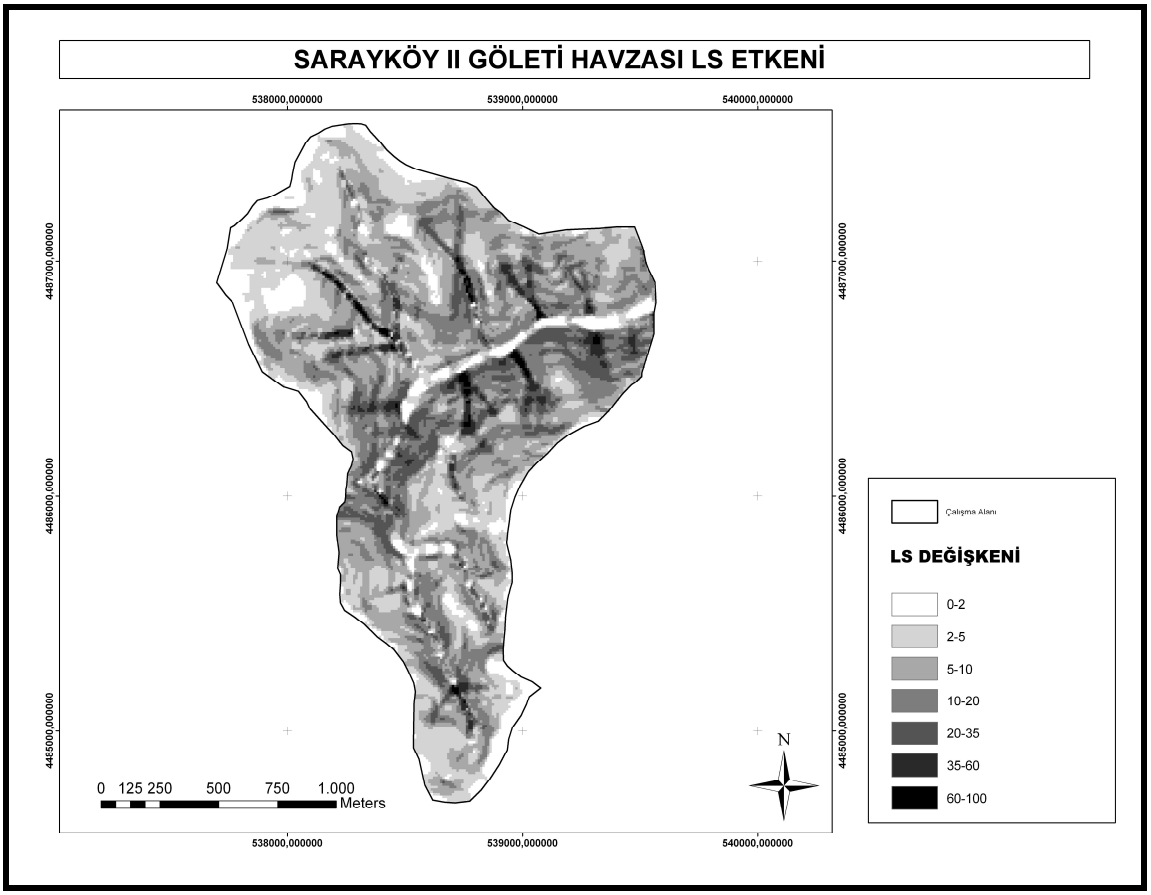
K Sınıf Değerleri	Sınıf Orta Değerleri	Alan (ha)	% ha	Sınıf Orta Değeri x Alan (ha)
0,0126 – 0,0197	0,01615	28,02	10,63	0,45
0,0198 – 0,0246	0,0222	78,15	29,65	1,73
0,0247 – 0,0301	0,0274	29,94	11,36	0,82
0,0302 – 0,0354	0,0328	82,23	31,20	2,69
0,0355 – 0,0434	0,03945	45,23	17,16	1,78
	Toplam	263,57	100	7,47
			Ağırlıklı ortalama	7,47 / 263,57 = 0,02



Şekil 17. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası ETKE/YETKE-K sınıflarının alansal dağılımı

4.3 Eğim Uzunluğu ve Dikliği Değişkeni (ETKE/YETKE-LS)

Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasının "Sayısal Yükseklik Modeli" (SYM) ve Arcview 3.2 "Hidrolojik Akım Birikimi" hesaplama yeteneği aracılığıyla elde edilen ETKE/YETKE-LS değişkeni (Eş. [15] [16]) (Moore and Burch 1986a, 1986b; Ogawa et al 1997) haritası Şekil 18' de verilmiştir.

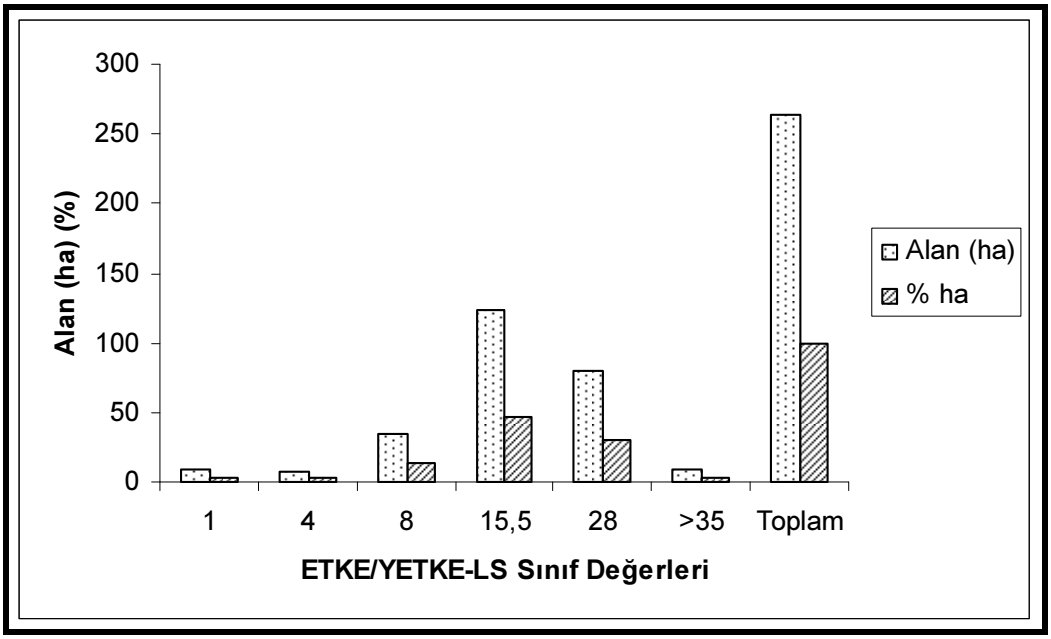


Şekil 18. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasının "Sayısal Yükseklik Modeli" (SYM) ve Arcview 3.2 "Hidrolojik Akım Birikimi" hesaplama yeteneği ile elde edilen ETKE/YETKE-LS değişkeni haritası

Şekil 18' den elde edilen ETKE/YETKE-LS değişkeninin, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasındaki oransal dağılımı ve havza için ağırlıklı ortalama ETKE/YETKE-LS değeri Çizelge 12'de verilmiştir. Su toplama havzasında baskın olan ETKE/YETKE-LS sınıfları, 6-10, 11-20 ve 21-35 sınıflarıdır. Bunların alansal oranları sırasıyla yaklaşık olarak %13, 47 ve 30'dur; toplamları ise yaklaşık olarak %90'dır. Diğer yandan, ETKE/YETKE-LS değerleri <6 ve >35 olan sınıfların toplam alansal oranları sırasıyla yaklaşık olarak %6 ve 3'dür. Ek olarak bu % alansal dağılımları yansıtan sütun grafiği Şekil 19' da verilmiştir.

Çizelge 12. ETKE/YETKE-LS değişkeninin, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasındaki oransal dağılımı

LS Sınıf Değerleri	Sınıf Orta Değerleri	Alan (ha)	% ha	Sınıf Orta Değeri x Alan (ha)
0 – 2	1	9,26	3,51	9,26
3 – 5	4	7,74	2,94	30,96
6 – 10	8	35,24	13,37	281,92
11 – 20	15,5	123,05	46,68	1907,27
21 – 35	28	79,85	30,30	2235,80
>35	35	8,43	3,20	295,05
	Toplam	263,57	100	4760,26
			Ağırlıklı ortalama	4760,26 / 263,57 = 18,06



Şekil 19. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası ETKE/YETKE-LS sınıflarının alansal dağılımı

Daha önce detaylı bir şekilde belirtildiği gibi, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası ETKE/YETKE-LS değişkenini etkileyen en önemli özellik, havzanın eğimidir. Yaklaşık olarak çalışma alanının %11'i düz, hafif ve orta düzeyde eğime sahip iken, %89'luk kısmı dik, çok dik ve aşırı eğim sınıflarında bulunmaktadır. Bu yüzden Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasını,

topografik açıdan erozyona oldukça duyarlıdır, ki ETKE/YETKE-LS değerleri bunu açıkça göstermektedir (Çizelge 12 ve Şekil 19). Eğimin olmadığı veya çok az olduğu alanlar havzanın yaklaşık olarak %3'lük kısmını kaplamaktadır. Bunlar da havzanın iç kısımlarında yer alan sel yatakları ve iki tepe arasında kalan boyun alanlarıdır. Özellikle eğimlerin fazla olduğu yerlerin, havzayı oluşturan küçük vadilerin birleşim alanları olduğu gözlenmiştir (Şekil 18).

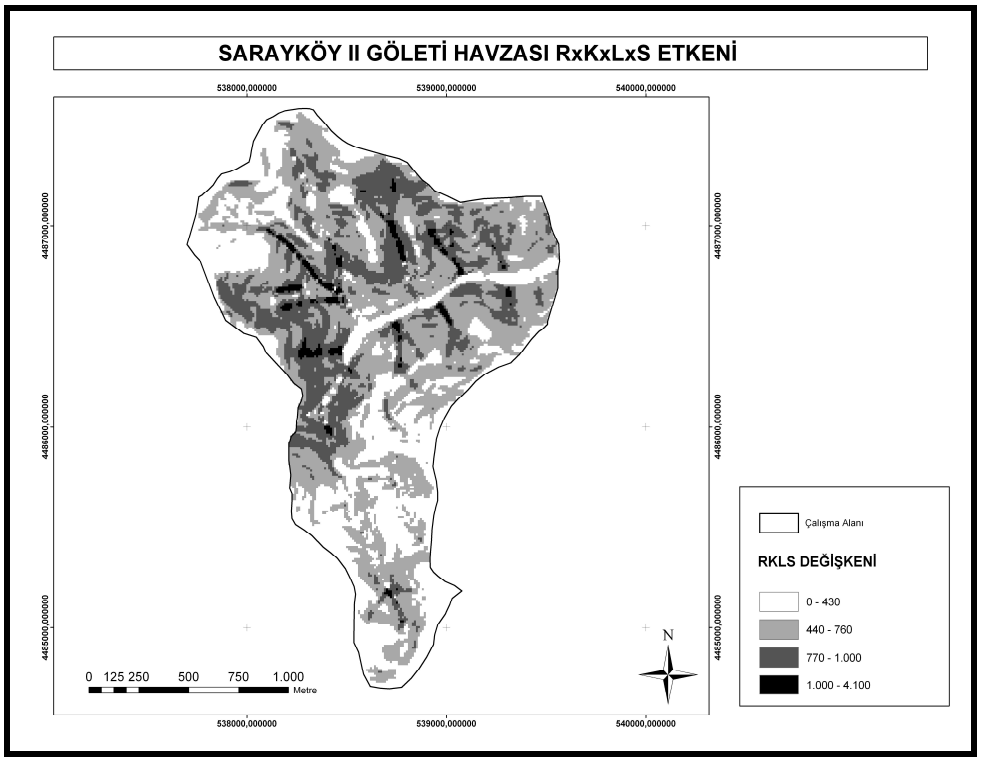
Sonuç olarak, Çizelge 12' da verilen sınıf orta değerleri (ETKE/YETKE-LSi) ve her sınıfın kapladığı alan (Ai, ha) kullanılarak havzanın alansal ağırlıklı ortalama ETKE/YETKE-LS değişken değeri Eş. [46] ile belirlenmiş ve 18,06 olarak bulunmuştur.

$$\text{ETKE/YETKE} - \text{LS}_{\text{ort}} = \frac{1}{\text{A}} \sum_{\text{i=1}}^{\text{n}} (\text{ETKE/YETKE} - \text{LS}_{\text{i}}) \text{A}_{\text{i}} \qquad [46]$$

Burada A, havzanın toplam alanıdır (= 263,57 ha).

4.4 Potansiyel Toprak Kaybı Haritası (ETKE/YETKE-RKLS)

Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasının ETKE/YETKE-R, ETKE/YETKE-K ve ETKE/YETKE-LS değişkenlerinin çarpılmasıyla elde edilen "Potansiyel Toprak Kaybı (ETKE/YETKE-RKLS) Haritası" Şekil 20' de verilmiştir.



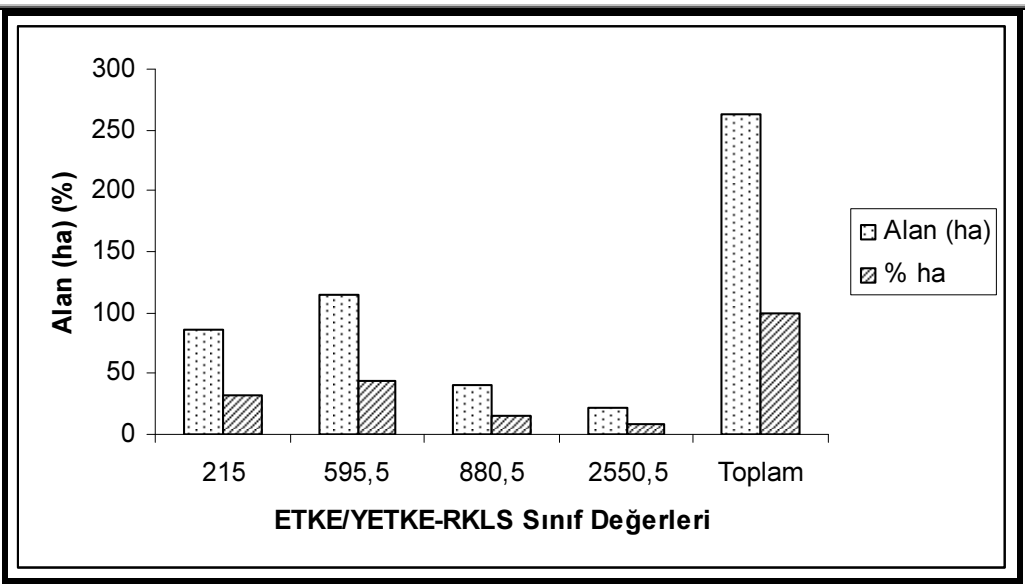
Şekil 20. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasının ETKE/YETKE-RKLS değişkeni haritası

Şekil 20’ den elde edilen ETKE/YETKE-RKLS değişkeninin, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasındaki oransal dağılımı Çizelge 13’ de verilmiştir. Su toplama havzasında ETKE/YETKE-RKLS “Potansiyel Toprak Kaybı” en çok 0-430 ve 431-760 sınıflarında görülmüştür.

Bunların alansal oranları yaklaşık olarak %33 ve 44’ dür; toplamları ise yaklaşık olarak %77’ dir. Diğer yandan, ETKE/YETKE-RKLS değerleri >760 olan sınıfların toplam alansal oranı yaklaşık olarak %23’ dür. Ek olarak bu % alansal dağılımları yansıtan sütun grafiği Şekil 21’ de verilmiştir.

Çizelge 13. ETKE/YETKE-RKLS değişkeninin, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasındaki oransal dağılımı

RKLS Sınıf Değerleri	Sınıf Orta Değerleri	Alan (ha)	% ha	Sınıf Orta Değeri x Alan (ha)
0 – 430	215	85,76	32,5378	18438,40
431 – 760	595,5	115,25	43,7265	68631,37
761 – 1000	880,5	40,72	15,4494	35853,96
1001 – 4100	2550,5	21,84	8,28622	55702,92
	Toplam	263,57	100	178626,65
			Ağırlıklı ortalama	178626,65 / 263,57 = 677,71



Şekil 21. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası ETKE/YETKE-RKLS sınıflarının alansal dağılımı

Şekil 20' den de görüldüğü üzere, bitkisel örtü ve ürün yönetimi hariç tutularak elde edilen havzaya ait potansiyel toprak kaybının en yüksek değişken değerleri, alanın kuzeyinde yer alan eğimin dikleştiği ve akarsu deseninin yoğunlaştığı kesimlerde elde edilmiştir.

4.5 Bitkisel Örtü ve Ürün Yönetimi Haritası (ETKE/YETKE-C)

Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasında ETKE/YETKE-C değişkeni, havzanın %98,29'u orman ve mera arazilerinden oluştuğu ve havzada tarımsal amaçlı toprak işlemeler yapılmadığı için ve gelişi-güzel pürüzlülük (Ru) değerinin 6 mm (= 0,24 in) olduğu varsayıldığından (SR = 1) (Renard et al., 1997), önceki arazi kullanımı (PLU), kanopi örtüsü (CC), yüzey örtüsü (SC) ve toprak nemi (SM) alt-değişkenlerinden elde edilmiştir. Sırası ile bu başlık altında hesaplanılan bu 4 alt-değişkeni ve birbirleriyle çarpılmaı sonucu elde edilen ETKE/YETKE-C haritası bu kısımda tartışılmıştır.

4.5.1 Önceki arazi kullanımı alt-değişkeni (PLU)

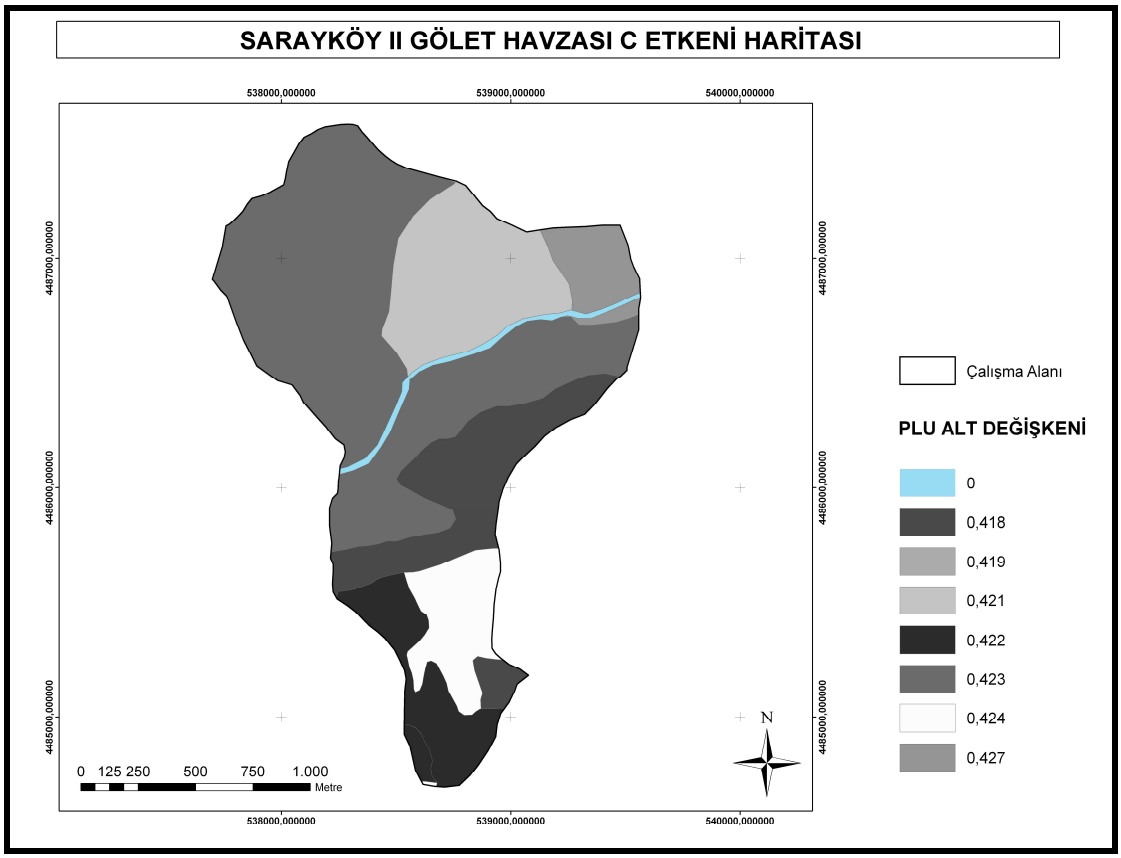
Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasında sadece mera ve orman alanları bulunduğu ve tarımsal alanlarda olduğu gibi, bir önceki bitkinin yüzey artıkları üst toprak ile karıştırılmadığından (B_{us} = 0), PLU hesaplamalarında Eş. [22] kullanılmıştır. Yine, bu arazi kullanım tiplerinin Cf, Cb ve cur değerleri sırasıyla 0,45, 0,951 ve 0,00199'dır (Dissmeyer and Foster, 1981; Van Liew and Saxton, 1983; Wischmeier and Smith, 1978; Renard et al., 1997). Şekil 6' da verilen bozulmamış örnek kabı ile 15 noktada ölçülen, yüzey toprağında birim alanda ve birim derinlikte bulunan canlı ve ölü köklerin ağırlığı (B_{ur}, kg da^{-1} cm^{-1}) Ek 5' de verilmiştir.

Ek 3' deki PLU değerlerinin ortalaması (PLU_{ort}) (Eş. [47]) 0,4182 ± 0,0066 olarak belirlenmiştir.

$$PLU_{ort} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(PLU)_i \qquad [47]$$

Burada, N = 15'dir.

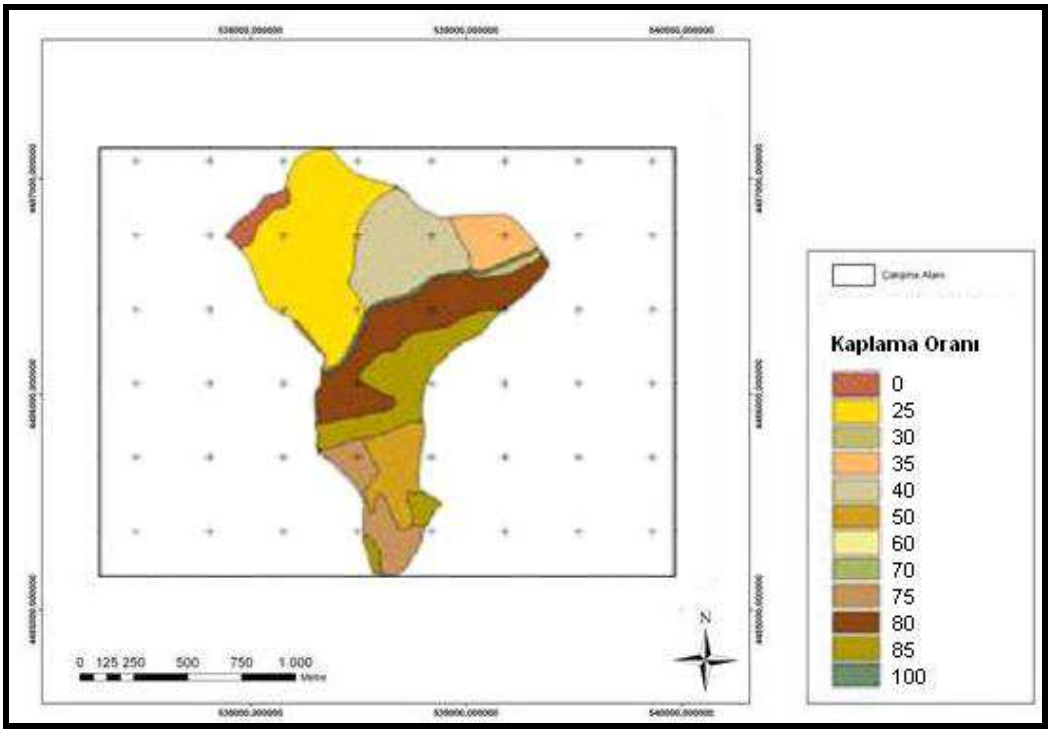
Sonuç olarak Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasının ETKE/YETKE-C'nin Önceki Arazi Kullanımı Alt-değişkeni (PLU) haritası Şekil 22' de verilmiştir.



Şekil 22. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasına ait ETKE/YETKE-C' nin Önceki Arazi Kullanımı Alt-değişkeni (PLU) haritası

4.5.2 Kanopi örtüsü alt-değişkeni (CC)

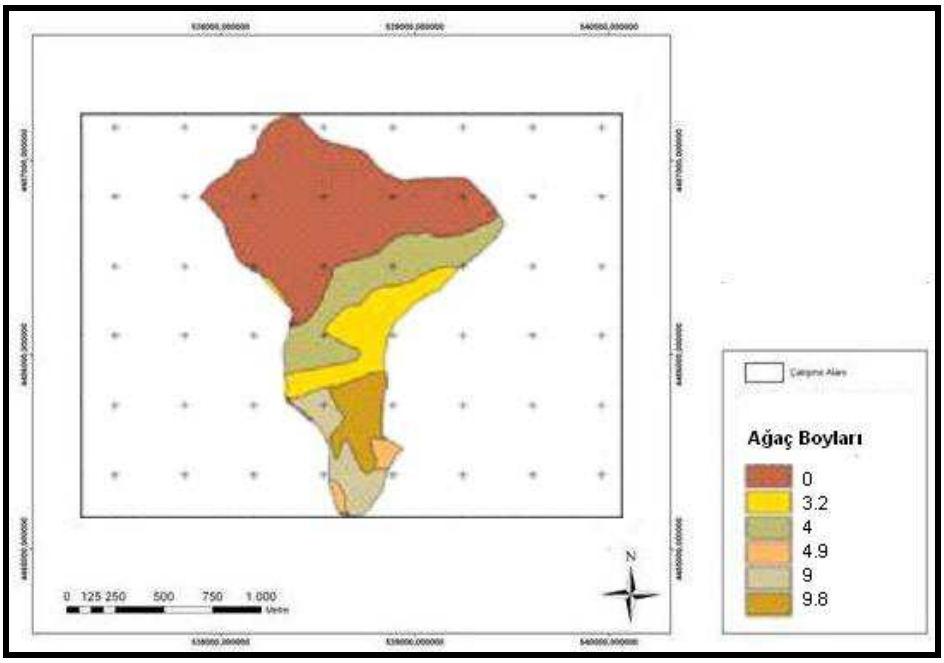
ETKE/YETKE-C-CC alt-değişkeni için, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasında ölçülen ve Eş. [30]'un bağımsız değişkenleri olan kanopinin arazi yüzeyini kaplama oranı (Fc, %) ve yağmur damlalarının kanopiye çarptıktan sonra sahip oldukları düşme (düşü) yüksekliği (H, m) (Wischmeier and Smith, 1978; Quinn and Laflen, 1983) haritaları sırasıyla Şekil 23 ve Şekil 24' de verilmiştir.



Şekil 23. Eldivan Sarayköy II Göleti su toplama havzası kanopi örtüsünün arazi yüzeyini kaplama oranı (Fc, %)

Özellikle mera alanlarında çok küçük çalı türleri olduğundan, az noktada da olsa Fc değerleri ölçülmüştür (Şekil 23); ancak ağaç boyları "0" olarak alınmıştır (Şekil 24). Bu durumda, Eş. [30] aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir:

$$\text{ETKE/YETKE} - \text{CC} = 1 - \text{F}_\text{c} \cdot \exp\left(-0.1 \cdot \text{H}\right) = 1 - \text{F}_\text{c} \cdot \exp\left(-0.1 \cdot 0\right) = 1 - \text{F}_\text{c} \qquad [48]$$



Şekil 24. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası ağaç türlerinin boyları (H, m)

Arazi tiplerine göre 11 noktada ölçülen Fc ve H değerlerinin Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasındaki dağılımı ve hesaplanılan ETKE/YETKE-C-CC değerleri Çizelge 14' de verilmiştir.

Çizelge 14. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasında 11 noktada ölçülen Fc ve H değerlerinden Eş. [30] ile hesaplanılan ETKE/YETKE-C-CC alt-değişken değerleri

Örnek no	Arazi kullanım tipi	Fc (%)	H (m)	H (feet)	ETKE/YETKE-CC
1	Mera	0	0,0	0,0	1,00
2	Mera	25	0,0	0,0	0,75
3	Mera	35	0,0	0,0	0,65
4	Mera	40	0,0	0,0	0,60
5	Orman	80	4,0	13,12	0,78
6	Orman	85	3,2	10,50	0,70
7	Orman	70	9,0	29,53	0,96
8	Orman	75	9,8	32,15	0,97
9	Orman	75	4,9	16,08	0,85
10	Orman	75	9,0	29,53	0,96
11	Orman	70	4,9	16,08	0,86

Mera ve orman arazi kullanım tipleri için hesaplanılan ortalama ETKE/YETKE-C-CC değerleri (Eş. [49] ve [50]) sırasıyla 0,75 ± 0,18 ve 0,87 ± 0,10 olarak hesaplanmıştır.

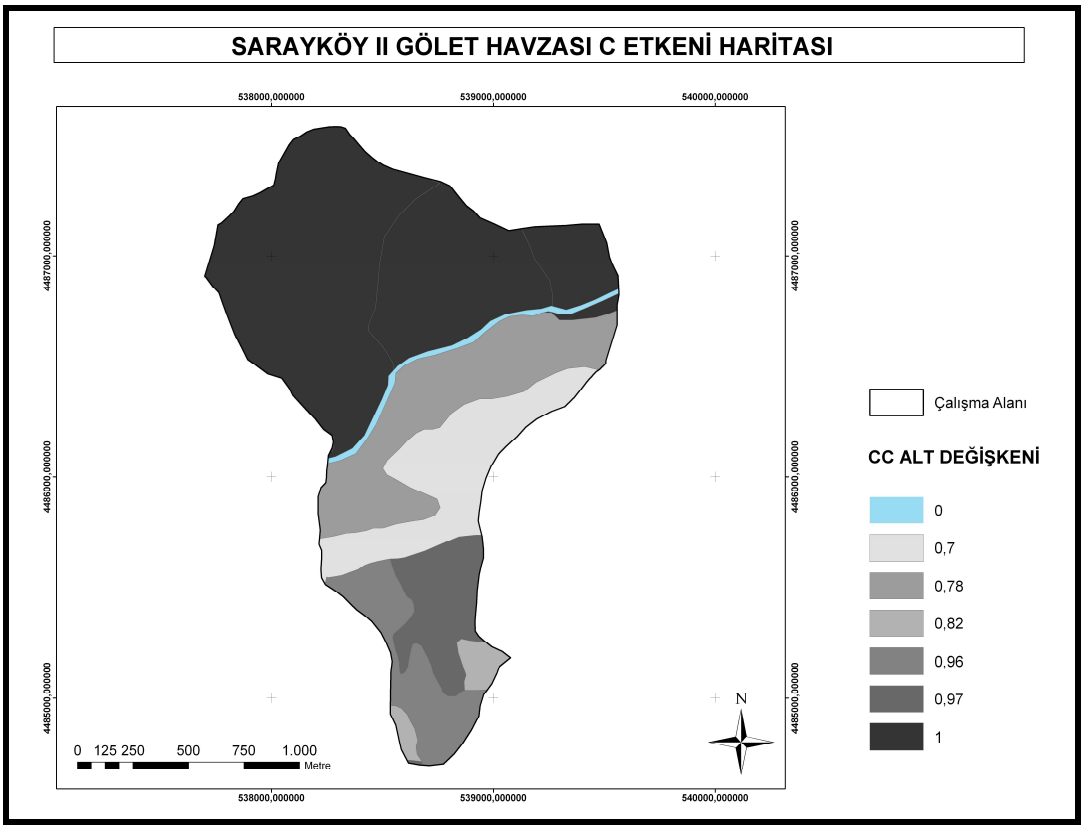
$$(\text{ETKE/YETKE} - \text{C} - \text{CC})_{\text{mera}} = \frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4}(\text{ETKE/YETKE} - \text{C} - \text{CC})_i \qquad [49]$$

$$(\text{ETKE/YETKE} - \text{C} - \text{CC})_{\text{orman}} = \frac{1}{6}\sum_{i=1}^{6}(\text{ETKE/YETKE} - \text{C} - \text{CC})_i \qquad [50]$$

Havzanın alansal ortalama olarak ETKE/YETKE-C-CC alt-değişken değeri (Eş. [51] ise, 0,81 olarak bulunmuştur.

$$(\text{ETKE/YETKE} - \text{C} - \text{CC})_{\text{ort}} = \frac{(0{,}75 \cdot 135{,}70) + (0{,}87 \cdot 128{,}59)}{264{,}29} = \frac{213{,}65}{264{,}29} = 0{,}81 \qquad [51]$$

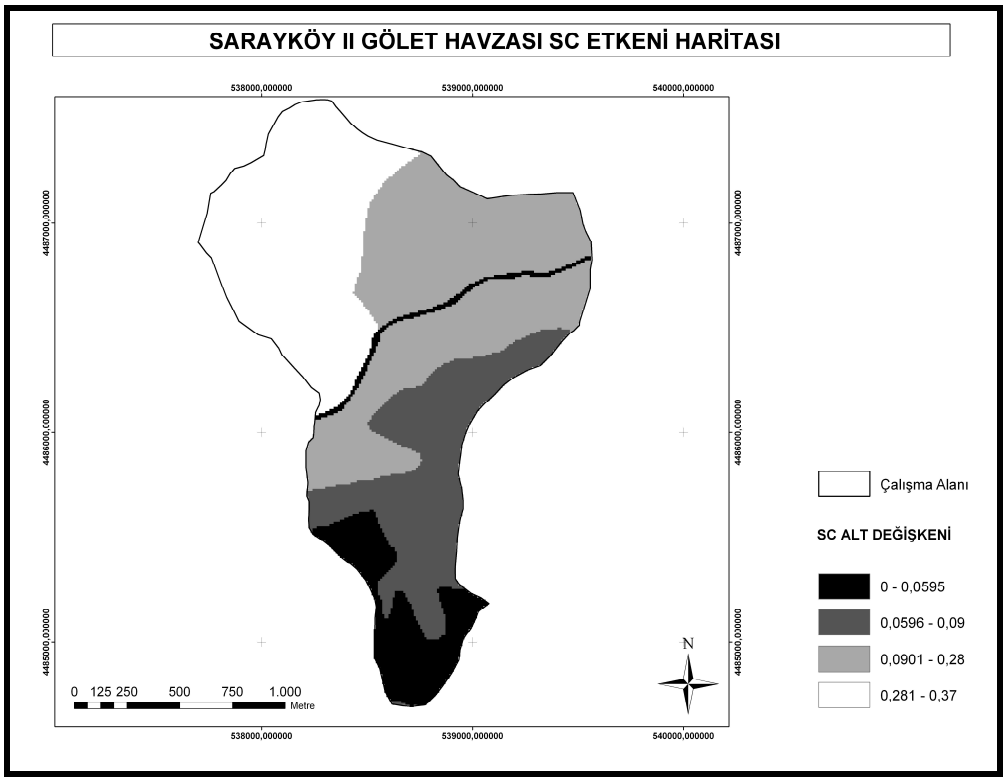
Sonuç olarak, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasının ETKE/YETKE-C'nin Kanopi Örtüsü Alt-değişkeni (CC) haritası Şekil 25' de verilmiştir.



Şekil 25. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasına ait ETKE/YETKE-C' nin Kanopi Örtüsü Alt-değişkeni (CC) değişkeni haritası

4.5.3 Yüzey örtüsü alt-değişkeni (SC)

ETKE/YETKE-C-SC alt-değişkeni için, Eldivan Sarayköy II Göleti su toplama havzasında 15 noktada ölçülen ve Eş. [33]' in bağımsız değişkeni olan yüzeydeki ürün artıklarının kuru ağırlıkları (Bs, lb acre-1 ve kg da-1) Ek 6'da verilmiştir. Ek olarak bu çizelgede, orman-altı örtüleri ve mera örtüsü için alınan α = 0,00055 acre lb-1 (= 0,49 kg da-1) değerleri (Alberts et al., 1989; Ghidey et al., 1985; Gregory, 1982; Gregory et al., 1985; Larson et al., 1978; National Research Council, 1975; USDA, 1990; USDA-SCS, 1991) ile birlikte belirlenen yüzde artık örtüsü (Sp, %) değerleri de gösterilmiştir. Sonuç olarak, Eş. [32] aracılığı ile ETKE/YETKE-C-SC alt-değişkeni değeri hesaplanmıştır (Ek 4). Sonuç olarak Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasının ETKE/YETKE-C'nin Yüzey Örtüsü Alt-değişkeni (SC) haritası Şekil 26' da verilmiştir.



Şekil 26. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasına ait ETKE/YETKE-C' nin Yüzey Örtüsü Alt-değişkeni (SC) haritası

4.5.4 Toprak nemi alt-değişkeni (SM)

Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası topraklarının ETKE/YETKE-C-SM alt değişkeni değerleri, Eş. [39] ile hesaplanılan tarla kapasiteleri (θp, %) (Rawls et al., 1982; Saxton et al., 1986) ve (TKi/TKm) (Eş. [40]) ile birlikte Ek 7' de verilmiştir.

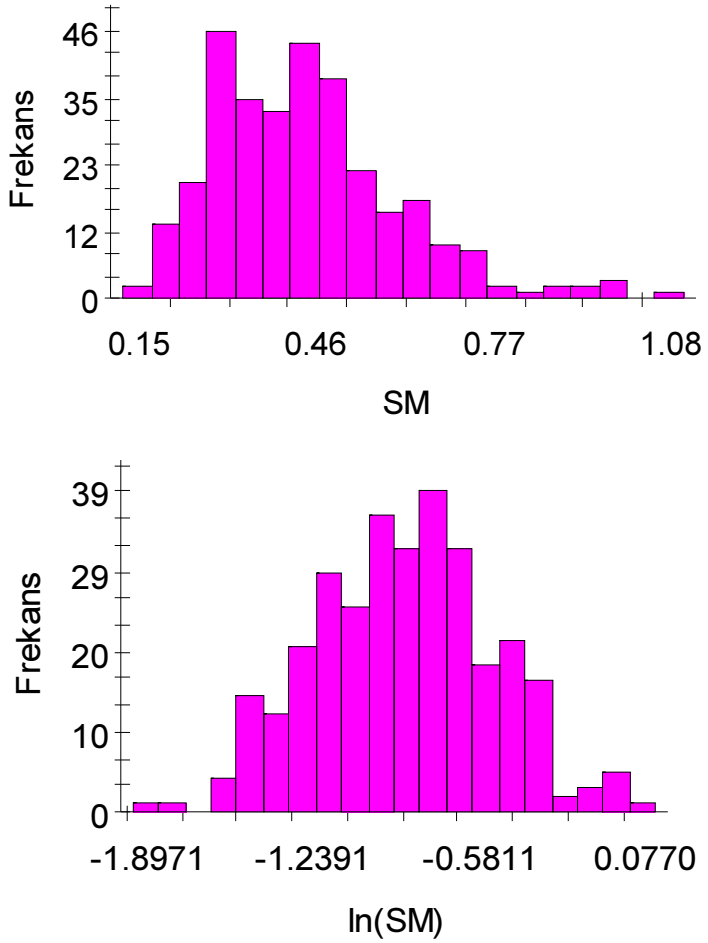
Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası topraklarının noktasal ETKE/YETKE-C-SM değerlerinin, SPSS 2000 istatistik paket programında elde edilen genel istatistiksel özellikleri ise Çizelge 14' de verilmiştir.

Çizelge 14. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası topraklarının noktasal ETKE/YETKE-C-SM değerlerinin genel istatistiksel özellikleri

Ortalama	Standart Sapma	DK*	EK*	EY*	Çarpıklık (Skewness)	Basıklık (Kurtosis)	Çarpıklık (Skewness) Ln dönüşümlü	Basıklık (Kurtosis) Ln Dönüşümlü
0,443	0,16	36	0,15	1,00	1,02	1,39	0,00	-0,16

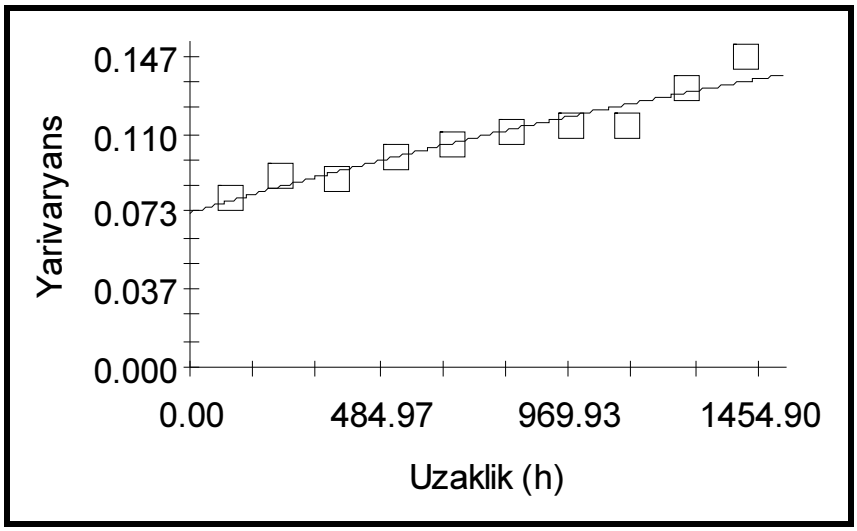
* DK: değişim katsayısı; EK: en küçük; EY: en yüksek

Ek 5' de belirtildiği üzere, havzada en küçük ve en yüksek ETKE/YETKE-C-SM değerleri sırasıyla 0,15 ve 1,00'dir. Alınan örneklerin ortalama ve standart sapması ise sırasıyla 0,443 ve 0,16' dir. Örnek kümesinin değişim katsayısı ise (DK) %36 bulunmuştur. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasının %36' sında topraklar, ETKE/YETKE-C-SM değerleri açısından değişik değerler almıştır. Bu, daha önce de belirtildiği gibi, havzada değişik arazi kullanım tiplerinin, farklı eğim diklikleri, uzunlukları ve bakılarının bulunması ile açıklanabilir. Eş. [39] ile ETKE/YETKE-C-SM alt-değişken değerleri toprak bünyesi ve organik madde içeriği ile ilişkilendirildiğinden, özellikle, farklı arazi kullanım tiplerinin toprak organik madde içeriği üzerinde ve farklı eğim diklik sınıflarının arazide değişik taşınma ve birikme süreçleri ile yüzey toprağının bünyesi üzerinde önemli değişikliklere neden olacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada ETKE/YETKE-C-SM ise, doğrudan bu toprak özelliklerinin bir bağıntısının bir bileşkesi olarak hesaplanmıştır (Eş. [39]). Ek olarak, Kolmogorov-Smirnov testi ile ETKE/YETKE-C-SM örnekleri dağılımının normalliği test edilmiştir ve sonuçta dağılımın "Çarpıklık" (Skewness) ve "Basıklık" (Kurtosis) ölçütleri belirlenmiştir. Bunlar sırasıyla 1.02 ve 1.39 olarak elde edilmiş ve veri kümesi Ln dönüşümü ile normalleştirilmiştir. Normalleştirilmiş ETKE/YETKE-C-SM verilerinin Çarpıklık ve Basıklık katsayıları sırası ile 0.00 ve -0.16 hesaplanmıştır (Çizelge14 ve Şekil 27).



Şekil 27. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası topraklarının noktasal ETKE/YETKE-C-SM değerlerinin hem gerçek hem de Ln dönüşümlü veri setinin frekans dağılımları

Ek 5' de verilen noktasal ETKE/YETKE-C-SM alt-değişkenine ait GS+ 7 jeo-istatistik programı ile elde edilen deneysel yarı-variyogramın (Journel and Huijbregts, 1978; Trangmar et al., 1987) (Eş. [14]) eğrisi ve modele ait parametreler sırasıyla Şekil 28 ve Çizelge 15' de verilmiştir.

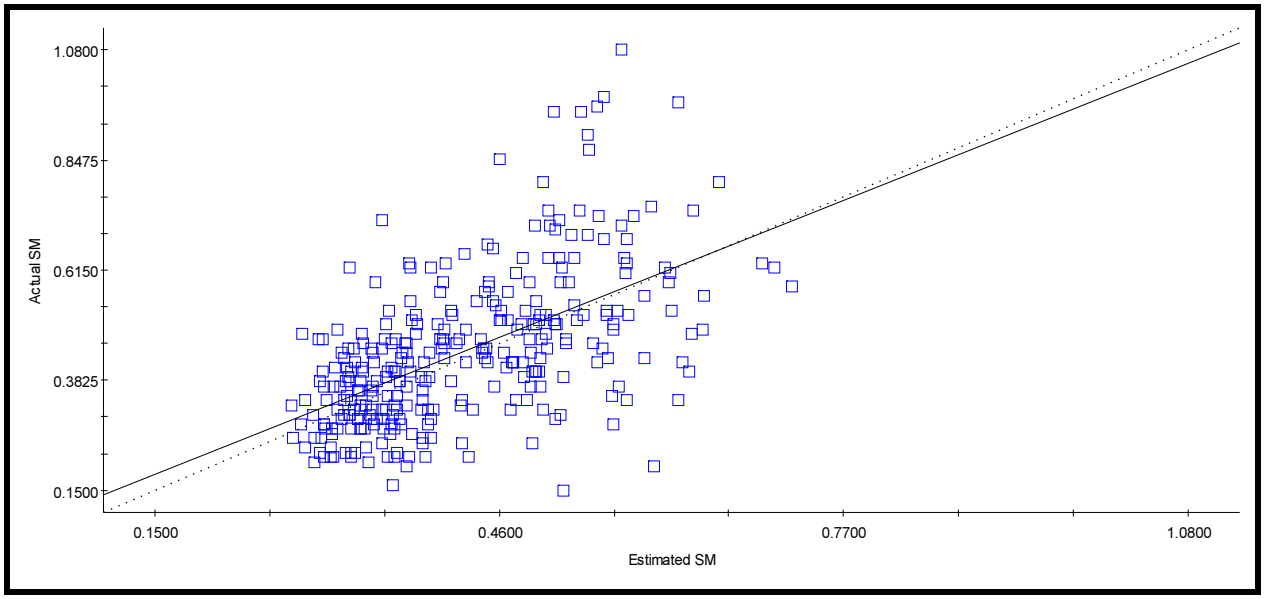


Şekil 28. Noktasal ETKE/YETKE-C-SM alt değişkeni değerlerine ait GS+ 7 jeo-istatistik programı ile elde edilen deneysel yarı-variyogramın eğrisi

Çizelge 15. Noktasal ETKE/YETKE-C-SM alt değişkeni değerlerine ait ve Eş. [14] ile verilen deneysel yarı-variyogram modelinin parametreleri

Değişken	Model	Külçe Etkisi (Co)	Sill (Co +C)	Co/(Co +C) (%)	Uzaklık (m)	r2
SM	e-sayılı üssel	0,073	0,241	30	3098	0,915

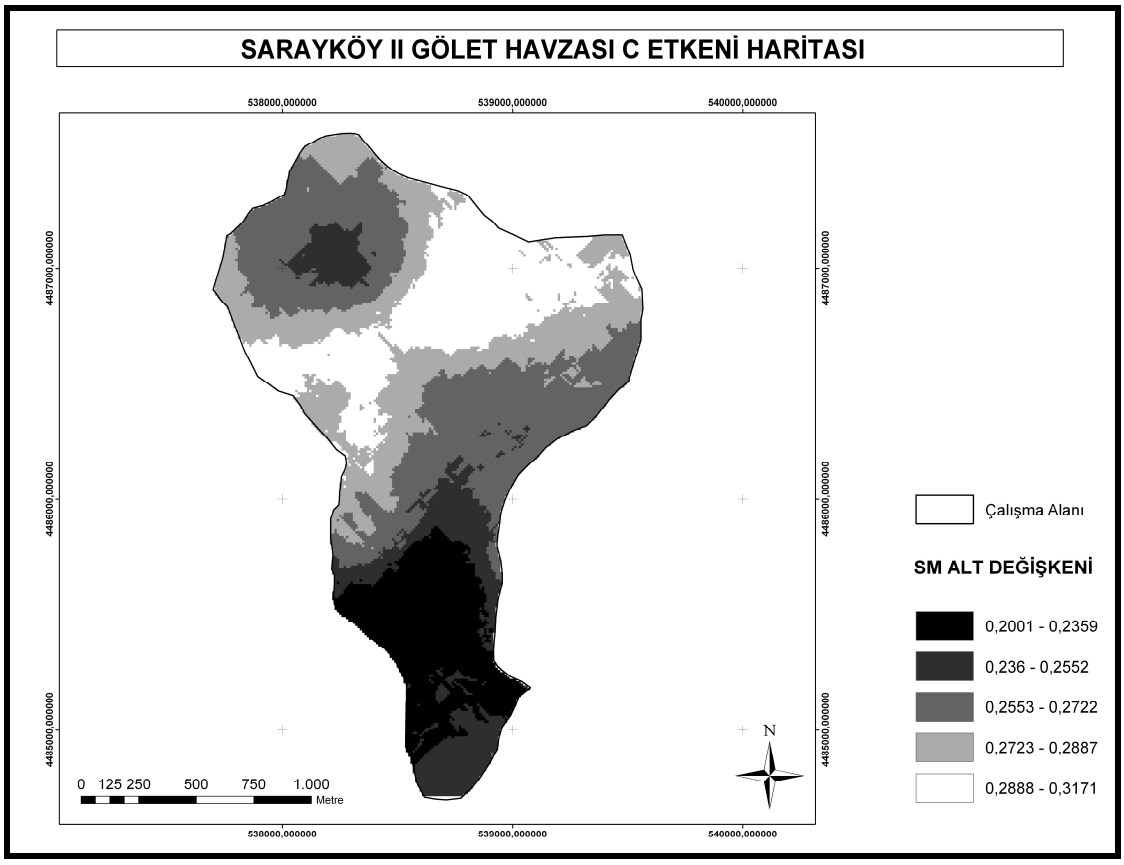
Ayrıca, deneysel yarı-variyogram için e-sayılı üssel modeli çapraz doğrulama sonucu en uygun model olarak belirlenmiştir (Şekil 29).



Şekil 29. Deneysel yarı-variyogram için e-sayılı üssel modelin çapraz olarak doğrulanması

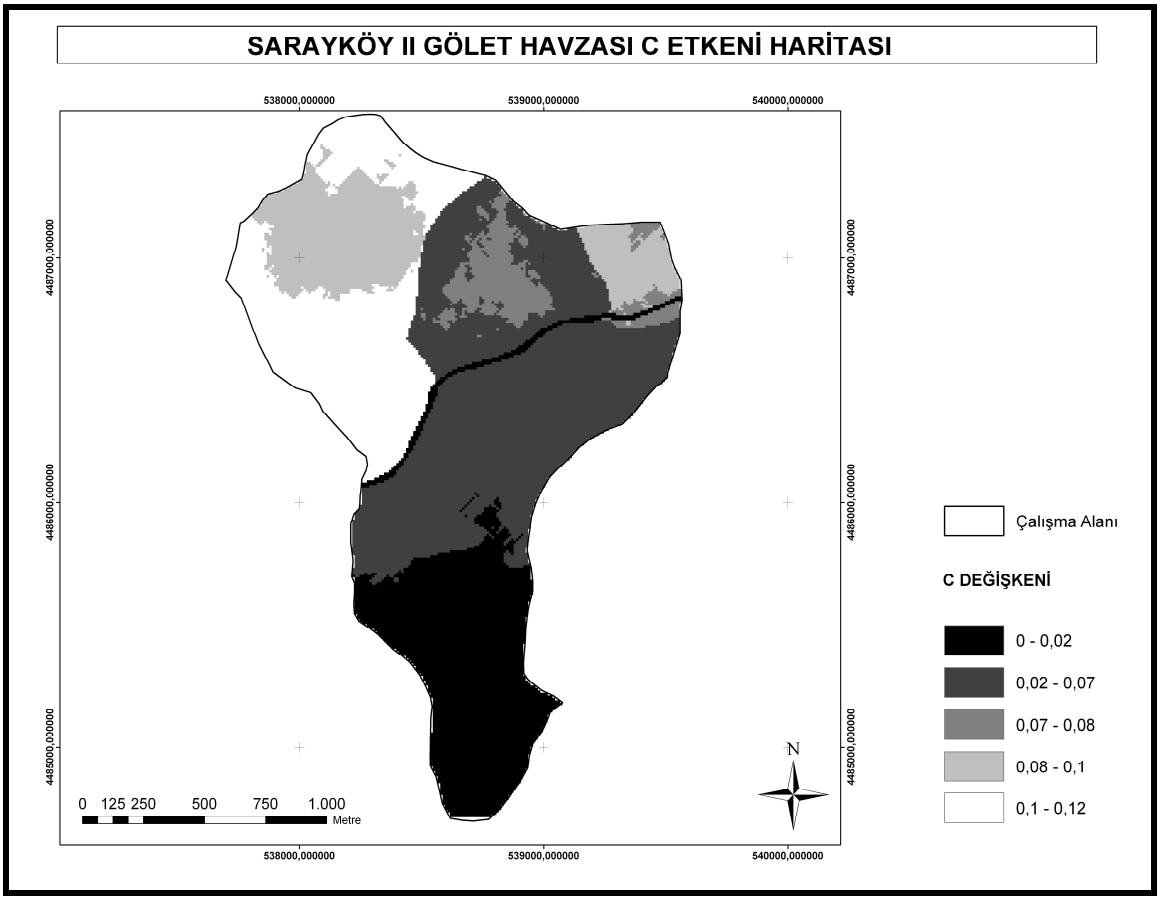
Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası topraklarının ETKE/YETKE-C-SM değerlerinin ani değişimi veya analiz ve örnekleme hatalarından dolayı bir miktar külçe etkisi belirlenmiştir (0,073). Varyansın uzaklığa bağlı olarak ulaştığı en yüksek (maksimum) nokta olan "Sill" değeri 0,241 ve en yüksek ilişkili uzaklık ise 3090 m olarak hesaplanmıştır. Bir başka ifadeyle, 3090 m uzaklık içinde ETKE/YETKE-C-SM alt-değişkeni istatistiksel ilişki göstermektedir. Daha önce de belirtildiği gibi, Chien et al. (1997)'a göre "Sill" değerinin külçe etkisine oranı ile örnekleme noktaları arasında kuvvetli bağımlılık olup olmadığı belirlenebilmektedir. Bu sınıflamaya göre örnekleme noktaları arasında, eğer C0/(C0+C) oranı <25 ise kuvvetli, 25-75 arasında ise orta ve >75 ise zayıf bir bağımlılık olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışmada, ETKE/YETKE-C-SM örneklemeleri arasında orta düzeyde bir ilişki olduğu belirlenmiştir (C0/(C0+C) = 30 (Çizelge 15).

Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası topraklarının ETKE/YETKE-C-SM konumsal deseni (kestirim haritası) Şekil 30' da görülmektedir. Araştırma alanının güney kesiminin yüksek ETKE/YETKE-C-SM değerine sahip olduğu görülmektedir. Bu alanda, ETKE/YETKE-C-SM değişkeninin yüksek değerlerle dağılım göstermesinin nedeni, organik madde kapsamının fazla olmasına ve toprak bünyesinin araştırma alanının kuzey bölümüne göre daha ince olmasına bağlanabilir. Ayrıca, eğim olarak kuzey bakıda bulunan bu bölge, güneş ışınlarını daha az alması nedeni ile güney bakıya göre daha nemli ve serindir. Bu farklılık, hem toprak oluşumu hem de bitki örtüsü yoğunluğunu etkileyen önemli bir etmendir. Havza içerisinde mera olarak kullanılan kuzey bölümde, aşırı otlatma sonucu toprakta yeterince organik madde birikmemesi ETKE/YETKE-C-SM değişkeninin düşük belirlenmesinin bir diğer nedenidir.



Şekil 30. Eldivan Sarayköy II Göleti su toplama havzası topraklarının ETKE/YETKE-C-SM alt değişkeni konumsal deseni

4.5.1, 4.5.2, 4.5.3 ve 4.5.4 bölüm başlıkları altında hesaplanılan bu 4 alt-değişkenin birbiriyle çarpılması sonucu elde edilen ETKE/YETKE-C Haritası Şekil 31'de verilmiştir.

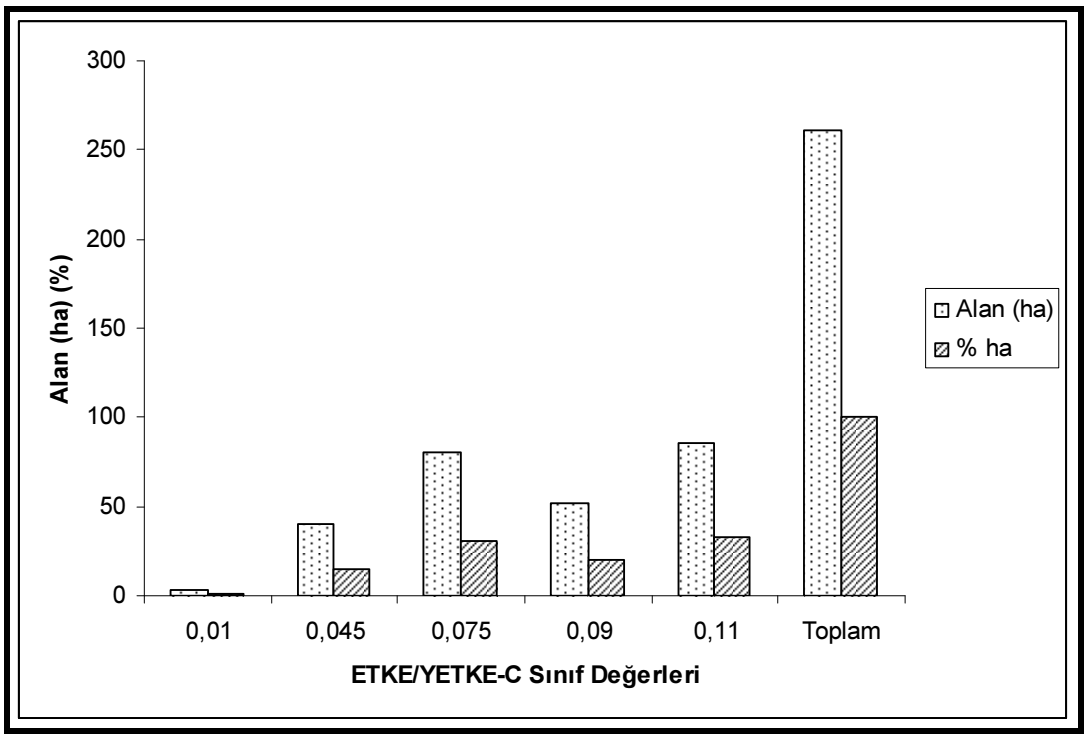


Şekil 31. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasının ETKE/YETKE-C değişkeni haritası

Şekil 31' den elde edilen ETKE/YETKE-C değişkeninin, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasındaki oransal dağılımı Çizelge 16' da verilmiştir. Su toplama havzasında ETKE/YETKE-C değişkeni baskın olarak havzanın kuzey-batı bölümünde yer alan 0,1-0,12 ve havzanın kuzey-doğu bölümünde yer alan 0,07-0,08 sınıflarında görülmüştür. Bunların alansal oranları yaklaşık olarak %32 ve 31' dir; toplamları ise yaklaşık olarak %63' dür. Diğer yandan, ETKE/YETKE-C değişkeni değerleri <0,07, ve 0,08-0,1 olan sınıflarının sırasıyla toplam alansal oranı yaklaşık olarak %17 ve 20' dir. Ek olarak bu % alansal dağılımları yansıtan sütun grafiği Şekil 32' de verilmiştir.

Çizelge 16. ETKE/YETKE-C değişkeninin, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasındaki oransal dağılımı

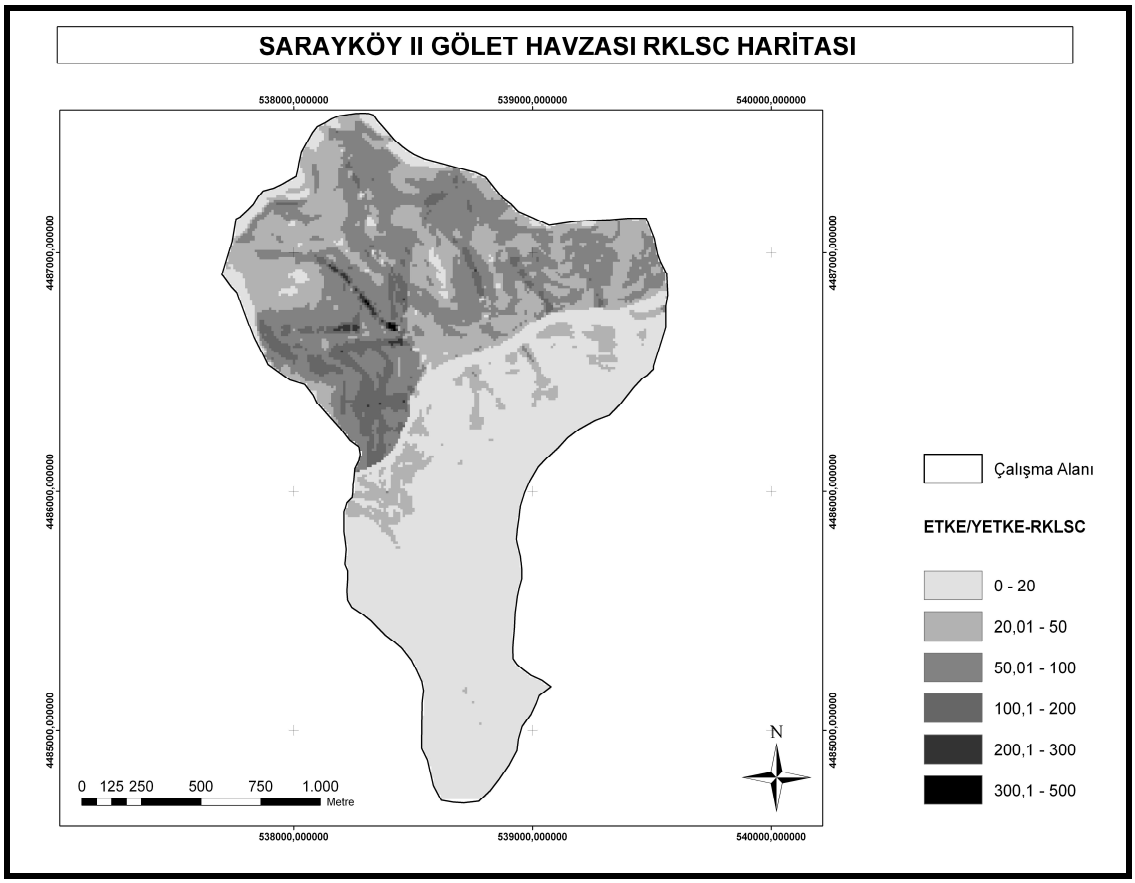
C Sınıf Değerleri	Sınıf Orta Değerleri	Alan (ha)	% ha	Sınıf Orta Değeri x Alan (ha)
0,00 – 0,02	0,01	3,61	1,37	0,03
0,02 – 0,07	0,045	40,06	15,21	1,80
0,07 – 0,08	0,075	80,49	30,57	6,03
0,08 – 0,1	0,09	51,8	19,67	4,66
0,1 – 0,12	0,11	85,24	32,37	9,37
	Toplam	261,2	100,00	21,89
			Ağırlıklı ortalama	21,89 / 263,57 = 0,08



Şekil 32. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası ETKE/YETKE-C sınıflarının alansal dağılımı

4.6 Gerçek Toprak Kaybı Haritası (ETKE/YETKE-RKLSC)

Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasının ETKE/YETKE-R, ETKE/YETKE-K, ETKE/YETKE-LS ve ETKE/YETKE-C değişkenlerinin çarpılmasıyla elde edilen "Gerçek Toprak Kaybı (ETKE/YETKE-RKLSC) Haritası" Şekil 33'de verilmiştir.



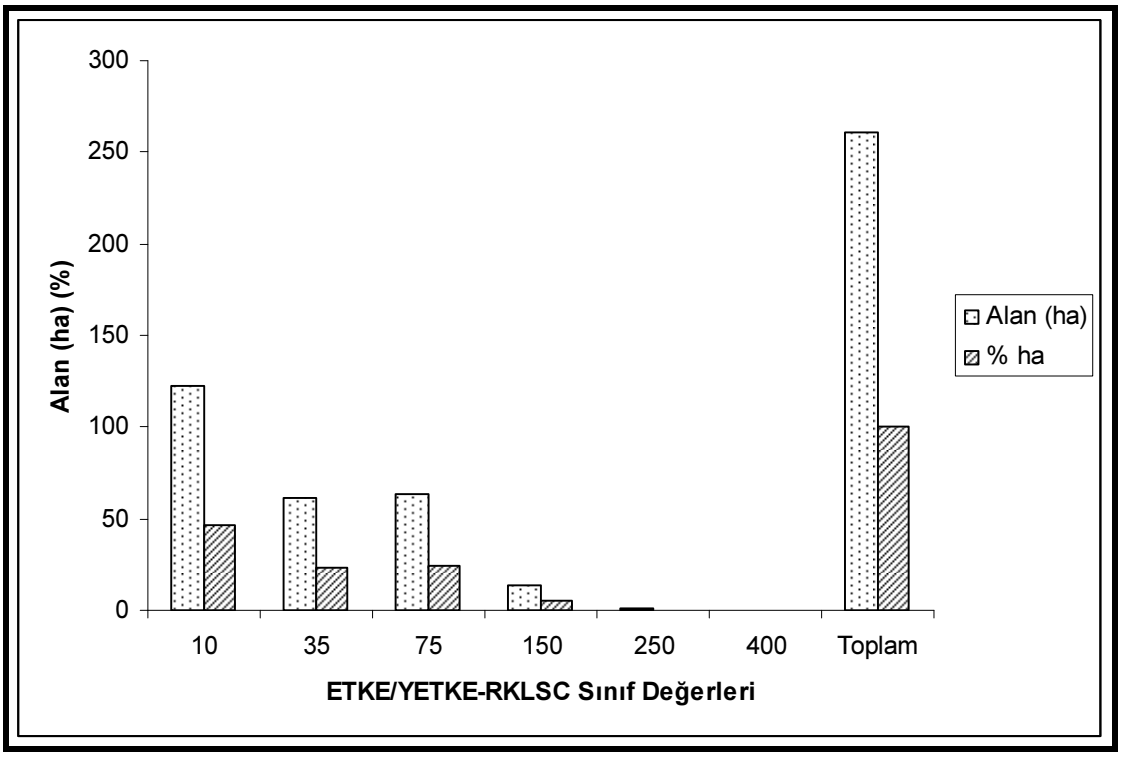
Şekil 33. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasının ETKE/YETKE-RKLSC değişkeni haritası

Şekil 33' de elde edilen ETKE/YETKE-RKLSC değişkeninin, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasındaki oransal dağılımı Çizelge 17' de verilmiştir. Su toplama havzasında ETKE/YETKE-RKLSC "Gerçek Toprak Kaybı" en çok 0-20, 20-50 ve 50-100 sınıflarında görülmüştür. Bunların alansal oranları yaklaşık olarak %47, 23 ve 24' dür. Diğer yandan, ETKE/YETKE-RKLSC değerleri >500 olan sınıfların toplam alansal oranı yaklaşık olarak % 6' dır.

Ek olarak bu % alansal dağılımları yansıtan sütun grafiği Şekil 34' de verilmiştir. Yapılan hesaplara göre havzadaki gerçek toprak kaybı 39,49 ton ha^{-1} $yıl^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Çizelge 17).

Çizelge 17. ETKE/YETKE-RKLSC değişkeninin Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasındaki oransal dağılımı

RKLSC Sınıf Değerleri	Sınıf Orta Değerleri	Alan (ha)	% ha	Sınıf Orta Değeri x Alan (ha)
0 – 20	10	122,89	46,67	1228,90
20 – 50	35	61,02	23,17	2135,70
50 – 100	75	63,21	24,00	4740,75
100 – 200	150	13,25	5,03	1987,50
200 – 300	250	0,73	0,28	182,50
300 – 500	400	0,1	0,04	40,00
	Toplam	261,20	100	10315,35
			Ağırlıklı ortalama	10315,35 / 261,20 = 39,49



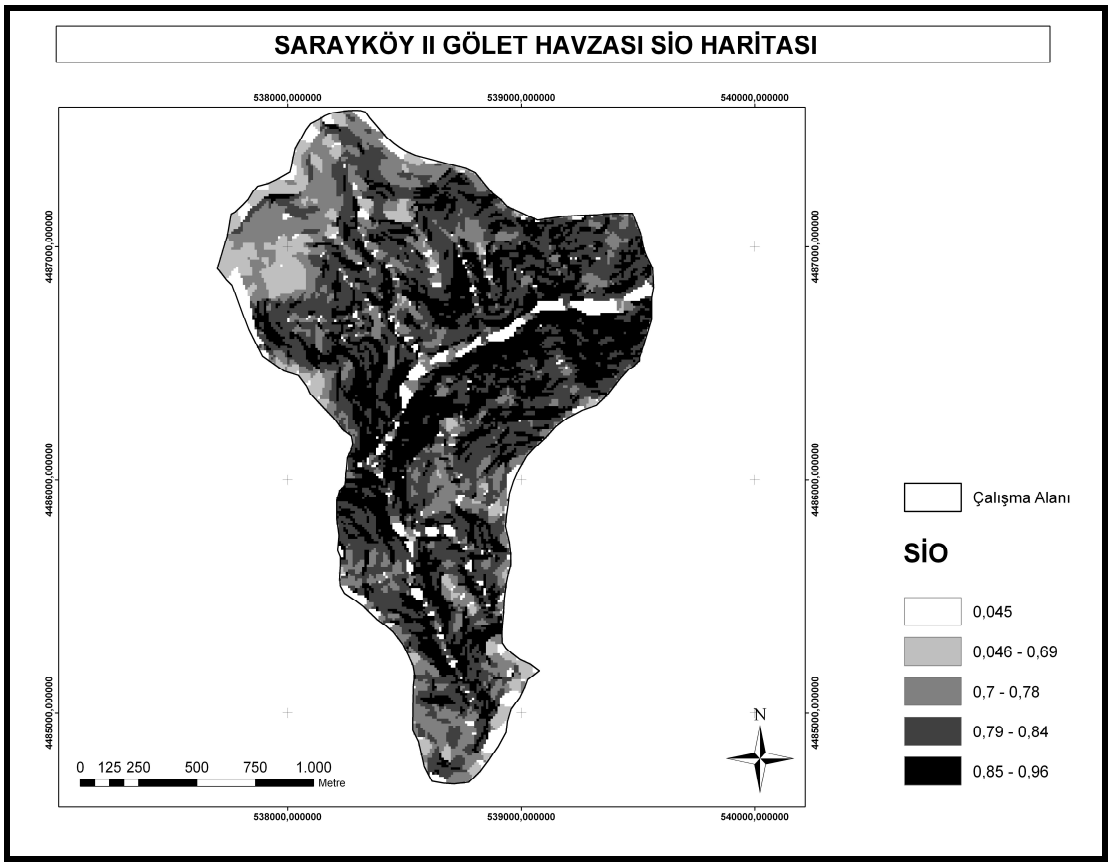
Şekil 34. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası ETKE/YETKE-RKLSC sınıflarının alansal dağılımı

4.7 Sediment İletim Oranı (SİO)

Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasında SİO, belirlenen ETKE/YETKE-LS değişkeni ve Eş. [42] ile hesaplanmıştır. Eş. [52]'nin β sabitesi kullanılarak SİO'nun değeri hesaplanmıştır.

$$\frac{\beta}{\beta^*} = -2{,}7113 + 1{,}1214\ln(A_h) \Rightarrow \frac{\beta}{0{,}62} = -2{,}7113 + 1{,}1214\ln(2{,}8)$$

$$\beta = \left[-2{,}7113 + 1{,}1214\ln(2{,}8)\right] \cdot 0{,}62 = -0{,}9651 \qquad [52]$$



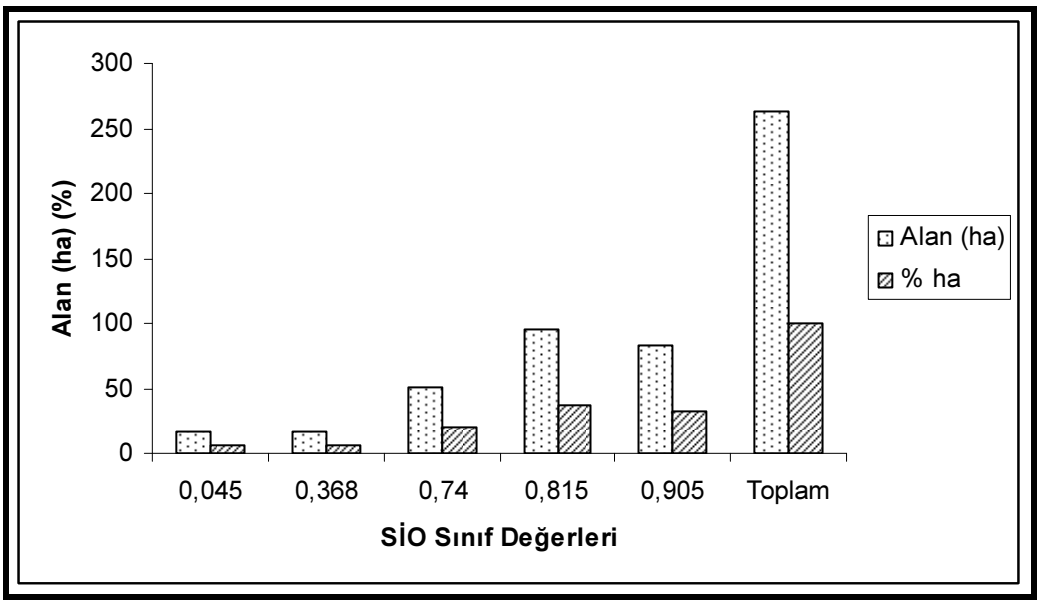
Şekil 35. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası topraklarının Sediment İletim Oranı (SİO) haritası

Eş. [42] kullanılarak elde edilen alana ait Sediment İletim Oranı haritası Şekil 35' de verilmiştir. Haritada görüldüğü gibi eğimin artışına bağlı olarak yerçekiminin de etkisiyle havzanın kuzey bölümünde SİO artmıştır. Elde edilen SİO değişkeninin, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasındaki oransal dağılımı Çizelge 18' de verilmiştir. Su toplama havzasının topografik özelliği dolayısıyla baskın olan SİO sınıfları 0,79-0,84 ve 0,85-0,96 sınıflarıdır. Bunların alansal oranları

sırasıyla yaklaşık olarak %36 ve 32' dir; toplamları ise yaklaşık olarak %68' dir. Diğer yandan, SİO değerleri <36 olan sınıfların toplam alansal oranı yaklaşık olarak %32' dir. Ek olarak bu % alansal dağılımları yansıtan sütun grafiği Şekil 36' da verilmiştir. Yapılan hesaplara göre havzadaki ağırlıklı ortalama sediment iletim oranı 0,75 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 18. SİO' nun Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasındaki oransal dağılımı

SİO Sınıf Değerleri	Sınıf Orta Değerleri	Alan (ha)	% ha	Sınıf Orta Değeri x Alan (ha)
0,045	0,045	16,25	6,16	0,73
0,046 – 0,69	0,368	17,30	6,56	6,36
0,7 – 0,78	0,74	50,75	19,25	37,55
0,79 – 0,84	0,815	95,63	36,28	77,93
0,85 – 0,96	0,905	83,66	31,74	75,71
	Toplam	263,59	100,00	198,28
			Ağırlıklı ortalama	198,28 / 263,57 = 0,75



Şekil 36. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası ETKE/YETKE-RKLS sınıflarının alansal dağılımı

4.8 Ortalama Yıllık Toprak Kaybı (ETKE/YETKE-A)

Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasına gelebilecek sediment miktarı, Eş. [3]' de verilen ETKE/YETKE yöntemi ile hem CBS hem de jeo-istatistiksel yaklaşımlar bir araya getirilerek ve Eş. [44]' un bağımsız değişkenleri kullanılarak elde edilmiştir. Bu hesaplamaların özeti Çizelge 19' da verilmiştir.

Çizelge 19. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasına gelebilecek sediment miktarının SİO değeri ile birlikte elde edilmesi

R	K	LS	C	SİO	A
1245,91	0,02	18,06	0,08	0,75	32,23

Çizelge 19' da gösterildiği üzere, Eş. [44] ile hesaplanılan ETKE/YETKE-A değerleri, 32,23 ton ha^{-1} $yıl^{-1}$ olarak tahmin edilmiştir. Bu değerlerin ton $yıl^{-1}$ olarak denkliği (Eş. [53]) (Ah = 261,20 ha) ise 8418,48 ton $yıl^{-1}$' dır.

$$\frac{\text{ton}}{\text{y}} = \left(\text{A}_\text{h}\right) \cdot \frac{\text{ton}}{\text{ha} \cdot \text{y}} \qquad [53]$$

Öte yandan, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasında mera ve orman alanlarından alınan, sırasıyla 56 ve 72 adet, toprak örneklerinde yapılan hacim ağırlığı (HA, ton m^{-3} = Mg m^{-3}) analizlerinde, ortalama değerler mera ve orman arazileri için 1,36 ± 0,10 ve 1,13 ± 0,12 olarak belirlenmiştir. Havzanın alansal ortalama HA değeri (Eş. [54]) ise, 1,25 ton m^{-3} olarak belirlenmiştir.

$$\text{HA}_{\text{ort}} = \frac{\left(1{,}36 \cdot 50{,}47\right) + \left(1{,}13 \cdot 47{,}82\right)}{98{,}24} = 1{,}25 \qquad [54]$$

Çizelge 20. Eldivan Sarayköy-II Göleti' ne ait bazı temel mühendislik bilgileri (DSİ verileri)

Göletin Yeri	Çankırı-Eldivan
Akarsuyu	Sakatçayı deresi
Amacı	Sulama
İnşaatın (başlama-bitiş) yılı	28.10.2004 - ……..
Gövde dolgu tipi	Kil çekirdekli toprak dolgu
Depolama hacmi	0,544 hm3
Aktif Hacim	0,509 hm3
Ölü Hacim	0,035 hm3
Yükseklik (talvegden)	33 m
Yükseklik (temelden)	35,5 m
Sulama Alanı	203 ha (brüt)
Proje rantabilitesi	2,06

* 1hm = 1 hektometre = 100 metre

Bu durumda, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasına gelebilecek ortalama sediment hacmi (VT, m^3 $yıl^{-1}$) (Eş. [55]) 6734,78 m^3 $yıl^{-1}$ olarak belirlenmiştir.

$$V_T = \frac{\frac{ton}{y}}{\frac{ton}{m^3}} = \frac{m^3}{y} \qquad [55]$$

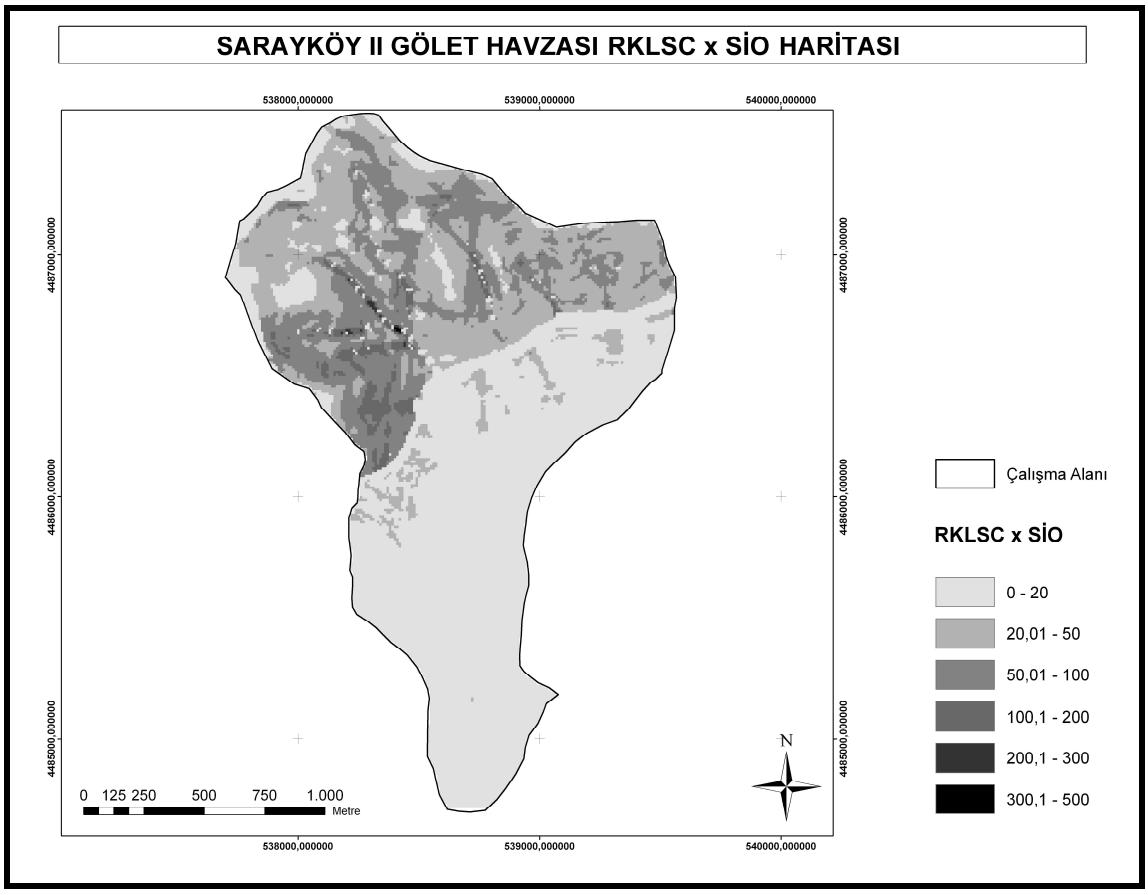
Çizelge 20' de belirtildiği üzerere baraj havzasının aktif hacmi (VA) 0,509 hm^3 olarak inşa edilmiştir. Bu durumda, baraj ömrü yapılan hesaplara göre eşitlik [56]' ya göre yaklaşık 76 yıl olarak elde edilmiştir.

$$\text{Baraj ömrü} = \frac{V_A(m^3)}{V_T(\frac{m^3}{y})} = YIL \qquad [56]$$

Baraj havzasının maksimum göl alanı (A G) 48200 m^2 olduğundan göl alanında erozyon sebebiyle yaklaşık 0.14 m $yıl^{-1}$ derinliğinde (DS) toprak birikmektedir (Eşitlik [57]).

$$D_S = \frac{V_T}{A_G} = \frac{\frac{m^3}{y}}{m^2} = \frac{m}{y} \qquad [57]$$

Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası topraklarının ETKE/YETKE-RKLS x SİO Şekil 37' de verilmiştir.

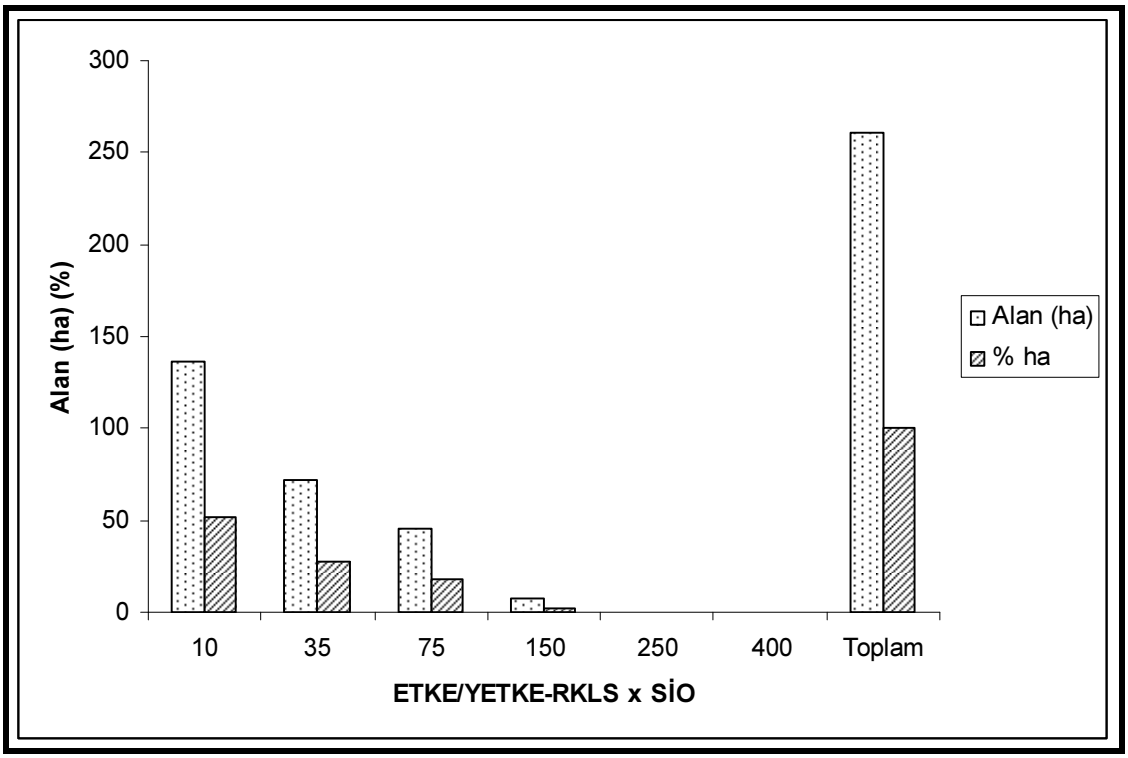


Şekil 37. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası topraklarının ETKE/YETKE-RKLSC x SİO haritası

Şekil 37' den elde edilen ETKE/YETKE-RKLSC x SİO değişkeninin, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasındaki oransal dağılımı Çizelge 21' de verilmiştir. Su toplama havzasında baskın olan ETKE/YETKE-RKLSC x SİO sınıfları 0-20, 20-50 ve 50-100 sınıflarıdır. Bunların alansal oranları sırasıyla yaklaşık olarak %52, 27 ve 18' dir; toplamları ise yaklaşık olarak %96' dır. Diğer yandan, ETKE/YETKE-RKLSC x SİO değerleri >100 olan sınıfların toplam alansal oranı yaklaşık olarak %3' dür. Ek olarak bu % alansal dağılımları yansıtan sütun grafiği Şekil 38' de verilmiştir.

Çizelge 21. ETKE/YETKE-RKLSC x SİO değişkeninin, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasındaki oransal dağılımı

RKLSCxSİO Sınıf Değerleri	Sınıf Orta Değerleri	Alan (ha)	% ha	Sınıf Orta Değeri x Alan (ha)
0 – 20	10	136,77	51,94	1367,7
20 – 50	35	71,32	27,09	2496,2
50 – 100	75	45,94	17,45	3445,5
100 – 200	150	6,88	2,61	1032,0
200 – 300	250	0,25	0,09	62,5
300 – 500	400	0,04	0,02	16,0
	Toplam	261,2	100,00	8419,9
			Ağırlıklı ortalama	8419,9 / 261,2 = 32,23



Şekil 38. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası ETKE/YETKE-RKLSC x SİO sınıflarının alansal dağılımı

5. Sonuç ve Öneriler

Eldivan Sarayköy-II Sulama Göleti su toplama havzasında, Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (ETKE) ve Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (YETKE) ile birlikte Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve jeo-istatistiksel yöntemler kullanılarak, ilgili su toplama havzasına gelmesi olası ortalama toprak miktarı ton ha^{-1} $yıl^{-1}$, ton $yıl^{-1}$, m^3 $yıl^{-1}$ ve m $yıl^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Çalışma alanının Sayısal Yükselti Modeli (SYM) ile birlikte güncel Türkiye YETKE-R haritası Çankırı iklim istasyonu YETKE-R değeri kullanılarak, havzasının konumsal ETKE/YETKE-R yüzeyi hazırlanmıştır. Havza topraklarının erozyona göstermiş olduğu duyarlılık ETKE/YETKE-K, toprak erozyon duyarlılık eşitliği veya abağı kullanılarak jeo-istatistiksel yaklaşımlar ile belirlenmiştir. SYM ve Arcview 3.2 "Hidrolojik Akım Birikimi" hesaplama yeteneği aracılığı ile ise ETKE/YETKE-LS değişken değerleri hesaplanmış ve konumsal haritası çıkarılmıştır. Sırasıyla ortalama ETKE/YETKE-R, ETKE/YETKE-K ve ETKE/YETKE-LS değişken değerleri 1245,91 MJ ha^{-1} mm $saat^{-1}$ $yıl^{-1}$, 0,02 t ha saat ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1} ve 18,06 olarak belirlenmiştir. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasında ETKE/YETKE-C değişkeni, önceki arazi kullanımı (PLU), kanopi örtüsü (CC), yüzey örtüsü (SC), gelişi-güzel pürüzlülük (SR) ve toprak nemi (SM) alt-değişkenleri değerlendirilerek hesaplanmıştır. Sırasıyla ortalama ETKE/YETKE-C-PLU, ETKE/YETKE-C-CC, ETKE/YETKE-C-SC, ETKE/YETKE-C-SR ve ETKE/YETKE-C-SM değerleri, 0,42, 0,81, 0,27, 1,00 ve 0,44' dir. Bu çalışmada ağırlıklı ortalama ETKE/YETKE-C değeri ise 0,08 olmuştur. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası "Sediment İletim Oranı", ETKE/YETKE-LS konumsal yüzeyi ve havza katsayısı kullanılarak hesaplanmış ve SİO değeri 0,75 olarak bulunmuştur. ETKE/YETKE bağımsız değişkenleri ve bu SİO değeri kullanılarak bulunan ETKE/YETKE-A değeri ise 32,23 ton ha^{-1} $yıl^{-1}$, dır. Bu değerin ton $yıl^{-1}$ olarak denkliği 8418,48 ton $yıl^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasına gelebilecek ortalama sediment hacmi 6734,78 m^3 $yıl^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Baraj havzasının maksimum göl alanı (AG) 48200 m^2 olduğundan göl alanında erozyon sebebiyle yaklaşık 0.14 m $yıl^{-1}$ derinliğinde (DS) toprak birikmektedir Yapılan hesaplara göre barajın aktif hacminin yaklaşık 76 yıl da dolması beklenmektedir.

Çıplak alanların ağaçlandırılması, uygulanacak plantasyon yöntemleriyle arazinin kapalılık oranının arttırılması, yeterli bütçenin sağlanması durumunda oyuntu kontrol yapılarının planlanması, eğim dikliğini kırıcı mekaniksel uygulamaların tanzimi havzada alınacak önlemler olarak önerilebilir.

6. Kaynaklar

Alberts, E.E., M.A. Weltz, and F. Ghidey. 1989. Plant growth component, ch. 8. In L.J. Lane and M.A. Nearing, eds., USDA-Water Erosion Prediction Project: Hillslope Profile Model Documentation, pp. 8.1-8.38. NSERL Rep. No. 2, USDA-ARS Nat. Soil Eros. Res. Lab., West Lafayette, Indiana.

Allmaras, R.R., R.E. Burwell, W.E. Larson, et al. 1966. Total porosity and random roughness of the interrow zones influenced by tillage. U.S. Dep. Agric., Conserv. Res. Rep. 7.

Anonim, 1988. Çankırı - E16 Paftası 1988 1/100000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi. M.T.A Genel Müdürlüğü Ankara.

Anonim, 2007. Eldivan meteoroloji istasyonu iklim verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Kayıtları, Ankara.

Armstrong, C.L., and J.K. Mitchell. 1987. Transformation of rainfall by plant canopy. Trans. ASAE 30:688-696.

Armstrong, C.L., and J.K. Mitchell. 1988. Plant canopy characteristics and processes which affect transformation of rainfall properties. Trans. ASAE 31:1400-1409.

Atalay, İ. 1983. Türkiye Vejetasyon Coğrafyasına Giriş, E.Ü. Edebiyat Fakültesi yayınları yayın no: 19, Ticaret matbacılık TAŞ. İzmir.

Austin, M.E. 1981. Land resource regions and major land resource areas of the United States. U.S. Dep. Agric., Agric. Handbook No. 296.

Blake, G. R. and Hartge, K. H. 1986. Bulk density and practicle density in: Methods of Soil Analysis, Part I, Physical and Mineralogical Methods, pp: 363-381. ASA and SSSA Agronomy Monograph no 9 (2nd ed.), Madison.

Box, J.E., Jr. 1981. The effects of surface slaty fragments on soil erosion by water. Soil Sci. SOC. Am. J. 45: 11 1-1 16.

Bouyoucous, G. J. 1951. A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Agronomy Journal 43: 9, 434-438.

Chien, Y.J., Lee, D.Y., Guo, H.Y., Houng K.H., 1997. Geostatistical analysis of soil properties of mid-west Taiwan Soils. Soil Sci. 162, 291-297.

Cogo, N.D., W.C. Moldenhauer, and G.R. Foster. 1984. Soil loss reduction from conservation tillage practices. Soil Sci. SOC. Am. J. 48:368-373.

Dickey, E.C., C.R. Fenster, J.M. Laflen, and R.H. Mickelson. 1983. Effects of tillage on soil erosion in a wheat-fallow rotation. Trans. ASAE 262314- 820.

Dissmeyer, G.E., and G.R. Foster. 1981. Estimating the cover-management factor (C) in the universal soil loss equation for forest conditions. J. Soil Water Conserv. 36:235-240.

Erinç, S. 1962. Klimatoloji ve Metodları, İ.Ü. Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Enstitüsü Yayınları No: 994/35, İstanbul.

Ferro, V. and Minacapilli, M. 1995. Sediment delivery processes at basin scale. Hydrological Sciences -Journal- des Sciences Hydrologiques,40,6.

Ferro, V., Bagarello., V., Stefano, C.Di., Giordano, G., Porto., P., 2001, Monitoring And Predicting Sediment Yield In A Small Sicilian Basin, American Society of Agricultura Engineers, Vol:44 pp585-595.

Finney, H.J. 1984. The effect of crop covers on rainfall characteristics and splash detachment. J. Agric. Eng. Res. 29:337-343.

Foster, G. R., McCool, D. K., Renard, K. G., and Moldenhauer, W. C., 1981. Conversion of universal soil loss equation to SL metric units. J. Soil Water Conserv., 36: 355-359.

Foster, G.R. 1982. Modeling the erosion process, ch. 8. In C.T. Haan, H.D. Johnson, and D.L. Brakensiek, eds., Hydrologic Modeling of Small Watersheds. ASAE Monogr. No. 5., Am. SOC. Agric. Eng., St. Joseph, Michigan.

Ghidey, F., J.M. Gregory, T.R. McCarty, and E.E. Alberts. 1985. Residue decay evaluation and prediction. Trans. ASAE 28: 102- 105.

Göl, C., Dengiz, O., 2007. Çankırı-Eldivan Karataşbağı Deresi Havza Arazi Kullanım-Arazi Örtüsündeki Değişim Ve Toprak Özellikleri. OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 22(1):86-97

Gregory, J.M. 1982. Soil cover prediction with various amounts and types of crop residue. Trans. ASAE 25:1333-1337.

Gregory, J.M., T.R. McCarty, F. Ghidey, and E.E. Alberts. 1985. Derivation and evaluation of a residue decay equation. Trans. ASAE 28:98- 10 1, 105.

Haynes, J.L. 1940. Ground rainfall under vegetative canopy of crops. J. Am. SOC. Agron. 32:176-184.

Jackson, M.L. 1958. Soil chemical analysis. Prentice Hall Inc., Engewood Cliffs, N.J.

Journal, A.G., Huijbregts, C.S., 1978. Mining Geostatistics. Academic Press, New York, p.600.

Kaya, P. 2008. Türkiye' de Uzun Dönem Yağış Verileri Kullanılarak Ulusal Ölçekte RUSLE-R Faktörünün Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.

Klute, A. and Dirksen, C. 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity laboratory methods in:

Methods of soil analysis, Part I, Physical and Mineralogical Methods, pp: 687-732. ASA and SSSA Agronomy Monograph no 9 (2nd ed.), Madison.

Laflen, J.M., W.C. Moldenhauer, and T.S. Colvin. 1980. Conservation tillage and soil erosion on continuously row-cropped land. In Crop Production With Conservation in the SO'S, pp. 121-133. Am. SOC. Agric. Eng., St. Joseph, Michigan.

Laflen, J.M., and T.S. Colvin. 1981. Effect of crop residues on soil loss from continuous row cropping. Trans. ASAE 24:605-609.

Laflen, J.M. 1983. Tillage and residue effect on erosion fiom cropland. In D.A. DeCoursey, ed., Natural Resources Modeling Symposium, pp. 438-441. U.S. Dep. Agric., Agric. Res. Serv., Pingree Park, Colorado.

Laflen, J.M., G.R. Foster, and C.A. Onstad. 1985. Simulation of individual- storm soil loss for modeling the impact of soil erosion on crop productivity. In S.A. El-Swaify, W.C. Moldenhauer, and A. Lo, eds., Soil Erosion and Conservation, pp. 285-295. Soil Conserv. SOC. Am., Ankeny, Iowa.

Larson, W.E., R.F. Holt, and C.W. Carlson. 1978. Residue for soil conservation, ch. 1. In W.R. Oschwald, M. Stelly, D.M. Kral, and J.H. Nauseef, eds., Crop Residue Management Systems, pp. 1-15. ASA Spec. Publ. No. 31, Am. SOC. Agron., Crop Sci. SOC. Am., and Soil Sci. SOC. Am., Madison, Wisconsin.

Meyer, L.D., C.B. Johnson, and G.R. Foster. 1972. Stone and woodchip mulches for erosion control on construction sites. J. Soil Water Conserv. 27~264-269.

Moore, I. D., & Burch, G. J. (1986a). Modeling erosion and deposition. Topographic effects. Transactions of the ASAE 29, 1624–1630, 1640.

Moore, I. D., & Burch, G. J. (1986b). Physical basis of the length–slope factor in the Universal Soil Loss Equation. Soil Science Society of America Journal, 50, 1294–1298.

Mutchler, C.K., C.E. Murphree, and K.C. McGregor. 1982. Subfactor method for computing C-factors for continuous cotton. Trans. ASAE 25:327- 332.

National Research Council. 1975. Agricultural production efficiency. Commission on Natural Resources, Nat. Acad. Sci., Washington, DC.

Ogawa, S., Saito, G., Mino, N., Uchida S., Khan, N. M., & Shafiq, M. (1997). Estimation of soil erosion using USLE and Landsat TM in Pakistan (ACRS 1–5). Retrieved from GIS development.net.

Onstad, C.A., M.C. Wolfe, C.L. Larson, and D.C. Slack. 1984. Tilled soil subsidence during repeated wetting. Trans. ASAE 27:733-736.

Quinn, M.W., and J.M. Laflen. 1983. Characteristics of raindrop throughfall under corn canopy. Trans. ASAE 26:1445-1450.

Rawls, W.J., D.L. Brakenseik, and K.E. Saxton. 1982. Estimation of soil water properties. Trans. ASAE 25:1316-1320.

Renard, K.G., Foster, G.A., Weesies, D.A., McCool, D.K., Yoder, D.C., 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). Agriculture Handbook No. 703. USDA, Washington, DC.

Saxton, K.E., Rawls, W.J., Romberger, J.S., and Papendick, R.I. 1986. Estimating generalized soil-water characteristics from texture. Soil Sci Soc Am J; 50: 1031-1036.

Simanton, J.R., E. Rawitz, and E.D. Shirley. 1984. The effects of rock fragments on erosion of semiarid rangeland soils, ch. 7. In Erosion and Productivity of Soils Containing Rock Fragments, pp. 65-72. SSSA Spec. Publ. 13, Soil Sci. SOC. Am., Madison, Wisconsin.

Soil Survey Staff, (1951) Soil survey manual. Agriculture handbook No. 18. US Department of Agriculture. US Government Printing Office, Washington, DC.

Sumner, M.E., and B.A. Stewart, eds. 1992. Soil crusting: Chemical and physical processes. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.

Trangmar, B.B., Yost, R.S., Wade, M.K., Uehara, G., Sudjadi, M., 1987. Spatial variation of soil properties and rice yield in recently cleared land. Soil. Sci. Soc. Am. J., 51: 668-674.

Toy, T. J. & Foster, G. R. 1998. In J.R. Galetevic (Ed.), Guidelines for the revised universal soil loss equation (Rusle) version 1.06 on mined lands, construction sites, and reclaimed lands. Suite 3320, 1999 Broadway, Denver, CO 80202-5733: The Office of Technology Transfer Western Regional Coordinating Center Office of Surface Mining.

U.S. Department of Agriculture. 1990. Agricultural statistics. U.S. Gov. Printing Office, Washington, DC.

U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service. 1991. Agricultural Waste Management Field Handbook Part 65 1. USLE LS factor on topographically complex landscape units. Journal of Soil and Water.

Van Liew, M.W., and K.E. Saxton. 1983. Slope steepness and incorporated residue effects on rill erosion. Trans. ASAE 26: 173 8- 1743.

Weltz, M.A., K.G. Renard, and J.R. Simanton. 1987. Revised universal ,soil loss equation for western rangelands, pp. 104-1 1 1. In US/Mexico Symposium on Strategies for Classification and Management of Native Vegetation for Food Production in Arid Zones. U.S. Forest Serv. Gen. Tech. Rep. RM-150.

Wischmeier, W. H., Smith, D.D., 1965. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains: guide for selection of pratices for soil and water conservation planning. USDA, Agricultural Handbook. U.S. Government Printing Office, Washington, DC., pp. 282.

Wischmeier, W.H., Johnson, C.B., Cross, B.V. 1971. A soil Erodibility nomograph for farmland and construction sites. J Soil Sci Water Conserv 26(5):189–193.

Wischmeier, W.H. 1975. Estimating the soil loss equations cover and management factor for undisturbed lands. In Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources, pp. 118-125. US. Dep. Agric., Agric. Res. Serv., ARS-S-40.

Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. Predicting rainfall erosion losses–a guide for conservation planning. USDA, Agricultural Handbook. U.S. Government Printing Office, Washington, DC., pp. 537.

7. Ekler

a) Mali Bilanço ve Açıklamaları

Yürütücülüğünü Doç. Dr. Günay Erpul'un yaptığı Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından desteklenen 07B4347001 proje numaralı, "RUSLE Teknolojisi ile Eldivan Sarayköy Göleti Su Toplama Havzasına Gelebilecek Sediment Miktarının Tahmin Edilmesi" başlıklı proje için ön görülen toplam bütçe 33.280,00 TL olup, bu bütçenin 28.886,73 TL'lik kısmı aşağıda detaylandırılan harcama kalemlerinde kullanılmış olup, geriye kalan 4.393,27 TL'lik kısmı proje hesabında bulunmaktadır.

Makina ve Donanım;

1 adet HP dijital fotograf makinası; 1 adet Asus kasa; 1 adet UPS (güç kaynağı); 1 adet Microsoft kit; 1 adet HP Laserjet 3052 yazıcı; 2 adet Magellan Explorist GPS; 1 adet 22 inc samsung LCD monitor; 1 adet el telsiz seti; 1 adet ıslak eleme aleti; 2 adet digital büret, 2 adet dispenser (30 ml) ve 2 adet dispenser (50 ml)

Sarf Malzemesi;

Hidroklorik asit; Sülfrik asit; Hidrojen peroksit, Potasyum dikromat; Baryum Di fenilamin sülfonat; Demir sülfat; Kalgon; Cam çökelme silindiri; Beher ve mutelif kırtasiye malzemesi (kağıt, dosya gömleği, klasör, defter, flash bellek vb.)

Yolluklar (Yurt içi);

Toprak ve bitki örneklerinin alınması, arazi gözlemlerinin yapılması, kanopi örtüsünün değerlendirilmesi vb. sebeplerden ötürü proje alanında yoğun bir arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, Uydu görüntülerinin teknik sebeplerden ötürü istenilen dönemlerde elde edilememesi sebebiyle, uydu görüntüleri için ayrılan bütçe yolluk kalemine transfer edilerek YETKE-C değişkeninin daha doğru olarak belirlenebilmesi için arazi çalışmaları daha yoğun ve detaylı olarak yapılmıştır.

b) Makine ve Teçhizatın Konumu ve İlerideki Kullanımına Dair Açıklamalar

Projede ön görüldüğü ve kabul edildiği üzere Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğünce ihale yoluyla temin edilen malzemeler ve mevcut ve gelecekteki kullanım durumları;

1 adet 22 inc samsung LCD monitor; Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesinde Toprak bölümünde Doç. Dr. Günay Erpul (Proje yürütücüsü) tarafından kullanılmaktadır.

1 adet Asus kasa; Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesinde Toprak bölümünde Doç. Dr. Günay Erpul (Proje yürütücüsü) tarafından kullanılmaktadır.

1 adet UPS (güç kaynağı); Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesinde Toprak bölümünde Doç. Dr. Günay Erpul (Proje yürütücüsü) tarafından kullanılmaktadır.

1 adet Microsoft kit; Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesinde Toprak bölümünde Doç. Dr. Günay Erpul (Proje yürütücüsü) tarafından kullanılmaktadır.

1 adet HP Laserjet 3052 yazıcı Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesinde Toprak bölümünde Doç. Dr. Günay Erpul (Proje yürütücüsü) tarafından kullanılmaktadır.

1 adet HP dijital fotograf makinası; Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesinde Toprak bölümünde Doç. Dr. Günay Erpul (Proje yürütücüsü) üzerine zimmetlenmiş olup, arazi çalışmalarında sıklıkla görsel malzeme elde edilmesinde kullanılmaktadır.

2 adet Magellan Explorist GPS; Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesinde Toprak bölümünde Doç. Dr. Günay Erpul (Proje yürütücüsü) üzerine zimmetlenmiş olup, arazi çalışmalarında konum bilgisinin elde edilmesinde (örnekleme noktalarının, yüksekliklerin, noktalar arasındaki mesafelerin tespit edilmesi vb. amaçlar ile) kullanılmaktadır.

1 adet el telsiz seti; Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesinde Toprak bölümünde Doç. Dr. Günay Erpul (Proje yürütücüsü) üzerine zimmetlenmiş olup, arazi çalışmalarında ekipler arasındaki iletişimin ve kordinasyonun sağlanması amacıyla kullanılmaktadır.

1 adet ıslak eleme aleti; Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesinde Toprak bölümünde Doç. Dr. Günay Erpul (Proje yürütücüsü) üzerine zimmetlenmiş olup, toprakların parçalanmaya karşı gösterdiği yapısal dayanımın değerlendirilmesi amacıyla Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölüm Laboratuarında kullanılmaktadır.

Ayrıca laboratuar çalışmalarında, çalışmaların kolaylaştırılması, hassasiyetin arttırılması, hata risklerinin azaltılması amacıyla proje bütçesinden; *2 adet digital büret, 2 adet dispenser (30 ml) ve 2 adet dispenser (50 ml)* temin edilmiş ve Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölüm Laboratuarında kullanılmaktadır.

c) Teknik ve Bilimsel Ayrıntılar (varsa Kesim III'de yer almayan analiz ayrıntıları)

Proje sonuç raporunda çalışma ile ilgili olarak 7 adet ek bulunmaktadır. Bunlar;

EK_1 Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası ETKE/YETKE-K değişkeni için toprak örnekleme noktaları

EK_2 Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası ETKE/YETKE-K değişkeni için toprak örnekleme noktalarının yer-belirteçleri

EK_3 Çankırı iklim istasyonu uzun yıllık ortalama aylık yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasının toprak su bütçesinin hesaplanması

EK_4 Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası topraklarının bünye, yapı, toplam organik madde, hacim ağırlığı ve ETKE/YETKE-K (t ha saat ha-1 MJ-1 mm-1) değerleri

EK_5 Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası yüzey topraklarında birim alanda ve birim derinlikte bulunan canlı ve ölü köklerin ağırlığı (Bur, kg da-1 cm-1) ve PLU değerleri

EK_6 Eldivan Sarayköy II Göleti su toplama havzası yüzey topraklarında birim alanda bulunan canlı ve ölü köklerin kuru ağırlığı (Bs, kg da-1) ve ETKE/YETKE-C-SC alt-değişkeni değerleri

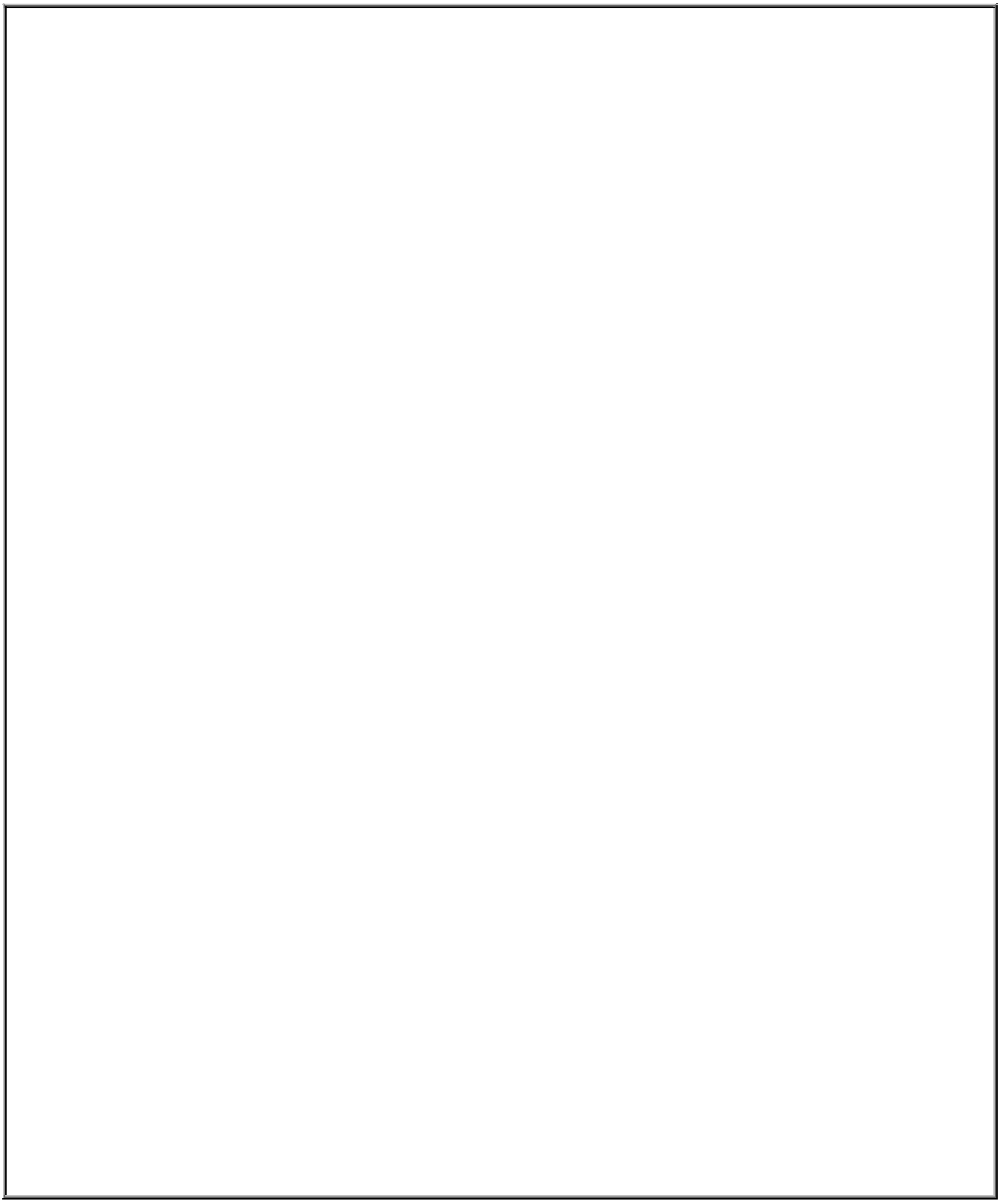
EK_7 Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzası topraklarının tarla kapasiteleri (θp), (TKi/TKm) oranları ve ETKE/YETKE-C-SM alt değişkeni değerleri

d) Sunumlar (bildiriler ve teknik raporlar) **(Altyapı Projeleri için uygulanmaz)**

Başaran, M. Özcan, A.U. Saygın D. S., Yılman, F. E., Dölarslan, M. Timur, Ö.B., Erpul, G., Bayramin, I. ve Kibar, M. "Çankırı Eldivan Sarayköy II göleti su toplama havzasında GIS ve Jeoistatiksel yöntemlerleYETKE-C değişkeninin hesaplanması" I. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu (16-18 Haziran, 2009), Konya.

e) Yayınlar (hakemli bilimsel dergiler) ve tezler (Altyapı Projeleri için uygulanmaz)

Saygın Deviren, S., Basaran, M., Ozcan A.U., Dolarslan, M., Tımur, O.B., Yılman, F.E., Erpul, G., Bayramin, I. and Kıbar, M. 2009 (under review). Spatially comparing the performance of the commonly used soil erodibility equations in a semiarid basin of Turkey'', Water Resources Management.

Basaran, M., Erpul, G., Ozcan, A.U., 2008.Variation of macro-aggregate stability and organic matter fractions in the basin of Saraykoy II Irrigation Dam, Cankiri, Turkey.Fresenius Environmental Bulletin, 17, 224-239

F. Ebru Yılman, 2009. Eldivan Sarayköy II Göleti (Çankırı) Su Toplama Havzasında RUSLE yöntemi ile Toprak kayıplarının tahmin edilmesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.