

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SIÇRAMA EROZYONU DUYARLILIĞI, AGREGAT DAYANIMI VE
ORGANİK MADDE İÇERİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Melis Özge PINAR

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

**ANKARA
2011**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SIÇRAMA EROZYONU DUYARLILIĞI, AGREGAT DAYANIMI VE ORGANİK MADDE İÇERİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Melis Özge PINAR

Ankara Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Günay ERPUL

Bu tez çalışmasında, Asartepe Baraj Havzasında bulunan bir nadas alanı topraklarının sıçrama erozyon duyarlılığı (K_s , $\text{ton ha}^{-1}\text{MJ}^{-1}$ saat mm^{-1}), agregat dayanımı (AD, FSD %) ve organik madde içerikleri (OM %) arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Bu amaçla araştırma alanından 50 x 100 m lik bir örnekleme parselinden hem kare-örgü örnekleme yöntemi hem de rastlantısal olmak üzere toplam 256 adet yüzey toprağı örneğı 0-10 cm’ den alınmıştır. Ayrıca araştırmada “Yenilenmiş Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği (YETKE), toprak erozyonu duyarlılık modelleri (K) ile K_s arasındaki bağıntıların da ortaya konulması amaçlandığından, bu modellerde kullanılan yüzey toprağı parametrelerinden su geçirgenliği (Hİ, cm saat⁻¹) ve bünye bileşenleri kum, ince kum, silt ve kil (%) belirlenmiştir. K_s ile bağıntıları incelenen YEKTE – K modelleri, nomograf denklemi (YETKE – K_n) ve farklı ortalama geometrik tane çaplarını (D_g , mm) kullanan eşitliklerdir (YETKE – K_r ve YETKE – K_t). Araştırma sonuçları istatistiksel ve konumsal analizler ile değerlendirilmiştir. Pearson korelasyon katsayıları K_s – OM, K_s - AD ve OM - AD arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki olmadığını göstermiştir. Araştırmada K_s ile YETKE – K_n , K_r ve K_t arasında regresyon eşitlikleri geliştirilmiş ve YETKE – K değerleri, laboratuvar koşullarında yapay yağmurlamalar altında doğrudan sıçrama kapları ile ölçülen K_s değerleri yardımıyla başarılı bir şekilde tahmin edilmiştir. Sıçrama erozyon duyarlılığı ($\ln[K_s]$) ile diğer eşitliklerin toprak erozyon duyarlılıkları arasındaki oransal bağıntıların ($\ln[K_n/K_s]$, $\ln [K_r/K_s]$ ve $\ln[K_t/K_s]$) regresyon katsayıları (R^2) sırasıyla 0,8709, 0,9837 ve 0,9960 olarak belirlenmiştir. Son olarak, araştırmanın ölçülen birincil toprak parametreleri (OM, Kum, Silt, Kil, Hİ, AD ve K_s) ve ikincil hesaplama parametrelerinin (K_n , K_r ve K_t) Asartepe Baraj Havzası nadas alanındaki konumsal değişimi jeo-istatistiksel yöntemler kullanılarak haritalandırılmıştır. Her bir toprak özelliğinin konumsal analiz göstergelerinden külçe etkisi (kontROLSÜZ etki varyansı), yapısal varyans ve yapısal uzaklık ayrıntılı bir şekilde belirlenmiştir. Örneğın, K_s , K_n , K_r ve K_t ’nin yapısal uzaklıkları sırasıyla 9,78 m, 20 m, 36 m’ dir ancak K_t için uzaklığa bağılı bir ilişki bulunamadı.

Haziran 2011, 100 sayfa

Anahtar Kelimeler: Sıçrama erozyonu, agregat dayanımı, organik madde, jeostatistik.

ABSTRACT

Ms c. Thesis

EVALUATION OF RELATIONSHIPS AMONG SPLASH ERODIBILITY, AGGREGATE STABILITY AND ORGANIC MATERIAL CONTENTS

Melis Özge PINAR

Ankara University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Günay ERPUL

In this research, relations between splash erodibility (K_s , $\text{ton ha}^{-1}\text{MJ}^{-1} \text{ h mm}^{-1}$), aggregate stability (AS, FSD %) and contents of organic material (OM %) of arable land under the fallow-crop system in the Asartepe Dam Basin soils were determined. For this purpose, 231 soil samples geo-statistically and 25 soil samples randomly, totally 256 surface soil samples, (0-10cm) were taken from a 50 x 100m sampling plot in the study area. Since it is also aimed to introduce the inter-relationships between K_s and some soil erodibility factors of the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in this study, such topsoil parameters as hydraulic conductivity (HC , cm h^{-1}) and sand, very fine sand, silt and clay contents (%), commonly used in the RUSLE K factor calculations, were defined. The RUSLE –K models which were analysed in terms of comparing with K_s were the equation of nomograph (RUSLE – K_n) and those mainly utilizing grain size distributions (RUSLE – K_t and RUSLE – K_r , respectively). The research results were evaluated by statistical and spatial analyses. Pearson correlation coefficients searched among all primary and calculated soil properties showed that there were no statistically significant relations between K_s – OM, K_s - AD and OM – AS. In the research, the regression equations were developed between K_s and RUSLE- K_n , - K_t and - K_r , and finally, these soil erodibility factors of the RUSLE were successfully predicted using the K_s value which was directly determined by splash cups exposed 10-minute rainfall simulations under laboratory conditions. The regression coefficients (R^2) found between $\ln K_s$, as a representative soil splash erodibility or soil aggregate detachment, and $\ln[K_n/K_s]$, $\ln [K_r/K_s]$ and $\ln[K_t/K_s]$ were respectively 0,8709, 0,9837 and 0,9960. Consequently, the changes in the spatial distributions of the primary soil parameters (OM, S, Si, C, HC, AS and K_s) and the secondary calculated parameters (K_n , K_r and K_t) of the research in the arable land under the fallow-crop system in the Asartepe Dam Watershed were mapped out using geo-statistical methods. The nugget effects, structural variances and ranges as model indicators of the spatial analysis of each soil property were defined in detail. For example, the ranges estimated for K_s , K_n , K_r and K_t were 9,78 m, 20 m, 36 m respectively but according to range, relation could not be found for K_t .

June 2011, 100 pages

Key Words: Splash erosion, aggregate stability, organic material, geostatistics.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını eksik etmeyerek hem akademik ortamda hem de beşeri ilişkilerde engin fikirleriyle yetişmeme ve gelişmeme katkı sağlayan çok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Günay ERPUL' a (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi); tez jüri hocalarım Prof. Dr. Mustafa ÇANGA' ya (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi) ve Prof. Dr. Fazlı ÖZTÜRK' e (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi); tez çalışmam boyunca bilgi ve yardımlarını eksik etmeyerek değerli zamanlarını ayıran Yrd. Doç. Dr. Mustafa Başaran' a (E.Ü. Seyrani Ziraat Fakültesi), Doç. Dr. Oğuz BAŞKAN' a (Ankara Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü) ve Yrd. Doç. Ali Uğur ÖZCAN' a (Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi); tez çalışmalarım sırasında bilgisini eksik etmeyen ve destek olan Zir. Yük. Müh. Sevinç MADENOĞLU' na (Ankara Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü) gerek okul hayatım boyunca gerek ise tez çalışmalarım sırasında ve analiz sonuçlarımın değerlendirilmesinde desteğini hep hissettiğim ve benden dostluğunu hiç esirgemeyen Sayın Araş. Gör. Selen DEVİREN SAYGIN' a; okul hayatım ve tez çalışmalarım boyunca özverileri sonsuz olan, beni her zaman destekleyen çok değerli aileme; analizlerim boyunca değerli zamanlarını bana ayıran ve yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Zir. Müh. Halil ARSLAN, Zir. Müh. Arif ŞENGÖREN ve Zir. Müh. Uygur ÜSTÜNDAĞ' a ve manevi katkılarından dolayı bu tez çalışmasında emeği geçen tüm arkadaşlarıma en derin duygularıyla teşekkür ederim.

Melis Özge PINAR

Ankara, Haziran 2011

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETİ	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
3.1 Materyal.....	21
3.1.1 Çalışma alanı	21
3.2 Çalışma Yöntemi	23
3.2.1 Toprak örneklerinin alınması	23
3.2.2 Yapay yağmurlama ile toprak sıçrama ölçümlerinin yapılması	24
3.2.3 Yağış enerjisinin belirlenmesi ve yağış şiddetinin ölçülmesi	25
3.2.4 Sıçrama ölçümlerinin yapılması	31
3.2.5 Toprak erozyon duyarlılık modelleri.....	38
3.2.6 İstatistiksel yöntemler	38
3.2.7 Jeostatistiksel Yöntemler – Kriging	39
3.2.8 Fiziksel toprak analizleri	41
3.2.9 Kimyasal toprak analizleri	43
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	44
4.1 YETKE – K, OM ve AD’nin Diğer Toprak Parametreleri (S, Si, C Ve Hi) ile İlişkisi	44
4.2 YETKE –K (K _s , K _r , K _t ve K _n) Parametrelerinin Birbiriyle İlişkisi	49
4.3 K _s , OM, AD’ nin ve Diğer Toprak Parametrelerinin Konumsal Değerlendirilmesi	58
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	65
KAYNAKLAR	66
EKLER	74
EK 1. Asartepe Baraj Havzası nadas alanından alınan toprak örneklerinin yer belirteçleri	75
EK 2. Asartepe Baraj Havzası nadas alanı topraklarının ETKE/YETKE – K değerleri (ton ha saat ha ⁻¹ MJ ⁻¹ mm ⁻¹)	78
EK 3. Asartepe Baraj Havzası Nadas alanı Toprak OM, Tane Büyüklük Dağılımı ve Hidrolik iletkenlik değerleri	84
EK 4. Asartepe Baraj havzası nadas alanı toprak örneklerinin agregat dayanım değerleri	90
EK 5 YETKE-K eşitliklerinin hesaplamasında kullanılan toprak özelliklerine ait kestirim haritaları ve deneysel yarı-variogramlar	93
EK 6. YETKE – K, AD ve OM değerleri için frekans dağılım tabloları.....	96
ÖZGEÇMİŞ.....	100

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AD	Agregat dayanımı
OM	Organik madde
TBD	Tane büyüklük dağılımı
Hİ	Hidrolik iletkenlik
YDSE	Yağmur damlası sıçrama erozyonu
YDSE _p	Yağmur damlasının vuruş etkisiyle toprak taneciklerinin parçalanması ($\text{g m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
E _T	Sıçrama kabına birim zamanda aktarılan enerji ($\text{J m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
I	Yağmur şiddeti (mm sa^{-1})
KE _A	Yağmur damlası kinetik enerji akışı ($\text{m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
YETKE – K	Toprak erozyonu duyarlılık faktörü ($\text{ton ha}^{-1} / \text{Mj ha}^{-1} \text{ mm sa}^{-1}$)
S _p	Birim yüzey alanından sıçrama ile meydana gelen toprak kaybı (g/cm^2)
M	Momentum
E _{RR}	Birim zamanda birim alana aktarılan enerji ($\text{J m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
E _{RA}	Birim yağmur miktarının kinetik enerjisi (J m^{-2})
m	Yağmur damlası kütlesi (kg)
V	Yağmur damlası hızı (m s^{-1})
ρ	Su özgül ağırlığı (kg m^{-3})
A	Damla yüzey alanı (m^2)
V	Damla hacmi (m^3)
D	Damla çapı (mm)
g	Yer çekimi ivmesi (m s^{-2} ($g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$))
E	Yağmurun her mm' sinin enerji akışı (KJ/ha mm)
D _r	Birincil parçalanma oranı ($\text{kg/m}^2/\text{h}$)
A	Ortalama yıllık toprak kaybı ($\text{ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$)
R	Yağış aşındırma enerjisi ($= \text{ExI}_{30}$) ($\text{MJ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1} \times \text{mm h}^{-1}$)
K	Toprak erozyon duyarlılığı ($\text{ton ha}^{-1} \times \text{ha MJ} \times \text{h mm}^{-1}$)
L	Eğim uzunluğu
S	Eğim dikliği
C	Bitkisel örtü ve ürün yönetimi
E	Erozyon
KE _j	Her bir damla büyüklüğü için kinetik enerji (J/damla)
$D_{k(c)}$, $K_{k(c)}$ ve $R_{k(c)}$	Toprak parçalanma etmeni
K _d	Toprağın parçalanabilirlik katsayısı
KE ₀	Damla eşik enerji değeri
q	Yüzey akış oranı (m s^{-1})
D	Parmaklar arası sediment verimi ($\text{kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
K_n , K_r ve K_t	Toprak erozyon duyarlılığı ($\text{ton ha}^{-1} \times \text{ha MJ}^1 \times \text{saat mm}^{-1}$)

P	Toprak geçirgenlik sınıfı
D_g	Temel toprak taneciklerinin geometrik ortalama çapı (mm)
D_i ve d_{i-1}	Sırayla tanecik çapının üst ve alt sınırı (mm)
$\square_i$	Her bir tanecik sınıfının ağırlık yüzdesi
C	Kil yüzdesi
Si	Silt yüzdesi
S	Kum yüzdesi
m_i	ilgili sınıfın tanecik büyüklük sınıflarının aritmetik ortalaması
D_f	Sürüklenme kuvveti ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2}$)
pagV	Kaldırma kuvveti ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2}$)
v_t	Terminal hız (m s^{-1})
ρ_a	Havanın yoğunluğu (Kg m^{-3} 25°C' de 1,177 kg m^{-3})
ρ_w	Suyun yoğunluğu (Kg m^{-3} 25°C' de 1000 kg m^{-3})
C_d	Sürtünme katsayısı (birimsiz, $C_d = 0,4$)
v_d	Damlanın düşme hızı (m s^{-1} , $v_d = 6,75 \text{ m s}^{-1}$)
E_T	Yapay yağışların toplam kinetik enerjisi ($\text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$)
Ξ	Birim alana birim zamanda düşen damla sayısı ($\# \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
C_V	Yeknesaklık katsayısı
W_S	Toprak örneği nem içeriği (%)
W_{HKT}	Hava kuru ağırlığı (g)
W_{FKT}	Fırın kuru ağırlığı (g)
W_{SK}	Sıçrama kabının ağırlığı (g)
W_T	Yağmurlama anında sıçrayarak kaybolan toprak miktarı (g)
D	Birim alandan birim zamanda sıçrayarak kaybolan toprak miktarı ($\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
T	Yağmurlama süresi
p	Pearson korelasyon katsayısı
Z_j	Kruskal-Wallis H testi için katsayı
AD	Agregat dayanıklılık indisi
$\sum_1^i FSD_i$	i elek çapı için hesaplanan tane büyüklüğü (%)
$\gamma(h)$	Semi- varyans
$N(h)$	Belirli mesafede h ile ayrılmış deneysel örnek çiftleri sayısı
$z(x_i)$	Her nokta için belirlenmiş örnek değeri
x_i ve $z(x_i + h)$	$x_i + h$ noktasında belirlenmiş örnek değeri
C_0	Külçe etkisi
C	Sill değerinin ve a örneklerinin ilişkili olduğu maksimum mesafe
$z^*(x_0)$	Kriging
$\sigma_k^2(x_0)$	Kestirim hatası varyansı
MINITAB	İstatistik paket programı
GS +7	Jeo-istatistik paket programı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 ETKE/YETKE yönteminde toprak erozyon duyarlılığının elde edilmesi	13
Şekil 2.2 SEPT yönteminde toprak erozyon doğrusallığının elde edilmesi	14
Şekil 3.1 Çalışma alanı (1/400000 ölçekli haritadan alınmıştır)	22
Şekil 3.2 Asartepe Baraj Havzasına ait uydu görüntüsü (Google Earth, 2007)	23
Şekil 3.3 Toprakların sistematik ve gelişigüzel örnekleme yöntemi ile alınma düzeneği	24
Şekil 3.4.a. Damla oluşturunun detayı (Erpul ve Çanga, 2001) b.Uygulama tankından damla oluşturunun yerleşim planı	26
Şekil 3.5 Farklı düşme yükseklikleri için damla çapı ve düşme hızı arasındaki ilişki (Laws 1941).	27
Şekil 3.6 Yapay yağmurlama aletinin genel görünüşü (Erpul ve Çanga 2001).	29
Şekil 3.7 Yağış şiddeti ölçüm kapları	30
Şekil 3.8 Sıçrama kapları ile toprak sıçrama ölçümlerinin yapıldığı noktalar	30
Şekil 3.9 Yağmurlama öncesi sıçrama kaplarındaki toprak örnekleri	31
Şekil 3.10.a. Sıçrama kabı, b.Dikey damla vuruşu ile radyal tanecik sıçraması	32
Şekil 3.11 Tabanı ince gözenekli bezle kaplı toprak örneği	34
Şekil 3.12.Yağmurlama sonrası sıçrama ile kaybolan toprak taneleri	36
Şekil 3.13 Eijkelkamp ıslak eleme cihazı	42
Şekil 4.1 $\ln(K_s)$ ile (nomograf) $\ln(K_n/K_s)$ arasındaki bağıntı	55
Şekil 4.2 $\ln(K_s)$ ile (Torri vd. 1997, 2002) oransal $\ln(K_t/K_s)$ arasındaki bağıntı	56
Şekil 4.3 $\ln(K_s)$ ile (Römkens vd. 1986) $\ln(K_r/K_s)$ arasındaki bağıntı	56
Şekil 4.4 Noktasal K_s , K_r ve K_n ($\text{ton ha sa ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) değişken değerlerine ait yarı – variogram	58
Şekil 4.5 Asartepe Baraj Havzası nadas alanı konumsal K_s , K_r ve K_n ($\text{ton ha sa ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) haritası.	63

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Özgün (dönüşüm yapılmamış) toprak parametreleri arasındaki korelasyon (Pearson korelasyon katsayıları).....	46
Çizelge 4.2 “ln” dönüşümü yapılmış toprak parametreleri arasındaki korelasyon (Pearson korelasyon katsayıları).....	47
Çizelge 4.3 ln(AD)’ ye ait varyans analizi.....	48
Çizelge 4.4 Sıçrama erozyonu ile YETKE – K eşitlik değerleri arasında yapılan t-testi sonucu.....	52
Çizelge 4.5 Kruskal-Wallis yöntemi ile tanımlayıcı istatistikler.....	57
Çizelge 4.6.a. Kruskal-Wallis Test (Çoklu kıyaslama).....	57
Çizelge 4.6b P (Pearson Korelasyon Katsayıları) değerleri tablosu.....	57
Çizelge 4.7 TBD, Hİ, OM, AD ve YETKE-K değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler...	59
Çizelge 4.8 Noktasal YETKE-K eşitlik değerlerine ve Eş. [2.39] ile verilen deneysel ayarı-variogramına ait model parametreleri.....	60
Çizelge 4.9 Noktasal OM, AD, TBD ve Hİ değişken değerlerine ve Eş. [2.39] ile verilen deneysel yarı-variogramına ait model parametreleri.....	61

1. GİRİŞ

Toprak erozyonu, toprak kümelerinin bireysel veya taşınabilir taneciklere parçalanması ve bunların su ve hava akımları ile taşınmasını iki aşamalı bir süreç olarak tanımlanabilir. Öte yandan, toprak parçacıklarının taşınması için yeterli enerji kalmadığında, üçüncü aşama çökelme oluşur. Çoğunlukla bir yağış ya da su erozyonu sürecinde, bir eğim kesiti boyunca daha az eğimli tepe düzlüklerinde sıçrama ile parçalama süreçleri meydana gelirken, eğimin başladığı omuz kısmında yüzey erozyonu ve eğimin oldukça arttığı dış bükey – iç bükey geri eğim kesitinde parmak ve oyuntu erozyonu görülmektedir. Rüzgârın azaldığı ayak eğiminde ise bu erozyon süreçleri ile taşınan parçaların yeniden şekillenmesi beklenmektedir. Başlangıçta düşen yağmur damlaları toprak yüzeyine çarptığında, toprak kümelerinin parçalanma süreci ile başlar.

Birçok erozyon etmeni olmasına karşın, başlıca bilinen toprak taşıma etmenleri su, rüzgâr ve yer şekillerinin kuvvetleridir. Yağmur damlaları ise en önemli parçalayıcı unsurlardır. Bu damlalar hızla çıplak toprak yüzeyine çarparak uyguladıkları momentumla veya enerji ile toprağın parçalanmasını ve yer değiştirmesini sağlarlar. Yağmur damlaları toprak agregatları ve keseklerin üzerine düştüğünde daha küçük parçalara ayrılmalarına ve yüzey toprağının sıkışarak kabuk oluşumlarına sebep olmaktadır. Kısaca, Yağmur damlalarının toprağa aktardıkları bu momentuma bağlı olarak iki etkiden söz edebiliriz:

Birinci etki, toprakta konsolidasyon kuvveti denilen, sıkışmaya neden olan kuvvet; İkincisi ise, toprak parçalarının dispersiyonu ve havaya doğru sıçratılmasıdır.

Bu olay eğimli bir yüzeyde meydana geliyorsa sıçrayan taneler eğim aşağı hareket etmiş olurlar. Havaya sıçrayan taneler tekrar düşmeleri sonucu eğim aşağı momentumlarını diğer parçacıklara transfer ederler ve böylece sıçrama olayı tekrarlanır. Bu olay eğimli bir yüzeyde meydana geliyorsa, bu şekilde sıçrayan tanelerin yarısından fazlası düşüklerinde eğim aşağı hareket etmiş olurlar.

Tüm bu parametreler toprak erozyonu ile istatistiksel olarak önemli ilişkiler gösterebilirler. Ancak, toprak aşınabilirliğini istatistiksel olarak modellemek, çok sayıda parametrenin bulunması ve bunlar arasındaki karşılıklı etkileşimlerden dolayı oldukça güçtür. Bunlara istinaden, bu özelliklerin bir veya bir kaç erozyon duyarlılığının değerlendirilmesi için birçok modelde parametre olarak değerlendirilmektedir. Dünya genelinde en yaygın olarak kullanılan toprak erozyon modellerinden olan ‘Evrensel Toprak Kaybı Denklemi’ (ETKE) ve Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (YETKE)’nde, toprak erozyon duyarlılığı “K - çarpanı” olarak temsil edilmektedir.

YETKE – K değerleri yalnızca sıçrama erozyonuna olan toprak duyarlılığını değil, aynı zamanda yüzey ve parmak erozyonuna olan toprak duyarlılıklarını temsil ettiğinden K_s ile K_n , K_r ve K_t arasında geliştirilebilecek bağıntılar sayesinde, doğrudan belirli yağış kinetik enerjisi ve şiddet altında sıçrama kapları ile belirlenen sıçrama erozyonu değerlerinden YETKE – K toprak duyarlılığı değerlerine ulaşılabilecektir.

Özet olarak, bu tezin amacı laboratuvar koşulları altında yapay yağmurlama testleri ve sıçrama kapları aracılığıyla belirlenen sıçrama erozyonu ile YETKE – K eşitlikleri ile belirlenen toprak erozyon duyarlılıkları arasındaki bağıntıları geliştirmek ve diğer toprak parametreleriyle ilişkiler bulmaya çalışmaktır.

Daha kesin sonuçlar ve tahminler elde etmek amaçlı toprak özelliklerinin küçük alanlardan büyük alanlara kadar daha iyi anlaşılması için jeo-istatistik ve farklı kestirim metotlarını kullanarak toprak özelliklerin konumsal değişkenleri tahmin edilmiştir (Sun vd. 2003). Jeo-istatistik metotlarının kullanımı toprak karakteristik çeşitliliğinin ifadesine olanak sağlamıştır (Başaran 2007). Özellikle toprak aşınabilirliği konusunda kestirim yöntemi (Goovaerts 1998) tarafından kullanılan birçok toprak haritasında bu çeşitliliğin ortaya konması açısından gerçeği yansıtmaktadır (Parysow vd. 2001, Wang vd. 2001).

2. KAYNAK ÖZETİ

Toprak erozyonunun meydana getireceği kayıpları belirlemede bugüne kadar birçok yöntem geliştirilmiş ve yapılan çalışmalar sonucunda da araştırmacılar yağışın fiziksel özellikleriyle toprak parametreleri arasında toprak parçalanmasına dair ilişkiler elde etmişlerdir. Laboratuvar koşullarında yapılan analizlerin büyük bir kısmında birçok araştırmacı yağmur damlası etkisiyle sonuçlanan toprak parçalanması üzerine çalışmışlardır (Ellison 1947, Young ve Wiersma 1973, Morgan 1978, Poesen ve Savat 1981, Ghadiri ve Payne 1981, 1986, 1988, Poesen ve Torri 1988, Sharma ve Gupta 1989, Salles ve Poesen 2000, Ghadiri 2004).

Bubenzer ve Jones (1971) farklı yağış şiddetleri altında farklı damla çapı ve damla hızı dağılımları kullanarak farklı toprakların sıçrama erozyonuna olan duyarlılığını araştırmışlardır. Sıçrama ile oluşan toprak kayıpları ile yağış momentumu ve kinetik enerjisi arasında matematiksel eşitlikler geliştirmişlerdir. Eşitlik (2.1)'de verilen üssel bağıntı, istatistiksel olarak en iyi sonucu vermiştir.

$$S_p = a(KE)^b \quad (2.1)$$

Burada, S_p : birim yüzey alandan sıçrama ile meydana gelen toprak kaybı (g/cm^2); KE : birim toprak yüzey alanına yağmur damlalarının aktarılan toplam kinetik enerji (J/cm^2); a ve b ise denemeler sonucu belirlenmiş ve toprak ve yağış özelliklerin bağlı olarak değişebilen eşitlik sabiteleridir. Düşük enerji seviyelerinde yağış enerjisi, kütlesi ve hızı sabit olmasına karşın, küçük damlalar büyüklere oranla daha küçük sıçrama oranlarına neden olmuşlardır. Öte yandan, enerji düzeyi arttıkça damla çapının etkisi azalmaya başlamıştır (Bubenzer ve Jones 1971).

Kinnell (1973) ise yağışın erozyon oluşturma gücünü belirtmek için toprak kaybı ve yağış şiddeti arasındaki ilişkiyi ortaya koymuştur. Benzer şekilde farklı damla büyüklük sınıfları (d_k) ve ilgili damla hızları (v_k) göz önünde bulundurularak bir yağış parametresi olarak birim alana birim zamanda aktarılan kinetik enerji hesaplanmıştır. ($KE, \text{J cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (Eşitlik (2.2)):

$$KE = \left[\sum_{k=1}^n \left(d_k^x v_k^y \right) \right] t^{-1} A^{-1} \quad [2.2]$$

Burada,

n : damla büyüklük sınıf sayısı, d : damla eşdeğer küre yarıçapı, x ve y : ilgili yağmur parametresine bağlı olarak değişen sırasıyla damla büyüklüğü ve hızı üs değerleri, t : örnekleme zamanı ve A : örnekleme yüzey alanıdır. Bununla beraber, yağışların erozyon gücü farklı araştırmacılar tarafından farklı yağış parametreleri ile de ifade edilmiştir. Örneğin, birim damla alanındaki momentum, kinetik enerji ve birim damla vuruş alanındaki kinetik enerji ve sırasıyla Rose (1960), Hudson (1961), Wischmeier ve Smith (1958) ve Ekern (1950) tarafından çalışılmıştır. Yukarıda kısaca özetlendiği gibi fiziksel yağış parametresi olarak enerji, toprak sıçrama ve parçalanma çalışmalarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Birim olarak yağmur enerjisi iki farklı şekilde ifade edilebilmektedir (Kinnell 1981). Birincisi, enerji/alan/zaman ($J L^{-2} T^{-1}$) birimiyle tanımlanır (E_{RR}); ikincisi ise, birim yağmur miktarı (E_{RA}) başına kullanılan enerji/alan/derinlik ($J L^{-2} L^{-1}$) birimiyle verilir. Bu iki enerji şekli arasındaki ilişki aşağıdaki bağıntıyla açıklanabilir (Eşitlik (2.3)).

$$E_{RA} = c E_{RR} I^{-1} \quad (2.3)$$

Eşitlikte; I = yağış şiddetidir (derinlik/zaman) ve c katsayısı ise E_{RR} hesaplarında kullanılan zaman birimindeki değişiklikleri dikkate almak için eşitliğe konulmuştur.

Ayrıca çalışmada $I - E_{RA}$ ilişkilerini açıklamak için kullanılan eşitsizliklerin bazı yetersizlikleri de tartışılmıştır. Burada verilen bağıntılardan ilkinin yüksek yağış şiddeti düzeyinde yağış kinetik enerjisini olduğundan fazla tahmin etme eğilimi gösterdiği açıklanmıştır. (Eşitlik (2.4)).

$$KE_{RA} = u + w \log_{10} I \quad (2.4)$$

Wischmeier (1959), Wischmeier ve Smith (1965, 1978) tarafından belirtilen logaritmik eşitliğin yüksek yağış şiddetlerinde daha iyi enerji tahminleri verdiği belirlenmiştir. Burada u ve w katsayıları sırasıyla logaritmik ile doğrusal eşitliğin y eksenini kestiği noktayı ve eğrilerini ifade etmektedir. Fakat Eş. (2.3) düşük I değerleri için negatif sonuçlar vermektedir (Hudson 1965). Eşitlik (2.4)'ün bu yetersizliğini diğer üç parametrelili bir $I - E_{RA}$ ilişkisi (Eşitlik (2.5)) ile çözmeye çalışmıştır.

$$KE_{RA} = c(b - aI^{-1}) \quad (2.5)$$

Verilen bu eşitlikte ise; a , b ve c doğrusal olmayan regresyon katsayılarıdır. Kinnell (1981), yukarıda verilen eşitliklerin (Eş. (2.4) ve (2.5)) faydalı yanlarını bir araya getiren ve McGregor ve Mutchler (1977) tarafından önerilen Eşitlik (2.6)'nın yağış enerjisi tahminlerinde başarılı bir şekilde kullanılabileceği rapor edilmiştir.

$$KE_{RA} = z(1 - pe^{-hI} + qe^{-jI}) \quad (2.6)$$

e , doğal logaritma tabanı ve z , p , q , h ve j ise eşitliklerin geliştirildiği damla büyüklük dağılımları veri tabanı ile ilişkili katsayılarıdır.

Buraya kadar verilen eşitlikler incelendiğinde, daha doğru veya daha gerçekçi sonuçlar ile yağış enerjisinin elde edilebilmesi için, bölgesel yağışların iyi bir şekilde temsil edilebilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden ki daha yatkın eşitliklerde kullanılacak parametre sayısı artış göstermektedir. Diğer bir deyişle, Eşitlik (2.4)'de iki ve Eşitlik (2.5)'de üç regresyon parametresi bulunmakla iken yağış kinetik enerjisini tahmin edebilmek için Eşitlik (2.6)'da toplam beş parametre kullanılmaktadır.

Yağış fiziği ile ilgili araştırmalar 1980 ve 1990'lı yıllarda devam etmiştir. Bu çalışmalardan Park vd. (1983) ve McIsaac (1990) herhangi bir yağışın enerjisini hesaplamak için yağış şiddet dağılımlarının ayrıntılı bir şekilde ortaya konması gerekliliği üzerinde durmuşlardır.

Yağmur damlaları vuruş etkileriyle oluşan toprak kümeleri parçalanması veya sıçrama erozyonu süreçleri arasındaki çok yakın bağlantıların olması, bu konuda sayısız araştırmaların yapılmasına neden olmuştur. Erozyon ile yağış fiziği arasındaki ilişkiler matematiksel olarak açıklanmaya çalışılmıştır. Örneğin, bu ilişkilerin temelini oluşturan ve Meyer (1981) tarafından geliştirilen bağıntı, yağış şiddetinin erozyon üzerine olan ilişkisini açıklamaktadır.

Herhangi bir erozyon süreci belirtilmeksizin, erozyon (toprak kaybı, E) yağış şiddetinin üssel bir bağıntısı olarak açıklanmıştır. Bir üssel bağıntının logaritmik doğrusal şekli Eşitlik (2.7)'de verilmiştir.

$$\log E = \log a + b \log I \quad (2.7)$$

Meyer (1981), denklem katsayılarının toprak bünyesine bağlı olarak değiştiğini belirterek, killi topraklar ($\text{kil} \geq \%50$) ve silt, siltli tın ve kumlu topraklar için iki farklı eşitlik belirtilmiştir (Eşitlik (2.8) ve (2.9)).

Düşük kil içerikli topraklar için, bağıntı:

$$E = aI^b \quad (2.8)$$

$$E = cI^2 \quad (2.9)$$

İlk grup killi topraklar için b katsayısının yaklaşık olarak $2.0 \geq b \geq 1,6$ koşulunu sağladığı ve ikinci grup hafif bünyeli topraklar için $b = 2.0$ olduğu araştırmacılar tarafından belirlenmiştir. Yağış şiddeti ise aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır (Eşitlik (2.10)).

$$I = K_1 \sum_{dj=0,5mm}^{dj=7,9mm} n_j V_j v_{ij} \quad (2.10)$$

Her bir damla büyüklüğü için KE_j (J/damla) aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Eşitlik (2.11)).

$$KE_j = K_2 0,5 m_j v_{tj}^2 \quad (2.11)$$

Eşitlikte m_j = damla kütlesi (mg); K_2 = çevirme katsayısı $10^{-6} \text{ g cm}^2 / \text{erg mg m}^2$ dir.

Ortalama damla büyüklüğü kullanılarak, bir mm yağışın birim toprak yüzeyine aktardığı kinetik enerji Eşitlik (2.12) ile hesaplanmıştır.

$$E = (K_3 / I) \sum_{j=1}^{j=74} n_j KE_j v_{tj} \quad (2.12)$$

Burada I = yağış şiddeti (mm / h); d_j = damla çapı sınıfı (mm); n = d_j çapındaki damla sayısı (damla/ m^3); V_j = d_j çaplı damlaların hacmi ($\text{mm}^3 / \text{damla}$); v_{tj} = d_j çaplı damlaların terminal hızı (m / sn); ve K_1 = çevirme katsayısı $0,0036 \text{ m}^3 \text{ mm s/mm}^3 \text{mh}$ dir.

Meyer (1981)' in yaptığı temel toprak erozyonu çalışmalarından sonra, Park vd. (1983) ve Gilley ve Finkner (1985) bir yağışın fiziksel vurma parametreleri (büyüklük, vurma hızı ve vurma sıklığı) ile sıçrama erozyon oranlarının çok yakından ilişkili olduğunu göstermişlerdir.

McIsaac (1990) ise, herhangi bir bölgede oluşan yağışların ortalama damla büyüklük dağılımlarından yararlanarak hem yağış şiddeti (I) hem de kinetik enerji (KE) hesaplama eşitlikleri geliştirmiştir.

Özellikle Gilley ve Finkner (1985), birçok parçalanma eşitliğinin işlevselliğini istatistiksel olarak değerlendirmeyi, terminal hızlarında düşen yağmur damlalarının kullanımı ile bir parçalanma eşitliğini tanımlamayı ve doğal koşullar altında yağış şiddetinin bir bağıntısı olarak “yağış parçalanma etmeni veya çarpanını” bulmayı amaçlamışlardır.

İlk olarak araştırmacılar, toprak parçalanma sürecinin toprak parçalanma (K) ve yağış parçalama (R) çarpanlarının doğrusal bir bağıntısı olduğunu kabul etmişlerdir (Eşitlik (2.13)).

$$D = K \times R \quad (2.13)$$

Yaygın bir şekilde kullanılan günümüz erozyon tahmin yöntemlerinde bu etmenler sırasıyla toprak erozyon duyarlılığı ve yağış erozyon oluşturma enerjisi veya gücü olarak tanımlanmaktadır. Özet olarak, su erozyonunun ilk aşamasını oluşturan toprak kümelerinin daha küçük agregatlara veya bireysel tanecikleri parçalaması süreci, bir toprak ve bir de yağış parametresi ile açıklanmıştır. Öncelikle Eşitlik (2.12)'de kullanılan yağış etmeni olarak, Gilley ve Finkner (1985) damla kinetik enerjisi ile damlanın çevresinin çarpımını önermişlerdir. Toprak etmeni ise doğrusal eşitliğin eğim terimi olarak belirlenmiştir (Eşitlik (2.14) ve (2.15)).

$$D_{k(c)} = K_{k(c)} R_{k(c)} = K_{k(c)} KEc \quad (2.14)$$

$$K_{k(c)} = KE \times C \quad (2.15)$$

Burada $K_{k(c)}$, $R_{k(c)}$ ile ilişkili toprak parçalanma etmeni; KE , damla kinetik enerjisi ve c ise damla çevresidir. Bu hesaplamalar için gerekli damla enerjisi (KE) ve fiziksel damla özellikleri, sırasıyla damla kütlesi (m), damla hacmi ($V\ell$), damla alanı (A) ve damla çevresi (c) eşitlikler (2.16), (2.17), (2.18), (2.19) ve (2.20) ile tanımlanmıştır.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.16)$$

$$m = \rho V\ell \quad (2.17)$$

$$V\ell = \frac{1}{6}\pi d^3 \quad (2.18)$$

$$c = \pi d \quad (2.19)$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \quad (2.20)$$

Yukarıdaki eşitliklerde kullanılan v , damla terminal hızını ve d , damla çapını ifade etmektedir. Damla terminal hızı, durgun havada düşmekte olan bir damla üzerine düşme eksenini boyunca etki eden yer çekimi, kaldırma ve sürtünme kuvvetlerinin dengede olduğu koşullar kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$V = \left[\frac{4}{3} \frac{g_d}{C_d} \left(\frac{\rho_w}{\rho_a} - 1 \right) \right]^{1/2} \quad (2.21)$$

Burada, g : yerçekimi ivmesi, C_d . Sürtünme katsayısı ve ρ_w ve ρ_a sırasıyla su ve hava yoğunluklarıdır.

Sharma ve Gupta (1989) tek damla çalışmaları ile toprak parçalanmasının bir ölçütü olarak yeniden kum sıçraması araştırmalarına girişmişlerdir. Gerçekte bu çalışmalar, sıçrama kabı teknikleri ile Ellison (1947), Ekern (1950), Mihara (1952) ve Hudson (1945) tarafından ayrıntılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Araştırmacılar, hem doğal hem de yapay yağışlar altında ya damlaların erozyon oluşturma gücü ya da toprak yüzeylerinin erozyona olan duyarlılığını taklit etmek üzere, sıçrama kapları kullanarak bir yöntem geliştirmişlerdir.

Basit olarak bu teknik, belirli bir çapa sahip kum tanecikleri ile sıkıştırılarak doldurulmuş sıçrama kaplarının bir yağışa maruz bırakılması ve de damlaların tesiri ile kaplardan sıçrayarak kaybolan kum miktarlarının ölçülmesini içermektedir.

Bu testlerde damla büyüklüğü, vuruş hızı ve vuruş sıklığı sabit tutulmuş ve yağış süresi düzenli bir şekilde arttırılarak farklı kinetik enerji düzeyleri elde edilmiştir.

Sharma ve Gupta (1989), belirli yüksekliklerden düşürülen tek damla çalışmalarındaki hipotezlerini, Meyer (1981) ve Morgan (1985) tarafından verilen bir üssel eşitliğe dayandırmışlardır (Eşitlik (2.22)).

$$D = K_d KE^b \quad (2.22)$$

Eş.[2.22]' de D : parçalanma (kg), K_d : toprağın parçalanabilirlik katsayısı (kg/J), KE : kinetik enerji (J) ve b ise toprak özelliklerine bağlı olarak değişen ve üssel eşitliğin eğim parametresini veren regresyon katsayısıdır. Belirli bir toprakta birim kinetik enerji düzeyinde ne kadar toprak kaybı olabileceğini gösterir bir model parametresidir.

Bu araştırma ile Sharma ve Gupta (1989) ilgili çalışmalar dizisinde ilk defa bir damlanın eşik erozyon oluşturma gücü kavramını veya toprak parçalanma sürecinde damla eşik enerji değerini (KE_0) ortaya koymuşlardır. Burada bir toprağın içsel veya genetiksel özelliklerine göre değişen ve sıçrama erozyonunun başladığı bir kritik enerji değeri hesaplanmıştır. Eşitlik (2.23) ile verilen bağıntı aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir.

$$D = K_d [KE - KE_0]^b \quad (2.23)$$

Burada KE_0 eşik kinetik enerjidir. Teorik olarak eşik erozyon oluşturma gücü, bir toprağın parçalamaya karşı içsel direncini kırmak için gereksinilen asgari enerjiyi tanımlamaktadır.

Bu çalışmaları takiben, Sharma vd. (1993), tek damla için geliştirilen eşik enerji yaklaşımından (Eşitlik (2.24)), çeşitli damla boyutlarından oluşan yağışlarda toplam enerji hesaplamalarından istifade etmişlerdir.

Bu çalışmalarından devamında Sharma ve ark. (1993), toprakta parçalanma süreçlerini açıklamak amacıyla önce tek damla enerji eşitliği geliştirmişlerdir (Eşitlik (2.24)).

Daha sonra, bu yağışın kinetik enerji toplamının bireysel yağmur damlalarının kinetik enerjileri toplamına eşit olacağı kabulüne dayanarak (Eşitlik (2.25)) toplam kinetik enerji (KE_T) eşitliği geliştirmişlerdir.

Bu çalışmaları takiben, Sharma ve ark. (1993) toprağın kum direncinden damlanın parçalanmasına doğru enerji dağıtımı temel alınarak toprak parçalanmasına alternatif bir model geliştirmiştir. Küresel şekil kabul edilerek, tek bir damlanın kinetik enerjisini aşağıdaki eşitlikle göstermişlerdir.

$$KE = 0,5mv^2 = 10^{-6} \frac{\rho\pi}{12} d^3 v^2 = kd^3 v_i \quad (2.24)$$

$$KE_T = k \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^N d_i^3 v_i^2 n_i \quad (2.25)$$

Eş. [2.24]' de e = tek bir damlanın kinetik enerjisi (J); m = damla kütlesi (kg); v_i = yağmur damlası çarpma hızı (m/s); d = küresel damla çapı (mm); ρ = su yoğunluğu (Mg/m^3); ve $20^\circ C$ de $k = 2,613 \times 10^{-7} Mg/m^3$.

Eşitlik [2.25]' de KE_T = t saat yağış süresinde yağmurun kinetik enerji toplamı (J / m^2); N = t zamandaki damla çapı sınıfları; n_i = i çap sınıfı için damla sayısı; d_i = i sınıfı için ortalama çap (mm); ve v_i = d_i çapındaki tanelerin çarpma hızıdır (m/s).

Bu araştırmanın ilgili çalışmalara diğer bir katkısı, her damla büyüklüğüne karşı bir toprağın tepkisinin farklı olacağını kabul edilmesidir. Diğer bir deyişle, herhangi bir toprak için eşik kinetik enerji değerinin damla büyüklüğüne göre değişiklik göstereceği varsayılmıştır.

Böylece, her yağışın toplam eşik kinetik enerjisi yağışı oluşturan bireysel damlaların eşik kinetik enerjilerinin bir toplamı olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, birim damla vuruş alanındaki toplam yağış parçalaması Eşitlik (2.26) ile açıklanmıştır.

$$D_T = K_{d(t)}[KE_T - KE_{0T}] \quad (2.26)$$

Diğer yandan, yağmur damlası ile tetiklenen toprak parçalanması Sharma ve ark. (1995) tarafından parmaklar arası erozyon sürecini açıklamak için, yağış şiddeti ve kinetik enerjisi ile modellenmiştir (Eş.[2.27]).

$$D_r = K_d I K E \quad [2.27]$$

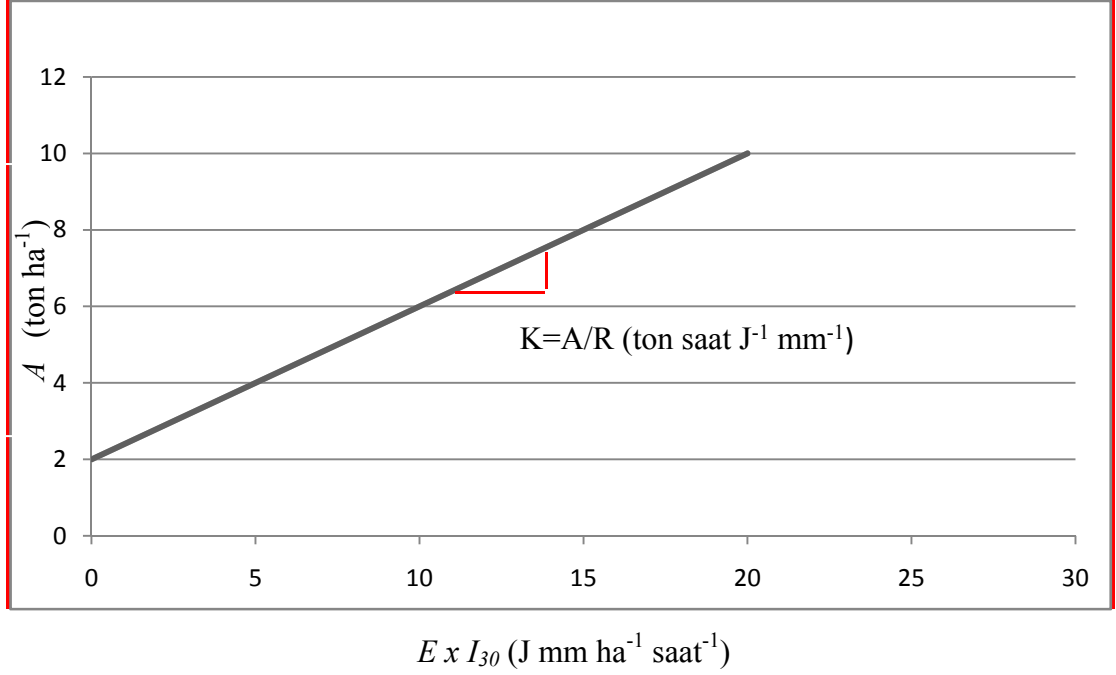
Burada D_r : birim zamanda birim alandan sıçrayarak parçalanan toprak miktarı ($\text{kg m}^{-2} \text{ saat}^{-1}$), I : yağış şiddeti (mm saat^{-1}), KE : birim yağışın birim yüzey alanına oluşturmuş olduğu kinetik enerji ($\text{J m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$) ve K_d ise toprak erozyon duyarlılığıdır.

Gerçekte bu, “Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği (ETKE, Wischmeier ve Smith, 1978)” nin kullandığı bir yaklaşımdır (Eşitlik (2.28)ve (2.29)).

$$A = K R \quad (2.28)$$

$$R = K E I_{30} \quad (2.29)$$

Bu eşitliklerde A : toprak kayıpları (ton ha^{-1}), R : Yağış erozyon oluşturma gücü ($I \text{ mm ha}^{-1} \text{ saat}^{-1}$) ve sırasıyla KE ve I_{30} , yağış kinetik enerjisi (J ha^{-1}) ve en yüksek 30 dk lık yağış şiddetini temsil etmektedir. K ise toprak erozyon duyarlılık çarpanıdır ve grafiksel olarak A - R doğrusal regresyon bağıntısının eğimi olarak elde edilmektedir.

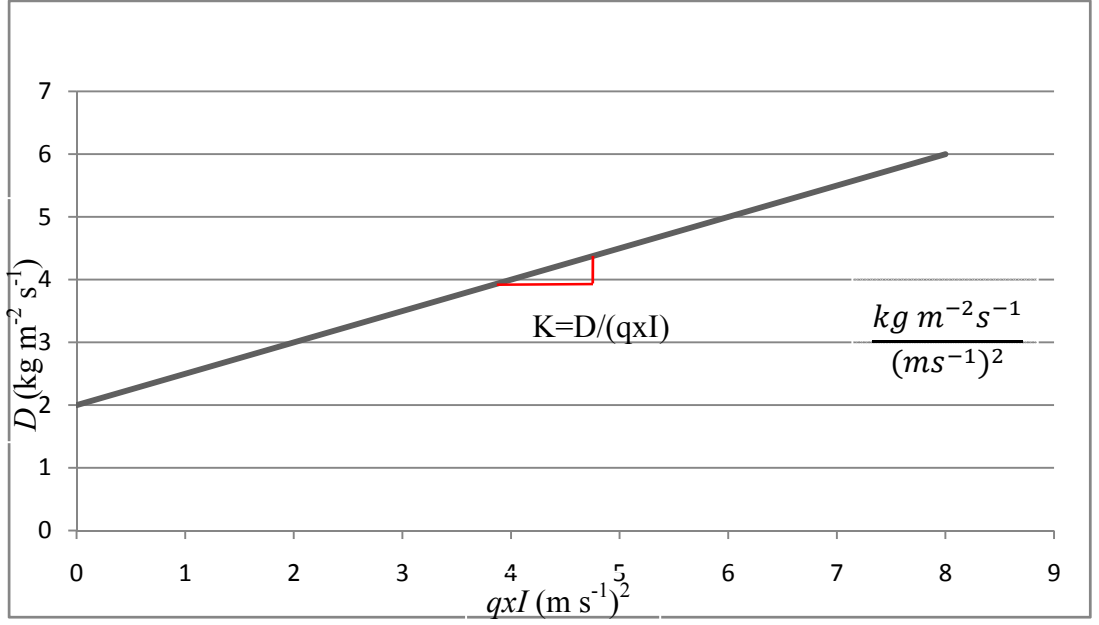


Şekil 2.1 ETKE/YETKE yönteminde toprak erozyon duyarlılığının elde edilmesi

Yukarıda bir örneği Eşitlik [2.28] de verildiği gibi, günümüze kadar toprak parçalanma sürecini araştıran ve matematiksel eşitlikler ile açıklayan birçok yöntem bulunmaktadır. Bunlardan en önemlileri “ETKE/YETKE (Wischmeier ve Smith 1978, Renard vd. 1997)” ve “Su Erozyonu Tahmin Projesi (SEPT) veya Water Erosion Prediction Project (WEPP, Flanagan ve Nearing 1995)” dir. ETKE/YETKE yaklaşımından farklı olarak SEPT modeli, $KE - I$ çarpımı yerine $q-I$ çarpımı kullanmaktadır (Eşitlik (2.30)).

$$D = KqI \quad (2.30)$$

Eşitlik (2.30)’ da D , q ve I değerleri sırasıyla parmaklar arası sediment verimi ($\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$), yüzey akış oranı (m s^{-1}) ve yağış şiddetini (m s^{-1}) ifade etmektedir. Benzer şekilde K ise toprak erozyon duyarlılık çarpanıdır ve grafiksel olarak $D-(qI)$ doğrusal regresyon bağıntısının eğim terimi olarak belirlemektedir.



Şekil 2.2 SEPT yönteminde toprak erozyon doğrusallığının elde edilmesi

Bu tez çalışmasında parmaklar arası alanda oluşan toprak parçalanma süreci, fiziksel olarak daha iyi bir temele sahip olan ETKE/YETKE yöntem yaklaşımı kullanılarak incelenmiştir.

ETKE/YETKE – K çarpanı, ya doğal yağışlar ya da yapay yağışlar altında birim yağış enerji akışında oluşacak toprak kayıplarının ölçülmesi ile elde edilmektedir. Bu belirleme süreci oldukça zaman alıcıdır ve iş gücü gerektirmektedir. Bu yüzden, ETKE/YETKE – K çarpanı ile birçok toprak fiziksel ve kimyasal özellikler arasındaki ilişkiler, birçok araştırmacının ilgisini çekmiştir. Bu eşitliklerin en önemli olanları aşağıda özetlenmiştir.

En çok kullanılan toprak duyarlılık abağı (nomograf) (Wischmeier vd. 1971, Wischmeier ve Smith 1978) toprak ve toprak profiline ait 5 değişkenden YETKE-K değişkenini tahmin etmektedir. Bunlar; düzenlenmiş silt yüzdesi (0,002 - 0,1 mm), düzenlenmiş kum yüzdesi (0,1 - 2 mm), yüzde toprak organik maddesi, toprak yapısı ve geçirgenlik sınıflarıdır (Eşitlik (2.31) ve (2.32)).

$$K_n = 2,1 \cdot 10^{-4} (12 - OM) M^{1.14} + 3,25(s - 2) + 2,5(p - 3) / 759 \quad (2.31)$$

Bu eşitlikteki M ise, Eş. (2.32) ile ifade edilmektedir:

$$M = (\% \text{ Silt} + \% \text{ Çok ince kum})(100 - \% \text{ Kil}) \quad (2.32)$$

Burada,

K_n : ETKE/YETKE toprak erozyon duyarlılığı ($\text{ton ha}^{-1} \times \text{ha MJ}^{-1} \times \text{saat mm}^{-1}$); OM , organik madde %' si; s , toprak yapı sınıfı (Soil Survey Manual 1951); p , toprak geçirgenlik sınıfı (Soil Survey Manual 1951) ve K' nın birimi $\text{ton ha h ha}^{-1} \text{ MJ mm}^{-1}$, dir.

Römkens vd. (1986) tarafından geliştirilen diğer bir yöntem ise toprak duyarlılık abağı (nomograf)' ndan farklı olarak sadece toprak örneklerinin bünye özelliklerine göre YETKE - K değişkenini tahmin etmektedir (Eşitlik (2.33)).

$$K_r = 0,0034 + 0,0405 * \exp \left[-0,5 \left(\frac{\log D_g + 1,659}{0,7101} \right)^2 \right] \quad (2.33)$$

Burada, K_r : ETKE/YETKE toprak erozyon duyarlılığı ($\text{ton ha}^{-1} \times \text{ha MJ}^{-1} \times \text{saat mm}^{-1}$) ve D_g : birincil toprak taneciklerinin geometrik ortalama çapıdır (mm) ve aşağıdaki eşitlik ile bulunmaktadır (Eşitlik (2.34)):

$$D_g = \exp \left[\sum f_i * \ln \left(\frac{d_i + d_{i-1}}{2} \right) \right] \quad (2.34)$$

Burada, d_i ve d_{i-1} sırasıyla tanecik çapının üst ve alt sınırını göstermektedir (mm). Eşitliklerde, kum, silt ve kil için d_i ve d_{i-1} değerleri sırasıyla 0,05 – 2 mm; 0,002 – 0,05 mm ve < 0,002 mm olarak kullanılmıştır. f_i : her bir tanecik sınıfının ağırlık %'sidir ve bünye analizleri ile belirlenmiştir.

Torri vd. (1997, 2002) tarafından önerilen yöntemde ise, toprakların organik madde içerikleri ve kil kapsamalarına göre toprakların erozyon duyarlılığını tahmin edilmektedir (Eşitlik (2.35)).

$$K_t = 0.0293(0.65 - D_G + 0.24D_G^2) \times \exp\left\{-0.0021\frac{OM}{C} - 0.00037\left(\frac{OM}{C}\right)^2 - 4.02C + 1.72C^2\right\} \quad (2.35)$$

Burada; K_t toprak erozyon duyarlılığı ($t \text{ ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$); D_G , ortalama geometrik tanecik çapı (Eşitlik (2.36)); f_i : temel tanecik büyüklük fraksiyonlarının %'si;

$$D_G = \sum f_i \log_{10}(\sqrt{d_i d_{i-1}}) \quad (2.36)$$

Yukarıdaki eşitliklerde görüldüğü üzere, toprak erozyon duyarlılığını belirlemek için geniş bir şekilde kullanılan toprak özellikleri tane büyüklük dağılımı ve organik maddedir.

Bu özellikler, birlikte bir toprağın yapısal durumunu veya agregat dağılımını belirlemektedir. Toprak agregat dayanıklılığı ise, toprak yönetimini etkileyen en önemli toprak nitelik ögesidir. Agregatların dayanıklılığı, toprak boşluklarının oranı, topraktaki su ve hava geçirgenliğini ve biyolojik faaliyetleri doğrudan etkilemektedir. Ayrıca, dayanıklı agregatların yer aldığı toprak erozyon süreçleri (parçalanma ve taşınma) açısından da arzu edilen bir koşulu oluşturmaktadır. Temelde, yağmur damlaları toprak yüzeyine vurduğunda, toprak agregatları parçalanma süreci veya sıçrama erozyonu başlamaktadır. Toprak agregatlarının bu dağılım işlevini, organik madde içerikleri ile ilişkili olduğu birçok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur. Örneğin Cerda (1996), topraktaki organik madde artışına paralel olarak, toprak yapısının önemli ölçülerde geliştiğini rapor etmiştir. Diğer yandan Wu ve Tiesson (2002), düşük organik madde içeriğine sahip topraklarda agregatların kolaylıkla parçalanıp dağıldıklarını göstermiştir.

Organik madde içeriği, toprak geçirgenliği, toprak katkı maddelerinin dayanımı gibi toprak özellikleri ve bazen de toprağın kimyasal bileşimi gibi özelliklerle toprağın aşınabilirliği tanımlanabilmektedir (Morgan 1995).

K faktörü (Wischmeier ve Smith 1978, Renard vd. 1994, 1997), bu parametrelerin çoğunluğunu bir araya getirir ve bu sebepten dolayı K faktörü erozyon riskini tahmin etmede en çok kullanılan yöntemlerden biridir (Pérez-Rodríguez 2007).

Özellikle agregat dağılımı ile toprak erozyon duyarlılığı arasındaki ilişkileri içeren regresyon eşitlikleri El-Swaify ve Dangler (1977) ve Young ve Mutchler (1977) tarafından geliştirilmiştir (Sırasıyla Eşitlik (2.37) ve (2.38)).

$$K = -0,03970 + 0,00311x_1 + 0,0043x_2 + 0,00185x_3 + 0,00258x_4 - 0,00823x_5 \quad (2.37)$$

$$K = -0,204 + 0,385x_6 - 0,013x_7 + 0,247x_8 + 0,003x_9 - 0,005x_{10} \quad (2.38)$$

Bu iki eşitlikte kullanılan değişkenler aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

- x₁: 0,250 mm' den küçük dayanıksız agregat büyüklük yüzdesi
- x₂: Düzeltilmiş % silt (0,002 – 0,1 mm) ve düzeltilmiş kum (0,1 – 2 mm) çarpımı,
- x₃: Baz doygunluğu (%),
- x₄: Silt yüzdesi (0,002 – 0,050 mm),
- x₅: Düzeltilmiş kum yüzdesi (0,1 - 2 mm),
- x₆: Agregatlaşma indisi,
- x₇: topraktaki montmorillonit yüzdesi,
- x₈: 50-125 mm derinlikteki hacim ağırlığı (g cm⁻³),
- x₉: Dağılma (dispersiyon) oranı.

Kum, silt, kil, AD, OM ve Hİ gibi birincil toprak parametrelerinden veya doğrudan ölçülen toprak parametrelerinden yararlanılarak hesaplanabilen ikincil toprak parametrelerinin (örneğin toprak erozyon duyarlılığı) konumsal analizi veya bunların bir harita yüzeyi olarak belirlenmesi, herhangi bir havzadaki toprakların yönetimi ve arazi kullanım türlerinin belirlenmesi açısından çok önemli olabilmektedir (Goovaerts 1998).

Konumsal analizler ve jeo-istatistiksel analizler, kestirim (kriging), birlikte kestirim ve simülasyon (betimleme) yöntemlerine dayanarak noktasal verilerden elde edilen değerlerin bir haritalama yüzeyine dönüştürülmesi işlemidir (Goovaerts 1997, Chiles ve Delfiner 1999).

Son zamanlarda bu teknikler toprak bilimciler tarafından uygun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Yost vd. 1982, Trangmar vd. 1987, Miller vd. 1988, Voltz ve Webster 1990, Chien vd. 1997, Tsegaye ve Hill 1998, Lark 2002, Bo vd. 2003).

Bu çalışmalarda birincil ve ikincil toprak parametrelerinin herhangi bir alan içerisindeki konumsal dağılımları, tanımlayıcı istatistikler ile belirlenmiştir.

Deneyisel yarı-variogramlar Eşitlik (2.39) ile hesaplanmıştır (Journal ve Huijbregts 1978; Trangmar ve ark. 1987).

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (2.39)$$

Eşitlik (2.39)'daki $\gamma^*(h)$: yarı-varyans (varyans yarısı); $N(h)$: h mesafesi ile birbirinden ayrılmış noktasal toprak örneklerinin sayısı, $z(x_i)$: x_i noktasında belirlenen örnek değerini ve $z(x_i+h)$ noktasında belirlenen örnek değerini temsil etmektedir.

Ülkemizde de belirli bölge ve havzalarda toprak özelliklerinin konumsal dağılımları ayrıntılı bir şekilde belirlenmeye başlanmıştır. Yapılan bir doktora çalışmasında arazi kullanımındaki değişimlerin bazı toprak özellikleri ile erozyona duyarlılıkları üzerine etkisi belirlenmiştir. Çalışmada birbirine komşu mera, doğal orman, plantasyon, tarım ve rekreasyon alanlarından yararlanılmıştır. İkincil toprak parametreleri belirlenerek varyans analizi ile arazi kullanımları arasındaki farklılıklar ortaya konmuştur (Başaran 2005).

Başaran vd. (2006)' nin yaptığı çalışmada, ağaçlandırma sahasında organik madde, hacim ağırlığı, bünye, pH, hidrolik iletkenlik ve toprak erozyona duyarlılık faktörünün (YETKE - K) konumsal davranışları belirlemişlerdir.

Başkan vd. (2008) tarafından jeo-istatistiksel yöntemlerle oluşturulan toprak aşınabilirlik haritalarının karşılaştırılması amacıyla kriging haritaları oluşturulmuş ve ayrıntılı toprak haritalarıyla birleştirilerek verilerin konumsal yapılarına göre yeni yöntemle oluşturulan haritaların geleneksel olanlara göre daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir.

Başaran vd. (2008)'nin yapmış oldukları çalışmada ise tarım yapılmayan ve yeni tarıma açılmış bir alanda düşük kalitedeki sulama suyunun ve vejetasyon süresince yapılan toprak işlemenin EC, OM ve pH üzerine etkisi incelenmiştir. Jeo-istatistiksel tekniklerin kullanıldığı bu araştırmada değişkenlerin aylık konumsal davranışları ve konumsal dağılımlarındaki değişimler gözlemlenmiştir.

Orman ve mera alanında yürütülen başka bir çalışma da ise Başaran vd. (2008), farklı arazi kullanımlarının toplam toprak organik maddesi, partiküler organik madde, mineral organik madde, suya dayanıklı agregat miktarı üzerine etkileri belirlenmiş ve birbirleri ile ilişkileri incelenmiştir. Agregat dayanımı ile organik madde fraksiyonları arasında pozitif, agregat dayanımı ile kaba kum arasında negatif ilişkiler belirlenmekle birlikte arazi kullanımları arasında agregat dayanımı ve organik madde fraksiyonları açısından önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. Kriging haritalarında agregat dayanımı ve organik madde fraksiyonlarının orman alanında mera alanına göre yüksek değerlerle dağılım gösterdiği belirlenmiştir.

Birbirine komşu 5 farklı arazi kullanımında yıllık toprak kayıplarının tahmini ise yine Özcan vd. (2008) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada “Toprak kayıpları Ünlversal Toprak Kayıpları Eşitliği (USLE)”, “Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeo-istatistik Teknikler” den yararlanılarak tahminlerde bulunulmuştur.

Bayramin vd. tarafından 2008’ de yapılan başka bir araştırmada arazi kullanımındaki değişimlerin arazi değredasyonu üzerine etkileri RUSLE-K faktörü ile ilişkilendirilerek belirlenmiştir. Sonuçlar üzerine varyans analizi yapılmış ve Pearson korelasyon analizi ile değişkenler arası ilişkiler değerlendirilmiştir. Kriging haritaları ile toprakların erozyona duyarlılıklarının konumsal deseni belirlenmiştir.

Yapılan diğer bir çalışmada birbirine komşu beş farklı arazi kullanımında toprak organik karbonu, hacim ağırlığı, bünye ve pH’ nın konumsal dağılımları tahmin edilmiştir. Araştırma alanında plantasyon, tarım ve rekreasyon alanları mera ve orman’dan dönüştürülmüştür. Jeo-istatistik yöntemlerle her bir değişkenin konumsal analizleri yapılmış ve özellikle toprak organik karbonunun arazi kullanımındaki değişimleri çok iyi yansıttığı ortaya konulmuştur (Başaran vd. 2008).

Diğer bir örnek alışma, Bayramin vd. (2009)’nın belli bir bölgede, belli bir plantasyonun, toprak fiziksel ve kimyasal parametrelerinin yanı sıra ikincil toprak parametresi olan YETKE – K’ ya etkisi üzerine yapılmış bir çalışmadır. Varyans analizi ve jeo-istatistiksel teknikler kullanılarak yapılan araştırma sonucunda geçen süreye bağlı olarak çalışma alanının organik madde miktarı, toprak erozyon duyarlılığı ve hidrolik iletkenliği karşılaştırılmıştır.

Başka bir araştırmada ise, ETK/ETKE toprak aşınabilirlik değerlerinin haritalanmasının değerlendirilmesi amacıyla histogram ve yarı-variogram modeli kullanılmış ve sonuçlar bu modelin gerçek değerlere yakın olduğunu göstermiştir. (Başkan vd. 2010).

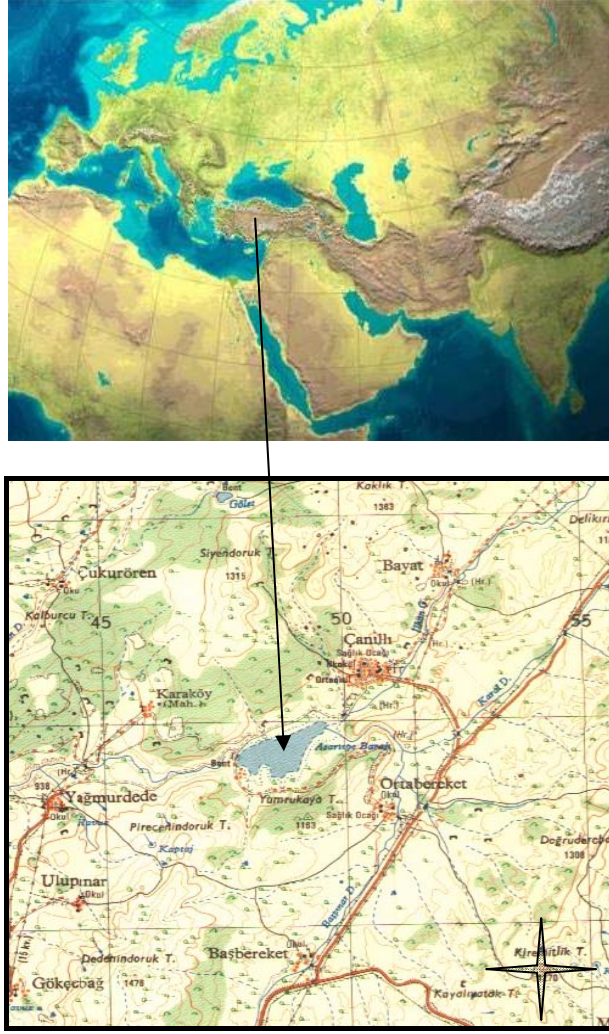
3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Çalışma alanı

Bu yüksek lisans çalışmasında, sıçrama erozyonu duyarlılığı ile YETKE – K değişken parametreleri, agregat dayanımı ve organik madde içerikleri arasındaki ilişkilerin jeo-istatistiksel veya konumsal değerlendirilmesi, Asartepe baraj havzası işlenen toprakları için yapılmıştır. Ayrıca, sıçrama erozyonu duyarlılığı ile “Yenilenmiş Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği” yönteminde kullanılabilen toprak erozyon duyarlılığı denklemleri arasındaki istatistiksel ilişkiler de saptanmıştır. Sakarya Havzasına dâhil olan İlhan çayı alt havzası’nda yer alan Asartepe baraj havzası, Ankara ili Ayaş İlçesi sınırları içerisinde olup, Ankara İline 47 km uzaklıktadır (Şekil 3.1). Asartepe baraj havzası’na ait uydu görüntüsü ise şekil 3.2’ de verilmiştir (Google Earth, 2007). Baraj 1984 yılında hizmete açılmış olup, yapılma amacı sulama olmakla beraber, kısmen taşkın koruma da düşünülmüştür (DSİ 2009). Çalışma alanındaki büyük toprak grupları; kahverengi topraklar, kireçsiz kahverengi topraklar, alüvyal ve kolüvyal topraklardır (TOVEP 1987).

Karasal iklime sahip bu çalışma alanında en düşük sıcaklık -20,6°C, en yüksek sıcaklık 42°C derecedir ve yıllık yağış yaklaşık yarı kurak iklim şartları ile 350 mm’ dir. Alan içerisinde, tepelik kısımlarda meşelik alanlar ve doğal mera alanları, alçak kesimlere doğru daha çok tarım alanları olarak kullanılan kolüvyal etek ve alüvyal taban arazileri yer almaktadır. Yer belirteçleri (koordinatları) GPS ile belirlenen örnekler 2009 Eylül ayında bölüm laboratuvarlarına getirilmiştir. Mineral üst toprağın örneklendirilmesindeki asıl neden toprak bozulması sürecinin genelde yarı kurak bölgelerde yüzeyde gerçekleşmesidir. Çalışmada kullanılan toprak örnekleri alan içerisinde tanımlanan bir nadas alanından yöntem kısmında belirtildiği şekilde alınmıştır.



Şekil 3.1 Çalışma alanı (1/400000 ölçekli haritadan alınmıştır)

Entisol toprak özelliği gösteren çalışma alanında oluşan toprak kayıplarının belirlenmesi için oluşturulan yapay yağmurlamalar Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Yapay Yağmurlama Birimi'nde bulunan yapay yağmurlama aleti kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Entisoller, ana yapısı pedogenik horizon gelişimleri olmayan ya da çok az olan toprak ordosudur. Birçok entisol, ochric epipedon ve biraz da anthropic epipedon içermektedirler. Çoğu kumlu ve oldukça yüzlektir. Türkiye topraklarının büyük bir kısmını kapsamaktadır. Alüvyal, kolüvyal ana materyallerin üstünde; orta ve daha fazla eğimli, erozyona maruz kalmış bölgelerde devamlı karşımıza çıkan topraklardır (Erpul 2007).



Şekil 3.2 Asartepe baraj havzasına ait uydu görüntüsü (Google Earth, 2007)

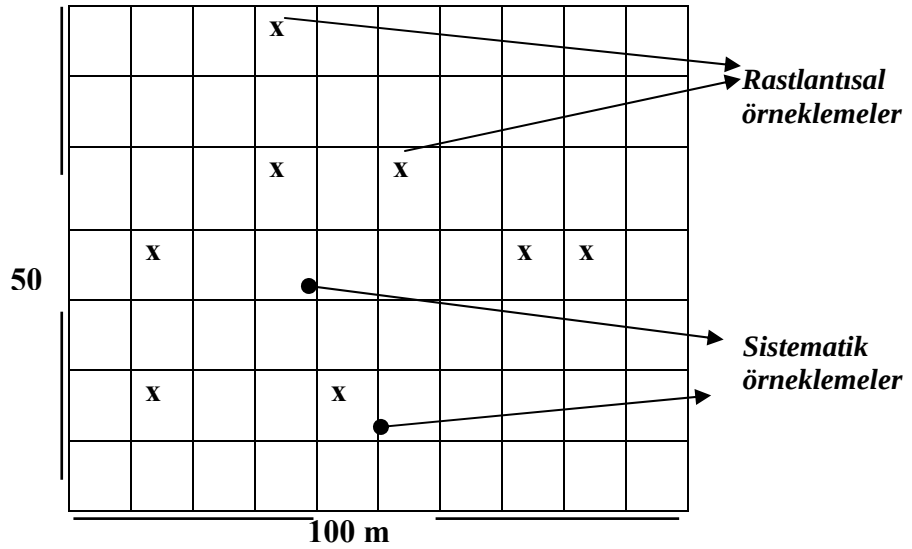
3.2 Çalışma Yöntemi

3.2.1 Toprak örneklerinin alınması

Toprak örneklemeleri, Asartepe Baraj Havzası'nda yer alan bir nadas alanından gridleme (kare-örgü) yöntemi ile sistematik ve rastgele olmak üzere yapılmıştır. Diğer bir deyişle, kare-örgü örneklerinin arasından rastgele örnekler de alınmıştır (Şekil 3.3). Böylece jeo-istatistiksel analizler için gerekli kare-örgü örnekleme yöntemi gerçekleştirildiği gibi, genel istatistiksel analizler için gerekli örneklemelerin birbirinden bağımsız ve normal olması koşulu da yerine getirilmiştir.

Toprak örneklemelerinin yapıldığı homojen (türdeş) alanın büyüklüğü 50m x 100m, kare-örgü aralıkları ise 5m x 5m' dir. Sistematik örneklemeler kare-örgülerin kesişim noktalarından ve rastlantısal örnekler ise geliş-güzel bir şekilde örgüler üzerinden veya arasında kalan alanlardan 0-10cm derinlikten alınmıştır. Örnekleme alanından 231 sistematik ve 25 rastlantısal olmak üzere toplam 256 toprak örneği alınmış, numaralandırıldıktan sonra hava-kuru hale getirilmiş ve daha sonra 2 mm' lik eleklerden elenmiştir.

Toprak parçalanmasının bir göstergesi olarak sıçrama erozyonu duyarlılığı ölçümleri yapılmış, agregat dayanımı, organik madde, hidrolik iletkenlik ve tane büyüklük dağılımı analizleri hepsi birlikte iki paralelli olarak yürütülmüştür. Alınan toprak örnekleri yer belirteçleriyle birlikte EK 1’de verilmiştir.



Şekil 3.3 Toprakların sistematik ve gelişigüzel örnekleme yöntemi ile alınma düzeneği

3.2.2 Yapay yağmurlama ile toprak sıçrama ölçümlerinin yapılması

Aşağıda özellikleri verilen yapay yağmurlama aletinin tasarım prensipleri ile yapay yağış karakteristikleri açıklanmış ve gerekli yağmur damlası sıçrama erozyonu parametre hesapları yapılmıştır (Erpul ve Çanga 2001).

Yapay yağmurlama aleti üç kısımdan oluşmaktadır. Bunlar, bireysel damlatıcıların bulunduğu ve su yüksekliğinin ayarlanabildiği uygulama haznesi, sıçrama kaplarının yerleştirildiği yağmurlama havzası ve su deposudur.

Uygulama haznesi, 1 m çapında ve 15 cm yüksekliğinde üstü açık silindir şeklinde bir kaptır ve yerden yüksekliği 3 m yükseklikte bulunmaktadır. Bir motor/mil sistemi ile 1 devir dakika⁻¹ hızla dönmektedir. Böylece, yağmur damlaları istenilen konumsal dağılıma erişmesi amaçlanmıştır (Gabriels ve De Boodt 1975).

Uygulama haznesindeki su yükü, yan duvarlarındaki farklı yüksekliklere yerleştirilen kontrol başlıkları ile ayarlanmaktadır. Başlıklar ile 2,5, 4,5, 6,5 ve 8,5 cm' lik su yükleri elde edilebilmektedir. Su yükünün ayarlanmasına bağlı olarak, su fazlası bir akaç sistemi ile yeniden su deposuna tahliye edilmektedir.

Yağış, damla oluşturunclarla elde edilmektedir. Damla oluşturunca 18 mm uzunluğundaki kauçuk tıpanın içerisinde bulunan, 40 mm uzunluğu ve 5 mm çaplı bir cam borudan oluşmaktadır (Şekil 3.4a). Uygulama haznesinin tabanına 96 adet damlatıcı merkezden dışarıya doğru açılan (radyal) bir dağılım oluşturunca şekilinde yerleştirilmiştir (Gabriels ve De Boodt 1975, Mutchler ve Moldenhauer 1963, Erpul ve Çanga 2001). Uygulama tankında damlatıcılardan yerleşim planı Şekil 3.4b'de gösterilmiştir. Tankın dairesel ayası 8 eşit parçaya bölünmüş ve her parçaya $96:8 = 12$ damla oluşturunca düşmüştür.

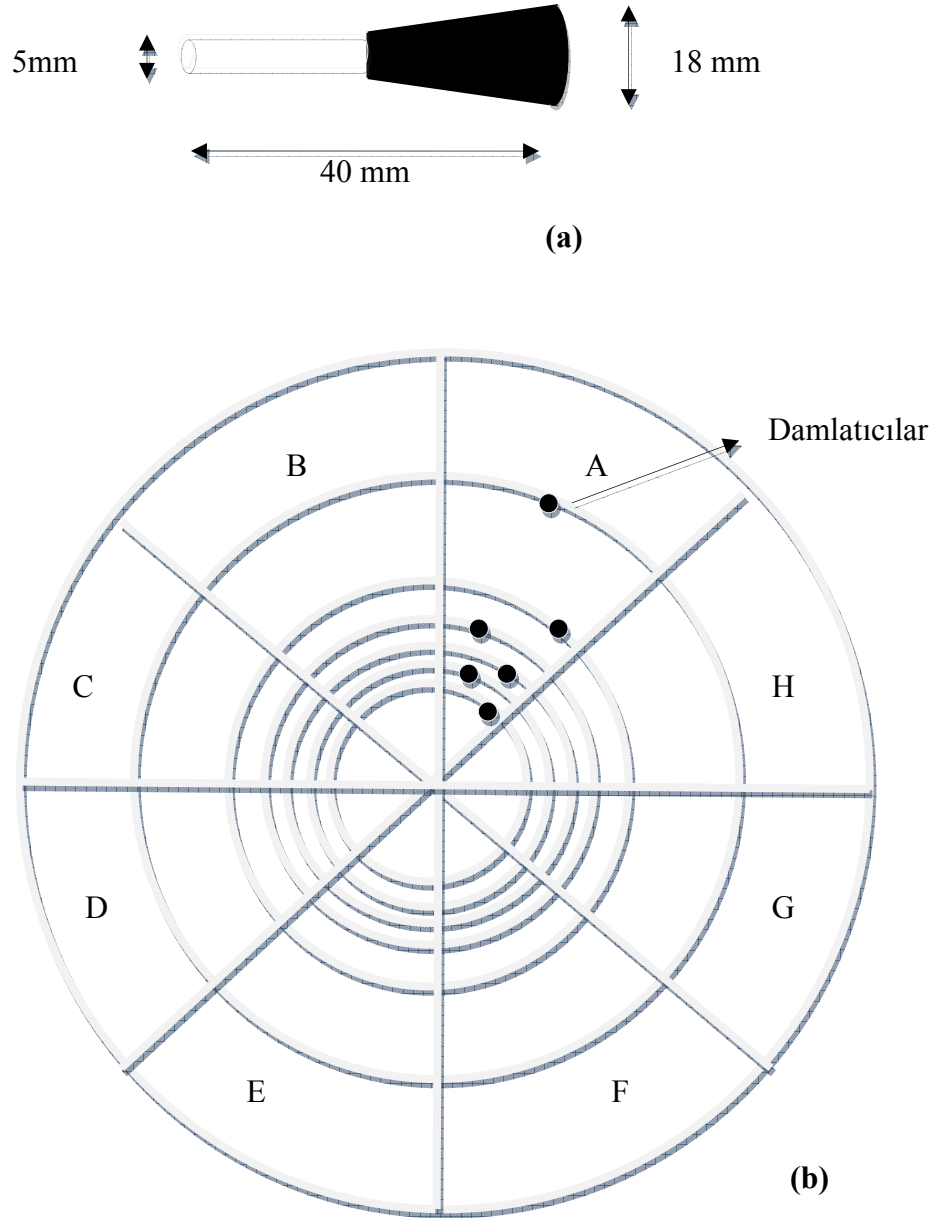
Yağmurlama havzası 1680 cm çapında ve 33,5 cm yüksekliğinde üstü açık, diğer bir silindir kaptır. Su deposu, şehir şebekesinden gelen suyun, gerektiğinde saf su cihazından geçirilerek depolandığı yerdir ve suyun 3m yükseklikteki uygulama haznesine çıkarılması için ek bir pompa içerir.

Yağışların havzada uygun ve yeknesak dağılımının sağlanması amacıyla da iki adet vantilatör yardımcı birimler olarak kullanılmıştır (Erpul ve Çanga 2001).

3.2.3 Yağış enerjisinin belirlenmesi ve yağış şiddetinin ölçülmesi

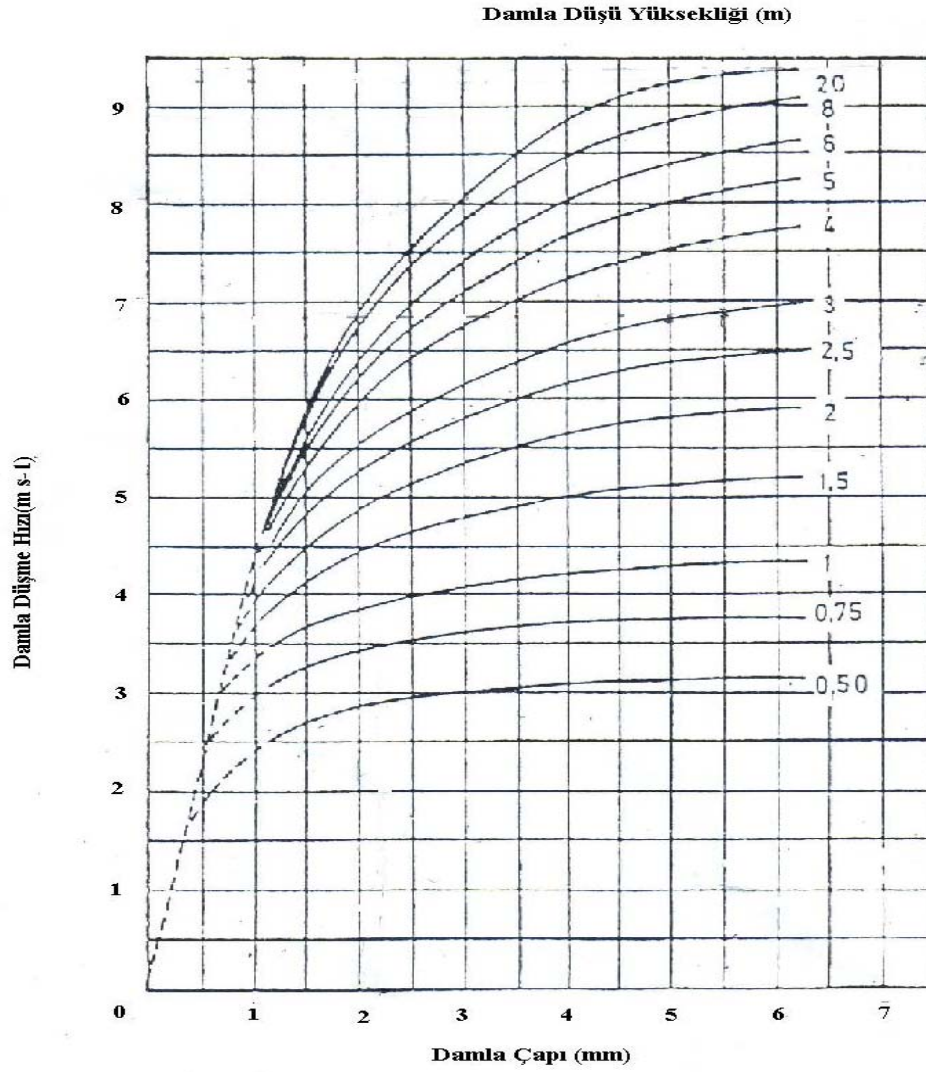
Yağış enerjisini hesaplamak için, bilinen damla çapı (d , mm) ile damla kütlesi (m , kg) damla hacmi (V , m³) ve yüzey alanı (A , m²) sırasıyla Eşitlik (2.17), (2.18) ve (2.20) ile hesaplanmıştır. Bu çalışma için $d_{ort} = 4,8$ mm' dir. Yağışların standart sapması 0,07 dir. Her yağmurlama öncesinde yağış şiddeti kontrolü yapılmış, yağmurlama başında ve sonunda paralellerle birlikte toplamda 170 adet okuma yapılarak, damla çapı ölçülmüştür.

Eş.(2.17), (2.18) ve (2.20) kullanılarak çalışmada kullanılan bir yağmur damlasının, kütlesi, hacmi ve yüzey alanı sırasıyla $5,79 \times 10^{-5}$ kg, $5,79 \times 10^{-8}$ m³ ve $1,809 \times 10^{-5}$ m² olarak bulunmuştur.



Şekil 3.4.a. Damla oluşturunun detayı (Erpul ve Çanga, 2001)

b. Uygulama tankından damla oluşturunların yerleşim planı



Şekil 3.5 Farklı düşme yükseklikleri için damla çapı ve düşme hızı arasındaki ilişki (Laws 1941)

Yapay yağışların kinetik enerjilerinin belirlenmesinde, damla kütlesine ek olarak gereksinim duyulan damlaların vuruş hızları (v_d , ms^{-1}) damla çapı ve damla düşme yüksekliğinden yararlanılarak hesaplanmıştır (Laws 1941) (Şekil 3.5). Denemelerde damla oluşturmalar ile sıçrama kapları arasındaki mesafe 3 m olarak ölçülmüştür.

Araştırmada, 3m'lik bir yükseklikten düşürülen 4,8 mm çaplı bir damlanın kinetik enerjisi $1.491 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$ veya “jul” olarak belirlenmiştir (Eşitlik (2.16)).

Öte yandan, yapay yağışların toplam kinetik enerji akışını (birim zamanda birim alana aktarılan toplam enerji, $E_T, \text{J m}^{-2} \text{s}^{-1}$) belirlemek için, alet yağmurlama havzasında “yağış şiddeti” ($I, \text{m s}^{-1}$ veya $\text{m}^3 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ölçümleri veya birim alana birim zamanda düşen damla sayısı belirleme ($\Xi, \# \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ölçümleri yapılmıştır. “ I ” ile “ Ξ ” arasındaki matematiksel bağıntı Eşitlik (3.1) ile verilmiştir:

$$\Xi = \frac{I}{V} = \frac{I}{\left(\frac{\pi}{6}d^3\right)} = \frac{6 \cdot I}{\pi \cdot d^3} = \frac{m^3 m^{-2} s^{-1}}{m^3} = m^{-2} s^{-1} \quad (3.1)$$

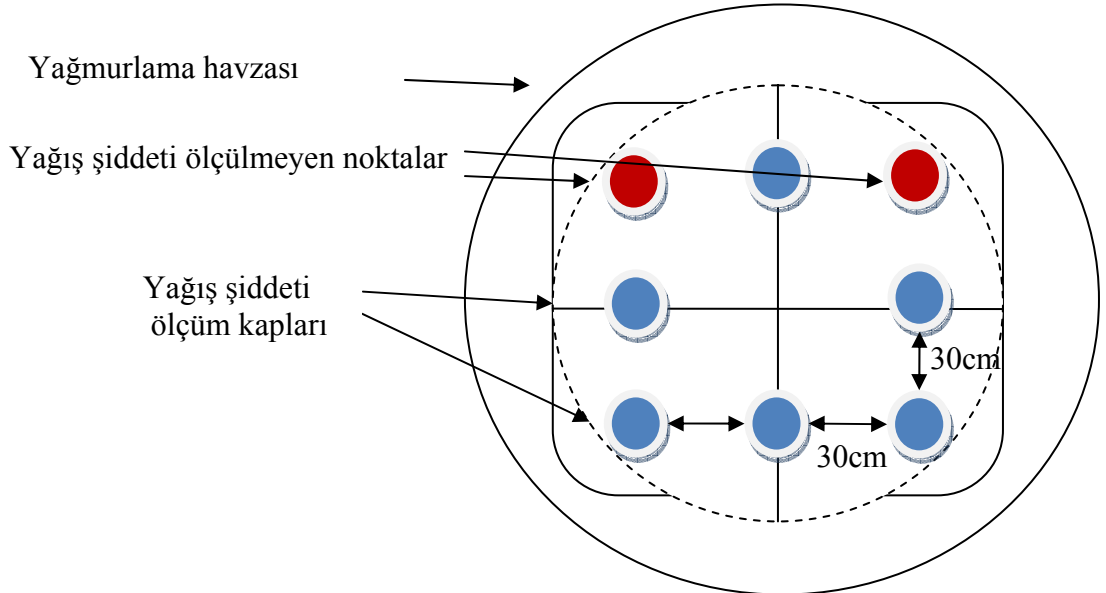
Sırasıyla şekil 3.6 ve 3.7’de yapay yağmurlama aleti, yağış şiddeti ölçüm kapları ve Şekil 3.8’de (Erpul ve Çanga 2001) toprak sıçrama ölçümlerinin yapıldığı noktalar verilmiştir. Bu yağış şiddeti ölçüm noktaları aynı zamanda yağmurlama aşamasında toprak sıçrama kaplarının konulacağı ölçüm noktalarıdır.



Şekil 3.6 Yapay yağmurlama aletinin genel görünüşü (Erpul ve Çanga 2001)



Şekil 3.7 Yağış şiddeti ölçüm kapları



Şekil 3.8 Sıçrama kapları ile toprak sıçrama ölçümlerinin yapıldığı noktalar

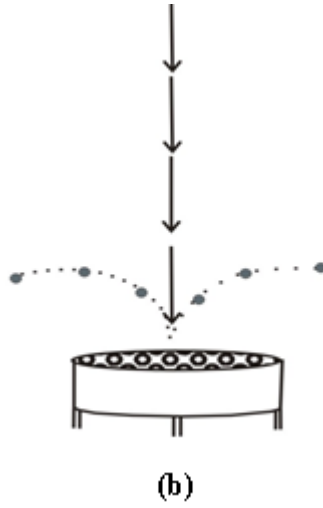
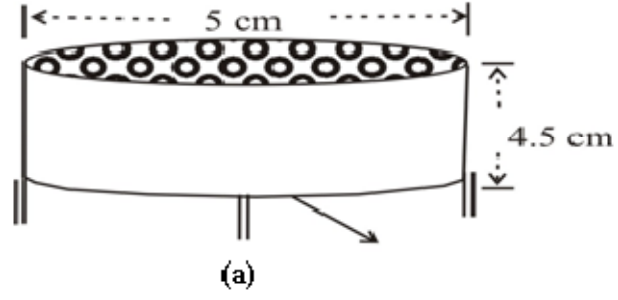
Ölçüm noktalarını tespit etmek amacıyla belirli ağız çaplarına sahip, araları sıçramaların karışmaması için 30 cm olarak belirlenmiş 6 adet kavanoz, yağmurlama havzasına konulmuş ve havzada “yağış şiddeti dağılımı” belirlenmiştir (Şekil 3.8). Daha sonra, damla kütlesi (m, kg) (Eşitlik (2.17)) ve düşme hızlarından (Şekil 3.10) damla kinetik enerjisi belirlenmiştir (Eşitlik (2.16)).

3.2.4 Sıçrama ölçümlerinin yapılması

Hazırlanan toprakların yağmurlama öncesi örnek fotoğrafları şekil 3.9’ de gösterilmiştir. Sıçrama erozyonu ölçümlerinde kullanılan topraklar bozulmuş örneklerdir ve sıçrama kaplarına 2 mm’den elenmiş ortalama 300 g ağırlığında toprak konulmuştur.



Şekil 3.9 Yağmurlama öncesi sıçrama kaplarındaki toprak örnekleri



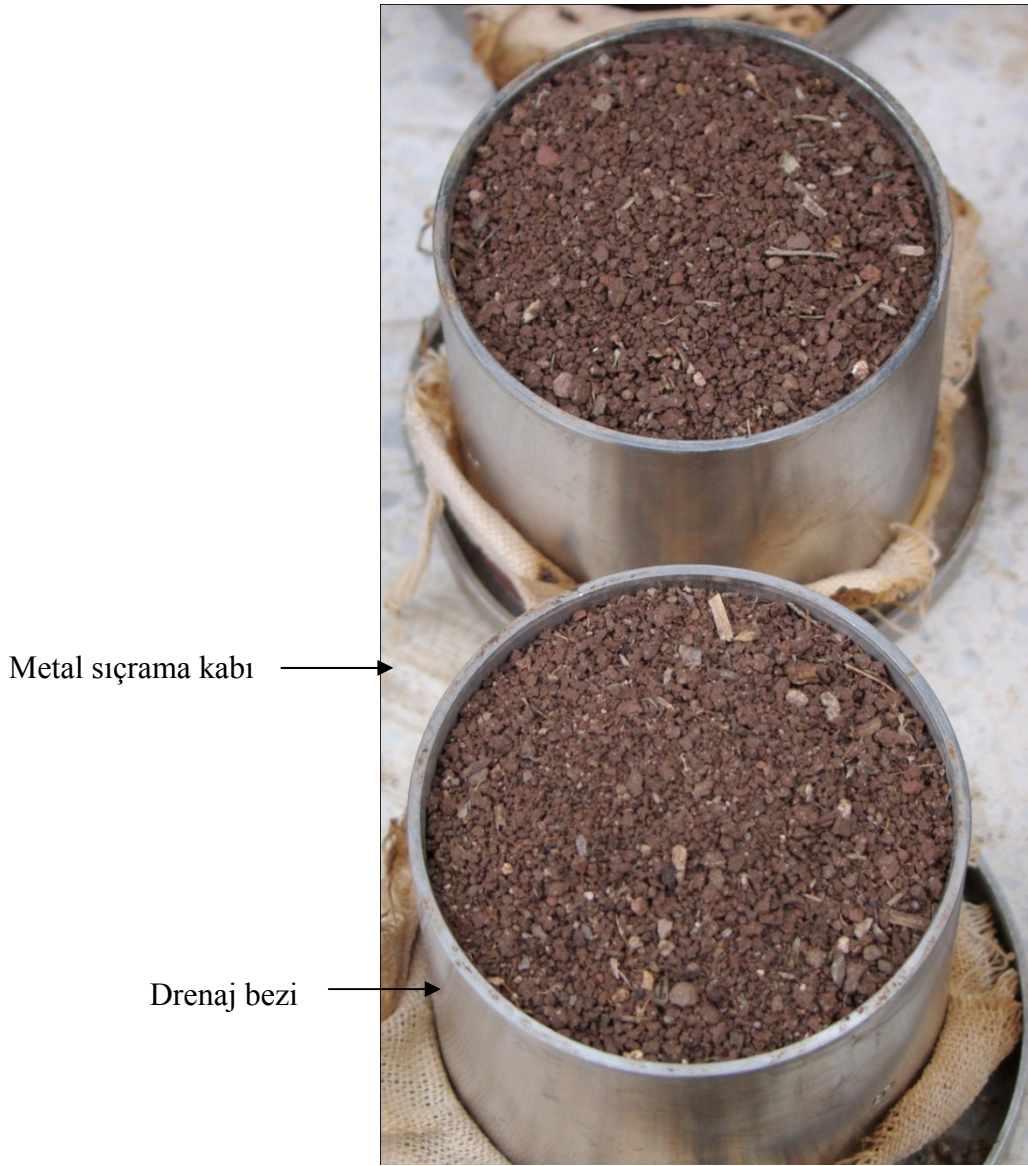
Şekil 3.10.a. Sıçrama kabı, b. Dikey damla vuruşu ile radyal tanecik sıçraması

Yapay yağmurlamalar ile toprak sıçraması ölçümleri, hava kuru örneklerde yapıldığı için, her bir örnekte % nem belirlemeleri gerçekleştirilmiştir (Eşitlik (3.2)).

$$W_s = \frac{W_{HKT} - W_{FKT}}{W_{FKT}} \cdot 100 \quad (3.2)$$

Burada, W_S , W_{HKT} ve W_{FKT} , sırasıyla toprak örneği nem içeriği (%), hava kuru ağırlığı (gr) ve fırın kuru ağırlığıdır (gr).

Yapay yağmurlama yapılmadan önce, sıçrama kaplarına konulan topraklar belirli ölçülerde sıkıştırılmıştır; bu işlem, sıçrama kaplarının düz bir zemine vurulması ile gerçekleştirilmiştir. Yağmurlama sırasında gerekli olan serbest drenaj koşullarını sağlamak için ise; sıçrama kaplarının tabanı, ince gözenekli bezle kaplanmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Tabanı ince gözenekli bezle kaplı toprak örneği

Sıçrama kaplarının ağız çapı 5 cm ve yüksekliği ise 4,5 cm' dir (Şekil 3.10.a). Hava kuru toprak ile doldurulmadan önce, her bir sıçrama kabının ağırlığı (darası) alınmıştır (W_{SK} , gr). Daha sonra, sıçrama kapları belirli miktarlarda hava kuru ile doldurulmuş ve tartılmıştır (Eşitlik (3.3)) (W_{SK+HKT}).

$$W_{SK+HKT} = W_{SK} + W_{HKT} \quad [3.3]$$

Eşitlik (3.3)'de verilen W_{HKT} ve W_{FKT} ağırlıkları sırasıyla Eşitlik (3.4) ve (3.5) ile hesaplanmıştır.

$$W_{HKT} = W_{SK+HKT} - W_{SK} \quad (3.4)$$

$$W_{FKT} = \frac{W_{HKT} \cdot 100}{\%W_s + 100} \quad (3.5)$$

Bilinen sıçrama kabı dara ağırlığı ve Eşitlik (3.5) ile yapay yağmurlamaya maruz bırakılmadan önce her bir toprak sıçrama örneğinin ağırlığı belirlenmiştir ($W_{(SK+FKT)1}$). Ayrıca, yapay yağmurlamalardan önce, kuru örneklerin yüzeyi, sıkıştırmadan sonra düzeltilmiştir. W_{SK+HKT} ağırlıkları bilinen toprak sıçrama kapları, enerjisi ve şiddeti bilinen yapay yağmurlara belirli süreler boyunca maruz bırakılmıştır (Şekil 3.12). Yapılan ön denemeler sonucunda yağmurlama süresi 10 dakika olarak belirlenmiştir. Her bir yağmurlamadan sonra, toprak sıçrama kapları, 24 saat süre ile 120°C derecelik etüvlerde kurutularak tartılmıştır ($W_{(SK+FKT)2}$, gr). Yağmurlama anında sıçrayarak kaybolan toprak miktarı ise (W_T , gr) Eşitlik (3.6) ile hesaplanmıştır.



Şekil 3.12 Yağmurlama sonrası sıçrama ile kaybolan toprak taneleri

$$W_T = W_{(SK+FKT)1} - W_{(SK+FKT)2} \quad (3.6)$$

Eşitlik (3.10)'de verilen $W_{(SK+WFKT)1}$ ve $W_{(SK+WFKT)2}$ ağırlıkları, sırasıyla yağmurlama öncesi ve sonrası sıçrama kabı ile birlikte fırın kuru toprak ağırlıklarını göstermektedir. Birim zamanda birim sıçrama kabı yüzey alanından sıçrayarak kaybolan toprak miktarı (D , $\text{gr m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ise, Eşitlik (3.7) ile hesaplanmıştır:

$$D = \frac{W_T}{A \cdot T} \quad (3.7)$$

Burada A ve T , sırasıyla sıçrama kabı yüzey alanı (m^2) ve yağmurlama süresidir (s). Bu araştırmada sıçrama erozyonu ile toprak kayıpları ile Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği - YETKE (Revised Universal Soil Loss Equation – RUSLE) (Renard vd. 1997) “toprak erozyon duyarlılığı etmeni veya çarpanı” (YETKE-K) arasındaki ilişkiler de incelendiği için, sıçrama erozyonu YETKE-K biriminde hesaplanmıştır (Eşitlik (3.8)):

$$YDSE_p = \frac{D}{ET \cdot I} \quad (3.8)$$

Burada yağmur damlası sıçrama erozyonu olarak tanımlanan $YDSE_p$, E_T ve I , sırasıyla birim zamanda birim sıçrama yüzey alanında oluşan yağmur damlası sıçrama erozyonu, birim zamanda birim sıçrama kabı yüzey alanına aktarılan yağış enerjisi Eşitlik (3.9)' da verildiği gibidir ($J m^{-2} s^{-1}$) ve yağış şiddetidir ($m s^{-1}$). Birim analizi yapıldığında, $YDSE_p$ ' nin birimi:

$$YDSE_p = \frac{gm^{-2}s^{-1}}{Jm^{-2}s^{-1} \cdot ms^{-1}} = \frac{gm^{-2}}{Jm^{-2} \cdot ms^{-1}} \quad (3.9)$$

olarak bulunmuştur.

YETKE – K 'nın birimi ise [$ton ha^{-1}/(MJ ha^{-1} mm saat^{-1})$]' dir. Araştırma sonuçlarını bu birimlerde ifade etmek amacıyla, ağırlık, yüzey alanı, su derinliği ve zaman için gerekli birim çevirimleri, sırasıyla aşağıdaki Eşitlik (3.10), (3.11), (3.12) ve (3.13) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

$$ton = g \cdot 10^{-6} \quad (3.10)$$

$$ha = m^2 \cdot 10^{-4} \quad (3.11)$$

$$mm = m \cdot 10^{-3} \quad (3.12)$$

$$saat = s \cdot 60 \cdot 60 = s \cdot 3600 \quad (3.13)$$

3.2.5 Toprak erozyon duyarlılık modelleri

Yapılan diğer erozyon duyarlılık değişkenleri YETKE-K hesapları, kapsamlı araştırmalar sonucunda geliştirilen ve yaygın olarak kullanılan bazı tahmin eşitlikleri ile gerçekleştirilmiştir. Bu eşitliklerin dayandığı temel yaklaşım, tanımlanan bazı toprak özellikleri ile parçalanma süreçleri arasında var olan ilişkilerden yararlanarak erozyon duyarlılığının ortaya konulmasıdır.

Bu çalışma kapsamında; Eşitlik (3.8) yardımıyla hesaplanan toprak sıçrama erozyonu duyarlılığı ($YDSE_p$) ile üç farklı YETKE-K eşitliği (Wischmeier vd. 1971, Wischmeier ve Smith 1978, Römkens vd. 1986 ve Torri vd. 1997, 2002) arasındaki matematiksel bağıntılar belirlenmiştir.

En çok kullanılan ve sıklıkla atıf alan toprak duyarlılık abağı (nomograf) (Wischmeier vd. 1971, Wischmeier ve Smith 1978) toprak ve toprak profiline ait 5 değişkenden YETKE-K değişkenini tahmin etmektedir. Bunlar; düzeltilmiş silt yüzdesi (0,002 - 0,1 mm), düzeltilmiş kum yüzdesi (0,1 - 2 mm), yüzde toprak organik maddesi, toprak yapısı ve geçirgenlik sınıflarıdır (Eşitlik (2.31), (2.33), (2.34), (2.35) ve (2.36)).

3.2.6 İstatistiksel yöntemler

Bu tez çalışmasında, elde edilen YETKE – K (K_s , K_r , K_n , K_t) çarpanları, agregat dayanımı, organik madde, hidrolik iletkenlik ve tane büyüklük dağılımı değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler MINITAB 14.0 programı kullanılarak hesaplanmıştır. Toprak parametreleri arasındaki ilişkinin yönünü ve gücünü görebilmek adına “*Pearson korelasyon katsayısı*” (Eşitlik (3.14)) hesaplanmış ve “ $p < 0,05$ ” olan değerler önemli kabul edilerek yorumlanmıştır. Değişkenler arasında “regresyon denklemi” oluşturarak yine birbirleri ile olan ilişki derecesini tahmin etmeye yönelik hesaplamalar yapılmıştır.

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)s_x s_y} \quad (3.14)$$

Burada, $\bar{x}$, ilk değişken için örnek ortalama; s_x , ilk değişken için standart sapma; $\bar{y}$, ikinci değişken için örnek ortalama; s_y , ikinci değişken için standart sapma; n, örnek sayısıdır.

Kruskal - Wallis H Testi parametrik olmayan verilere sahip ikiden fazla grubun ölçümlerinin karşılaştırılmasında kullanılan bir yöntemdir. Üzerinde durulan özellik bakımından (YETKE – K değişken parametreleri) elde edilen gözlemler varyans analizlerinin ön şartlarını sağlamadığı için yaklaşımlar arasındaki farklılıklar varyans analizinin parametrik olmayan karşılığı olan “*Kruskal-Wallis*” testi ile değerlendirilmiştir. Farklı yaklaşımların belirlenmesinde parametrik olmayan çoklu karşılaştırma yöntemleri kullanılmıştır. Hesaplamalar MINITAB 15 paket program ile yürütülmüştür. Bunun için ortalama sıralamanın yapılması ve Z değerinin bulunması gerekmektedir (Eşitlik (3.15)).

Her örnek grubu için Z – değeri:

$$Z_j = \frac{\bar{R}_j - \bar{R}}{\sqrt{(N+1)(N/(nj-1))/12}} \quad (3.15)$$

Z - değeri, tüm N gözlemleri için R ortalama sıralamadan j grubunun farklılaşarak R_j ortalama sıralamasını belirtmektedir.

3.2.7 Geo-istatistiksel yöntemler – Kriging

Daha önce belirtildiği üzere, bu tez kapsamında, alınan tüm toprak özelliklerinin konumsal değişimleri geo-istatistiksel yöntemle belirlenmiş ve YETKE – K (K_s , K_r , K_n , K_t), agregat dayanımı ve organik maddenin konumsal haritaları yapılmıştır. Tanımlayıcı istatistikler çalışma alanı içerisindeki bütün değişimleri ifade etmekte kullanılmıştır. Deneyisel semi-variogramlar toprak özelliklerinin konumsal bağımlılıklarının belirlenmesinde kullanılmakta olup, Eşitlik (2.39)’daki gibi ifade edilmiştir (Journal ve Huijbregts 1978, Trangmar vd. 1985):

Küresel model ve Gauss modeli en çok kullanılan teorik modeller olup aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanmaktadır:

$$\gamma(h)=0 \quad h = 0 \quad (3.16)$$

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[1.5 \frac{h}{a} - 0.5 \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] \quad h \leq a \quad (3.17)$$

$$\gamma(h)=C_0+C \quad h > a \quad (3.18)$$

$$\gamma(h)=0 \quad h = 0 \quad (3.19)$$

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[1 - e^{-3(h/a)^2} \right] \quad h \leq a \quad (3.20)$$

$$\gamma(h)=C_0+C \quad h > a \quad (3.21)$$

Eşitliklerde C_0 külçe etkisini; C , sill değerini ve a , örneklerin ilişkili olduğu en yüksek mesafeyi göstermektedir (Samra vd. 1988, Pannatier 1996). Model parametreleri, Vieira vd. (1983) ve Cuenca ve Amegee (1987) tarafından önerildiği şekilde görsel olarak değerlendirilmiştir.

Kriging $z^*(x_0)$ ve kestirim hatası varyansı $\sigma_k^2(x_0)$, her nokta için x_0 aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır:

$$z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) \quad (3.22)$$

$$\sigma_k^2(x_0) = \mu + \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(x_0 - x_i) \quad (3.23)$$

3.2.8 Fiziksel toprak analizleri

Agregat dayanımı:

Agregat dayanımı analizi için Kemper ve Rosenau (1986) tarafından önerilen (tek elek çapı ile) ıslak eleme yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem de toprak örneklerinin başlangıçta su ve sonrasında çözücü bir madde içerisinde elenmesi suretiyle dayanıklılığı değerlendirilmektedir (Eşitlik 3.24). Başlangıçta 2 mm' nin altında Eijkelkamp ıslak eleme aparatı (Şekil 3.13) ile elenen toprak örnekleri 1 mm' lik elekten de elenerek 1mm' nin üstünde kalan toprak örneği ile ıslak eleme işlemine geçilmiştir. Islak eleme işleminde ise 0,5 mm çaplı elekler kullanılmıştır. Eleme işlemi sonrasında dağıtıcı çözeltide bekletilmiş, yıkanmış ve daha sonra etüvde kurutularak ağırlıkları hesaplanmıştır.

$$AD = \frac{mb}{ma + mb} \quad (3.24)$$

AD : agregat dayanıklılık indisi; ma : suda dağılan toprak miktarı; mb : dağıtıcı çözeltide (Toprak pH sına bağlı olarak; sodyum heksametafosfat (pH > 7) ya da NaOH (pH < 7)' da çözünen toprak miktarı.



Şekil 3.13 Eijkelkamp ıslak eleme cihazı

Toprak örneklerinin yağmurlama öncesindeki doğal durumlarının ortaya konması ve bir anlamda referans noktası olması amacıyla laboratuara getirilen örnekler ezilmeden hava kuru duruma getirilmiş, Bouyoucus (1951) yöntemine göre tane büyüklük dağılımı ve hidrolik iletkenlik (Klute vd. 1986) analizleri yapılmıştır. Doğal durumdaki kuru toprak örneklerinde agregat dağılımları (DAD, Doğal agregat dağılımı, kontrol olarak) belirlenmiştir (Eş.(3.25)).

$$\sum_1^i FSD_i = \frac{m_i}{A} \times 100 \quad (3.25)$$

FSD_i : i . elek çapı için hesaplanan tane büyüklüğü (%), m_i : i . elek üzerinde kalan örnek miktarı (gr), A : deney örneğinin toplam ağırlığı (gr).

3.2.9 Kimyasal toprak analizleri

Toprak örneklerinin organik madde kapsamı (Bu analiz değiştirilmiş Walkley - Black (Walkey ve Black 1934, Walkley 1947, Peech vd. 1947, Greweling ve Peech 1960, Nelson ve Sommers 1982 ve Tüzüner 1990) yöntemine göre belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 YETKE – K, OM ve AD’ nin Diğer Toprak Parametreleri (S, Si, C ve Hİ) ile İlişkisi

Bu tez çalışmasının “Araştırma bulguları ve tartışma” bölümünde Asartepe baraj havzası nadas alanından hem kare örgü yöntemi ile sistematik olarak, hem de kare örgüler arasından rastgele örnekleme yöntemi kullanılarak alınan toprak örneklerinde sıçramayla kaybolan toprağa ait analizler ile agregat dayanımı (AD), organik madde (OM), hidrolik iletkenlik (Hİ) ve tane büyüklük dağılımı (S, VFS, Si ve C) arasındaki ilişkiler açıklanmıştır. İlk aşamada K_s - OM, K_s - AD ve OM - AD’ nin bağıntısal sonuçları yorumlandıktan sonra, K_s ile ETKE/YETKE yönteminde yaygın bir şekilde kullanılan toprak erozyon duyarlılığı eşitlikleri arasında yapılandırılan matematiksel eşitlikler üzerine bilgiler verilmiştir. Son bölümde ise, tez çalışmasında doğrudan ölçülen veya hesaplanan toprak ikincil özellikleri ve temel sayılan diğer toprak özelliklerinin araştırma alanındaki konumsal dağılımları ve bunlarla ilgili istatistiksel verilerin yorumlanması ve tartışılmasına yer verilmiştir. Alınan örneklerin yer belirteçleri EK 1’de ölçülen K_s değerleri ile birlikte farklı toprak temel özelliklerinden hesaplanan ETKE/YETKE-K değerleri EK 2’ de ve AD, OM, Hİ, ve tane büyüklük dağılımı/bünye (TBD) analizleri sonuçları EK 3’ de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Çalışma örneklerine ait laboratuarda yapay yağmurlama koşulları altında sıçrama kabı testleri ile belirlenen birim enerji ve yağış şiddetinde parçalanmış toprak miktarı (Eşitlik (3.9)) ile organik madde miktarı ile ıslak eleme sonucu belirlenen agregat dayanımı (Eşitlik (3.24)) arasındaki korelasyonlar çizelge 4.1’de verilmiştir. Özgün (orjinal) dağılım üzerinden yapılan “*Pearson korelasyon katsayıları*” (Eşitlik (3.14)) hem K_s - OM ve K_s - AD arasında hem de OM - AD arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki bulunamamıştır. Yukarıda verilen ilişkilerin hepsinin r katsayısı değerlerinin düzeyi $p = 1,000$ olarak belirlenmiştir. Bunun üzerine, özgün değişken değerleri de farklı matematiksel dönüşüm analizleri yapılmış ve en iyi sonuç “*ln*” dönüşümlerinde saptanmıştır (Çizelge 4.2).

K_s - OM, K_s - AD ve OM - AD arasındaki bağıntılar açısından önemli iyileşmeler gözlemlenmiştir. Her ne kadar istatistiksel olarak P değerleri $> 0,05$ olsa bile, K_s -OM ve K_s - AD' nin istatistiksel önem düzeyleri sırasıyla $P = 0,237$ ve $P = 0,209$ olmuştur ($P \leq 0,25$). Diğer yönden, OM-AD ilişkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P \leq 0,09$).

Bununla birlikte, araştırma topraklarında K_s ' nin yalnız OM ve AD ile olan bağıntıları değil, diğer toprak fiziksel özellikleri arasındaki ilişkiler de araştırılmıştır. Öyle ki, ne özgün veri kümesi ne de dönüştürülmüş veri kümesi ile herhangi bir bağıntı belirlenememiştir (Çizelge 4.1 ve 4.2). Bunun bir nedeni, Asartepe Baraj havzasından bir nadas alanından jeo-istatistiksel yöntemlerle alınan toprak örneklerinin OM ve fiziksel toprak özellikleri açısından çok farklılık göstermemesi olabilir. Özellikle OM kapsamının arazi kullanım türü ile çok yakından ilgili olması nedeniyle (Rasmusson ve Collins 1991, Kavdir vd. 2004, Sarah 2006, Başaran vd. 2008), veri kümesinde tek bir arazi kullanım türünden yeterli bir değişim aralığının elde edilememesidir. Bu durum özellikle K_s ile toprak fiziksel özellikleri arasında bir regresyon modelinin geliştirilememesine neden olmuştur. Diğer yandan, OM ve AD bazı toprak fiziksel özellikleri arasında hem özgün veri hem de dönüştürülmüş veri kümeleri için istatistiksel olarak önemli korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Özgün ve dönüştürülmüş veri kümeleri ile yapılan analizlerde AD, Silt (Si), Kil (C) ve Silt+çok ince kum (Si+VFS) yüzdeleri ile $p \leq 0,05$ düzeyinde önemli istatistiksel ilişkiler göstermiştir (Çizelge 4.1 ve 4.2). Benzer şekilde, OM özgün veri kümesi ile yapılan analizlerde Si, C ve Si+VFS yüzdeleri ile önemli ilişkiler gösterirken, dönüştürülmüş veri kümeleri analizlerinde ise hidrolik iletkenlik (HI) ve VFS ile istatistiksel olarak önemli bağıntılar geliştirilmiştir.

K_s ile yapılan modellemelerde diğ er toprak parametreleriyle herhangi bir ilişki bulunamamıştır. Yine K_s , AD veya OM' nin diğ er toprak parametreleriyle yapılan regresyon denklemlerine ilişki derecesi oldukça düşük çıkmıştır.

Çizelge 4.1 Özgün (dönüşüm yapılmamış) toprak parametreleri arasındaki korelasyon (Pearson korelasyon katsayıları)

Değişken	K _s	K _n	K _t	K _r	AD	OM	S	Si	C	Hİ	VFS	S+VFS	Si-VFS	k _n /k _s	k _r /k _s	k _t /k _s
K _s	1															
K _n	0.882	1														
K _t	0.689	0.000**	1													
K _r	0.201	0.000**	0.001**	1												
AD	1.000	0.012*	0.666	0.096	1											
OM	1.000	0.012*	0.666	0.096	1	1										
S	0.333	0.088	0.945	0.000**	0.177	0.177	1									
Si	0.992	0.000**	0.039*	0.132	0.034*	0.034*	0.000**	1								
C	0.362	0.000**	0.065	0.000**	0.002**	0.002**	0.000**	0.000**	1							
Hİ	0.515	0.000**	0.150	0.075	0.857	0.857	0.006**	0.177	0.148	1						
VFS	0.036*	0.008**	0.004**	0.000**	0.733	0.733	0.000**	0.096	0.033*	0.829	1					
S+VFS	0.492	0.025*	0.616	0.000**	0.188	0.188	0.000**	0.000**	0.000**	0.006**	0.395	1				
Si-VFS	0.625	0.000**	0.008**	0.017*	0.029*	0.029*	0.000**	0.000**	0.000**	0.180	0.121	0.000**	1			
k _n /k _s	0.000**	0.763	0.594	0.731	0.108	0.108	0.312	0.202	0.899	0.856	0.87	0.32	0.211	1		
k _r /k _s	0.000**	0.453	0.891	0.473	0.061	0.061	0.309	0.553	0.642	0.787	0.63	0.347	0.617	0.000**	1	
k _t /k _s	0.000**	0.545	0.663	0.556	0.067	0.067	0.382	0.505	0.79	0.776	0.741	0.41	0.545	0.000**	0.000**	1

K_s: YETKE –K çarpanı (sıçrama), K_n: YETKE –K çarpanı (nomograf), K_r: YETKE –K çarpanı (Römkens), K_t: YETKE – K çarpanı (Torri), AD: agregat stabilitesi, OM: organik madde, S: kum, Si: silt, C: Kil , Hİ: Hidrolik iletkenlik, VFS: Çok ince kum (very fine sand), S-VFS: Düzeltilmiş kum , Si+VFS: düzeltilmiş silt, ** p <0,01, *p<0,05

Çizelge 4.2 “ln” dönüşümü yapılmış toprak parametreleri arasındaki korelasyon (Pearson korelasyon katsayıları)

Değişken	Ks	Kn	Kt	Kr	ln(kn/ks)	ln(kr/ks)	ln(kt/ks)	AD	OM	S	Si	C	Hİ	VFS	S-VFS	Si+VFS
Ks	1															
Kn	0.548	1														
Kt	0.707	0.579	1													
Kr	0.662	0.011*	0.000**	1												
ln(kn/ks)	0.000**	0.000**	0.578	0.184	1											
ln(kr/ks)	0.000**	0.446	0.390	0.583	0.000**	1										
ln(kt/ks)	0.000**	0.763	0.000**	0.005**	0.000**	0.000**	1									
AD	0.209	0.006**	0.532	0.130	0.846	0.176	0.164	1								
OM	0.237	0.000**	0.001**	0.374	0.167	0.261	0.719	0.009**	1							
S	0.711	0.034*	0.077	0.000**	0.678	0.803	0.677	0.266	0.946	1						
Si	0.995	0.000**	0.394	0.601	0.000**	0.978	0.722	0.038*	0.788	0.000**	1					
C	0.934	0.000**	0.000**	0.000**	0.009**	0.459	0.002**	0.009**	0.552	0.000**	0.000**	1				
Hİ	0.421	0.000**	0.091	0.052	0.012*	0.497	0.997	0.792	0.000**	0.000**	0.022*	0.406	1			
VFS	0.088	0.481	0.144	0.003**	0.061	0.130	0.031*	0.510	0.020*	0.001**	0.007**	0.336	0.186	1		
S-VFS	0.818	0.015*	0.045*	0.000**	0.508	0.724	0.519	0.294	0.672	0.000**	0.000**	0.000**	0.001**	0.625	1	
Si+VFS	0.792	0.000**	0.403	0.151	0.000*	0.864	0.905	0.024*	0.442	0.000**	0.000**	0.000**	0.026*	0.876	0.000**	1

** p < 0,01, *p < 0,05

Özellikle korelasyon analizleri sonucu “ln” dönüşümlü veri setinde AD - OM arasında ilişki bulmaya yönelik AD’ ye ait bir regresyon bağıntısı geliştirilmeye çalışılmış ancak oluşturulan modelde önemli bir ilişki görülememiştir (Eş. (4.1)).

$$\ln(AD) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_1 X_2 + \beta_8 X_1 X_3 \quad (4.1)$$

Bu denklem modeline uygun AD için kurulmuş regresyon denklemi aşağıdaki gibidir (Eşitlik (4.2))

$$\begin{aligned} \ln(AD) = & - 0.63 + 0.111 \text{ OM\%} + 0.0027 \text{ Kum (\%)} - 0.0098 \text{ Silt (\%)} + 0.0077 \text{ Kil(\%)} \\ & + 0.0308 \text{ Hİ (cm/saat)} + 0.0022 \text{ OM.KİL} - 0.000172 \text{ KUM.KİL} \\ & + 0.000054 \text{ KİL.SİLT} + 0.000317 \text{ KUM.SİLT} - 0.000302 \text{ KUM.Hİ} \\ & - 0.00148 \text{ \%OM.KUM} - 0.000449 \text{ Hİ .SİLT} - 0.00093 \text{ \%OM.SİLT} \\ & - 0.00269 \text{ \%OM.Hİ} \end{aligned} \quad (4.2)$$

Çizelge 4.3 ln(AD)’ ye ait varyans analizi

Varyans Analizi					
	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Regresyon	14	0.1396	0.0100	2.0900	0.0140
Kalan Hata	222	1.0613	0.0048		
Toplam	236	1.2009			

Tahmin eden	Faktör	St. Hata katsayısı	T	P
Sabit	-0.6300	9.5090	-0.0700	0.9470
OM%	0.1105	0.0622	1.7800	0.0770
Kum (%)	0.0027	0.0953	0.0300	0.9770
Silt (%)	-0.0098	0.0953	-0.1000	0.9180
Kil(%)	0.0077	0.0964	0.0800	0.9360
Hİ (cm/saat)	0.0308	0.0320	0.9700	0.3350
OM.KİL	0.0022	0.0219	0.1000	0.9210
KUM.KİL	-0.0002	0.0001	-1.1700	0.2410
KİL.SİLT	0.0001	0.0001	0.6600	0.5110
KUM.SİLT	0.0003	0.0002	1.6700	0.0960
KUM.Hİ	-0.0003	0.0005	-0.6100	0.5420
%OM.KUM	-0.0015	0.0012	-1.2600	0.2100
Hİ.SİLT	-0.0004	0.0007	-0.6300	0.5310
%OM.SİLT	-0.0009	0.0013	-0.7300	0.4640
%OM.Hİ	-0.0027	0.0020	-1.3200	0.1890

Çizelge 4.3 de görüldüğü üzere tez topraklarında $\ln(AD)$ ' nin doğrusal olarak diğer toprak parametreleriyle olan ikili – karşılıklı etkileşimi ile istatistiksel olarak elde edilen p değeri 0,014 olarak $p < 0.05$ olduğundan bağıntılı olduğu belirlenmiştir. Ancak bireysel olarak denklem parametrelerine baktığımızda bu değere ulaşamadığımızı görmekteyiz. $\ln(AD)$ ' nin tahmininde toprak parametreleriyle önemli bir ilişki olmadığı önem değerinin yalnızca $R^2 = 0,116$ değerinde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4.2 YETKE – K (K_s , K_r , K_t ve K_n) parametrelerinin birbiriyle ilişkisi

Asartepe Baraj Havzası parsellerinden alınan toprak örneklerinde yapay yağışlar altında gerçekleştirilen sıçrama kabı testleri sonucu elde edilen toprak kayıpları (K_s , (Eş. 3.8)) ile sırasıyla eşitlikler (2.31), (2.33) ve (2.35) (K_n , K_r ve K_t) aracılığıyla hesaplanan YETKE – K çarpımları arasındaki karşılıklı ilişkiler (*Pearson korelasyon katsayıları, r*) Çizelge 4.1 ve 4.2 de verilmiştir.

Pearson korelasyon katsayıları, hiçbir istatistiksel dönüşüm yapılmamış K_s değerleri ile K_n , K_r ve K_t değerleri arasında önemli bir ilişki olmadığını göstermiştir. (Çizelge 4.1). P değerleri, $K_s - K_n$, $K_s - K_t$, ve $K_s - K_r$ arasındaki korelasyonlar için sırasıyla 0,882, 0,689 ve 0,201 olarak tespit edilmiştir.

Öte yandan $K_n - K_t$, $K_n - K_r$ ve $K_t - K_r$ arasında $P < 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli ilişkiler bulunmuştur. Eşitlikler (2.31), (2.33) ve (2.35) incelendiğinde, bu eşitliklerin matematiksel bağıntıları farklı olmasına karşı, kullanılan birincil toprak parametreleri oldukça benzerdir. Örneğin üç eşitlikte de toprak tane büyüklük dağılımı bir şekilde temsil edilmiştir. Bunun yanında Eş. (2.31) ve Eş. (2.35)' de OM diğer bir ortak toprak özelliğidir. Eşitlik (2.33) ise sadece tane büyüklük dağılımına dayandırılmıştır. Fakat bu tez araştırmasının asıl amaçlarından biri, laboratuvar koşulları altında yapay yağmurlama testleri ve sıçrama kapları aracılığıyla belirlenen sıçrama erozyonu ile YETKE – K eşitlikleri ile belirlenen toprak erozyon duyarlılıkları arasındaki bağıntıları geliştirmektir. Bilindiği üzere, YETKE – K değerleri yalnızca sıçrama erozyonuna olan toprak duyarlılığını değil, aynı zamanda yüzey ve parmak erozyonuna olan toprak duyarlılıklarını temsil etmektedirler.

Bu yüzden, K_s ile K_n , K_r ve K_t arasında geliştirilebilecek bağıntılar sayesinde, doğrudan belirli yağış kinetik enerjisi ve şiddet altında sıçrama kapları ile belirlenen sıçrama (parçalanma) erozyonu değerlerinden YETKE – K toprak duyarlılığı değerlerine ulaşılabilir.

K_s ile K_n , K_r ve K_t arasında, Pearson korelasyon katsayılarına ek olarak, t-testleri yapılmıştır ve elde edilen sonuçlar çizelge 4.4’de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Buna göre, yalnız, $K_s - K_n$, $K_s - K_t$ ve $K_s - K_r$ değerleri arasında değil, $K_n - K_t$, $K_n - K_r$ ve $K_t - K_r$ değerleri arasında $P < 0.01$ düzeyinde önemli istatistiksel farklılıklar belirlenmiştir. Daha önce belirtildiği gibi, K_s değerleri sadece yağmur damlası parçalanma sürecini yansıtmaktadır; ne yüzey erozyonu ne de parmak erozyonu ile toprak parçalanması süreçlerini temsil etmektedir. Her ne kadar sıkı yüzey akışlar ile toprak kümelerinin parçalanması beklenmişse de (Kinnell 1991, Hairsine ve Rose 1991, Parsons vd. Sharma vd. 1995) parmak erozyonunda toprak yüzeyinde oluşan kanalcıklar veya oluklarda yoğunlaşan sular ile toprak parçalanmasının olması düşünülmektedir (Foster 1982).

Bu nedenle erozyon süreçlerini temsil açısından K_s ile K_n , K_r ve K_t arasında t-testi ile istatistiksel olarak önemli farklılıkların bulunması tahmin edildiği gibi olmuştur. Fakat aynı erozyon süreçlerini açıklayan K_n , K_r ve K_t arasında önemli farklılıkların belirlenmesi, YETKE – K değerlerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemin çok önemli farklılıklar yaratabileceğini ortaya koymaktadır. Örneğin OM verilerinin olmadığı durumlarda sadece bünye analizleri ile Eşitlik (2.33) kullanılarak YETKE – K belirlenebilir; ama ilgili araziye ne kadar temsil edebileceği ise pek açık değildir. Çünkü aşağıdaki t-testi analizlerinin de gösterdiği gibi, çeşitli yöntemler ile belirlenen YETKE – K değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar oluşmaktadır (Saygın vd. 2011).

Deviren vd. (2011), Çankırı ilinde yer alan yarı kurak Sarayköy II baraj gölü havzasından jeo-istatistiksel yöntemler ile üst toprak katmanından (0-10 cm) alınan toprak örnekleri için RUSLE (YETKE) metodolojinin toprak aşınabilirliği için olan alt değişkeni 3 farklı deneysel yaklaşımı ifade eden eşitlikler ile değerlendirmişlerdir. Karşılaştırma için yaklaşımlardan elde edilen sonuçların konumsal dağılımlarına göre kullanılan jeo-istatistiksel modellere ait olan “ortalama mutlak hata (*mean absolute error*)” ve “ortalama karesel hata (*mean square error*)” değerleri model temsil ölçülü olarak kullanılmıştır (Çizelge 4.4 t-testi).

Çizelge 4.4 Sıçrama erozyonu ile YETKE – K eşitlik değerleri arasında yapılan t-testi sonucu

2 örnekli t- testi ve güven aralığı									
(K _s -K _r)									
Örnek	N	Ort.	St. Sapma	St. hata Ort.	t-değeri	p-değeri	SD	%95 güven aralığı	Tahmini fark
K _s	237	0.0268	0.0156	0.001	-14.22	0.000000	241	(-0.016538; -0.012513)	-0.014525
K _r	237	0.04133	0.00174	0.00011					
(K _s -K _t)									
Örnek	N	Ort.	St. Sapma	St. hata Ort.	t-değeri	p-değeri	SD	%95 güven aralığı	Tahmini fark
K _s	237	0.0268	0.015600	0.001000	-5.170000	0.000000	258	(-0.007421; -0.003329)	-0.005375
K _t	237	0.03218	0.003400	0.000220					
(K _s -K _n)									
Örnek	N	Ort.	St. Sapma	St. hata Ort.	t-değeri	p-değeri	SD	%95 güven aralığı	Tahmini fark
K _s	237	0.0268	0.015600	0.001000	6.960000	0.000000	290	(0.005350; 0.009573)	0.007462
K _n	237	0.01934	0.005340	0.000350					
(K _n -K _t)									
Örnek	N	Ort.	St. Sapma	St. hata Ort.	t-değeri	p-değeri	SD	%95 güven aralığı	Tahmini fark
K _n	237	0.01934	0.005340	0.000350	-31.240000	0.000000	400	(-0.013645; -0.012029)	-0.012837
K _t	237	0.03218	0.003400	0.000220					
(k _n -K _r)									
Örnek	N	Ort.	St. Sapma	St. hata Ort.	t-değeri	p-değeri	SD	%95 güven aralığı	Tahmini fark
K _n	237	0.01934	0.005340	0.000350	-60.270000	0.000000	285	(-0.022705; -0.021269)	-0.021987
K _r	237	0.04133	0.001740	0.000110					
(K _r -K _t)									
Örnek	N	Ort.	St. Sapma	St. hata Ort.	t-değeri	p-değeri	SD	%95 güven aralığı	Tahmini fark
K _r	237	0.04133	0.001740	0.000110	36.900000	0.000000	352	(0.008662; 0.009638)	0.00915
K _t	237	0.03218	0.003400	0.000220					

SD: serbestlik derecesi

Daha önce değinildiği üzere bu tez çalışmasında elde edilen K_s değerleri, YETKE yönteminde temsil edilen sıçrama, yüzey ve parmak erozyonu parçalanma ve taşınma erozyon süreçlerinden yalnızca belirli vuruş enerjisi ve şiddetindeki yağmur damlaları ile parçalanma işlevini ifade etmektedir. Diğer YETKE – K eşitliklerinin (Eş. (2.31), Eş. (2.33) ve Eş. (2.35) ise tüm süreçleri gösterdiği kabul edilmektedir. (Renard vd. 1997). Sonuç olarak belirlenen K_s değerleri, YETKE yöntemindeki toplam erozyon duyarlılığı değerlerinin ancak bir bölümünü açıklayabilecektir. Bu yüzden $K_s - K_n$, $K_s - K_t$ ve $K_s - K_r$ arasında matematiksel bağıntılar geliştirebilmek için bu toprak duyarlılığı yaklaşımlarının oransal değerlerinden yararlanılarak istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.1 ve 4.2 incelendiğinde, dönüşümsüz hem de “ln” dönüşümlü veri kümesi ile yapılan Pearson korelasyon analizleri sonucunda K_s ’nin YETKE – K eşitlikleri ile $P < 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli ilişkiler verdiği görülecektir. Ek olarak regresyon analizleri, ln dönüşümlü veri kümesi ile $K_s - K_n / K_s$, $K_s - K_t / K_s$ ve $K_s - K_r / K_s$ arasında yapılan testlerin en yüksek “regresyon belirleme katsayısı” verdiği tespit edilmiştir. Bu katsayılar sırasıyla $R^2 = 0.871$, $R^2 = 0.984$ ve $R^2 = 0.996$ dır. İlgili regresyon eğrileri $K_s - K_n / K_s$, $K_s - K_t / K_s$ ve $K_s - K_r / K_s$ ilişkileri için sırasıyla şekil 4.1, 4.2 ve 4.3 da verilmiştir. Bu regresyon eğrilerinin eşitlikleri ise Eş. (4.3), (4.4) ve (4.5) ile tanımlanmıştır.

Özet olarak, sıçrama erozyonu analizleri ile YETKE – K eşitlikleri arasında kurulan bağıntıların kullanılmasına ilişkin olarak aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

- o K_s değerleri, diğer eşitlikler ile aynı fiziksel birime sahip olmasına karşın ($\text{ton ha}^{-1} \times \text{ha MJ}^{-1} \times \text{sa mm}^{-1}$), fiziksel erozyon süreçleri açısından K_n , K_r ve K_t ile önemli farklılıklar göstermektedir.

- o K_n , K_r ve K_t değerleri geleneksel YETKE parselleri ile elde edilmiş değerleri yansıtmaktadır. Diğer bir deyişle K_n , K_r ve K_t değerleri; 22,1 m uzunluğunda, 1,83 m genişliğinde (40,44 m²) ve %9 eğime sahip bitki örtüsüz ve eğim yönünde sürülmüş deneme parsellerinden belirli yağış enerjisi ve şiddeti ile elde edilmiş toprak kayıplarını temsil etmektedirler. Öte yandan K_s , 5 cm çaplı dairesel bir sıçrama kabı ile elde edilmiştir. (Şekil 3.5). Bu nedenle alansal ölçek açısından K_s ile K_n , K_r ve K_t arasında ciddi ayrımlar bulunmaktadır.
- o Sıçrama kapları ile yapılan ölçümler eğimsiz bir düzlemde yapılırken K_n , K_r ve K_t değerleri %9 luk bir arazi eğimi ile yapılan ölçümlere karşılık gelmektedir. K_s ölçümleri her yönde radyal sıçrayan tanecik miktarlarını ifade etmesine karşılık K_n , K_r ve K_t değerleri eğim aşağı momentumu artmış tanecik sıçramalarının miktarını vermektedir.
- o K_s sadece sıçrama ile parçalanma erozyon sürecini içermesine rağmen K_n , K_r ve K_t yalnız sıçrama erozyonu sürecini değil, yüzey erozyonu ve parmak erozyonu süreçlerini de kapsamaktadır.

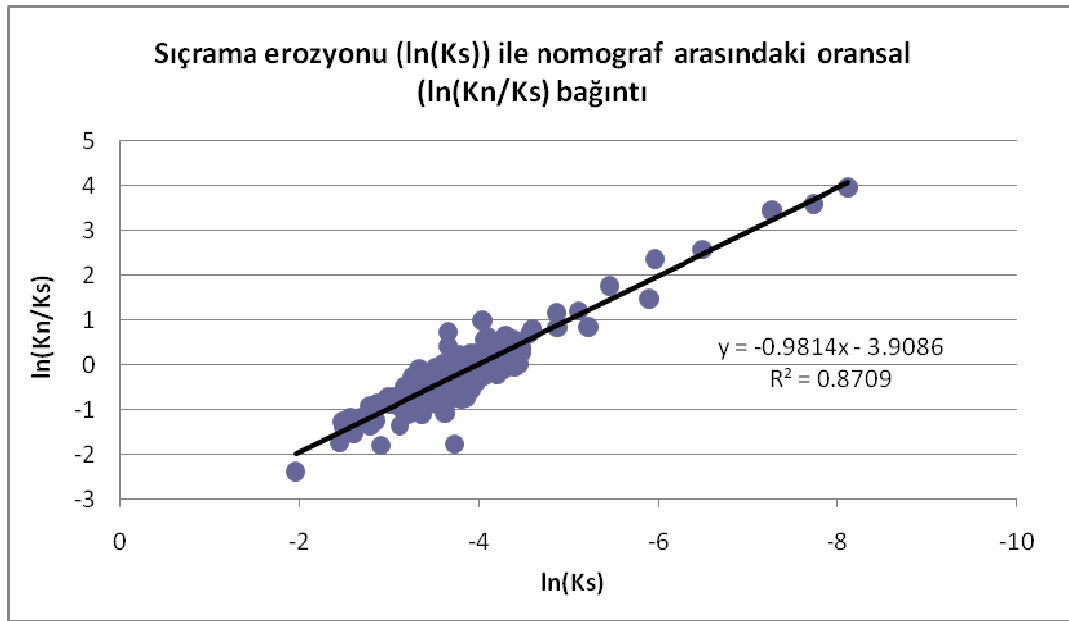
Tüm bu nedenlerden dolayı aynı fiziksel birime sahip olmasından dolayı K_s nin, K_n , K_r ve K_t yerine doğrudan kullanılması pek olası değildir. Bu yüzden, K_s ile K_n , K_r ve K_t arasında matematiksel bağıntılar – ki sırasıyla Eş. (4.3), Eş. (4.4) ve Eş. (4.5) – kullanılarak, laboratuvar koşullarında yapay yağmurlar altında sıçrama kapları ile belirlenen K_s değerlerinden, YETKE yönteminde kullanılan K_n , K_r ve K_t değerlerinin hesaplanması gerekmektedir.

$$\ln\left[\frac{K_n}{K_s}\right] = -0,9814(\ln[K_s]) - 3,9086 \quad (4.3)$$

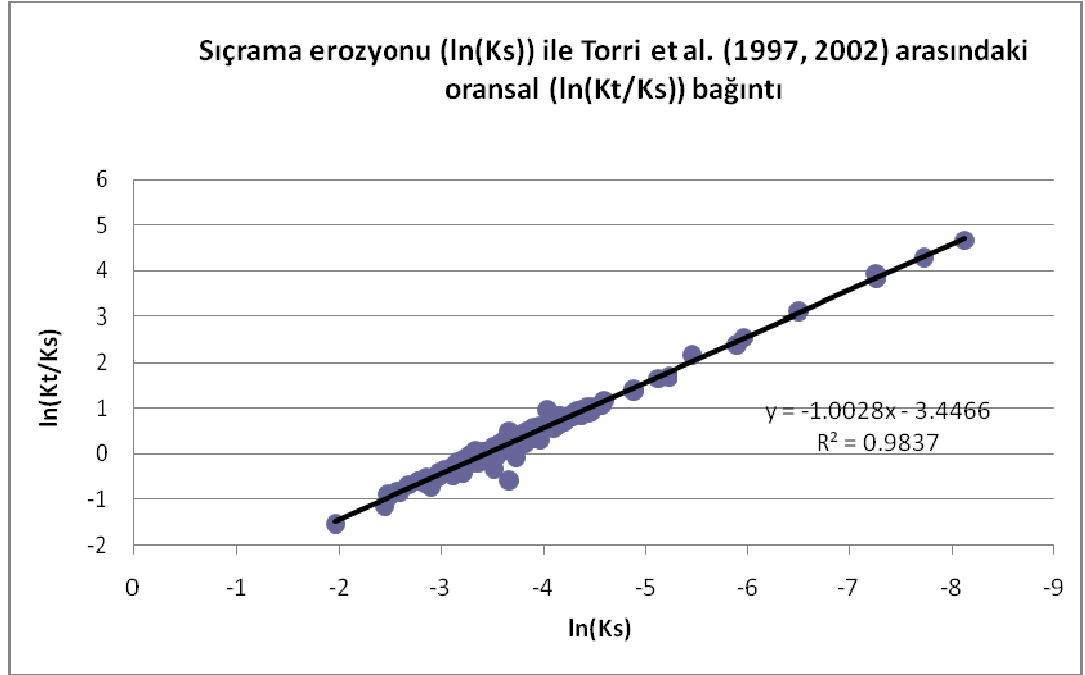
$$\ln\left[\frac{K_r}{K_s}\right] = -1,0028(\ln[K_s]) - 3,4466 \quad (4.4)$$

$$\ln\left[\frac{K_t}{K_s}\right] = 0,9983(\ln[K_s]) - 3,1812 \quad (4.5)$$

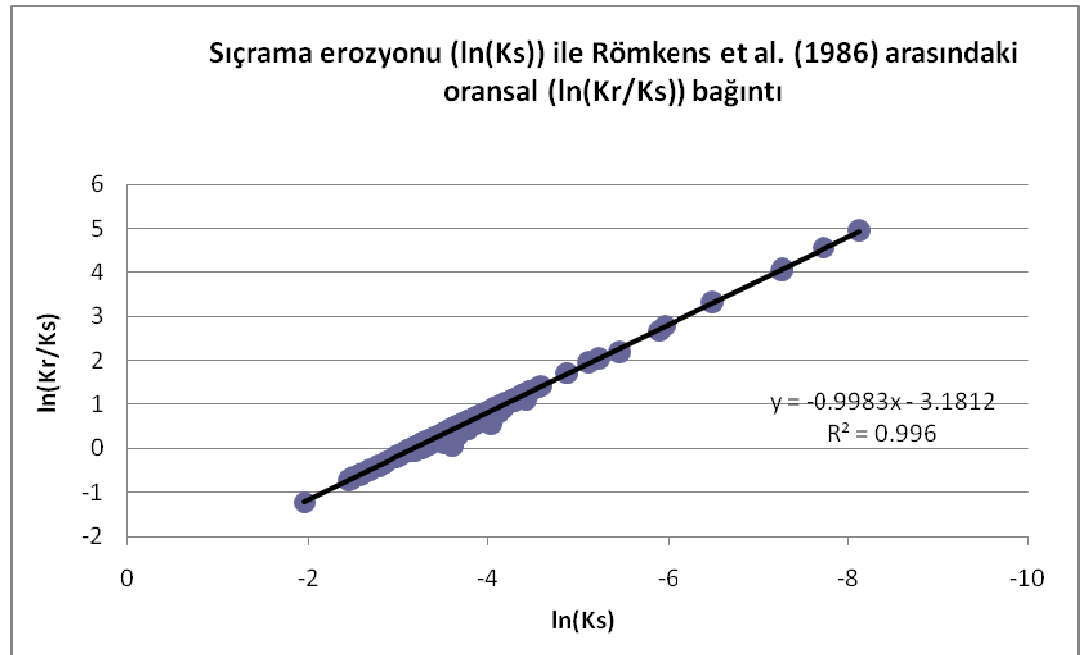
Eşitlik (4.3), (4.4) ve (4.5) ile verilen bağıntıların doğrusallaştırılmış regresyon eğrileri sırasıyla şekil (4.1), (4.2) ve (4.3) verilmiştir. Bu şekillerden görüleceği üzere regresyon katsayıları (R^2) da sırasıyla 0,8709, 0,9837 ve 0,9960 olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.1 $\ln(K_s)$ ile (nomograf) oransal $\ln(K_n/K_s)$ arasındaki bağıntı



Şekil 4.2 $\ln(K_s)$ ile (Torri vd. 1997, 2002) oransal $\ln(K_t/K_s)$ arasındaki bağıntı



Şekil 4.3 $\ln(K_s)$ ile (Römken vd. 1986) oransal $\ln(K_r/K_s)$ arasındaki bağıntı

Yapılan t - testi' nin yanı sıra YETKE- K değerleri üzerinde *Kruskal-Wallis*: Çoklu kıyaslama yöntemi uygulanmıştır. K_s , K_n , K_r ve K_t değerlerinin birbirlerinden ne kadar farklı olup olmadığını sorgulayan bu testte elde edilen sıralama değeri sonuçlarına göre YETKE – K değerlerinin her birinin bir diğerinden farklı olduğu ortaya çıkmıştır. Bu farklılıklar da $p < 0,05$ olduğundan dolayı önemli kabul edilmiştir. Bu yaklaşıma ait sonuçlar Çizelge 4.5, 4.6.a ve 4.6.b'deki gibidir.

Çizelge 4.5 Kruskal-Wallis yöntemi ile tanımlayıcı istatistikler

Yaklaşım	N	Ortalama	Ort.std hata	St. Dev	Minimum	Ortanca değer	Maksimum
K_n	237	0,019344	0,000347	0,005338	0,004083	0,019533	0,053321
K_r	237	0,041331	0,000113	0,001745	0,028804	0,042010	0,042300
K_s	237	0,02681	0,00102	0,01563	0,00000	0,02400	0,14100
K_t	237	0,032181	0,000221	0,003396	0,000208	0,032474	0,046724

Çizelge 4.6.a Kruskal-Wallis test (Çoklu kıyaslama)

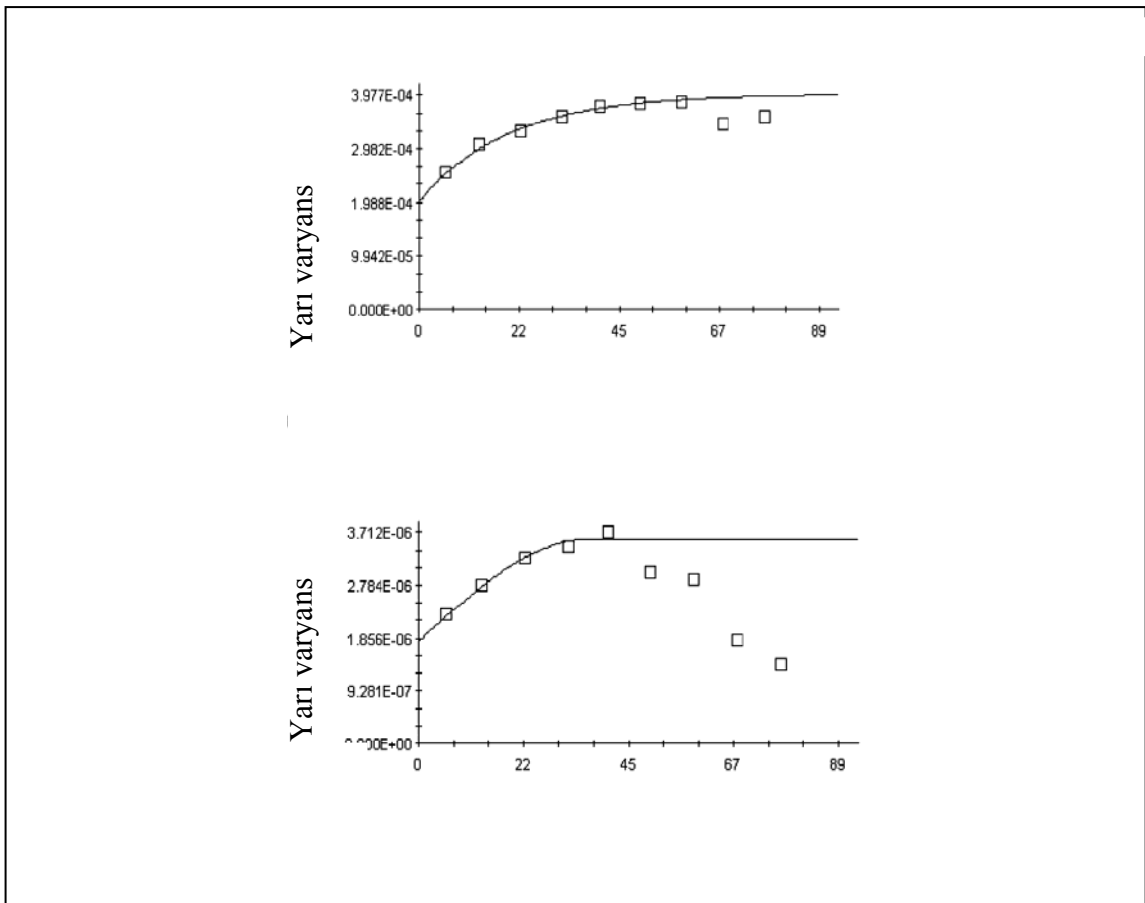
Grup	N	Ortanca Değer	Ort. Sıralama	z
K_s	237	0,02400	369,8C	-6,80
K_n	237	0,01953	201,1D	-17,75
K_r	237	0,04201	798,1A	21,01
K_t	237	0,03247	529,0B	3,54
Toplam	948		474,5	

Çizelge 4.6.b P değerleri tablosu

P-değerleri tablosu				
	K_s	K_n	K_r	K_t
K_s	1	*	*	*
K_n	0,00000	1	*	*
K_r	0,00000	0	1	*
K_t	0,00000	0	0	1

4.3 K_s, OM, AD' nin ve diğer toprak parametrelerinin konumsal değerlendirilmesi

EK 2' de verilen noktasal K_s ve K_n değişken değerlerine ait GS +7 jeo-istatistik programı ile elde edilen deneysel yarı-variogramın (Journal ve Huijbregts 1978, Trangmar vd. 1987) (Eşitlik (3.24)) eğrisi ve modele ait parametreleriyle şekil 4.4' de ve Çizelge 4.8 ve 4.9'da verilmiştir. AD, TBD ve Hİ değişken değerlerine ve Eşitlik (2.39) ile verilen deneysel yarı-variogramına ait model ise Çizelge 4.10'da açıklanmıştır.



Şekil 4.4 Noktasal K_s, K_r ve K_n (ton ha sa ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹) değişken değerlerine ait yarı – variogram

Çizelge 4.7 TBD, Hİ, OM, AD ve YETKE-K değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistikler	Kum	Silt	Kil	Hİ	OM	AD	K _n	K _r	K _t	K _s
Ortalama	38,7 ± 0,406	29,54 ± 0,318	31,87 ± 0,377	2,706 ± 0,142	0,06± 2,8019	0,44± 0,767	0,0196 ± 0,0003	0,041 ± 0,0001	0,032 ± 0,0002	0,0282 ± 0,001
Standart sapma	6,429	5,031	5,968	2,277	0,9624	4,88E-02	5,33E-03	2,58E-03	2,80E-03	0,0151
Varyans	41,327	25,308	35,615	5,184	0,9263	0,00285	2,84E-05	2,50E-06	8,25E-06	0,0002
Varyasyon katsayısı	16,61	17,03	18,72	84,13	34,35	6.94553	27,17	6,29	8,89	53,45
Minumum	27,5	7,4	4,1	0,17	0,72	0,60134	0,01	0,01	0,014	0,01
Maksimum	96,6	56,5	56,2	13,84	8,04	0,93099	0,053	0,042	0,047	0,141
Çarpıklık	3,17	0,63	-1,33	1,72	1,64	0,58	1,83	-7,97	-0,63	2,94
Basıklık	25,32	5,4	6,68	3,46	5,01	0,692	8,76	86,29	10,24	14,82
KS	0,075	0,064	0,103	0,036	0,065	0,662	0,052	0,202	0,077	0,1

Çizelge 4.8 Noktasal YETKE-K eşitlik değerlerine ve Eş. [2.39] ile verilen deneysel yarı-variogramına ait model parametreleri

Özellik	Model	C_0	C_0+C	A	C/C_0+C	RSS	R^2
K_s	exp	$1,14 \times 10^{-4}$	$1,688 \times 10^{-3}$	9,78	0,925	$7,228 \times 10^{-3}$	0,932
K_{s_sim}	exp	$1,14 \times 10^{-4}$	$8,21 \times 10^{-4}$	14,52	0,860	$1,186 \times 10^{-8}$	0,919
K_n	exp	2,00E-004	4,00E-004	20	5,00E-01	3.98E-06	0,845
K_r	shp	0,00000	0,00000	36	0,00000	8.93E-09	0,016

Çizelge 4.9 Noktasal OM, AD, TBD ve Hİ değişken değerlerine ve Eş. [2.39] ile verilen deneysel yarı-variogramına ait model parametreleri

Özellik	Model	C_0	C_0+C	C/C_0+C	R^2
OM	Üstel	0,04	0,11	10	0,469
AD	Üstel	$2,13 \times 10^{-4}$	$2,366 \times 10^{-3}$	9	0,957
S	Üstel	10,69	32,67	23	0,981
Si	Üstel	11,79	27,15	18	0,893
C	Küresel	18	35,39	30	0,436
Hİ	Üstel	0,26	0,75	12	0,892

Asartep̄e Baraj Havzası nadas alanı topraklarının analiz ve rneklem̄e hatalarından dolayı az miktarda külçe etkisi belirlenmiştir (0,000114). Varyansın uzaklığa bağlı olarak ulaştığı maksimum nokta "Sill" değeri 0,001688 olarak hesaplanmıştır.

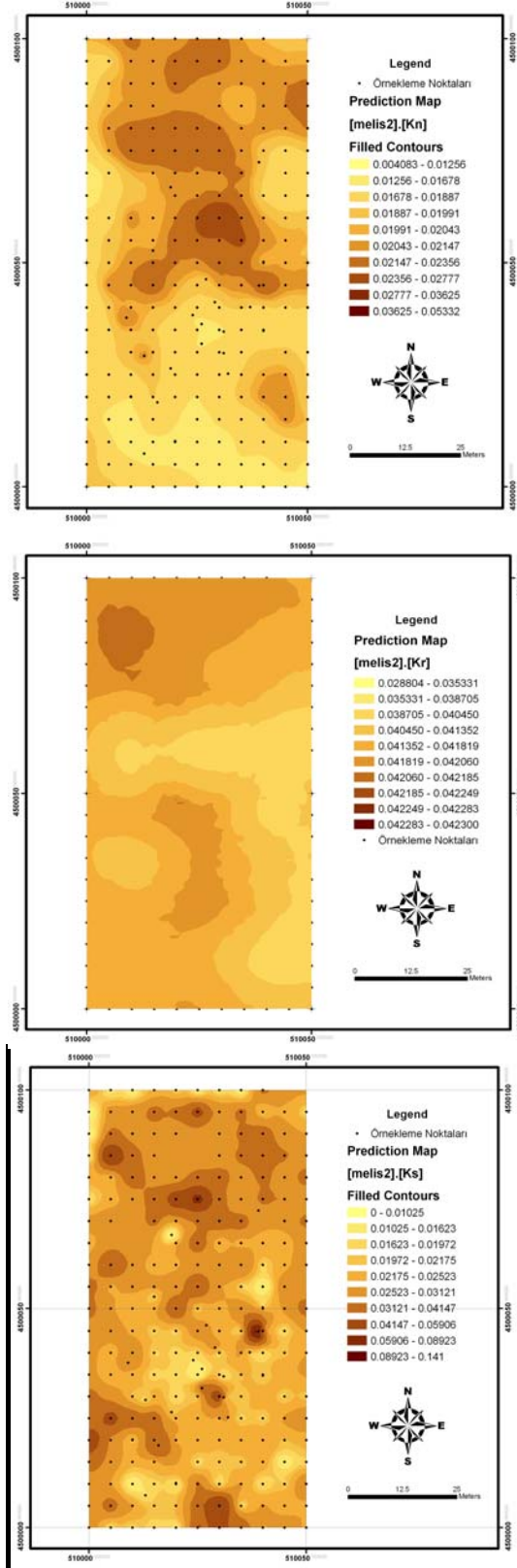
Chien vd. (1997)' ne göre "Sill" değerlerinin külçe etkisine oranı ile örnek noktaları arasında güçlü bağımlılık olup olmadığı belirlenebilir. YETKE – K' nın modellenmesinde ise bu değerler: Külçe etkisi 0,000114 ve Sill değeri 0,000821 dir.

Bu sınıflandırmaya göre örnek noktaları arasında eğer $C_0/(C_0+C)$ oranı < 25 ise güçlü, $25 - 75$ arasına ise orta ve > 75 ise zayıf bir bağımlılık olduğu düşünülmektedir. Bu alışmada K_s rneklem̄eleri arasında (0,067) % 6 değeriyle ve modellem̄esinde ise (0,138) %13 değeriyle güçlü bir ilişki olduğu belirtilmiştir ($C_0/(C_0+C)$).

Nomografa göre oluşan külçe etkisi 2,00E-004, Sill değeri ise 4,00E-004 dr. K_n rneklem̄eleri arasında (0,5) % 50 değeriyle örnek noktaları arasında orta derecede bağımlılık olduğu belirtilmiştir.

Konumsal haritalara bakıldığında kum, silt ve kil oranının aşağı yukarı aynı olduğu görülür. Hidrolik iletkenlik, TBD haritaları ile kıyaslandığında, silt miktarının fazla olduğu yerde düşüktür. Erozyon duyarlılık haritaları ile kıyaslandığında ise duyarlılığın orta seviyelerde ya da fazla olduğu konumda düşük seviyededir.

EK 1' de verilen noktasal K_t değişken değerleri GS+ 7 jeo-istatistik programında Nugget ile modellenmiş ve noktalar arasında K_t açısından uzaklığa bağlı bir ilişki bulunamamıştır (A (range, uzaklık)= 1 m).



Şekil 4.5 Asartepe Baraj Havzası nadas alanı konumsal K_s , K_r ve K_n ($\text{ton ha}^{-1} \text{MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$) haritası

Asartepe Baraj havzası nadas alanı K_n değişkenin örnekleme alanı 0,0121 - 0,0270 arası dağılmaktadır. Aşırı erozyona duyarlılık burada gözlemlenmemekle beraber orta dereceli duyarlılık anlaşılmaktadır. K_r haritasında ise oluşan külçe etkisi ve Sill değeri 0 dır. K_r örneklemeleri arasında (0,00) % 0 değeriyle örnek noktaları arasında güçlü bağımlılık olduğu belirtilmiştir.

K_r değişkenin örnekleme alanı 0,0387 - 0,0420 arası dağılmaktadır. Doğu – Batı ağırlıklı erozyon etkisinin görülmesi K_s haritasıyla benzerlik göstermesine rağmen değerler çok daha düşüktür. Diğer alanlarda ise orta dereceli kayıplar gözlemlenebilir.

EK 2’ de verilen noktasal K_r değişken değerleri GS+ 7 jeo-istatistik programında Nugget ile modellenmiştir ve noktalar arasında K_t açısından uzaklığa bağlı bir ilişki bulunamamıştır (A (range, uzaklık) = 1 m).

Ek 2’ de verilen noktasal K_r değişken değerlerine ait GS+ 7 jeo-istatistik programı ile elde edilen deneysel yarı-variogramın (Journel ve Huijbregts 1978, Trangmar vd. 1987) (Eşitlik (2.39)) eğrisi ve modele ait parametreler şekil 4.7’ de verilmiştir. K_r için deneysel yarı-variogram için küresel model (spherical), çapraz doğrulama sonucu en uygun model olarak belirlenmiştir.

Laboratuvar koşullarında direkt yapay yağmurlamalarla elde edilen toprak erozyon duyarlılığı (K_s) (Çizelge 4.9 Noktasal OM, AD, TBD ve Hİ değişken değerlerine ve Çizelge 4.9 Noktasal OM, AD, TBD ve Hİ değişken değerlerine ve Eşitlik (2.39) ile verilen deneysel yarı-variogramına ait model parametreleri Çizelge 4.9 Noktasal OM, AD, TBD ve Hİ değişken değerlerine ve Eşitlik (2.39) ile verilen deneysel yarı-variogramına ait model parametreleri Eşitlik (2.39) ile verilen deneysel yarı-variogramına ait model parametreleri Eşitlik (3.13)) ile YETKE- K_n (Eşitlik (2.31)), YETKE- K_r (Eşitlik (2.33)) ve YETKE- K_t (Eşitlik (3.35)) ile hesaplanan toprak erozyon duyarlılıklarının konumsal dağılımlarının çıkarılmasındaki diğer bir amaç da bu değerler arasında matematiksel bağıntıların geliştirilmesidir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Asartepe baraj havzası Ankara ili Ayaş ilçesi sınırları içerisinde bulunan ve nadas-ürün arazi kullanımı altında işlenen tarım arazilerinden alınan toprak örneklerinin 4 farklı yöntem ile “Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği” (YETKE) olarak tanımlanan YETKE-K değişkeni, belirlenmiştir. YETKE-K alt değişkenini belirlemek amacıyla 256 noktadan jeo-istatistiksel yöntem ile toprak örnekleri alınmış, alınan bu örneklerde; tane büyüklük dağılımı, organik madde, hidrolik geçirgenlik ve agregat stabilitesi adı altında laboratuvar ortamında toprak özellikleri belirlenmiştir. Bu değişkenlerin örnekleme sahası için konumsal değişimleri hazırlanmıştır. Ayrıca, özellikle doğrudan ölçümler ile elde edilen YETKE-K değeri ile diğer değişkenler arasında matematiksel ilişkiler kurulmuştur.

YETKE-K değerlerinin konumsal örnekleme sonucu var olan çalışma alanının jeo-istatistiksel yöntemler ile kolaylıkla haritalanabileceği açık olarak gösterilmiştir. Jeo-istatistiksel yöntemler toprak etüt ve haritalama metotları ile birlikte kullanılarak toprak fiziksel özellikleri ayrıntılı bir şekilde haritalanabileceği göstermiştir. Resmi olarak bulunan toprak haritaları bünye verilerinden YETKE-K hesaplanması da ortaya konulmuştur.

Bunların yanı sıra, toprakların aşınmaya karşı gösterdiği direncin bir ölçüsü olarak da tanımlanabilen toprak erozyon duyarlılığı değişkeni YETKE-K, laboratuvar koşullarda doğrudan ölçümler ile elde edilmiş ve çok yaygın bir şekilde kullanılan deneysel eşitlikler ile matematiksel bağıntılar ile karşılaştırılmıştır. Toprak yapısı, toprak bünyesi, toprak organik madde içeriği ve toprak su geçirgenliği gibi toprak özelliklerinin karşılıklı etkileşimleri ile elde edilen YETKE-K etmenlerinin (K_n , K_r ve K_t), doğrudan sıçrama kapları toprak kayıpları ölçümleri ile (K_s) bağlantısı belirlenmiştir. Diğer bir deyişle, 10 dakikalık yapay yağmurlamalar ile “Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği” olarak bilinen su erozyonu modeli (YETKE) etmenlerinden bir tanesi olan toprak erozyon duyarlılık çarpanının (K) kolaylıkla elde edilmesinin eşitlikleri ortaya sonuç olarak konulmuştur.

KAYNAKLAR

- Anonim. 1987. Ankara ili verimlilik envanteri ve gübre ihtiyaç raporu. Tarım, Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, yayın no:50.
- Anonim. 2009. web sayfası: <http://www.dsi.gov.tr/bolge/dsi5/ankara.html>
- Basaran, M., Erpul, G. and 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.
- Basaran, M., Ozcan A.U, Erpul G. And Çanga M.R. (2006) Spatial variability of organic matter and some soil properties of mineral topsoil in C, ankiri _Indagi blackpine (Pinus nigra) plantation region. *J Appl Sci* 6(2):445–452.
- Başaran, M., 2007. Use of USLE/GIS Techonogy Integrated with geostatistics to assess soil erosion risk in different land uses of Indagi Mountain Pass – Çankırı, Turkey.
- Baskan, O., Dengiz, O., 2008. Comparison of Traditional and Geostatistical Methods to Estimate Soil Erodibility Factor. *Arid Land Research and Management* **22** (1): 29 – 45.
- Baskan, O., Cebel, H., Akgul, S. and Erpul, G. 2010. Conditional simulation of USLE/RUSLE soil erodibility factor by geostatistics in a Mediterranean Catchment, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 60:1179-1187.
- Bayramin, I., Basaran, M., Erpul, G. and Canga MR. 2008. Assessing the effects of land use changes on soil sensitivity to erosion in a highland ecosystem of semi-arid Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* **140**: 249–265.
- Bayramin, I. M. Basaran, G. Erpul, M. Dolarslan, M.R, Canga, "Comparison of soil organic carbon content, hydraulic conductivity, and particle size fractions between a grassland and a nearby black pine plantation of 40 years in two surface depths", *Environmental Geology* (ISI), 1563-1575 pp., 2009.
- Bo, S., Shenglu, Z., and Qiguo, Z. (2003). Evaluation of spatialand temporal changes of soil quality based on geostatisticalanalysis in the hill region of subtropical China. *Geoderma*, 115, 85–99.
- Bouyoucous, G. J. 1951. A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal* 43: 9, 434-438.

- Bubenzer, G. D., and Jones Jr. B. A. (1971) Drop size and impact velocity effects on the detachment of soils under simulated rainfall. *Transactions of the ASAE* 14: 625-62a.
- Cerda, A. 1996. Soil aggregate stability in three Mediterranean environments. *Soil Technol* 9:133–140.
- Chien YJ, Lee DY, Guo HY, Houngh KH. 1997. Geostatistical analysis of soil properties of mid-west Taiwan Soils. *Soil Science* **162**(4): 291-297.
- Chile's JP, Delfiner P. 1999. *Geostatistics: Modeling Spatial Uncertainty*. Wiley: New York, NY.
- Cuenca, R. H., and Amegge, K.Y., 1987. Analysis of evapotranspiration as a regionalized variable. In: D. Hillel (Ed.), *Advances in Irrigation*, vol. 4 (pp. 182–220). New York: Academic.
- Deviren, S., Basaran, M., Ozcan, A.U., Dolarslan, M., Timur, O. B., Yılman, F.E., Erpul, G. 2010. Land degradation assessment by geo-spatially modeling different soil erodibility equations in semi-arid catchment. *Environmental Monitoring and Assessment*. DOI: 10.1007/s10661-010-1782-z.
- Ekern, P.C. (1950). Raindrop impact as a force initiating soil erosion. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 15: 7-10.
- Ellison, W.D. 1947. Soil erosion studies - Part I: *Agric. Eng.* 28:145-146.
- El-Swaify SA, Dangler W. 1977. Erodibilities of selected tropical soils in relation to structural and hydrological parameters. In: Foster, GR. (Ed.), *Soil Erosion: Prediction and Control*. *Soil and Water Conservation Society*. Ankeny, Iowa, USA, pp. 105-114.
- Erpul, G. ve Çanga, M.R. 2001 Toprak Erozyon Çalışmaları için Bir Yapay yağmurlama Aletinin Tasarım Prensipleri ve Yapay Yağış Karakteristikleri, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(1), 75-83.
- Erpul, G., Gabriels, D. Cornelis W.M., Samray H.N. and Guzelordu, T., 2007 Sand detachment under rains with varying angle of incidence. *Catena*-01240. p: 1-5.
- Foster, G. R. 1982. Modelling the erosion process. In *Hydrologic Modelling of Small Watersheds*, ed. C. T. Haan. St. Joseph, MI: ASAE.
- Gabriels, D. and De Boodt, M. 1975. A rainfall simulator for soil erosion studies in the laboratory. *Pedologie*, 2, 80-86.
- Ghadiri, H. 2004. Crater formation in soils by raindrop impact. *Earth Surface Processes and Landforms* 29:77-89.

- Ghadiri, H. and Payne, D. 1981. Raindrop impact stress. *Journal of Soil Science* 32, 41-9.
- Ghadiri, H. and Payne, D. 1988. The formation and characteristics of splash following raindrop impact on soil. *Journal of Soil Science* 39, 563-75.
- Ghadiri, H. and Payne, D. (1986) The risk of leaving soil surface unprotected against falling rain. *Journal of Soil and Tillage Research* 8: 119 – 130.
- Gilley, J. E. And Finkner, S.C. (1985). Estimating soil detachment caused by raindrop impact. *Transactions of the ASAE* 28:140-146.
- Google Earth 2007 Satellite images.
- Goovaerts, P. 1997. Geostatistics for natural resources evaluation. *Applied Geostatistics Series*. Oxford Univ. Press, NY, USA.
- Goovaerts, P. 1998. Ordinary co-kriging revisited. *Mathematical Geology* 30 (1), 21-42.
- Greweling, T. and Peech, M. 1960. Chemical soil tests. *Cornell Univ. Agric. Exp. Sta. Bull.* 960. Cornell University, USA.
- Hairsine PB, Rose CW. 1991. Rainfall detachment and deposition: sediment transport in the absence of flow-driven processes. *Soil Science Society of America Journal* 55: 320–342.
- Hudson, N.W. (1961). An introduction to the mechanics of soil erosion under condition of subtropical rainfall. *Proc. Rhod. Sci. Assoc.* 49:14-25.
- Hudson, N.W. 1965. The influence of rainfall machanics on soil erosion. M.Sc.Thesis, University of Cape Town.
- Journal, A.G., Huijbregts, C.S., 1978. *Mining Geostatistics*. Academic Press, New York, p. 600.
- Kavdir, Y., Ozcan, H., Ekinici, H., Yuksel, O. and Yigini, Y. (2004). The infulience of caly content, organic carbon, and land use on aggregat stability and tensile strength. *Turk. J. Agric. For.* 28: 155-162.
- Kemper, W. D. and Rosenau, R. C. 1986. Aggregate stability and size distribution. In: *Methods of Soil Analysis, part 1. Agronomy Monographs*, 9 (ed. A. Klute). American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Kinnell, P.I.A. 1973. The problem of assessing of erosive power of rainfall from meteorological observations. *Soil Sci.Soc.Am.Proc.* 37: 617-621.
- Kinnell, P.I.A 1981. Rainfall intensity – Kinetik energy relationship for soil loss prediction. *Soil.Sci.Soc.Am.* 1.45:153-155.

- Kinnell, P.I.A. 1991. The effect of flow depth on sediment transport induced by raindrops impacting shallow flows. Transactions American Society of Agricultural Engineers 34, 161-168.
- 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.
- Lark, R. M. 2002. Optimized spatial sampling of soil for estimation of the variogram by maximum likelihood. Geoderma, 105, 49–80.
- Laws, J. O. 1941. Measurements of the fall velocity of waterdrops and raindrops. Trans. Amer. Geophys. Union, 24:452-460.
- McGregor, K.C. and Mutchler, C.K. (1977). Status of the Rfactor in North Mississippi. P.135-142. In Foster, G.R. (ed.) Soil Erosion: Prediction and control. Proc.Nat.Soil Erosion Conf, Purdue Univ., May 24-26, 1976, SCSA. Ankeny, IOWA.
- McIsaac, G.F. 1990. Apparent geographic and atmospheric influences on raindrop sizes and rainfall kinetic energy. 1. Soil and Water Conservation. 663-665.
- Meyer, L. D. 1981. How rainfall intensity affects inter-rill erosion. Transactions of the ASAE 24(6):1472-1475.
- Mihara, Y. 1952. Raindrops and soil erosion. Japanese National Institute of Agricultural Science Bulletin 1 (English translation).
- Miller, M.P., Singer, P.M.J. and Nielsen, D.R. 1988. Spatial variability of wheat yield and soil properties on complex hills. Soil.Sci.Soc.Am.J.,52:1133-1141.
- Morgan, R. P. C. 1978. Field studies of rainsplash erosion. *Earth Surface Processes*, 3, 295–299.
- Morgan, R. P. C. 1985. Establishment of plant cover parameters for modeling splash detachment. P..377-383. In S.A. El-swaify et al. (ed.) soil Erosion and Conservation. SCSA, Ankeny, IA.
- Morgan, R. P. C.. 1995. Soil Erosion and Conservation, 2nd ed. John Wiley & Sons: New York, NY.
- Mutchler, C. K. and Moldenhauer, W.C. 1963. Applicator for laboratory rainfall simulator. Trans. ASAE 6, 220-222.

- Nelson, D.W. and Sommers LE. 1982. Total Carbon, organic carbon, and organic matter. In A. L. Page (Ed.), *Methods of soil analysis. Part 2*. 2nd Ed. *American Society of Agronomy*, Madison, WI. P. 539–579.
- Ozcan, A.U., Erpul, G., Basaran, M. and Erdogan, H.E. 2008. Use of USLE/GIS technology integrated with geostatistics to assess soil erosion risk in different land uses of Indagi Mountain Pass-Cankırı, Turkey. *Environmental Geology* 53(8): 1731–1741.
- Pannatier, Y. 1996. VARIOWIN: Software for spatial data analysis in 2D (p. 91). Berlin Heidelberg New York: Springer.
- Park, S.W., Mitchell, J.K., Bubenzer, G.D., 1983. Rainfall Characteristics and Their Relation to Splash Erosion Transactions of the American Society of Agricultural Engineers Vol. 26, No. 3, p 795-804, May-June. 9 Fig, 6 Tab, 23 Ref.
- Parysow, P., Wang, G., Gerther, G. and Anderson A. 2003. Spatial uncertainty analysis for mapping soil erodibility based on joint sequential simulation. *Catena* 53: 65–78.
- Parysow, P., Wang, G., Gerther, G. Z. and Anderson, A. 2001. Assessing uncertainty of erodibility factor in national cooperative soil surveys, a case study at Fort Hood. Texas. *J Soil Water Conserv* 2001;56:207–11.
- Peech, Michael, Dean, L. A., and Reed, J. Fielding, 1947. *Methods of soil analysis for soil-fertility investigations*: U.S.D.A. Circ. No. 757, pp. 7-12.
- Perez-Rodriquez, R. Marques, M. J. and Bienes, R. 2007. Spatial variability of the soil erodibility parameters and their relation with the soil map at subgroup level *Science of the Total Environment* 378 (2007) 166–173.
- Poesen, J. and Savat, J. 1981. Detachment and transportation of Loose sediments by raindrop splash. Part 2, *Catena* 8:19-41.
- Poesen, J. and Torri, D. 1988. The effect of cup size on splash detachment and transport measurements. Part II. Field measurements. *Catena Supplement* 12: 113–126.
- Rasmussen, PE and Collins, HP (1991). Long-term impacts of tillage, fertiliser and crop residue on soil organic matter in temperate semiarid regions. *Adv Agron* 45: 94-134.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Laflen, J.M., McCool, D.K. The revised universal soil loss equation. In: Lal R. (Ed.), *Soil erosion: research methods, soil and water conservation society*, Chapter 5. Ankeny, IA and St.Lucie Press, Delray Beach, Florida, 1994, pp 105–124.

- 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.
- Römken, M.J.M., Prasad, S.N. and Poesen, J.W.A. 1986. Soil erodibility and properties, Proceedings of the 13th Congress of the International Soil Science Society, pp.492-504.
- Rose, C.W. 1960. Soil detachment caused J.W.A. 1986. Soil Erodibility and properties, Proceedings of the 13th Congress of the International Soil Science Society, pp.492-504.
- Salles, C., Poesen, J., 2000. Rain properties controlling soil splash detachment. Hydrol. Processes 14, 271-282.
- Samra, J.S., Singh, V.P., Sharma, K.N.S., 1988. Analysis of spatial variability in sodic soils. 2. Point and block –kriging. J. Soil Sci. 145, 250-256.
- Sarah, P., Soil organic matter and land degradation in semi-arid area, Israel,. CATENA, Volume 67, Issue 1, 15 August 2006, Pages 50-55.
- Sharma, P.P. and Gupta, S.C. 1989. Sand Detachment by Single raindrops of varying kinetic energy and momentum. Soil.Sci.Soc.Am. 1.53:1005-1010.
- Sharma, P.P. and Gupta, S.C. and Foster, G.R. 1993. Predicting Soil Detachment by raindrops. Soil.Sci.Soc. Am. 1.57: 674-680.
- Sharma, P.P. and Gupta, S.C. and Foster, G.R. 1995. Raindrop induced soil detachment and sediment transport :from interrill areas. Soil.Sci.Soc.Am.1.59:727-734.
- Soil survey manual 1951, U.S. Department of Agriculture. Agric. Handb. No. 18.
- Sun, B., Shenglu, Z. and Zhao, Q. 2003. Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical China. Geoderma 115 (2003) 85-99.
- Torri, D., Poesen, J. and Borselli, L. 1997. Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global dataset. Catena 31: 1 – 22.
- Torri, D., Poesen J. and Borselli, L. 2002. Corrigendum to “Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global dataset” [Catena 31 (1997) 1–22] and to “Erratum to Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global dataset. [Catena 32 (1998) 307–308]”. Catena 46: 309–310

- Trangmar, B.B., Yost, R.S., Uehara, G. 1985. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances in Agronomy* **38**: 45-94.
- 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.
- Tsegaye, T. and Hill, R. L. 1998. Intensive tillage effects on spatial variability of soil test, plant growth, and nutrient uptake measurement. *Soil Science*, 163, 155–165
- Tüzüner, A., 1990. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları el kitabı. 11-20, 61- 65.
- Vauclin, M., Vieira, S.R., Vachaud, G., Nielsen, D.R., 1983. The use of cokriging with limited field soil observations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47,175-184.
- Vieria, S.R.; Hatfield, J.L., Nielsen, D.R.,; Biggar, J.W. *Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties*. Hilgardia, v.51,n.3,p.1-75,1983.
- Voltz, M., & Webster, R. 1990. A comparison of kriging, cubic splines and classification for predicting soil properties from sample information. *Journal of Soil Science*, 41, 473–490.
- Walkley, A. and Black, I.A.1934. An examination of the effect of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37(1):29-38.
- Walkley, A.1947 A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils - effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Science*. 63: 251-264.
- Wang, G., Gertner, G., Liu, X. and Anderson, A. 2001. Uncertainty assesment of soil erodibility factor for revised universal soil loss equation. *Catena* 46 (2001) 1-14.
- Flanagan, D.C. and Nearing, M.A., eds. 1995. WEPP, USDA-Water Erosion Prediction Project (WEPP) Hillslope Profile and Watershed Model Documentation. NSERL Report No. 10, National Soil Erosion Research Laboratory, USDA-Agricultural Research Service, West Lafayette Indiana.
- Wischmeier, W. H. 1959. A rainfall erosion index for a universal soil loss equation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 23, 246-249.
- 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., Smith, D.D., 1958. Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Trans. Am. Geophys. Union* 39, 285–291.

- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1965. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. USDA Agr. Handbook 282, pp. 47.
- 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.
- Wu, R. and Tiessen, H. 2002. Effect of land use on soil degradation in Alpine grassland soil, China. *Soil Sci Soc Am J* 66:1648–1655.
- Yost, R. S., Uehara, G. and Fox, R. L. 1982. Geostatistical analysis of soil chemical properties of large land areas: I.Semivariograms. *Soil Science Society of American Journal*, 46, 1028–1032.
- Young, R. A. and Wiersma, J. L. 1973.The role of rainfall impact in soil detachment and transport, *Water Resour. Res.*, 9(6), 1629– 1636,
- Young, R.A., Idutcher, C.K., 1977. Erodibility of some Minnesota soils. *J. Soil and Water Cons.* 32 (4), 180-182.

EKLER

EKLER	75
EK 1. Asartepe Baraj Havzası nadas alanından alınan toprak örneklerinin yer belirteçleri	75
EK 2. Asartepe Baraj Havzası nadas alanı topraklarının ETKE/YETKE – K değerleri (ton ha saat ha ⁻¹ MJ ⁻¹ mm ⁻¹)	78
EK 3. Asartepe Baraj Havzası Nadas alanı Toprak OM, Tane Büyüklük Dağılımı ve Hidrolik iletkenlik değerleri.....	84
EK 4. Asartepe Baraj havzası nadas alanı toprak örneklerinin agregat dayanım değerleri	90
EK 5 YETKE-K eşitliklerinin hesaplamasında kullanılan toprak özelliklerine ait kestirim haritaları ve deneysel yarı-variogramlar.....	93
EK 6. YETKE – K, AD ve OM değerleri için frekans dağılım tabloları.....	96
ÖZGEÇMİŞ.....	100

EK 1 Asartepre baraj havzası nadas alanından alınan toprak örneklerinin yer belirteçleri

Örnek No	X (m)	Y (m)	Örnek No	X (m)	Y (m)	Örnek No	X (m)	Y (m)	Örnek No	X (m)	Y (m)
1	50	0	26	25	10	52	45	25	81	50	40
2	45	0	27	20	10	53	40	25	82	45	40
3	40	0	28	15	10	54	35	25	83	40	40
4	35	0	29	10	10	55	30	25	84	35	40
5	30	0	30	5	10	56	25	25	85	30	40
6	25	0	31	50	15	57	20	25	86	25	40
7	20	0	32	45	15	58	15	25	87	20	40
8	15	0	33	40	15	59	10	25	88	15	40
9	10	0	34	35	15	60	5	25	89	10	40
10	5	0	35	30	15	61	50	30	90	5	40
11	50	5	36	25	15	62	45	30	91	50	45
12	45	5	38	15	15	64	35	30	92	45	45
13	40	5	39	10	15	65	30	30	93	40	45
14	35	5	40	5	15	66	25	30	94	35	45
15	30	5	41	50	20	67	20	30	95	30	45
16	25	5	42	45	20	68	15	30	96	25	45
17	20	5	43	40	20	69	10	30	97	20	45
18	15	5	44	35	20	73	40	35	98	15	45
19	10	5	45	30	20	74	35	35	99	10	45
20	5	5	46	25	20	75	30	35	100	5	45
21	50	10	47	20	20	76	25	35	101	50	50
22	45	10	48	15	20	77	20	35	102	45	50
23	40	10	49	10	20	78	15	35	103	40	50
24	35	10	50	5	20	79	10	35	104	35	50
25	30	10	51	50	25	80	5	35	105	30	50

EK 1 Asartepe baraj havzası nadas alanından alınan toprak örneklerinin yer belirteçleri (devam)

Örnek No	X (m)	Y (m)	Örnek No	X (m)	Y (m)	Örnek No	X (m)	Y (m)	Örnek No	X (m)	Y (m)
106	25	50	132	45	65	162	45	80	190	5	90
107	20	50	133	40	65	163	40	80	191	50	95
108	15	50	134	35	65	164	35	80	192	45	95
109	10	50	135	30	65	165	30	80	193	40	95
110	5	50	136	25	65	166	25	80	194	35	95
112	45	55	137	20	65	167	20	80	195	30	95
113	40	55	141	50	70	168	15	80	196	25	95
114	35	55	142	45	70	169	10	80	197	20	95
115	30	55	144	35	70	170	5	80	198	15	95
116	25	55	145	30	70	171	50	85	199	10	95
117	20	55	146	25	70	172	45	85	200	5	95
118	15	55	147	20	70	173	40	85	201	0	0
119	10	55	148	15	70	174	35	85	202	0	5
120	5	55	150	5	70	175	30	85	203	0	10
121	50	60	151	50	75	178	15	85	204	0	15
122	45	60	152	45	75	179	10	85	205	0	20
123	40	60	153	40	75	180	5	85	206	0	25
124	35	60	154	35	75	181	50	90	207	0	30
125	30	60	155	30	75	182	45	90	208	0	35
126	25	60	156	25	75	183	40	90	209	0	40
127	20	60	157	20	75	184	35	90	210	0	45
128	15	60	158	15	75	185	30	90	211	0	50
129	10	60	159	10	75	187	20	90	212	0	55
130	5	60	160	5	75	188	15	90	213	0	60
131	50	65	161	50	80	189	10	90	214	0	65

EK 1 Asartepe baraj havzası nadas alanından alınan toprak örneklerinin yer belirteçleri (devam)

Örnek No	X (m)	Y (m)	Örnek No	X (m)	Y (m)	Örnek No	X (m)	Y (m)	Örnek No	X (m)	Y (m)
215	0	70	226	25	100	R-209	26,4	36,3	R-222	9,8	37,7
216	0	75	227	30	100	R-210	26,8	31,9	R-223	15,6	52,7
217	0	80	228	35	100	R-211	31,8	34,6	R-224	19,6	66,8
218	0	85	229	40	100	R-212	31,5	29,8	R-225	39	72,4
219	0	90	R-201	40	34,8	R-213	32,1	25,2	-	-	-
220	0	95	R-202	24,1	38,3	R-216	16,4	18,8	-	-	-
221	0	100	R-203	27,3	46,3	R-217	20,5	10,2	-	-	-
222	5	100	R-205	40,9	50,2	R-218	13,1	7,4	-	-	-
223	10	100	R-206	39,6	44,9	R-219	19,7	26,4	-	-	-
224	15	100	R-207	37,9	40,1	R-220	10	20,1	-	-	-
225	20	100	R-208	29,1	41,2	R-221	13,7	29,2	-	-	-

EK 2 Asartepe baraj havzası nadas alanı topraklarının ETKE/YETKE – K değerleri (ton ha saat ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹)

Örnek No	X (m)	Y (m)	Ks	Kr	Kt	Kn	Örnek No	X (m)	Y (m)	Ks	Kr	Kt	Kn
1	50	0	0,024	0,042	0,031	0,014	26	25	10	0,035	0,042	0,029	0,012
2	45	0	0,029	0,042	0,027	0,014	27	20	10	0,005	0,041	0,030	0,012
3	40	0	0,024	0,040	0,022	0,004	28	15	10	0,017	0,042	0,029	0,015
4	35	0	0,044	0,042	0,027	0,011	29	10	10	0,003	0,040	0,030	0,012
5	30	0	0,055	0,042	0,027	0,009	30	5	10	0,025	0,041	0,030	0,016
6	25	0	0,045	0,042	0,030	0,017	31	50	15	0,016	0,041	0,034	0,021
7	20	0	0,010	0,042	0,030	0,021	32	45	15	0,004	0,038	0,038	0,025
8	15	0	0,013	0,042	0,029	0,014	33	40	15	0,024	0,039	0,032	0,017
9	10	0	0,016	0,042	0,030	0,018	34	35	15	0,018	0,040	0,031	0,014
10	5	0	0,014	0,042	0,032	0,021	35	30	15	0,015	0,041	0,032	0,019
11	50	5	0,023	0,041	0,029	0,011	36	25	15	0,015	0,042	0,030	0,012
12	45	5	0,021	0,042	0,031	0,020	38	15	15	0,021	0,042	0,035	0,025
13	40	5	0,026	0,042	0,029	0,015	39	10	15	0,022	0,042	0,028	0,010
14	35	5	0,014	0,042	0,032	0,018	40	5	15	0,029	0,042	0,028	0,012
15	30	5	0,087	0,042	0,028	0,015	41	50	20	0,021	0,037	0,032	0,014
16	25	5	0,040	0,042	0,027	0,014	42	45	20	0,020	0,041	0,036	0,026
17	20	5	0,020	0,042	0,029	0,015	43	40	20	0,026	0,042	0,035	0,023
18	15	5	0,020	0,042	0,029	0,016	44	35	20	0,023	0,042	0,034	0,021
19	10	5	0,026	0,041	0,029	0,019	45	30	20	0,021	0,042	0,032	0,018
20	5	5	0,041	0,039	0,027	0,015	46	25	20	0,023	0,042	0,031	0,014
21	50	10	0,035	0,038	0,034	0,020	47	20	20	0,022	0,042	0,030	0,014
22	45	10	0,018	0,037	0,032	0,017	48	15	20	0,040	0,042	0,034	0,023
23	40	10	0,012	0,037	0,033	0,016	49	10	20	0,020	0,042	0,030	0,013
24	35	10	0,026	0,040	0,031	0,018	50	5	20	0,029	0,042	0,033	0,018
25	30	10	0,012	0,041	0,029	0,012	51	50	25	0,032	0,039	0,034	0,017

EK 2 Asartepe baraj havzası nadas alanı topraklarının ETKE/YETKE – K değerleri (ton ha saat ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹) (devam)

Örnek No	X (m)	Y (m)	Ks	Kr	Kt	Kn	Örnek No	X (m)	Y (m)	Ks	Kr	Kt	Kn
106	25	50	0,017	0,042	0,031	0,020	132	45	65	0,021	0,040	0,034	0,014
107	20	50	0,051	0,042	0,031	0,023	133	40	65	0,020	0,039	0,032	0,016
108	15	50	0,024	0,042	0,032	0,024	134	35	65	0,022	0,040	0,036	0,021
109	10	50	0,015	0,042	0,033	0,023	135	30	65	0,019	0,040	0,032	0,017
110	5	50	0,026	0,042	0,031	0,018	136	25	65	0,043	0,042	0,033	0,019
112	45	55	0,033	0,041	0,034	0,022	137	20	65	0,025	0,041	0,033	0,021
113	40	55	0,001	0,039	0,036	0,022	141	50	70	0,037	0,042	0,035	0,015
114	35	55	0,017	0,040	0,037	0,031	142	45	70	0,026	0,038	0,033	0,013
115	30	55	0,025	0,041	0,033	0,018	144	35	70	0,042	0,041	0,035	0,026
116	25	55	0,051	0,042	0,034	0,024	145	30	70	0,042	0,042	0,032	0,021
117	20	55	0,027	0,042	0,034	0,027	146	25	70	0,032	0,042	0,032	0,022
118	15	55	0,028	0,042	0,031	0,018	147	20	70	0,026	0,042	0,033	0,022
119	10	55	0,028	0,042	0,035	0,020	148	15	70	0,038	0,042	0,032	0,017
120	5	55	0,022	0,036	0,033	0,021	150	5	70	0,032	0,042	0,030	0,014
121	50	60	0,028	0,042	0,035	0,023	151	50	75	0,024	0,042	0,031	0,020
122	45	60	0,023	0,040	0,035	0,020	152	45	75	0,033	0,042	0,031	0,015
123	40	60	0,016	0,035	0,036	0,020	153	40	75	0,039	0,042	0,033	0,018
124	35	60	0,043	0,038	0,034	0,022	154	35	75	0,013	0,042	0,033	0,022
125	30	60	0,026	0,041	0,014	0,053	155	30	75	0,040	0,042	0,035	0,025
126	25	60	0,027	0,035	0,000	0,025	156	25	75	0,084	0,041	0,034	0,024
127	20	60	0,023	0,029	0,033	0,022	157	20	75	0,062	0,042	0,034	0,025
128	15	60	0,020	0,042	0,033	0,016	158	15	75	0,039	0,042	0,035	0,029
129	10	60	0,030	0,041	0,022	0,028	159	10	75	0,027	0,042	0,034	0,028
130	5	60	0,055	0,034	0,033	0,016	160	5	75	0,021	0,042	0,033	0,024
131	50	65	0,028	0,040	0,033	0,013	161	50	80	0,040	0,042	0,036	0,025

EK 2 Asartepe baraj havzası nadas alanı topraklarının ETKE/YETKE – K değerleri (ton ha saat ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹) (devam)

Örnek No	X (m)	Y (m)	Ks	Kr	Kt	Kn	Örnek No	X (m)	Y (m)	Ks	Kr	Kt	Kn
52	45,0	25,0	0,026	0,039	0,033	0,023	81	50,0	40,0	0,025	0,040	0,033	0,017
53	40,0	25,0	0,016	0,042	0,034	0,021	82	45,0	40,0	0,019	0,039	0,031	0,016
54	54	35,0	0,016	0,042	0,034	0,019	83	83	40,0	0,012	0,041	0,031	0,015
55	30,0	25,0	0,024	0,042	0,032	0,017	84	35,0	40,0	0,028	0,042	0,035	0,022
56	25,0	25,0	0,021	0,042	0,031	0,020	85	30,0	40,0	0,016	0,041	0,034	0,020
57	20,0	25,0	0,024	0,042	0,033	0,018	86	25,0	40,0	0,017	0,042	0,031	0,019
58	15,0	25,0	0,042	0,042	0,031	0,021	87	20,0	40,0	0,016	0,042	0,031	0,021
59	10,0	25,0	0,042	0,042	0,032	0,017	88	15,0	40,0	0,017	0,042	0,033	0,019
60	5,0	25,0	0,058	0,042	0,031	0,017	89	10,0	40,0	0,032	0,041	0,031	0,015
61	50,0	30,0	0,018	0,042	0,033	0,017	90	5,0	40,0	0,019	0,042	0,032	0,019
62	45,0	30,0	0,016	0,039	0,035	0,019	91	50,0	45,0	0,025	0,042	0,034	0,024
64	35,0	30,0	0,017	0,038	0,034	0,018	92	45,0	45,0	0,014	0,041	0,033	0,022
65	30,0	30,0	0,069	0,040	0,035	0,021	93	40,0	45,0	0,018	0,040	0,047	0,048
66	25,0	30,0	0,017	0,042	0,034	0,017	94	35,0	45,0	0,013	0,031	0,034	0,022
67	20,0	30,0	0,013	0,042	0,032	0,014	95	30,0	45,0	0,022	0,041	0,032	0,022
68	15,0	30,0	0,023	0,041	0,032	0,020	96	25,0	45,0	0,030	0,042	0,032	0,018
69	10,0	30,0	0,020	0,041	0,034	0,020	97	20,0	45,0	0,016	0,042	0,032	0,020
73	40,0	35,0	0,019	0,041	0,034	0,017	98	15,0	45,0	0,017	0,042	0,036	0,030
74	35,0	35,0	0,021	0,041	0,035	0,022	99	10,0	45,0	0,024	0,042	0,030	0,022
75	30,0	35,0	0,020	0,041	0,032	0,011	100	5,0	45,0	0,029	0,042	0,032	0,027
76	25,0	35,0	0,002	0,042	0,034	0,020	101	50,0	50,0	0,040	0,042	0,033	0,020
77	20,0	35,0	0,014	0,042	0,032	0,016	102	45,0	50,0	0,026	0,041	0,032	0,019
78	15,0	35,0	0,015	0,042	0,034	0,018	103	40,0	50,0	0,025	0,042	0,032	0,020
79	10,0	35,0	0,020	0,041	0,032	0,018	104	35,0	50,0	0,030	0,041	0,034	0,023
80	5,0	35,0	0,018	0,040	0,033	0,017	105	30,0	50,0	0,023	0,042	0,034	0,028

EK 2 Asartepe baraj havzası nadas alanı topraklarının ETKE/YETKE – K değerleri (ton ha saat ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹) (devam)

Örnek No	X (m)	Y (m)	Ks	Kr	Kt	Kn	Örnek No	X (m)	Y (m)	Ks	Kr	Kt	Kn
162	45	80	0,025	0,042	0,036	0,021	190	5	90	0,037	0,042	0,033	0,022
163	40	80	0,036	0,041	0,034	0,023	191	50	95	0,015	0,042	0,031	0,020
164	35	80	0,027	0,041	0,033	0,021	192	45	95	0,024	0,042	0,031	0,019
165	30	80	0,042	0,042	0,035	0,024	193	40	95	0,018	0,042	0,032	0,021
166	25	80	0,037	0,041	0,037	0,024	194	35	95	0,037	0,042	0,032	0,021
167	20	80	0,025	0,042	0,034	0,024	195	30	95	0,030	0,042	0,035	0,026
168	15	80	0,028	0,042	0,034	0,023	196	25	95	0,057	0,042	0,034	0,024
169	10	80	0,044	0,042	0,034	0,023	197	20	95	0,035	0,042	0,034	0,024
170	5	80	0,019	0,042	0,035	0,025	198	15	95	0,038	0,042	0,034	0,021
171	50	85	0,026	0,042	0,036	0,025	199	10	95	0,031	0,042	0,033	0,023
172	45	85	0,034	0,042	0,034	0,022	200	5	95	0,030	0,042	0,032	0,013
173	40	85	0,048	0,041	0,034	0,024	201	0	0	0,028	0,042	0,033	0,020
174	35	85	0,036	0,042	0,031	0,014	202	0	5	0,025	0,042	0,032	0,021
175	30	85	0,022	0,042	0,031	0,021	203	0	10	0,026	0,042	0,034	0,024
178	15	85	0,028	0,042	0,034	0,020	204	0	15	0,043	0,042	0,034	0,019
179	10	85	0,038	0,042	0,033	0,019	205	0	20	0,074	0,042	0,032	0,016
180	5	85	0,083	0,042	0,033	0,021	206	0	25	0,033	0,042	0,034	0,020
181	50	90	0,025	0,042	0,033	0,025	207	0	30	0,039	0,042	0,033	0,014
182	45	90	0,026	0,042	0,033	0,023	208	0	35	0,027	0,042	0,032	0,015
183	40	90	0,042	0,042	0,033	0,021	209	0	40	0,027	0,042	0,032	0,011
184	35	90	0,035	0,041	0,033	0,022	210	0	45	0,033	0,041	0,030	0,013
185	30	90	0,021	0,042	0,032	0,020	211	0	50	0,037	0,042	0,030	0,017
187	20	90	0,026	0,042	0,034	0,025	212	0	55	0,039	0,042	0,031	0,015
188	15	90	0,031	0,042	0,031	0,020	213	0	60	0,023	0,042	0,031	0,017
189	10	90	0,027	0,042	0,033	0,023	214	0	65	0,021	0,042	0,030	0,010

EK 2 Asartepe baraj havzası nadas alanı topraklarının ETKE/YETKE – K değerleri (ton ha saat ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹) (devam)

Örnek No	X (m)	Y (m)	Ks	Kr	Kt	Kn	Örnek No	X (m)	Y (m)	Ks	Kr	Kt	Kn
215	0	70	0,027	0,042	0,029	0,009	226	25	100	0,008	0,042	0,032	0,024
216	0	75	0,012	0,042	0,029	0,015	227	30	100	0,014	0,042	0,033	0,026
217	0	80	0,021	0,042	0,031	0,018	228	35	100	0,006	0,042	0,031	0,020
218	0	85	0,008	0,042	0,030	0,018	229	40	100	0,037	0,042	0,032	0,020
219	0	90	0,000	0,042	0,032	0,015	R-201	40	34,8	0,015	0,042	0,031	0,015
220	0	95	0,000	0,042	0,032	0,016	R-202	24,1	38,3	0,015	0,041	0,033	0,014
221	0	100	0,025	0,042	0,034	0,022	R-203	27,3	46,3	0,026	0,042	0,031	0,018
222	5	100	0,010	0,042	0,033	0,023	R-205	40,9	50,2	0,014	0,041	0,031	0,013
223	10	100	0,003	0,042	0,033	0,028	R-206	39,6	44,9	0,141	0,041	0,030	0,013
224	15	100	0,021	0,042	0,032	0,020	R-207	37,9	40,1	0,017	0,042	0,032	0,013
225	20	100	0,017	0,042	0,033	0,020	R-208	29,1	41,2	0,030	0,042	0,030	0,018

EK 2 Asartepe baraj havzası nadas alanı topraklarının ETKE/YETKE – K değerleri (ton ha saat ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹) (devam)

Örnek No	X (m)	Y (m)	Ks	Kr	Kt	Kn	Örnek No	X (m)	Y (m)	Ks	Kr	Kt	Kn
R-209	26,4	36,3	0,012	0,042	0,031	0,012	R-222	9,8	37,7	0,036	0,040	0,039	0,033
R-210	26,8	31,9	0,043	0,042	0,030	0,014	R-223	15,6	52,7	0,016	0,042	0,031	0,019
R-211	31,8	34,6	0,012	0,042	0,030	0,016	R-224	19,6	66,8	0,001	0,042	0,032	0,022
R-212	31,5	29,8	0,017	0,042	0,032	0,015	R-225	39	72,4	0,023	0,042	0,033	0,021
R-213	32,1	25,2	0,027	0,042	0,030	0,015							
R-216	16,4	18,8	0,062	0,042	0,034	0,016							
R-217	20,5	10,2	0,018	0,041	0,033	0,017							
R-218	13,1	7,4	0,014	0,042	0,033	0,013							
R-219	19,7	26,4	0,019	0,042	0,033	0,016							
R-220	10	20,1	0,016	0,040	0,036	0,018							
R-221	13,7	29,2	0,016	0,041	0,036	0,026							

EK 3 Asartepe baraj havzası nadas alanı toprak OM, tane büyüklük dağılımı ve hidrolik iletkenlik değerleri

Örnek No	X (m)	Y (m)	OM g/k g	kum g/kg	Silt g/kg	Kil g/kg	Hİ (cm/saat)	Örnek No	X (m)	Y (m)	OM g/kg	kum g. kg	Silt g. kg	Kil g/kg	Hİ (cm/saat)
1	50	0	28	375,6	276,7	347,7	10,01	26	25	10	24,1	448,2	193,1	358,7	2,10
2	45	0	25,6	373,6	206,4	420,0	1,99	27	20	10	27,4	443,4	210,0	346,6	3,07
3	40	0	22,6	363,5	74,2	562,3	2,14	28	15	10	37,9	414,4	219,6	366,0	1,85
4	35	0	25,6	354,7	216,1	429,2	2,33	29	10	10	34	484,3	205,9	309,8	2,66
5	30	0	51,5	361,1	220,1	418,8	4,29	30	5	10	36,4	442,5	230,7	326,7	1,57
6	25	0	30,4	401,2	240,5	358,2	1,45	31	50	15	23,5	424,2	290,9	284,8	2,51
7	20	0	24,4	330,9	286,9	382,2	0,86	32	45	15	22,6	455,7	320,9	223,4	4,65
8	15	0	31,9	333,0	265,6	401,4	3,10	33	40	15	46,1	467,6	257,6	274,9	1,55
9	10	0	25	364,4	265,2	370,3	1,83	34	35	15	48,1	448,1	267,3	284,6	5,80
10	5	0	27,4	330,0	310,0	360,0	1,64	35	30	15	34,9	416,6	277,9	305,4	1,87
11	50	5	36,4	471,7	181,8	346,5	5,56	36	25	15	48,1	407,8	257,0	335,2	4,29
12	45	5	20,5	408,5	253,6	337,8	1,50	38	15	15	22,3	384,1	319,7	296,2	1,60
13	40	5	24,1	357,3	253,8	388,9	2,93	39	10	15	36,1	382,7	207,8	409,5	2,31
14	35	5	11,1	413,1	260,1	326,8	2,31	40	5	15	30,4	376,1	227,0	396,9	2,62
15	30	5	23,5	388,4	200,8	410,8	1,01	41	50	20	46,8	511,5	254,4	234,1	4,88
16	25	5	26,2	367,7	194,8	437,5	1,98	42	45	20	31,3	407,4	337,1	255,4	2,00
17	20	5	40	331,6	260,3	408,1	1,12	43	40	20	18,1	379,0	325,8	295,2	5,76
18	15	5	32,5	348,2	253,4	398,4	1,70	44	35	20	31	306,0	367,4	326,6	2,31
19	10	5	26,8	286,3	294,4	419,3	0,74	45	30	20	35,8	286,3	346,7	367,1	4,19
20	5	5	26,5	274,8	244,1	481,1	0,70	46	25	20	45,5	358,1	305,6	336,2	3,91
21	50	10	14,1	498,9	244,0	257,2	2,84	47	20	20	30,7	358,2	264,9	377,0	3,99
22	45	10	21,7	547,7	183,8	268,5	1,94	48	15	20	26,2	350,9	328,6	320,5	1,13
23	40	10	28	528,3	224,1	247,6	2,11	49	10	20	41,4	398,6	254,8	346,6	2,43
24	35	10	25	485,8	214,7	299,5	1,89	50	5	20	39,4	339,2	335,5	325,3	3,43
25	30	10	25	462,9	191,0	346,1	3,14	51	50	25	45,4	455,6	299,6	244,8	4,23

EK 3 Asartepe baraj havzası nadas alanı toprak OM, tane büyüklük dağılımı ve hidrolik iletkenlik değerleri (devam)

Örnek No	X (m)	Y (m)	OM g/k g	kum g/kg	Silt g/kg	Kil g/kg	Hİ (cm/saat)	Örnek No	X (m)	Y (m)	OM g/kg	kum g. kg	Silt g. kg	Kil g/kg	Hİ (cm/saat)
52	45,0	25,0	11,9	362,4	309,6	328,0	3,4	81	50,0	40,0	33,3	467,7	266,2	266,2	5,1
53	40,0	25,0	17,9	388,2	304,9	306,9	5,5	82	45,0	40,0	18,5	445,9	232,4	321,7	2,4
54	35,0	25,0	35,5	363,9	329,3	306,8	2,2	83	40,0	40,0	28,3	403,2	259,0	337,8	2,8
55	30,0	25,0	34,5	326,4	321,5	352,1	4,6	84	35,0	40,0	17,0	403,7	309,9	286,4	2,6
56	25,0	25,0	27,3	326,8	294,8	378,4	1,3	85	30,0	40,0	27,6	394,0	309,6	296,4	2,1
57	20,0	25,0	29,2	345,9	315,8	338,3	2,9	86	25,0	40,0	33,6	391,9	275,8	332,2	0,7
58	15,0	25,0	18,8	336,2	295,1	368,6	1,9	87	20,0	40,0	26,1	319,3	311,1	369,6	1,8
59	10,0	25,0	33,3	366,2	305,7	328,2	4,9	88	15,0	40,0	22,3	415,2	278,6	306,2	2,9
60	5,0	25,0	20,7	357,1	274,5	368,4	2,6	89	10,0	40,0	27,0	404,1	248,4	347,5	2,7
61	50,0	30,0	22,3	478,2	245,7	276,1	3,4	90	5,0	40,0	28,6	390,7	276,4	332,9	1,3
62	45,0	30,0	34,2	465,8	297,6	236,6	5,0	91	50,0	45,0	16,6	403,9	299,6	296,5	1,0
64	35,0	30,0	26,4	452,9	268,4	278,6	4,6	92	45,0	45,0	16,3	452,0	260,1	287,9	0,9
65	30,0	30,0	24,5	373,7	328,4	297,9	3,1	93	40,0	45,0	17,0	506,0	412,2	81,8	0,7
66	25,0	30,0	25,4	364,0	318,0	318,0	6,7	94	35,0	45,0	29,5	422,5	290,3	287,2	1,5
67	20,0	30,0	50,9	424,3	294,0	281,8	2,3	95	30,0	45,0	22,9	368,0	297,9	334,0	0,7
68	15,0	30,0	28,6	422,8	268,2	309,0	1,8	96	25,0	45,0	51,2	363,9	319,6	316,5	0,8
69	10,0	30,0	22,3	433,5	284,3	282,2	4,3	97	20,0	45,0	29,8	353,7	299,2	347,1	1,7
73	40,0	35,0	35,2	432,7	288,8	278,6	3,4	98	15,0	45,0	17,6	321,4	371,5	307,1	1,4
74	35,0	35,0	17,9	414,7	307,9	277,4	5,7	99	10,0	45,0	15,4	396,3	247,4	356,3	0,4
75	30,0	35,0	44,9	382,0	298,8	319,2	7,6	100	5,0	45,0	21,0	397,8	277,2	325,0	0,3
76	25,0	35,0	34,9	342,7	349,0	308,3	2,2	101	50,0	50,0	24,9	428,0	267,2	304,8	0,9
77	20,0	35,0	40,2	359,5	301,9	338,5	2,5	102	45,0	50,0	33,2	405,3	268,3	326,4	1,7
78	15,0	35,0	33,9	424,4	298,0	277,6	3,9	103	40,0	50,0	28,6	417,5	273,5	309,1	1,0
79	10,0	35,0	24,5	461,3	230,7	308,0	1,7	104	35,0	50,0	20,3	394,9	299,0	306,1	0,6
80	5,0	35,0	26,7	466,5	256,6	276,9	2,7	105	30,0	50,0	18,4	344,3	329,4	326,3	0,4

EK 3 Asartepe baraj havzası nadas alanı toprak OM, tane büyüklük dağılımı ve hidrolik iletkenlik değerleri (devam)

Örnek No	X (m)	Y (m)	OM g/k g	kum g/kg	Silt g/kg	Kil g/kg	Hİ (cm/saat)	Örnek No	X (m)	Y (m)	OM g/kg	kum g. kg	Silt g. kg	Kil g/kg	Hİ (cm/saat)
106	25	50	22,7	368,9	281,1	350,0	0,72	132	45	65	28,6	462,5	276,8	260,6	7,6
107	20	50	23,7	372,1	279,7	348,3	0,26	133	40	65	24,3	454,3	247,4	298,3	5,0
108	15	50	20,6	383,0	279,3	337,6	0,22	134	35	65	19,7	443,8	298,5	257,7	2,7
109	10	50	21,8	330,5	323,0	346,4	0,64	135	30	65	27,7	327,1	310,8	362,1	3,4
110	5	50	21,5	433,1	241,2	325,7	1,53	136	25	65	32,9	422,6	278,5	298,9	0,9
112	45	55	18,1	474,4	259,2	266,4	1,07	137	20	65	31,4	361,1	319,5	319,5	1,6
113	40	55	23,4	432,3	311,1	256,7	3,81	141	50	70	18,4	486,3	256,8	256,8	7,9
114	35	55	22,7	379,1	353,2	267,7	0,21	142	45	70	25,2	442,4	260,6	297,1	10,2
115	30	55	26,4	388,7	291,7	319,6	2,04	144	35	70	20	340,3	350,3	309,4	1,1
116	25	55	34,4	373,5	319,9	306,6	0,40	145	30	70	26,1	351,5	309,0	339,5	0,8
117	20	55	28,3	359,5	332,1	308,4	0,40	146	25	70	26,1	313,3	328,1	358,6	0,9
118	15	55	30,4	382,6	269,3	348,1	0,95	147	20	70	24,6	338,9	320,3	340,8	0,7
119	10	55	25,2	529,1	247,1	223,7	1,13	148	15	70	38,4	309,8	340,0	350,2	5,6
120	5	55	29,8	395,0	298,9	306,1	1,20	150	5	70	34,4	321,8	288,2	390,0	5,4
121	50	60	30,7	428,5	307,6	263,9	1,51	151	50	75	28,6	366,1	286,6	347,3	1,5
122	45	60	23,7	539,3	237,0	223,8	3,50	152	45	75	23,3	406,8	256,1	337,1	2,5
123	40	60	23,7	489,1	277,3	233,6	2,35	153	40	75	24,9	391,4	289,0	319,6	3,1
124	35	60	20,9	416,2	288,3	295,5	0,86	154	35	75	19,3	378,2	296,5	325,2	0,9
125	30	60	27,4	393,9	565,2	40,9	0,92	155	30	75	24,9	388,6	331,4	280,1	1,3
126	25	60	51,6	516,8	442,4	40,9	7,14	156	25	75	23,6	379,5	320,5	300,0	0,7
127	20	60	30,4	297,6	351,2	351,2	1,44	157	20	75	22,4	331,4	349,6	319,0	0,5
128	15	60	38,7	423,5	288,2	288,2	2,18	158	15	75	23,9	322,3	369,4	308,3	1,1
129	10	60	53,8	464,7	430,5	104,8	1,55	159	10	75	19,9	312,8	348,7	338,5	0,3
130	5	60	49,5	424,6	318,2	257,2	4,97	160	5	75	22,1	320,9	339,5	339,5	0,9
131	50	65	24,3	466,1	252,7	281,2	6,27	161	50	80	26,4	367,3	346,6	286,0	1,6

EK 3 Asartepe baraj havzası nadas alanı toprak OM, tane büyüklük dağılımı ve hidrolik iletkenlik değerleri (devam)

Örnek No	X (m)	Y (m)	OM g/k g	kum g/kg	Silt g/kg	Kil g/kg	Hİ (cm/saat)	Örnek No	X (m)	Y (m)	OM g/kg	kum g. kg	Silt g. kg	Kil g/kg	Hİ (cm/saat)
162	45	80	23,6	415,8	317,5	266,8	2,2	190	5	90	31,1	327,2	341,5	331,3	1,4
163	40	80	17,4	414,6	287,6	297,8	1,0	191	50	95	27,3	357,9	290,3	351,8	0,9
164	35	80	16,8	402,1	278,6	319,4	1,1	192	45	95	23,9	388,9	269,6	341,4	1,0
165	30	80	19,6	421,3	299,6	279,1	0,7	193	40	95	19,9	376,4	291,2	332,4	1,1
166	25	80	19,9	362,7	359,4	277,9	2,5	194	35	95	18,6	380,6	279,1	340,4	1,4
167	20	80	20,8	360,6	319,7	319,7	0,9	195	30	95	22,7	318,3	361,3	320,4	1,3
168	15	80	26,1	362,6	328,9	308,5	1,4	196	25	95	26,7	300,5	359,9	339,5	2,0
169	10	80	22,7	383,2	308,4	308,4	0,9	197	20	95	26,1	295,5	362,5	342,0	0,9
170	5	80	23,6	360,7	340,1	299,2	0,6	198	15	95	24,5	331,6	349,5	318,9	2,7
171	50	85	26,7	382,4	339,4	278,2	0,7	199	10	95	25,5	280,3	359,9	359,9	1,2
172	45	85	25,2	403,5	298,2	298,2	1,1	200	5	95	32	362,0	298,6	339,4	9,1
173	40	85	17,1	391,3	299,2	309,4	1,5	201	0	0	23	326,7	331,5	341,8	2,7
174	35	85	16,5	363,5	277,6	358,9	11,0	202	0	5	23,3	356,6	301,1	342,2	0,5
175	30	85	17,4	349,1	289,6	361,3	1,6	203	0	10	21,1	391,3	309,4	299,2	1,1
178	15	85	23,9	329,2	340,5	330,3	4,6	204	0	15	28	380,5	312,8	306,7	2,2
179	10	85	19,3	350,3	309,5	340,2	2,3	205	0	20	32,3	384,0	290,7	325,3	3,7
180	5	85	30,4	340,1	319,7	340,2	1,6	206	0	25	26,7	360,9	332,8	306,3	5,3
181	50	90	21,7	318,2	340,9	340,9	1,0	207	0	30	37	350,0	333,2	316,8	6,1
182	45	90	23,6	300,1	339,8	360,2	0,9	208	0	35	36,7	402,3	281,5	316,2	2,9
183	40	90	19,9	425,0	277,3	297,7	0,8	209	0	40	50,3	423,3	291,4	285,3	13,8
184	35	90	18	390,3	285,4	324,3	1,0	210	0	45	41,6	379,9	272,2	347,9	4,9
185	30	90	20,2	379,8	279,4	340,8	1,9	211	0	50	35,4	360,1	271,9	368,0	1,8
187	20	90	23,3	336,7	346,0	317,3	1,4	212	0	55	27	377,7	262,9	359,4	3,5
188	15	90	23	316,4	304,9	378,8	1,9	213	0	60	40,4	369,7	282,4	347,9	1,1
189	10	90	20,2	339,1	320,2	340,7	0,8	214	0	65	41,6	342,0	291,3	366,7	6,6

EK 3 Asartepe baraj havzası nadas alanı toprak OM, tane büyüklük dağılımı ve hidrolik iletkenlik değerleri (devam)

Örnek No	X (m)	Y (m)	OM g/k g	kum g/kg	Silt g/kg	Kil g/kg	Hİ (cm/saat)	Örnek No	X (m)	Y (m)	OM g/kg	kum g. kg	Silt g. kg	Kil g/kg	Hİ (cm/saat)
215	0	70	42,9	339,0	272,2	388,9	9,7	226	25	100	28,3	316,2	324,4	359,3	0,4
216	0	75	37,3	388,3	242,2	369,5	1,1	227	30	100	20,8	325,2	325,1	349,7	0,3
217	0	80	36,4	362,0	281,3	356,7	1,7	228	35	100	27,7	335,1	301,6	363,3	1,0
218	0	85	34,5	338,9	282,4	378,6	1,7	229	40	100	28	366,4	291,1	342,5	0,8
219	0	90	40,1	338,0	313,6	348,4	3,2	R-201	40	34,8	30,5	381,1	278,8	340,1	3,2
220	0	95	37,3	341,6	311,9	346,5	3,6	R-202	24,1	38,3	39,3	402,2	309,1	288,7	6,1
221	0	100	21,4	315,8	355,5	328,8	4,6	R-203	27,3	46,3	24,2	340,5	299,1	360,4	3,7
222	5	100	28	310,7	342,6	346,7	0,8	R-205	40,9	50,2	26,7	453,6	227,3	319,1	3,0
223	10	100	23,3	297,0	354,6	348,4	0,5	R-206	39,6	44,9	23,2	444,3	216,8	338,9	3,2
224	15	100	28,9	381,2	292,0	326,7	0,6	R-207	37,9	40,1	25,4	383,4	277,8	338,8	8,0
225	20	100	23,3	313,2	336,2	350,6	2,5	R-208	29,1	41,2	30,8	341,5	278,3	380,2	1,8

EK 3 Asartepe baraj havzası nadas alanı toprak OM, tane büyüklük dağılımı ve hidrolik iletkenlik değerleri (devam)

Örnek No	X (m)	Y (m)	OM g/k g	kum g/kg	Silt g/kg	Kil g/kg	Hİ (cm/saat)	Örnek No	X (m)	Y (m)	OM g/kg	kum g. kg	Silt g. kg	Kil g/kg	Hİ (cm/saat)
R-209	26,4	36,3	33,3	353,9	287,5	358,6	6,41	R-222	9,8	37,7	7,2	417,3	344,5	238,2	1,04
R-210	26,8	31,9	38	360,4	278,9	360,7	2,17	R-223	15,6	52,7	19,2	376,7	260,2	363,1	0,86
R-211	31,8	34,6	20,1	341,4	268,1	390,5	2,98	R-224	19,6	66,8	14,4	368,7	290,0	341,3	0,55
R-212	31,5	29,8	19,2	366,1	291,2	342,7	7,25	R-225	39	72,4	19,5	295,0	342,2	362,8	3,82
R-213	32,1	25,2	26,4	401,1	248,3	350,5	5,30								
R-216	16,4	18,8	27	380,8	319,8	299,4	7,04								
R-217	20,5	10,2	28,3	424,2	277,7	298,1	2,43								
R-218	13,1	7,4	37,7	393,1	298,4	308,5	8,96								
R-219	19,7	26,4	45,9	381,4	319,5	299,1	2,36								
R-220	10	20,1	22	443,0	298,9	258,1	6,55								
R-221	13,7	29,2	21	401,9	329,6	268,4	1,82								

EK 4 Asartep̄e baraj havzası nadas alanı toprak örneklerinin agregat dayanım değerleri

Örnek No	X (m)	Y (m)	AD	Örnek No	X (m)	Y (m)	AD	Örnek No	X (m)	Y (m)	AD	Örnek No	X (m)	Y (m)	AD
1	50	0	0,75210084	26	25	10	0,8097166	52	45,0	25,0	0,67274533	81	50,0	40,0	0,80529402
2	45	0	0,79545455	27	20	10	0,78947368	53	40,0	25,0	0,73590909	82	45,0	40,0	0,74609905
3	40	0	0,79824561	28	15	10	0,808	54	35,0	25,0	0,75746439	83	40,0	40,0	0,75605132
4	35	0	0,82142857	29	10	10	0,79225352	55	30,0	25,0	0,73861722	84	35,0	40,0	0,72580568
5	30	0	0,81516588	30	5	10	0,82426778	56	25,0	25,0	0,7937865	85	30,0	40,0	0,77920875
6	25	0	0,78921569	31	50	15	0,76211454	57	20,0	25,0	0,85126498	86	25,0	40,0	0,85855471
7	20	0	0,74822695	32	45	15	0,78988327	58	15,0	25,0	0,76175958	87	20,0	40,0	0,73063928
8	15	0	0,8	33	40	15	0,77220077	59	10,0	25,0	0,73827713	88	15,0	40,0	0,71023303
9	10	0	0,81322957	34	35	15	0,80071174	60	5,0	25,0	0,71118908	89	10,0	40,0	0,71350596
10	5	0	0,84234234	35	30	15	0,80737705	61	50,0	30,0	0,75508951	90	5,0	40,0	0,77075099
11	50	5	0,75451264	36	25	15	0,80784314	62	45,0	30,0	0,77790953	91	50,0	45,0	0,76744186
12	45	5	0,75949367	38	15	15	0,70410586	64	35,0	30,0	0,76000172	92	45,0	45,0	0,72916667
13	40	5	0,75889328	39	10	15	0,74457634	65	30,0	30,0	0,68551427	93	40,0	45,0	0,88
14	35	5	0,81770833	40	5	15	0,75598068	66	25,0	30,0	0,62687217	94	35,0	45,0	0,77017115
15	30	5	0,781893	41	50	20	0,71029031	67	20,0	30,0	0,74382287	95	30,0	45,0	0,7238806
16	25	5	0,81557377	42	45	20	0,71823085	68	15,0	30,0	0,72667932	96	25,0	45,0	0,8627451
17	20	5	0,78066914	43	40	20	0,76260129	69	10,0	30,0	0,75314084	97	20,0	45,0	0,80357143
18	15	5	0,81057269	44	35	20	0,69608678	73	40,0	35,0	0,78080494	98	15,0	45,0	0,68192628
19	10	5	0,77898551	45	30	20	0,73727768	74	35,0	35,0	0,77744647	99	10,0	45,0	0,73015873
20	5	5	0,79661017	46	25	20	0,75766271	75	30,0	35,0	0,86907089	100	5,0	45,0	0,78145269
21	50	10	0,77056277	47	20	20	0,75746567	76	25,0	35,0	0,79120541	101	50,0	50,0	0,72922538
22	45	10	0,78636364	48	15	20	0,78272927	77	20,0	35,0	0,70689982	102	45,0	50,0	0,77686612
23	40	10	0,76635514	49	10	20	0,8127355	78	15,0	35,0	0,75877638	103	40,0	50,0	0,75937056
24	35	10	0,75203252	50	5	20	0,73305985	79	10,0	35,0	0,76013143	104	35,0	50,0	0,72202157
25	30	10	0,73029046	51	50	25	0,77474957	80	5,0	35,0	0,73946886	105	30,0	50,0	0,68886558

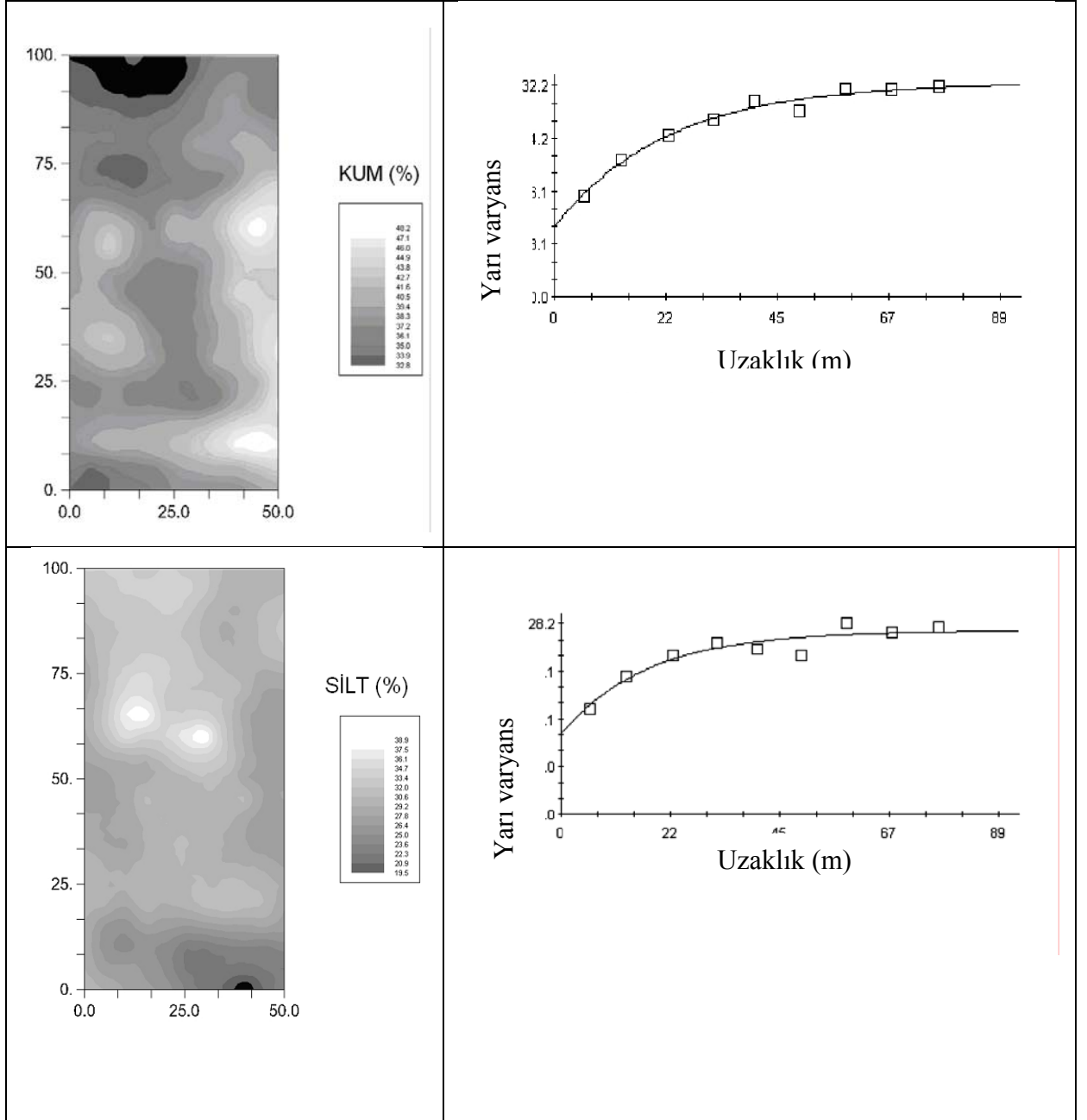
EK 4 Asartepe baraj havzası nadas alanı toprak örneklerinin agregat dayanım değerleri (devam)

Örnek No	X (m)	Y (m)	AD	Örnek No	X (m)	Y (m)	AD	Örnek No	X (m)	Y (m)	AD	Örnek No	X (m)	Y (m)	AD
106	25	50	0,716754151	132	45	65	0,736348832	162	45	80	0,772908367	190	5	90	0,783669141
107	20	50	0,715545732	133	40	65	0,706791513	163	40	80	0,778072034	191	50	95	0,783195799
108	15	50	0,775096749	134	35	65	0,675693775	164	35	80	0,724858357	192	45	95	0,930988185
109	10	50	0,741993227	135	30	65	0,773736738	165	30	80	0,752167061	193	40	95	0,811671088
110	5	50	0,723557631	136	25	65	0,767828235	166	25	80	0,779850746	194	35	95	0,774906015
112	45	55	0,732215402	137	20	65	0,752176233	167	20	80	0,766897081	195	30	95	0,788461538
113	40	55	0,766580194	141	50	70	0,815153367	168	15	80	0,800813008	196	25	95	0,797385621
114	35	55	0,731215703	142	45	70	0,743777056	169	10	80	0,95104581	197	20	95	0,828590786
115	30	55	0,764838467	144	35	70	0,75614691	170	5	80	0,771982116	198	15	95	0,773306506
116	25	55	0,772222222	145	30	70	0,718891603	171	50	85	0,786036036	199	10	95	0,770219199
117	20	55	0,667647059	146	25	70	0,7006669	172	45	85	0,822986577	200	5	95	0,875157629
118	15	55	0,811953214	147	20	70	0,782599453	173	40	85	0,73255814	201	0	0	0,738507207
119	10	55	0,74613272	148	15	70	0,780731918	174	35	85	0,758089368	202	0	5	0,742983893
120	5	55	0,701195219	150	5	70	0,755967418	175	30	85	0,730477223	203	0	10	0,727786154
121	50	60	0,699203822	151	50	75	0,789687448	178	15	85	0,748287671	204	0	15	0,601339106
122	45	60	0,708579332	152	45	75	0,801104972	179	10	85	0,726530612	205	0	20	0,714311821
123	40	60	0,682031266	153	40	75	0,766907956	180	5	85	0,736389685	206	0	25	0,718916384
124	35	60	0,717806444	154	35	75	0,690355964	181	50	90	0,786290323	207	0	30	0,711078885
125	30	60	0,662045221	155	30	75	0,711754932	182	45	90	0,755813953	208	0	35	0,748062791
126	25	60	0,717962529	156	25	75	0,829355365	183	40	90	0,724827056	209	0	40	0,66310665
127	20	60	0,777983379	157	20	75	0,843464052	184	35	90	0,796692607	210	0	45	0,769296454
128	15	60	0,807407407	158	15	75	0,860465116	185	30	90	0,751012146	211	0	50	0,761940548
129	10	60	0,759852996	159	10	75	0,722222222	187	20	90	0,765748031	212	0	55	0,763164209
130	5	60	0,763350501	160	5	75	0,756924198	188	15	90	0,759863429	213	0	60	0,767566145
131	50	65	0,69121484	161	50	80	0,770816492	189	10	90	0,793778802	214	0	65	0,771888422

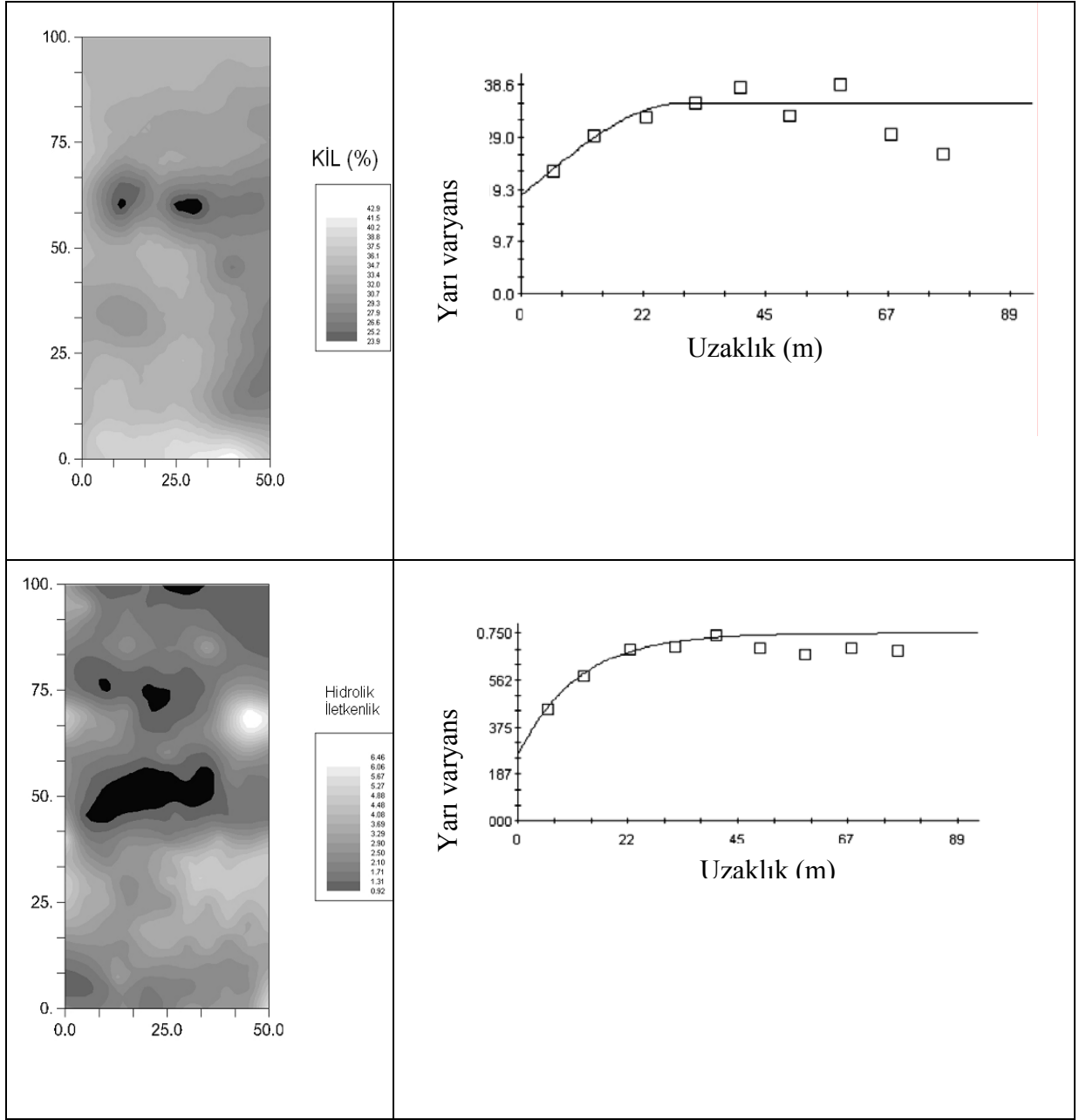
EK 4 Asartepe baraj havzası nadas alanı toprak örneklerinin agregat dayanım değerleri (devam)

Örnek No	X (m)	Y (m)	AD	Örnek No	X (m)	Y (m)	AD	Örnek No	X (m)	Y (m)	AD	Örnek No	X (m)	Y (m)	AD
215	0	70	0,8819192	226	25	100	0,812347	R-209	26,4	36,3	0,8361345	R-222	9,8	37,7	0,7330677
216	0	75	0,8374131	227	30	100	0,8460968	R-210	26,8	31,9	0,8215613	R-223	15,6	52,7	0,7790698
217	0	80	0,8496935	228	35	100	0,8383714	R-211	31,8	34,6	0,8069498	R-224	19,6	66,8	0,7355072
218	0	85	0,8390083	229	40	100	0,8816299	R-212	31,5	29,8	0,8174274	R-225	39	72,4	0,8571429
219	0	90	0,8564916	R-201	40	34,8	0,7990654	R-213	32,1	25,2	0,8084112				
220	0	95	0,8236074	R-202	24,1	38,3	0,7647059	R-216	16,4	18,8	0,8403756				
221	0	100	0,8110392	R-203	27,3	46,3	0,7878788	R-217	20,5	10,2	0,81893				
222	5	100	0,6845504	R-205	40,9	50,2	0,7790055	R-218	13,1	7,4	0,8008658				
223	10	100	0,7709438	R-206	39,6	44,9	0,8222222	R-219	19,7	26,4	0,8521401				
224	15	100	0,8841189	R-207	37,9	40,1	0,8051471	R-220	10	20,1	0,7835498				
225	20	100	0,4967212	R-208	29,1	41,2	0,8206107	R-221	13,7	29,2	0,7914894				

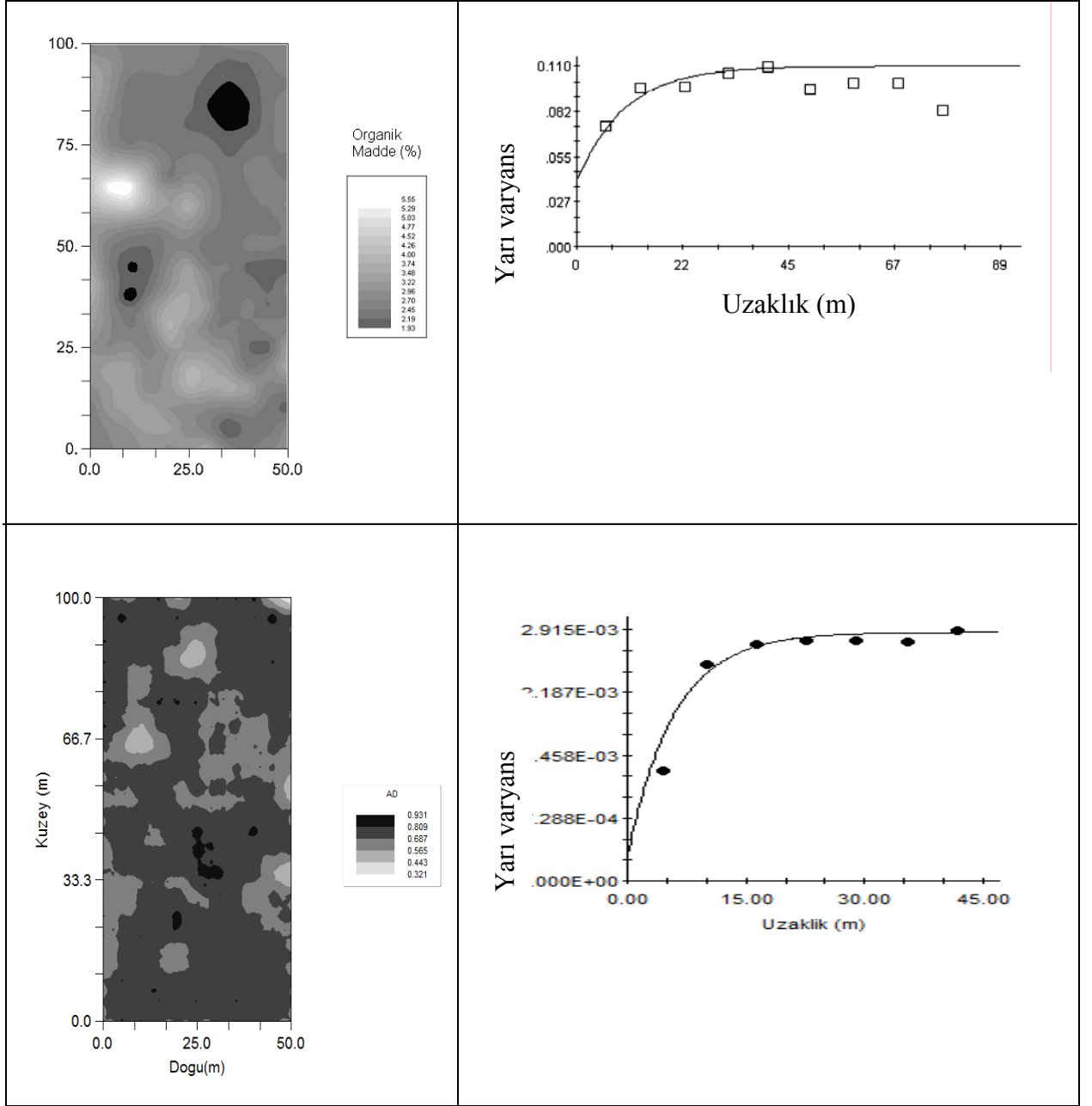
Ek. 5 YETKE-K eşitliklerinin hesaplamasında kullanılan toprak özelliklerine ait kestirim haritaları ve deneysel yarı-variogramlar



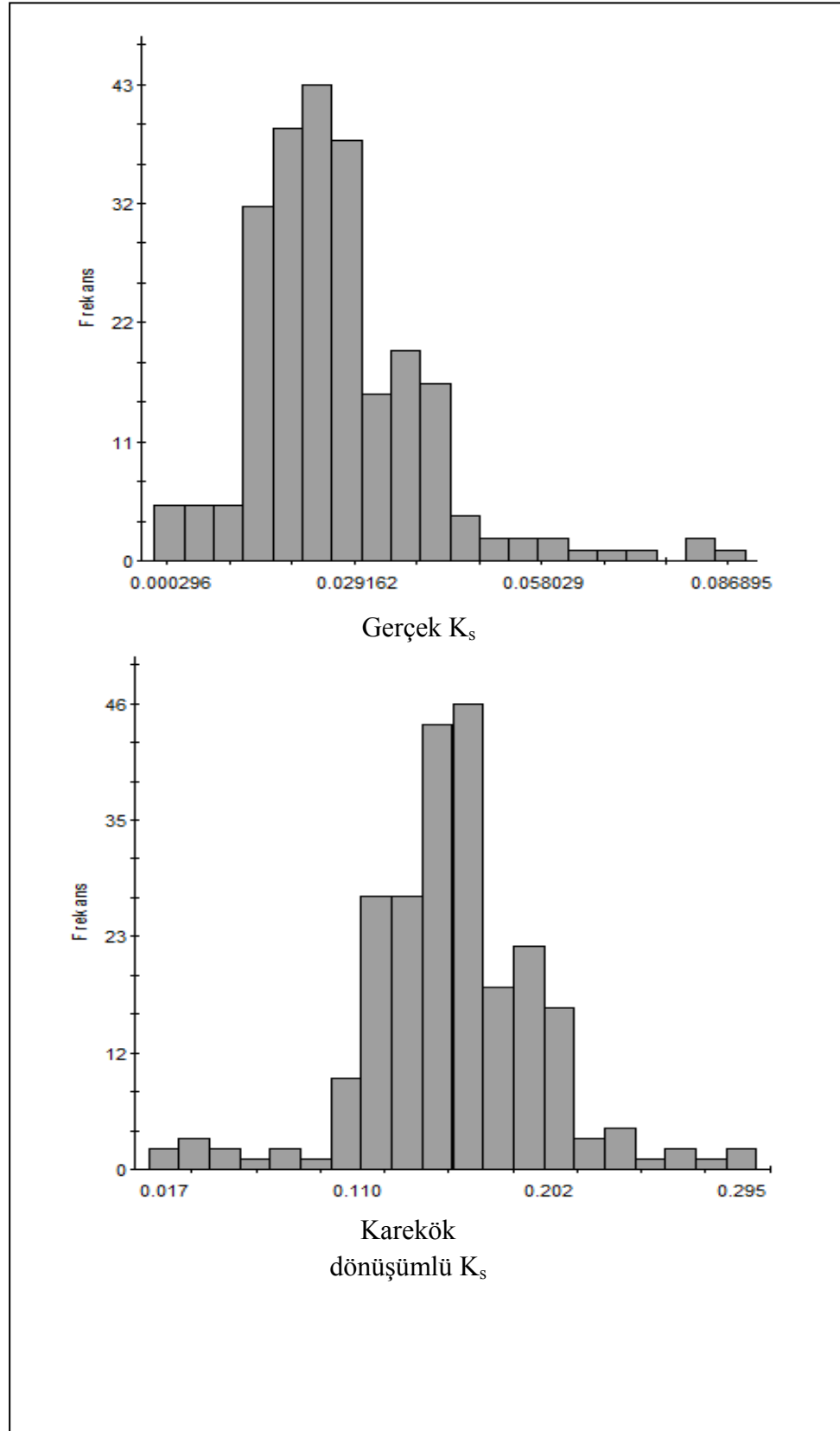
Ek 5 YETKE-K eşitliklerinin hesaplamasında kullanılan toprak özelliklerine ait kestirim haritaları ve deneysel yarı-variogramlar (devam)



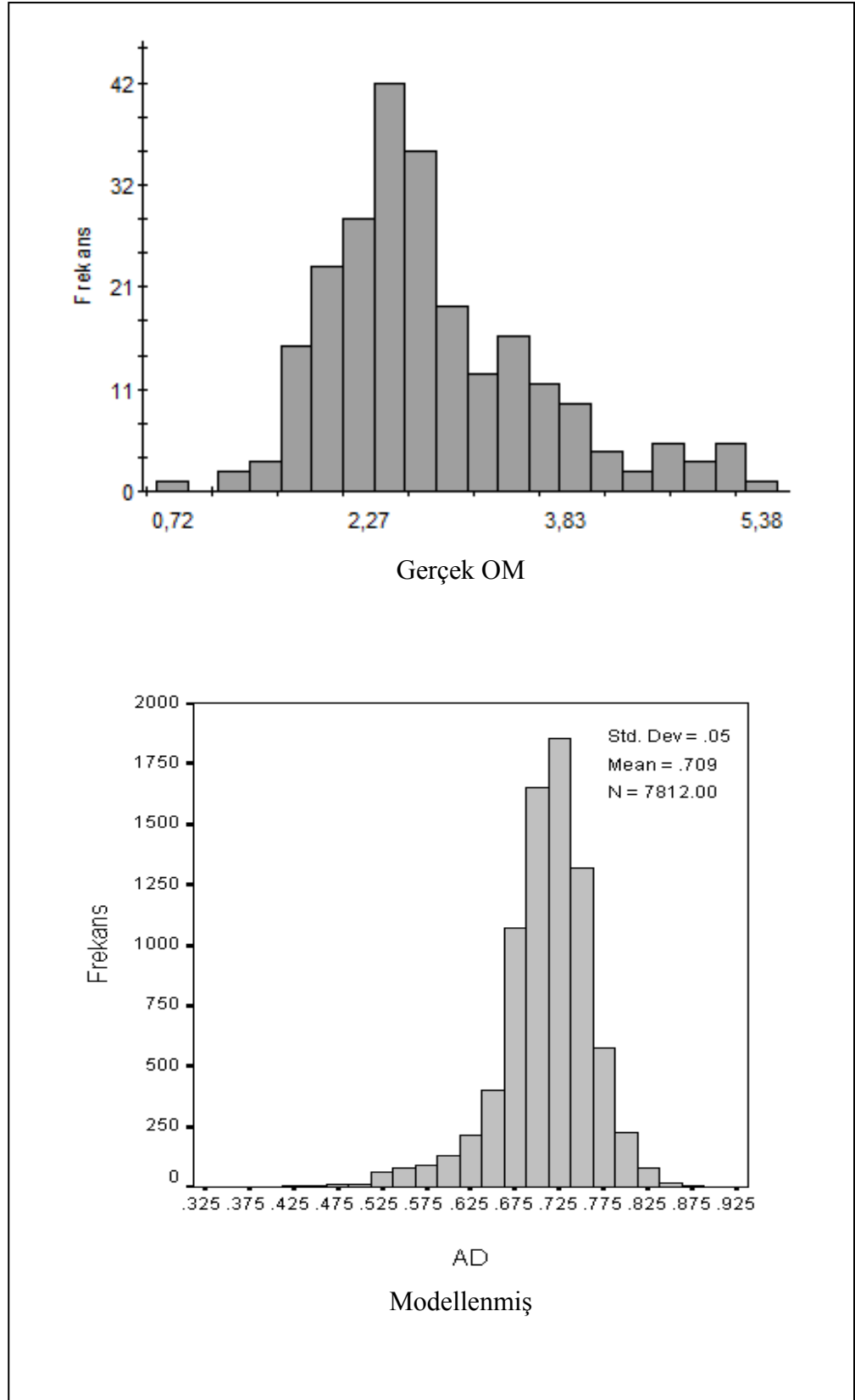
Ek 5 YETKE-K eşitliklerinin hesaplamasında kullanılan toprak özelliklerine ait kestirim haritaları ve deneysel yarı-variogramlar (devam)



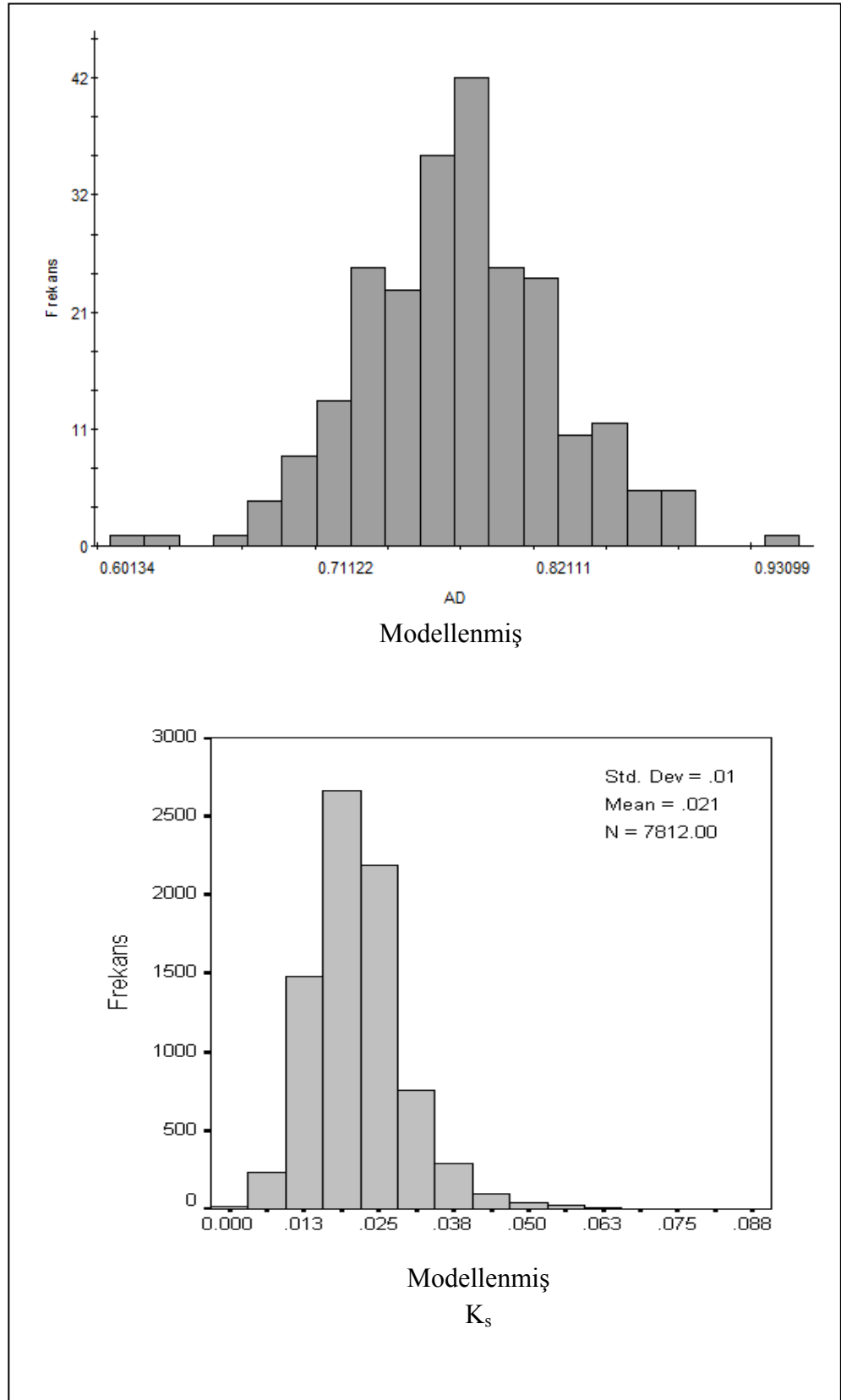
EK 6 YETKE – K, AD ve OM değerleri için frekans dağılım tabloları



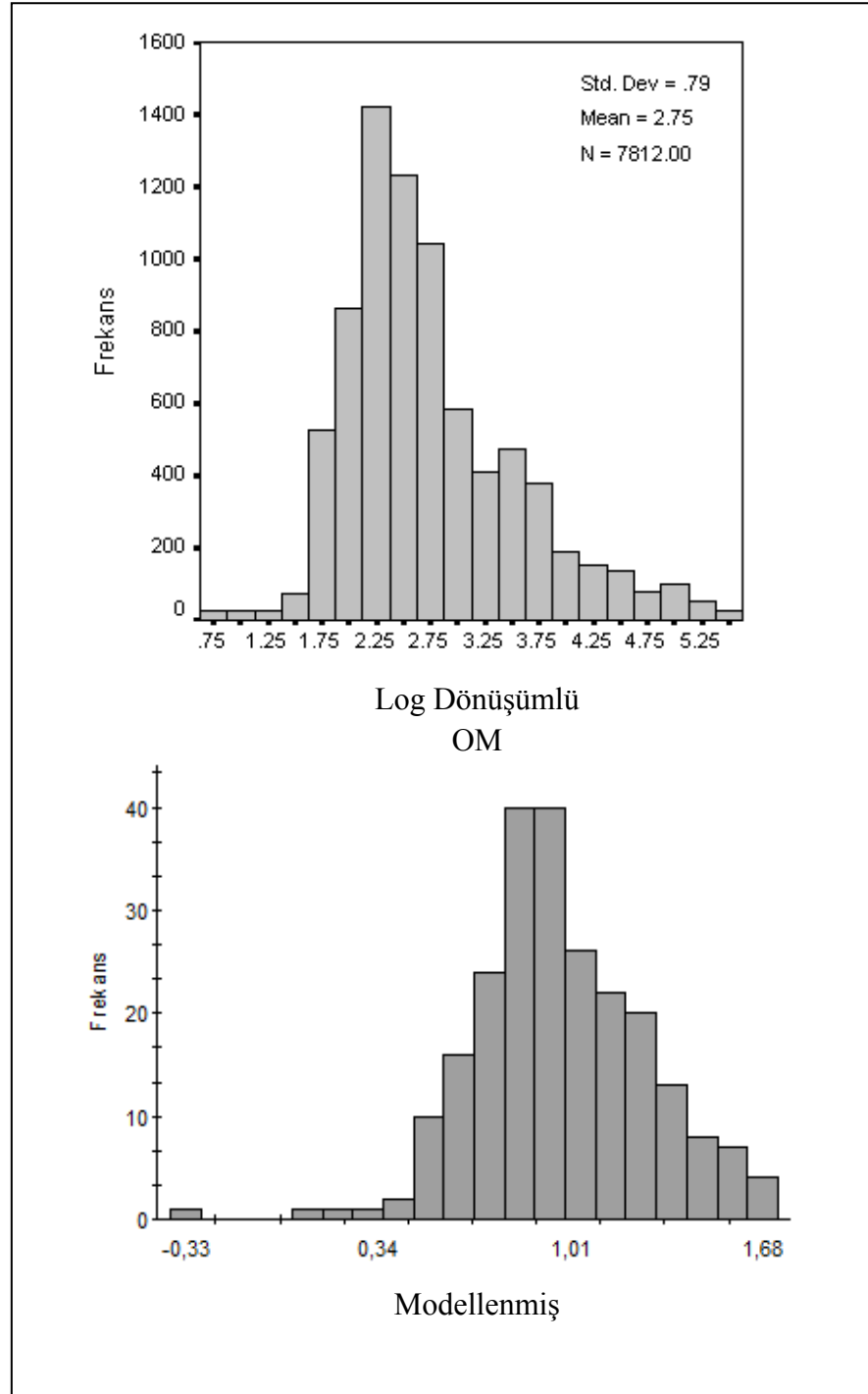
EK 6 YETKE – K, AD ve OM değeri için frekans dağılım tabloları (devam)



EK 6 YETKE – K, AD ve OM değerleri için frekans dağılım tabloları (devam)



EK 6 YETKE – K, AD ve OM değerleri için frekans dağılım tabloları (devam)



ÖZGEÇMİŞ

Soyadı : PINAR
Adı : Melis Özge
Doğum tarihi : 24.05.1984
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce, İspanyolca

Eğitim Durumu Kurum ve Yılı

Lise : Yahya Kemal Beyatlı Lisesi, Ankara 2001
Lisans : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat
Mühendisliği/Toprak Anabilim Dalı, Ankara 2007
Yüksek Lisans :Lleida Üniversitesi (ETSEA) Tarım - Orman
Mühendisliği Toprak Anabilim Dalı 2008 - 2009 güz
yarıyılı –İspanya (ERASMUS) Toprak ve Su koruma
Yüksek lisans :Ankara Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Toprak
Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı (Şubat 2008
Haziran 2011)