

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KADİR KUŞVURAN

712410

**TOPÇU DERESİ ALT HAVZASINDA YAĞIŞ-SEDİMENT İLİŞKİLERİNİN
BELİRLENMESİ VE BENZER HAVZALARA UYGULAMA
OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

112410

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

ADANA, 2001

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPÇU DERESİ ALT HAVZASINDA YAĞIŞ-SEDİMENT
İLİŞKİLERİNİN BELİRLENMESİ VE BENZER HAVZALARA
UYGULAMA OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Kadir KUŞVURAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Bu Tez 28.12.2001.....Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oy Birliği / Oy Çokluğu İle Kabul Edilmiştir.



Prof.Dr. Kazım TÜLÜCÜ
DANIŞMAN



Doç.Dr. Mahmut ÇETİN
ÜYE

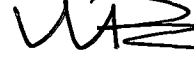


Yrd.Doç.Dr. İsmail ÇELİK
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Kod No: 1925





Prof.Dr. Melih BORAL
Enstitü Müdürü

YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan alınan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. MATERYAL VE METOT.....	15
3.1. Materyal	15
3.1.1. Araştırma Yeri	15
3.1.2. Toprak Özellikleri.....	15
3.1.3. İklim Özellikleri.....	17
3.1.4. Bitki Örtüsü.....	18
3.2. Metot.....	19
3.2.1. Yağışların Analizleri.....	20
3.2.1.1. Yağışların Erosiv Potansiyellerinin İncelenmesi.....	20
3.2.1.1.1. Analiz Edilen Yağışların Seçimi ve Özellikleri	21
3.2.1.1.2. Yağışların Birim Kinetik Enerjilerinin Hesaplanması.....	21
3.2.1.1.3. Yağışların Toplam Kinetik Enerjilerinin Hesaplanması...	22
3.2.1.1.4. Üiform Şiddetteki Yağışlar ve Kinetik Enerjileri.....	22
3.2.1.1.5. Üiform Şiddette Olmayan Yağışlar ve Kinetik Enerjileri	23
3.2.1.1.6. Yağışların 30 Dakikalık Maksimum Şiddetlerinin	23
Hesaplanması.....	
3.2.1.1.7. Yağışın Erozyon İndeksinin (R) Belirlenmesi.....	24
3.2.2. Akış Analizleri.....	24
3.2.3. Sediment Analizleri.....	26
3.2.3.1. Süspanse Sediment Analizi.....	26
3.2.3.2. Yatak Yükü Sedimenti Analizi.....	28
3.2.4. USLE ile Sediment Tahmini.....	29

3.2.4.1. USLE Parametrelerinin Belirlenmesi.....	30
3.2.4.2. Havza Karakteristiklerini Belirleme Yöntemleri.....	32
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	33
4.1. Yağış Analizi Sonuçları.....	33
4.2. Erosiv İndis ve Erosiv İndis-Sediment İlişkisi.....	35
4.3. Akış Analizi Sonuçları.....	37
4.4. Sediment Analizi Sonuçları.....	38
4.4.1. Süspanse Sediment Analizi Sonuçları.....	38
4.4.2. Yatak Yüğü Sedimenti Analizi Sonuçları.....	40
4.4.3. Alt Havzanın Sediment Verimi.....	41
4.5. Havza Karakteristikleri.....	42
4.5.1. USLE ile Havza Sediment Veriminin Tahmini.....	42
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	44
KAYNAKLAR.....	46
ÖZGEÇMİŞ.....	52
EKLER.....	53

ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TOPÇU DERESİ ALT HAVZASINDA YAĞIŞ-SEDİMENT İLİŞKİLERİNİN
BELİRLENMESİ VE BENZER HAVZALARA UYGULAMA
OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

Kadir KUŞVURAN
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Danışman: Prof. Dr. Kazım TÜLÜCÜ

Yıl: 2001, sayfa: 57

Jüri Prof. Dr. Kazım TÜLÜCÜ
Doç.Dr. Mahmut ÇETİN
Yrd.Doç.Dr. İsmail ÇELİK

Bu araştırmanın amacı, çiftçi koşullarında işlenen bir hidrolojik alt havzadan taşınan sedimentin doğrudan ölçülmesi, değerlendirilmesi, yağış-sediment ilişkilerinin saptanması, bunun USLE sonucu ile kıyaslanması ve ölçümü olmayan benzer havzalara uygulama olanaklarının araştırılmasıdır. Bu amaçla Tarsus-Topçu deresi alt havzasında 2000 su yılında havzaya düşen yağışlardan oluşan sediment verileri H savağı ile ölçülmüş, değerlendirilmiş sediment-debi ($S = 0.0007 \cdot Q^{1.7923}$), sediment-erosiv yağış indisi ($S = 0.0061 \cdot R^{1.3609}$) ilişkileri belirlenmiştir. Çalışma alanından USLE denklemi parametreleri elde edilmiş ve denklem ile sediment tahmini yapılmıştır. Ölçülen sediment değerine bağlı olarak tahmin edilen sonuçlar kıyaslanmış ve USLE ile tahmin edilen sonucun, ölçülmüş değerlerden büyük sapma gösterdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yağış, Sediment, Havza, Topçu Deresi

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DETERMINING OF THE RAINFALL AND SEDIMENT RELATIONSHIPS IN THE TOPÇU SUB-WATERSHED AND RESEARCHING OF THE APPLICATION POSIBILITIES OF THE SIMILAR WATERSHEDS

Kadir KUŞVURAN

**UNIVERSITY OF ÇUKUROVA
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL STRUCTURES AND IRRIGATION**

Supervisor: Prof. Dr. Kazım TÜLÜCÜ

Year: 2001, Page: 57

Jury

Prof. Dr. Kazım TÜLÜCÜ

Associate Prof.Dr. Mahmut ÇETİN

Asst.Prof.Dr. İsmail ÇELİK

The purpose of this research is to measure sediment directly and evaluate to find relations of rainfall-sediment, to compare results with USLE for deciding application possibilities in farming conditions for similar watershed which have no gauge station.

For this purpose, sediment that resulting from rainfall for the water year of 2000 was measured and evaluated by H flume in outlet of Topcu sub-watershed in Tarsus. In this study, following relations were found between sediment and flow ($S = 0.0007 \cdot Q^{1.7923}$), sediment and erosive-indice ($S = 0.0061 \cdot R^{1.3609}$).

Parameters used in USLE equation were determined for study area. Sediment was predicted by using USLE equation. Measured and predicted sediment values were compared. Results showed that there are notably difference between predicted values and measured values.

Key words: Rainfall, Sediment, Watershed, Topçu Creek

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, değerli katkı ve eleştirileriyle beni yönlendiren danışman hocam Sayın Prof.Dr. Kazım TÜLÜCÜ'ye teŖekkr ederim.

Tez konumun seimi konusunda bana yardımcı olan ve tezimin yürütülmesi esnasında bilgi ve yardımlarını esirgemeyen Köy Hizmetleri Tarsus AraŖtırma Enstitüsü Müdürü Sayın Muzaffer CANBOLAT'a ve Müdür Yardımcısı Sayın M.Oral ÖKTEM'e, alıŖmalarım sırasında sürekli bilgilerine baŖvurduėum Sayın Do.Dr. Mahmut ETİN ve Sayın Yrd.Do.Dr. Fatih TOPALOėLU'na, büro alıŖması ve analizlerin bilgisayarda değerlendirilmesi sırasında gerek bilgisayarlarını kullanmama müsaade eden gerekse analizlere yardımcı olan Sayın Zir.Müh. İsmet DANYELİ ve Sayın Zir.Yük.Müh. Erkan AKTAŖ'a, laboratuvar alıŖmaları konusunda yardımlarını esirgemeyen Köy Hizmetleri Tarsus AraŖtırma Enstitüsü Laboratuvar elemanlarına ve tez alıŖmam boyunca beni manevi olarak sürekli destekleyen eŖime teŖekkr ederim.

SİMGELER VE KISALTMALAR

a	: Organik Madde içeriği, %
A	: Bir Havzadan Oluşması Muhtemel Toprak Kaybı (Ton/ha/yıl)
A_w	: Havza Alanı (km^2)
b	: Strüktür Tipi Kodu
c	: Su Geçirgenlik Kodu
C	: Bitki Amenajman Faktörü
C_s	: Sediment Konsantrasyonu (ppm)
d	: Metrik Sisteme Dönüştürme Katsayısı
D	: İki Tesviye Eğrisi Arasındaki Kot Farkı (m)
dm	: Bir Kova Çamurun Kuru Madde Miktarı (gr)
E	: Toplam Kinetik Enerji (ton-m/ha)
E_u	: Birim Kinetik Enerji (ton-m/ha/cm)
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
G_s	: Süspanse Sediment Verimi (kg/ha)
h	: Yağış Miktarı (cm)
I	: Yağış Şiddeti (cm/saat)
I_m	: 30 Dakikalık Maksimum Yağış Şiddeti (cm/saat)
K	: Toprakların Erozyona Duyarlılık Faktörü
L	: Eğim Uzunluğu Faktörü
l_e	: Eğim Uzunluğu (m)
L_s	: Ana Su Yolu Uzunluğu (km)
m	: Toplam Kova Sayısı
M	: Tesviye Eğrilerinin Toplam Uzunluğu (m)
M_o	: Zerre İrilik Parametresi
P	: Toprak Muhafaza Tedbirleri Faktörü
P_{dm}	: Kuru Materyal Yüzdesi (%)
Q	: Toplam Su Hacmi (m^3)
R	: Yağış Erosiv İndisi (ton-m/ha)

R_1	: Bir Numaralı Yağış İstasyonu
r^2	: Belirginlik Katsayısı
S	: Eğim Derecesi Faktörü
S_H	: Havza Ortalama Eğimi (%)
S_s	: Ana Su Yolu Eğimi (%)
S_y	: Toplam Sediment Verimi (Ton/ha)
t	: Yağış Süresi (Dakika)
W_{sd}	: Kuru Sediment Ağırlığı (gr)
W_{sw}	: Yaş Sediment Ağırlığı (gr)
W_{ts}	: Bir Yağışın Sebep Olduğu Yatak Yüğü (gr)



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 4.1. R1 İstasyonu’nun 2000 Su Yılı Günlük Yağış Değerleri.....	34
Çizelge 4.2. Yağışların Erosiv İndisleri.....	36
Çizelge 4.3. Süspanse Sediment Verim Değerleri.....	39
Çizelge 4.4. Yatak Yükü Sedimenti Değerleri.....	40
Çizelge 4.5. USLE Faktörleri.....	43
Çizelge 4.6. Yöntem Kıyaslaması Sonuçları.....	43
Çizelge EK 1. Topçu Deresi Alt Havzasının Toplam Sediment Verimleri..	57



ŞEKİLLER DİZİNİ	SAYFA
Şekil 3.1. Tarsus Topçu Deresi Havzası Topografik Haritası.....	16
Şekil 3.2. Topçu Deresi Alt Havzası Topografik Haritası	17
Şekil 3.3. Çalışmanın Akış Şeması.....	19
Şekil 3.4. H Savağının Şekli ve Boyutları.....	25
Şekil 3.5. Belfort Tipi Limnigraf Aleti, H Savağı ve Cochocton.....	26
Şekil 3.6. Savak Girişinde Yatak Yükü Sedimenti.....	29
Şekil 4.1 Erosiv Faktör- Sediment Verimi İlişkisi.....	37
Şekil 4.2. Sediment Anahtar Eğrisi.....	41
Şekil EK 1. 09 Ocak 2000 Tarihli Yağışın Plüviyograf Diyagramı.....	54
Şekil EK 2. 8 Ocak 2000 Tarihli Yağışın Plüviyograf Diyagramı.....	55
Şekil EK 3. 20 Nisan 2000 Tarihli Yağışın Plüviyograf Diyagramı.....	56

1. GİRİŞ

Bitki, hayvan ve insan birliğinin temeli olan toprak, çeşitli atmosferik faktörlerin etkisiyle aşınmakta ve taşınmaktadır. Doğal ve normal koşullar altında, bitki örtüsü bu taşınmayı engellemekte ve taşınan kadar yeni üst toprak oluşturmaktadır. Doğal dengenin sağlanması yönünden önemli olan bu olay, normal jeolojik bir gelişme olarak kabul edilmekte ve normal veya jeolojik erozyon adı verilmektedir. Doğal denge koşulları altında meydana gelen ve insan faaliyeti ile olumsuz etkilenen toprağın su, rüzgar ve diğer güçler ile aşınması, taşınması ve değişik yerlere yığılması olayına hızlandırılmış erozyon adı verilmektedir. Toprak erozyonu veya daha yalın bir deyimle erozyon denildiği zaman hızlandırılmış erozyon akla gelmektedir.

Dünyanın doğal dengesini oluşturan faktörlerden iklim, toprak, topografya ve jeoloji oldukça sabit karakter göstermekte ve insanlar tarafından geniş ölçüde değiştirilememektedir. Ancak doğal dengenin çok önemli faktörlerinden biri olan bitki örtüsü; insanların arazi kullanma şekline göre önemli olumsuz değişiklikler göstermektedir.

Ülkemizde arazi kullanma şekli doğal dengeyi korumamakta, doğal dengede bozulmalar meydana gelmektedir. Bu nedenle erozyon ve sedimantasyon konuları her geçen gün önemini arttırmaktadır.

Yurdumuzda su erozyonu ile Kıbrıs Adası büyüklüğünde, 20 cm derinliğinde verimli ve bitki yetişmesi yönünden değerli topraklar her yıl aşınıp denizlere gitmektedir. Problemin nedeni ve çaresi araştırılmalıdır. Buna çare bulmak için de birçok devlet kuruluşu ve bazı çiftçilerimiz büyük masraflar yaparak gerekli tedbirleri almakta ve tesisler yapmaktadır. Bu güne kadar yapılan çalışmalar iyi neticeler vermiş, fakat yeterli olmamıştır.

Yağışın şiddetine ve toprağın durumuna bağlı olarak toprağa süzülmeyen sular yüzey akışa dönüşürler. Yağmur şeklindeki yağışlar sahip oldukları enerji nedeni ile toprakları yerinden oynatarak erozyon, akıma geçtikleri zaman da sediment oluştururlar.

Su kaynaklarının planlamasında sedimantasyon ve katı madde hareketinin sonuçları önem arzeder. Bir baraj veya gölet haznesinin ölü hacimlerinin hesabında taşınan yıllık silt miktarının bilinmesi gereklidir. Su toplama havzasının sediment verim özelliği bilinirse, gerek yatak ve gerekse su toplama havzası bazında önlemlerin ne yönde alınacağı konusunda karar verilebilir.

Her şeyden önce havzada meydana gelebilecek erozyonun toprak muhafaza tedbirleri ile önlenmesi gerekir. Çok büyük masrafları gerektiren bu projelerin faydalı ömürlerinin uzun olması; havza topraklarının kabiliyetlerine göre kullanılması kısacası doğal kaynakların doğru kullanılması ve değerlendirilmesi ile ülkemiz açısından yerine getirilmesi mutlak gerekli ve en karlı alt yapı hizmetleri gerçekleşmiş olacaktır.

Bu çalışma, çiftçi koşullarında işlenen bir hidrolojik alt havzadan taşınan sedimentin doğrudan ölçülmesini, değerlendirilmesini ve ölçümü olmayan benzer diğer havzalara aktarılma olanaklarının araştırılmasını ve bu havzalardan taşınabilecek sedimentlerin tespitini amaçlamaktadır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bir havzada tabaka ve kanal erozyonunun toplam miktarı toplam erozyon olarak bilinir. Bir havzadaki bütün aşınmış materyaller, akarsu sisteminin içerisine girmez. Karşılaştırmalı düz alanlarda kopmuş zerrecikler, küçük olmakla birlikte yüzey akışsız, örnek olarak, bir havzada sadece küçük mesafelere taşınır ve dolayısı ile alt tabakalardaki noktalara taşınmaz. Eğimli alanlardan dolayı aşınmış toprak sıra çitlerinde ve otlu alanlarda veya eğimlerin alçak kısımlarında birikmiş olabilir. Bu kolliviyum formudur. Bazı materyaller akım sistemine taşınmış olabilir, taşkın ovasında birikmiştir. Buna da alluvium denir. Bazı birikintiler kanalların içinde kalıp halinde olabilir. Kaynaktan, bir rezervuar gibi alt kısımlardaki bir kontrol noktasına kadar olan seyahatini tamamlamış olan materyalin toplam miktarı sediment verimi olarak bilinir. Gottschalk (1964), rezervuar sedimentasyonunun oranından başka yöntemin tahmini için, su havzaları gibi geniş kompleks alanlarda temel araştırmaların var olan sonuçlarının extrapolesi için metotların henüz geliştirilmemiş olduğunu belirtmektedir.

Graft (1971), sediment yükünün direk olarak hesaplanabildiği deneysel veya çözümsel ilişkilerin kurulması ve kontrolü için sediment yükünü direk olarak belirleyecek çeşitli aletlere ihtiyaç olduğunu belirtmiştir. Süspanse sediment yükü q_{ss} 'yi elde etmek için bir su sediment karışım örneğinden sediment konsantrasyonu C 'yi ve su debisi q 'yu saptayarak $q_{ss}=C.q$ eşitliğini elde etmiştir.

Güçer (1972), su erozyonu üzerine yapılan pek çok araştırmalara dayanarak, su erozyonu problemini doğuran en büyük etkenin yağışların erosiv potansiyelleri olduğunu vurgulamaktadır. Bu nedenle yağışlarının erosiv potansiyellerinin miktar ve yıl içerisindeki dağılımının bilinmesi, alınacak tedbir ve yapılacak tesislerin seçimi ile ekonomik planlanması yönünden gerekli olduğunu bildirmiştir. Bu amaca yönelik olarak Türkiye'nin muhtelif merkezlerine ait yağışların erosiv potansiyelleri ve bu potansiyellerin yıl içerisindeki dağılımları tespit etmiştir.

Güçer (1972), Türkiye'de sediment etüt ve araştırma çalışmalarının son 15-20 yıl içinde başladığını bildirmektedir. Türkiye'de gerek Merkez TOPRAKSU Araştırma Enstitüsünde gerekse Ankara dışındaki işletmelerde sediment tahmininde

kullanılan üniversal denklem üzerinde çalışmaların yapıldığını, denklemde yer alan faktörlerin Türkiye şartlarına uygulanabilmesi için bu faktörlerin sağlıklı tespitlerinin gerekliliğini, öncelikle denklemdeki en önemli element olan yağış faktörünün Türkiye'de plüviyograf kaydı olan yerler için tespit edilmiş olduğunu belirtmektedir.

Sayın (1973), üst ve alt topraklarda yüzey akışla meydana gelen toprak ve su kaybının tespiti amacıyla yaptığı çalışma sonucunda; öncelikle üst toprağı korumak için toprak ve su muhafaza tedbirlerini alarak ziraat yapılması gerektiğini, şayet üst toprak kısmen erozyona uğramış ise burada, mera bitkilerinin yetiştirilmesine tahsis edilmesi gerektiğini, ziraat yapmak zorunluluğı olursa münavebede toprağı çıplak bırakmayacak bitkilere yer verilmesinin gerektiğini, anız örtüsü v.s. tedbirlerin alınmasının, üst toprağın tamamen kaybolduğı yerlerde tarımın yapılmamasını, kontrollü ve modern meracılık için ayrılması gerektiğini bildirmektedir.

Sayın (1974), meyil uzunlukları ve mahsül münavebesinin toprak ve su kaybına tesirinin tespiti amacıyla yaptığı çalışmada; Eskişehir bölgesinde mevcut %9 meyilli killi tınlı bünyeye sahip kıraç arazilerde toprak ve su muhafazası için en uygun meyil uzunluğunun 25-30 m olduğunu, münavebede daha ziyade kışlık mahsullere yer verilmesi, sürüm ve ekimin meyile dik yapılarak yeter miktarda gübreleme yapılması ve toprağın mart ayı başından haziran ayı sonuna kadar bitki ile örtülü tutması gerektiğini bildirmiştir.

Doğan ve Güçer (1976), erozyon oluşumu üzerine yağışın miktarı, şiddeti, devamlılığı ve dağılışının etkili olduğunu; şiddetli yağışların olduğu dönemlerde toprak yüzünün açık bırakılmaması gerektiğini vurgulamakta ve mevsimlere isabet eden yoğun yağışların bilinmesi ve bu gibi kritik dönemlerde toprağı örten uygun bir tarım şeklinin uygulanmasının zorunlu olduğunu işaret etmektedir.

Duong ve ark. (1980), Missouri, St. Louis'de Missisipi ve Kaliforniya, Vernalis yakınındaki San Joaquin nehirlerinin 1973-1975 yılları arasındaki ölçülen günlük debi ve sediment değerlerini bir modelle tahmin etmişlerdir. Önerilen modelde, debi hareketini açıklamada akım süreklilik ve moment eşitliklerini kullanmışlar ve sediment miktarının hareketini de debi değerleri ve sediment miktarları zaman serilerinin korelasyon analizinden türetilen otoregresif model (AR) ile tanımlamışlardır. İki modeli birleştirilen yeni bir model geliştirmişler ve

geliştirilen modelle, dik eğimli havzalardaki sediment hareketini belirlemenin uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Sickle (1981), Birleşik Devletlerin kuzeybatı'sındaki 20 km²'den küçük dağlık havzalarda ölçülen yıllık sediment miktarlarına çeşitli olasılık dağılımlarını uygulamış, sonuçta en uygun dağılımının log-normal dağılım olduğunu ve bu dağılımdan yararlanarak yeniden türetilen sediment verilerine stokastik modellerin uygulanmasının daha doğru olacağını bildirmiştir.

Griffiths (1982), Yeni Zelanda'nın Kuzey Adası'ndaki 47 havzasının yıllık sediment miktarlarını, farklı yağış özellikleri (miktarı, şiddeti, frekansı ve süresi), kaya cinsi ve özellikleri, süspanse sediment konsantrasyonu, havza alanı gibi bağımsız değişkenlere bağlı olarak 8 farklı tahmin ilişkisi geliştirmiştir. Bölgesel frekans analizinde 2 parametrelili log-normal dağılımı kullanarak tahmin edilen sediment miktarlarını bölgeselleştirmiştir. Geliştirilen yöntemlerden, sediment miktarı ölçümleri yapılmayan havzalardaki tahminlerin yapılmasının yararlı olacağını belirtmiştir.

Graf (1983), Kuzeybatı Arizona'da yarı-kurak iklim koşullarının hüküm sürdüğü 150 km²'lik Walnut Gulch havzasında 15 yıl süresince ölçülen debi ve sediment taşınım değerlerinden yararlanarak havzanın sediment taşınım ilişkisini belirlemiştir. Sonuçta, gözlem süresi boyunca nehir tarafından havza topraklarının yaklaşık %83'ünün taşındığını ve taşınan sediment miktarının havzayı yaklaşık 4 cm örtecek kalınlıkta olduğunu belirtmiştir.

Bos ve ark. (1984), sediment taşınımının terminolojisini açıklarken taşınma yöntemine veya kökenine göre sedimenti; yatak yükü, süspanse yük ve kaba materyal yükü olarak sınıflandırmıştır.

Caroni ve ark. (1984), Missisipi'deki 303 km²'lik uygulama havzasında sediment verimlerini modellemede Box ve Jenkins'in önerdiği 'tek girişli stokastik model' tipini uygulamışlardır. Sonuçta, modelle tahmin edilen sediment verimleri ile yüzey akış ve yağış arasındaki bağımlılık hakkında bilgi vermişlerdir.

Soykan (1984), havzaların hidrolojik davranışlarına etki eden başlıca etmenlerin iklim, toprak, jeolojik ve hidrojeolojik faktörlere göre daha önce tespit edilmiş olan hidrolojik bir bölgenin temsilcisi olarak bir temsili havzanın seçildiğini

ve nispeten değişmeyen doğal şartlar altında hidrolojik devrenin bütün veya bir kısmına özgü problemleri araştırma gayesi ile kullanıldığını ve temsili bir havzanın büyüklüğünün doğal şartlara ve araştırma projelerine bağlı olup genellikle büyüklüklerinin 250 km² 'ye kadar değişebileceğini işaret etmektedir. Ayrıca, deneme havzalarının ise toprak ve bitki örtüsünün nispeten homojen ve üniform fiziki karakteristiklere sahip olması gerektiği vurgulanmaktadır.

Guy ve ark. (1987), yaptıkları laboratuvar çalışmasında, bir akımın sediment taşıma kapasitesini gözden geçirmişler ve sediment taşınımındaki değişmeyi belirlemek amacıyla yağmur damlasının etkisi, yüzey akış ve yatak eğimi değişkenlerini kullanarak eşitlikler geliştirmişlerdir. Sonuçta, yağmur damlası etkisi ve yüzey akışın artması ile sediment taşınımının yaklaşık olarak 2 katına çıktığını belirlemişlerdir.

Mete (1988), 1977-1986 yılları arasında Tarsus koşullarında üniversal denklemin K, R, C ve P faktörlerini belirlemek amacıyla yapmış olduğu çalışmada: yağış erozyon indisini (R) 247.114, toprakların erozyon duyarlılık faktörünü (K) 0.19, bitki amenajman faktörünü (C) buğday-pamuk ekili ekim nöbeti için ortalama 0.3139 ve buğday-pamuk-mercimek üçlü ekim nöbeti için ortalama 0.3331, toprak koruma tedbirleri (eğime dik sürüm) faktörünü ise (P) 0.244 olarak belirlemiştir.

Walling (1988), havzalarda meydana gelen erozyon ve sedimentasyon olaylarının ekosistemlere olan etkilerini araştırmış ve bu etkilerin 3 grupta toplanabileceğini belirtmiş ve bunları; 1) nehir sisteminde taşınan ince tanecikli sedimentin fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki etkiler, 2) küçük drenaj havzalarında ve büyük nehir sistemlerinde sedimentin hareketi, 3) sediment kaynakları ve sediment verimleri olarak sınıflandırmıştır.

Neil ve Galloway (1989), Yeni Güney Gallerde Yass Havzasında, 14 adet çiftlik barajından toplanan sedimentin hacim ağırlığı ile baraj havzalarındaki erozyonun oranları için bir rehber çıkarmıştır. Rehberde kullanılan metotlar basitçe tarif ederek, barajlara boşalan yıllık verdiler, yağış ve tahmini yüzey akış katsayısı işlemi için bir yüzey uygunluk işlemi kullandığını bildirmiştir, çiftlik barajlarındaki sedimentin, erozyon oranı üzerine faydalı bilgilerle donatılabileceğini önermiştir.

Özer (1990), havza ile ilgili bazı tanımlar verirken; bir akarsu için belli bir kesitin üzerinde kalan ve aldığı yağışın tamamı yüzey suyu olarak o kesitten geçen alana bu nehrin o noktası için “drenaj havzası” veya sadece “havzası” denildiğini, bu havzanın alanına da “drenaj alanı” adının verildiğini ifade etmiştir. Drenaj alanının, topografik harita üzerinde, yüzey suyunun, yerçekimi ile akarken o alan içerisinde kalacak şekilde en yüksek noktalardan sınır geçirilerek bulunacağını, komşu havzaları birbirinden ayıran bu sınıra da “su ayrımı” veya “havza sınırı” adının verildiğini bildirmiştir.

Canbolat (1990), temsili havzaların, üzerinde sulama, drenaj, gölet yapımı, sedimantasyon, toprak ve su muhafaza gibi konularda uygulayıcı kuruluşların ihtiyacı olan hidrolojik bilgileri sağlayabilecek özellikte olması gerektiğini bildirmektedir.

Lemke (1991), Iowa’daki 2 drenaj havzasında süspanse sediment miktarını modellemede, tek değişken girişli-tek çıkışlı ve çok değişken girişli-tek çıkışlı transfer fonksiyon modellerini geliştirmiştir. Geliştirilen modellerin drenaj alanı büyüklüğü, arazi kullanımı ve fizyografik özellikleri ile ilgili olduğunu belirtmiştir.

Lisle ve Hilton (1992), Kuzey-Batı California’daki Trinity nehrinin 8 kolundaki sediment miktarı ile nehrin su hızının azaldığı durgun yerlerdeki sedimentin (kum, küçük çakıl, v.b.) tortu hacimleri ve su yüksekliği arasında korelasyon analizi yapmışlar ve sonuçta nehirlerin taşıdığı sediment miktarının tahmininde tortu hacmine bağlı eşitlik geliştirmişlerdir. Bu şekilde nehirde sediment hareketi izlenmesinin kolaylaştığını belirlemişlerdir.

Denli ve Sevinç (1993), Ankara-Yenimahalle-Güvenç havzasında yürütülen araştırmanın ilk beş yıllık sonuçlarını değerlendirmişler ve araştırma havzası sonuçlarını komşu iki havzaya uygulamışlardır. Uygulamada benzerlik kriterleri olarak, 3 havzanın aynı yağış koşullarında olması ve aynı doğal fizyografik bölgede bulunmasını göz önünde tutmuşlar ve yorumlamışlardır.

Lopes ve Ffolliott (1993), Kuzey Arizona’daki Panderose çam ormanı ile kaplı 45.5 hektarlık bir havzada, 1974-1982 yılları arasında ölçülen 515 süspanse sediment miktarları ile yüzey akış verileri arasında geometrik en küçük kareler

regresyon yöntemi ile ilişkiler araştırmışlardır. Bu ilişkilerde, aynı anda ölçülen süspanse sediment miktarı ve yüzey akış veri çiftlerinin kullanılmasının uygun sonuçlar verdiğini ve süspanse sediment miktarına etki eden en önemli faktörlerin şiddetli cephesel yağışlar, kar erimesi ve nehir su seviyesindeki değişmelerin etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Kostadinov (1995), 1980-1988 yılları arasında Güneydoğu Serbia'da yapmış olduğu bir çalışmada yıllık süspanse sediment taşınımı, toplam sediment taşınımı ve yatak yükünün yıllık spesifik taşınımı arasında yüksek bir kolerasyon bulmuştur.

Sevinç ve Demirkıran (1995), Türkiye'de su ile ilgili alt yapı çalışmalarının değişik kuruluşlar tarafından yapıldığını, bu kuruluşların bir yandan da projelendirme kriterlerini sağlamak için gerekli rasat ve araştırmalar yaptıklarını ancak bu çalışmaların her yatırım alanı için yeterli olmadığını bildirmekte ve bunun en büyük nedenlerinden birinin, ülkemizin değişik iklimlerin etkisinde olduğunu, bitki örtüsü, topografya, toprak ve jeolojik özellikler bakımından önemli farklılıklar gösterdiğini öte yandan her alanda rasat ve araştırma yapmanın hiç bir zaman amaç olmaması gerektiğini, çok masraflı olduğunu vurgulamaktadırlar. Ülkemizde bu yatırımları gerçekleştiren kuruluşlardan birisi olan Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün görevleri arasında özellikle kırsal alanda gölet, içme suyu ve yol v.s. gibi yatırımları yapmak yer almaktadır. Sadece sulama amaçlı göletlerin sayısı 600'e ulaşmıştır. Uygulayıcı birimlerin bu tür yatırımlarının yoğunluk kazandığı bölgelerde seçilen temsili havzalar üzerinde Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüleri tarafından araştırmalar yapılmaktadır. Sayıları 32'ye ulaşan bu havzalarda yürütülen araştırmaların amacı, havzaların hidrolojik davranışlarını saptamak ve sonuçlarını temsil ettikleri bölge içerisinde rasat yapılmayan diğer havzalara aktarmaktır.

Sevinç ve Demirkıran'ın (1995) bildirdiğine göre, Kuzin (1963), Volga nehri havzasında yapılan hidrolojik homojen bölgelerin ayrımında, fizyografik faktörlerle kombinasyon içerisindeki elementlerden (Yağış-sıcaklık) birisiyle etkilenen akış rejiminin dikkate alındığı ve ayrımın ana istasyonlardan elde edilen hidrolojik gözlemlere dayandırıldığı belirtilmiştir. Çalışma sonucunda nehrin orman zonu ve ılıman zonu ikiye bölgeye ayrılmış, ancak Volga nehri havzasının daha

homojen hidrolojik şartlara karakterize edebilecek bir çok alt havzaya ayrılabilceği vurgulanmıştır.

Sevinç ve Demirkıran'ın (1995) bildirdiğine göre, Toebe (1965), Yeni Zelanda'da bir temsili havzalar şebekesi kurulmak istendiğinde, ülkenin özellikle iklimsel ve jeolojik özelliklerinin büyük bir değişim göstermesinden dolayı hidrolojik bölge ayrımının iki ayrı sınıflandırmaya göre yapıldığını belirtmektedir. Güney ve Kuzey adası için, jeolojik sınıflamada olduğu gibi yıllık yağış sınıfları da farklı oluşturulmuştur. Yıllık ortalama yağışlara göre sınıflar şu şekilde belirtilmiştir.

	<u>Güney Adası</u>	<u>Kuzey Adası</u>
P ₁	400-700 mm	<1100 mm
P ₂	700-1000 mm	1100-1300 mm
P ₃	1000-1300 mm	1300-1600 mm
P ₄	1300-2000 mm	1600-2000mm
P ₅	2000-4000 mm	2000-2500 mm
P ₆	>4000 mm	>2500 mm

Çalışmada topografik özellikler meyil gurupları ortalamaları ile karakterize edilmiştir. Eğim; dominant topografik formun ortalama eğimi olarak alınmış, bölgenin %80'inde hakim olan form dominant olarak kabul edilmiştir. Buna göre eğim sınıfları aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

<u>Eğim Sınıfı</u>	<u>Eğim (%)</u>
S ₁	0-5
S ₂	5-10
S ₃	10-15
S ₄	15-25
S ₅	>25

Yapılan harita çalışmaları sonucunda 88 hidrolojik bölge belirlenmiştir.

Sevinç ve Demirkıran'ın (1995) bildirdiğine göre, UNESCO (1970), Brezilya'da Rio Jaguaribe havzasında yapılan homojen bölge ayrımı çalışmasında

yağış 3, geçirgenlik 3 ve ortalama eğim faktörü 4 sınıfta ele alınmıştır. Yıllık ortalama yağışların çok az değişim göstermesinden dolayı sınıflar şöyle oluşturulmuştur:

P_1 - Yıllık ortalama yağış < 600 mm

P_2 - Yıllık ortalama yağış $600 - 800$ mm

P_3 - Yıllık ortalama yağış > 800 mm

Jeolojik haritada litolojik şartlar değerlendirilmiş, geçirgenlik derecelerine göre aşağıdaki üç sınıf kabul edilmiştir.

K_1 - Geçirgen olmayan bölgeler.

K_2 - Az geçirgen bölgeler (Lokale yeraltı sulu).

K_3 - Geçirgen bölgeler.

Ortalama eğim faktörü ise $I = \alpha / L$ formülü ile hesaplanmış (α = Havza yükseklik farkı, L = Havzanın dikdörtgen eşdeğeri uzunluğu) ve aşağıdaki gibi sınıflar oluşturulmuştur.

S_1 - Çok hafif eğimler < 1.25 m/km

S_2 - Hafif eğimler $1.25 - 2.50$ m/km

S_3 - Orta eğimler $2.50 - 5.00$ m/km

S_4 - Dik eğimler (Aşırı sarp değil) $5.00 - 12.50$ m/km

Çalışmada iklim, jeoloji ve geçirgenlik sınıfları 1/100 000 ölçekli bir harita üzerinde geçirilmiş ve 18 ayrı bölge ortaya çıkarılmıştır.

Sevinç ve Demirkıran'ın (1995) bildirdiğine göre, Şorman (1975), Kızılırmak, Sakarya ve Yeşilırmak havzalarının dördüncü ve beşinci mertebeden toplam 47 adet alt havzasında, drenaj havza geometrisini tarifleyici parametreler ile havza hidrolojisi arasındaki istatistiksel korelasyonları araştırmıştır. Sonuçları, havza hidrolojik parametreleri ile harita üzerinde kolayca ölçülebilen morfolojik parametreler arasında sıralı çoklu regresyon denklemleri ile açıklamış ve bu bölgelerde hangi hidrolojik ve morfolojik verilerin gerekli olduğunu saptamıştır.

Terme çayı havzasını içerisine alan Kızılırmak havzasında hidrolojik değişkenlerin havza büyüklüğü, nehir uzunluğu ve sayısı, havza eğim parametreleri ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Dağdeviren ve Taysun (1996), Şanlıurfa yöresi eğimli kuru tarım alanlarında bazı tarımsal uygulamaların su erozyonuna etkilerini araştırmışlardır. 1989-1994 yılları arasında Şanlıurfa ili Tektek Araştırma İstasyonu'nda uygulanan bu araştırma, eğimli kuru tarım alanlarındaki hububat-nadas ekim nöbetinin, eğime paralel toprak işleme ve ekim, anız yakma ve malç uygulaması konularının su erozyonuna olan etkilerini saptamak amacıyla %9 eğimli yamaç arazide yürütülmüştür. Deneme süresince yağışın 359.4 mm (%83.2)'si erosiv özellik göstermiş olup, en fazla ilkbahar ve sonbahar aylarında etkili olmuştur. Eğime dik sürüm ve ekim, eğime paralel sürüm ve ekime göre ortalama %8.2 oranında yüzey akış ve %12 oranında da toprak kaybını önlemiştir. Ayrıca; hasattan sonra anız örtüsünü yakmanın, anızı yakılmayana göre, ortalama %73.1 oranında daha fazla yüzey akışa ve %161.3 oranında da daha fazla toprak kaybına neden olduğunu belirtmişlerdir.

Wicks ve Bathurst (1996), yamaç araziler için yağmur ve yaprak damlasının, yüzey akışın, yüzey akış tarafından erozyona uğramış materyalin taşınımının toprak erozyonuna etkisini gösteren SHESED (Systeme Hydrologique Europeen) adlı bir model geliştirmiştir. Iowa'da 2 zirai havzada (5.1 ha - 6.4 ha) yağış-sediment verimi olayları için SHESED'in uygulamasında, sediment verimindeki gözlenmiş zamansal değişimlerin genellikle iyi arttığını göstermiştir. Wyoming'de 37 günlük bir periyot için Batı Fork Nehri'nin 3.3 km'lik kısmındaki uygulamada gözlenen sediment debisi miktarının artmasının iyi olduğu görülmüş, fakat sediment debisinin pikinin, modelin zamanlamasında bazı farklılıklar görülmüştür.

Hasnain (1996), Garhwal Himalaya, Ganga Havzasında buzul erimeleri ile taşınan süspanse sedimentin kontrol faktörlerini araştırırken, süspanse sediment konsantrasyonu ve debi arasındaki ilişkiyi en iyi $Ss=aQ^b$ modelini uygulayarak değerlendirebilmiştir.

Jansson (1996), Kosta Rika, Palomo'daki Reventazon nehrinde ölçülen ortalama sediment miktarı (ton/gün) ile yüzey akış (m^3/s) arasındaki ilişkiyi incelemek için yeni bir sediment eğrisi yöntemi geliştirmiştir. Bu yöntemde klasik

sediment tahmin eğrisi logaritmik bir transformasyona tabi tutulduğunda verilerin bir kısmının etkisi kaybolmuştur. Bu yüzden, geliştirilen yeni yöntemde etkisi kaybolan verilerin normal dağılıma uyduğu kabul edilerek ortalaması (μ) sıfır ve varyansı (σ^2) sabit olan yeni bir değişkenle (ϵ) tanımlayabileceği belirtilmiş ve yeni denklemle elde edilen ortalama sediment miktarının normal dağılıma daha iyi uyum gösterdiklerini belirtmiştir.

Tülücü (1997), bir hazneye gelen katı madde veriminin, oluşturulmuş ampirik sediment denklemlerinden, doğrudan ölçümlerden ve mevcut haznelerde yapılan gözlemlerden saptanabileceğini vurgulamaktadır.

Tülücü (1997), kamu kurum ve kuruluşları tarafından kurulmuş ve periyodik olarak sediment ölçümü yapılan nehir ve kolları için oluşturulan sediment anahtar eğrisinin, ölçümü olmayan benzer havzalar için doğrudan kullanılma yoluna gidilebileceğini veya bölgesel frekans analizi çalışması ile uygun veriler geliştirilebileceğini bildirmektedir.

Bemporad ve ark. (1997), yağış, debi ve sediment verim değişkenlerini kullanan havza sayısal arazi modeliyle (DTM) simule edilen su bütçesi metodunu kullanarak Alpine bölgesindeki havzaların sediment verimlerini önceden tahmin etmişlerdir. Sonuçta, model yardımıyla ölçümü olmayan havzalardaki yıllık ve aylık sediment verimlerinin uygun bir biçimde hesaplanabileceğini göstermişlerdir.

Fassnacht (1997), Kanada'nın Kuzeybatı bölgesinde bulunan yaklaşık 13000 km²'lik Mackenzie nehir deltasındaki süspanse sediment taşınımını modellemede, tek boyutlu çok değişkenli süspanse sediment modeli (FOSH-MC) geliştirmiştir. Bu modelle akarsu şebekesi içinde sediment hareketini, sediment örnekleme istasyonlarının kurulma yerlerini tahmin etmiş ve deltadaki sediment ile meydana gelen kirleticilerin değişmelerinin izlenmesi ve potansiyel sediment hareketinin önceden tahmin edilmesinde yararlı olduğunu belirlemiştir.

Yücel (1999), Doğu Akdeniz akarsu havzalarında frekans analiz yöntemleri ile ölçümü olmayan alt havzalar için sediment taşınım tahminleri üzerine yaptığı bir araştırmada, ölçümü olmayan havzalarda sediment tahmini için en uygun yöntemin bölgesel sediment frekans analizi olduğunu belirlemiştir.

Yücel'in (1999) bildirdiğine göre, Özbek ve Üşenmez (1994), USLE, Sentetik, Snyder ve Mockus yöntemlerinin kullandıkları zemin, topografya ve bitki örtüsü özelliklerini birleştiren bir model geliştirmişler, havzadan oluşacak erozyonu ve yağış yüksekliğinden yararlanarak havza sediment taşınımını belirlemeye çalışmışlardır.

Yücel'in (1999) bildirdiğine göre, Yurtsever ve Mermer (1970), Türkiye'deki akarsuların taşıdığı sediment miktarları ile topografik, jeolojik ve meteorolojik faktörler arasındaki ilişkileri incelemişler ve sediment ölçümü olmayan bir havzanın, yıllık ortalama taşınan sediment miktarının hesaplanması ile ilgili bilgiler vermişlerdir.

Sevinç ve ark. (2000), ülkemizde 26 büyük akarsu havzası olup bu havzaların farklı mertebelerinde farklı büyüklükte değişik topografik, jeolojik ve jeomorfolojik özelliklere sahip binlerce havza bulunduğunu bildirmektedirler. Yağış rejimlerindeki düzensizliklerin tarım sektöründe yarattığı olumsuzlukları giderme yolunda, bitkilerin gereksinim duyduğu dönemde gerektiği kadar suyun tarımda kullanılmasını sağlamak için yapılan sulama amaçlı göletlerin dolu savak kapasitelerinin ve yıllık sediment verimine bağlı olarak ekonomik ömürlerinin hesaplanmasında, önemi her yıl giderek artan toprak ve su erozyonu ile mücadele kapsamında dere yataklarının ıslahında, sel kapanlarının inşasında, yol ve köprü menfezlerinin boyutlandırılmasında bilinmesi gerekli olan taşkın debilerinin tespitinde, topraklarımızda artan tuzluluk ve yaşlılık sorunlarının giderilmesi için yapılacak ıslah çalışmalarında, suyun ihtiyaç duyulduğu tarım dışındaki diğer sektörlerin artan su taleplerinin karşılaşmasında ve su-çevre ilişkileri sonucu değişik nedenlerle bozulan su kalitesinin iyileştirilmesi yolunda karşılaşılan sorunların giderilmesine yönelik çabaların başarıya ulaşabilmesi için hidrolojik çalışmaların önemi ülkemizde her yıl giderek artmakta olduğunu bildirmektedirler.

Jain (2001), Mississippi nehrinde iki yer için sediment konsantrasyonu-debi-seviye arasında bütünleşmiş bir bağıntı kurmak için ANN (Artificial Neural Networks) (Yapay Sinir Ağları) yaklaşımı kullanmıştır. Bu yaklaşımda nehir seviyesi ile debi arasında $Q = aH^b$ ilişkisi kurarak seviye-debi anahtar eğrisini kurmuş, debi

ile sediment konsantrasyonu arasında da $S = cQ^d$ ilişkisini kurarak sediment anahtar eğrisini elde etmiştir.



3. MATERYAL VE METOT

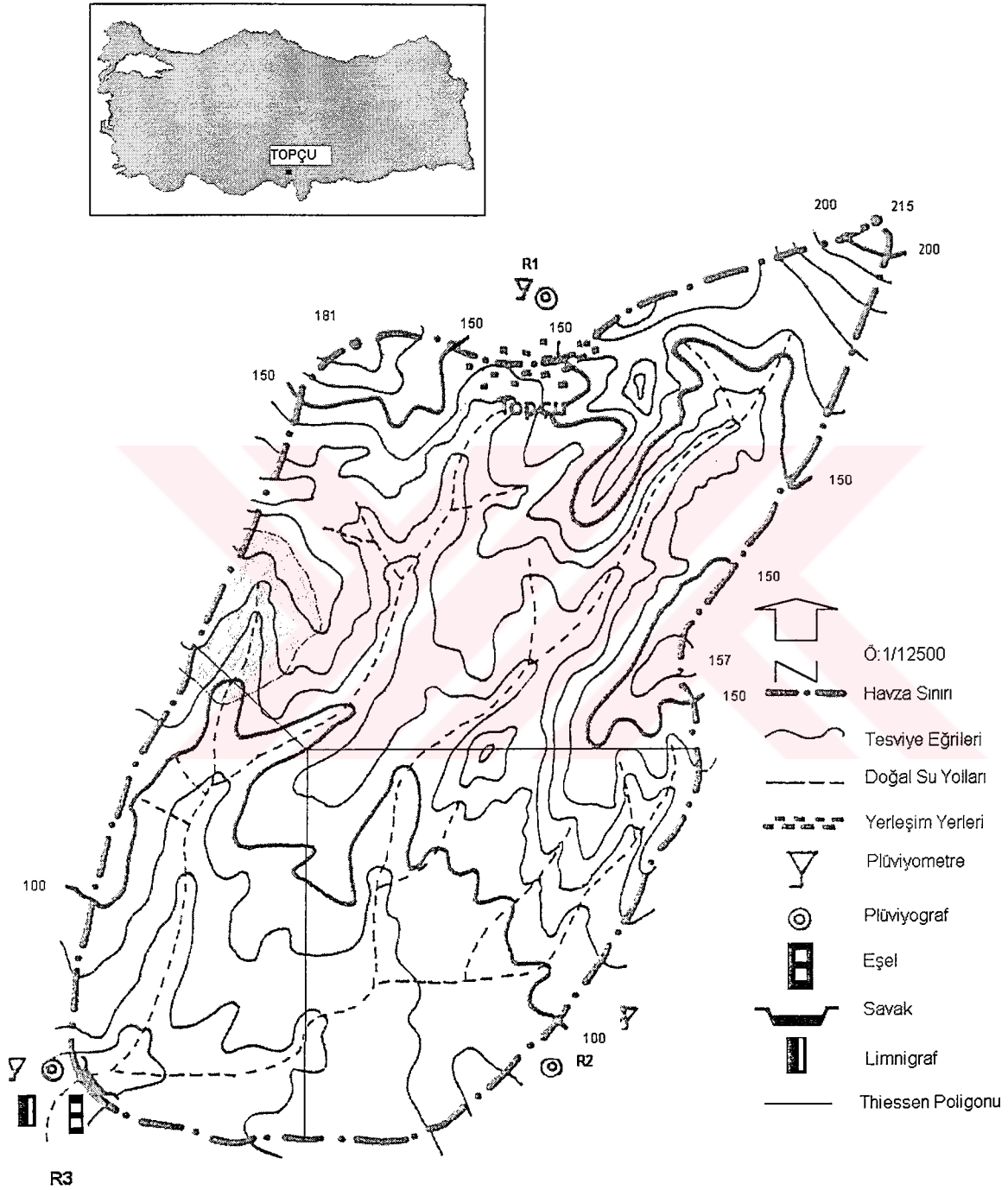
3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Yeri

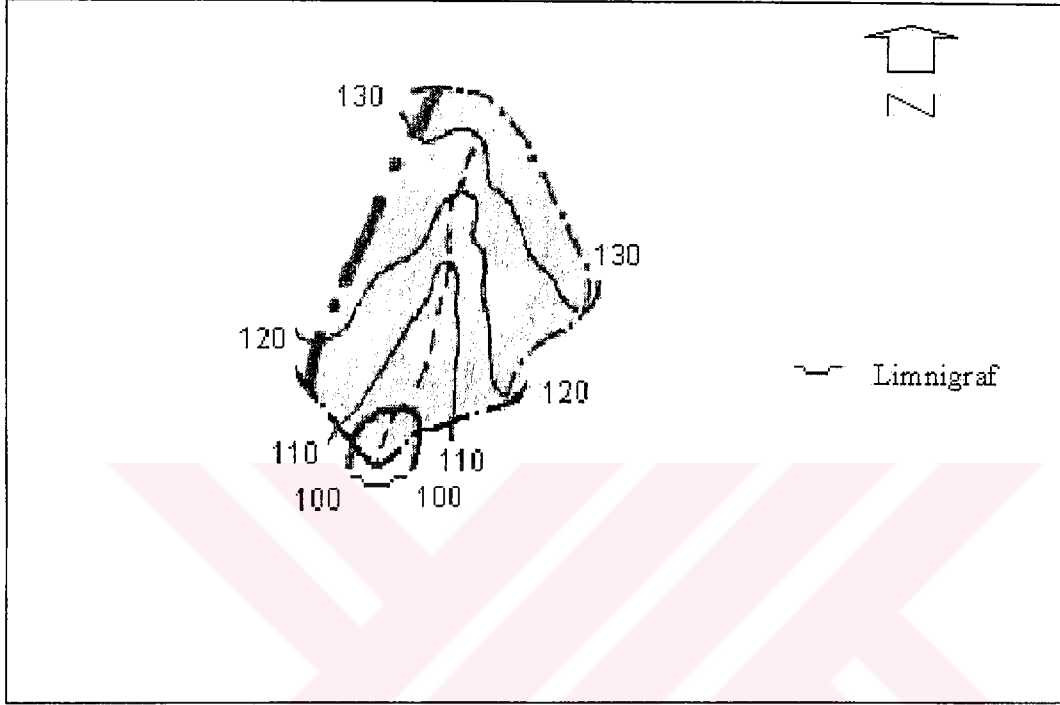
Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından Türkiye genelinde 32 adet temsili havza belirlenmiştir. Bu havzalardan elde edilecek bilgiler, temsil ettikleri bölge içerisinde rasat yapılmayan diğer havzalara aktarılmaktadır. Bu anlamda Topçu Deresi Havzası da temsili bir havza olup, alanı 1.69 km^2 'dir. Araştırma havzası Topçu Deresi Havzasının içerisinde bir alt havzadır. Topçu Deresi Havzası Berdan Nehri havzasında yer almaktadır. Topçu Deresi Koca Dereye, Koca Dere Kusun Deresine, o da Berdan Nehrine dökülmektedir. Akarsular mertebelenme sistemine göre, 1/25000 ölçekli topografik harita üzerinde Topçu deresi 4 numarayı almaktadır. Dere kuru dere özelliği göstermektedir. Alt havza ise 1. dereceden bir koldur. Topçu deresi Topçu Deresi Havzası $37^{\circ} 01'$ kuzey enlemi, $35^{\circ} 01'$ doğu boylamında temsili bir havzadır ve eşik alanları temsil etmektedir. Özellikle R1 istasyonunun temsil kabiliyeti oldukça yüksektir. Havzanın yönü Kuzeydoğudan Güneybatıya doğru ve Tarsus-Yenice Bucağı Muratlı Köyü yolu üzerindedir. Havza çıkış yerinin deniz seviyesinden yüksekliği 95 metredir. Topçu Deresi Havzasının 1/12500 ölçekli topografik haritası Şekil 3.1'de, araştırmanın yapılacağı alt havza ise hem Şekil 3.1 üzerinde, hem de 1/6250 ölçekli topografik haritası Şekil 3.2'de verilmiştir.

3.1.2. Toprak Özellikleri

Araştırmanın yapılacağı alt havzada kahverengi orman büyük toprak gurubu yer almaktadır. Ana madde yüksek derecede kireç içermektedir. Çok zayıf horizona sahiptir. A, B, C horizonları mevcut olup, bunlar birbirine tedrici olarak geçiş yapar. A horizonu iyi teşekkül etmiş olduğundan açıkça görülür. pH'sı genellikle alkali renk kahverengidir. B horizonu granüler veya yuvarlak köşeli blok yapıda ve kahverengidir. B horizonunun kil içeriği C horizonundan daima fazladır (Topraksu, 1972).



Şekil 3.1. Tarsus Topçu Deresi Havzası Topografik Haritası



Şekil 3.2. Topçu Deresi Alt Havzası Topografik Haritası

3.1.3. İklim Özellikleri

Yörede Akdeniz iklimi hüküm sürmekte olup; yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Araştırma alanına en yakın meteoroloji istasyonu olan Köy Hizmetleri Tarsus Araştırma Enstitüsünün uzun yıllık meteorolojik verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık 17.8°C , en soğuk ay 8.8°C ile ocak ayı, en sıcak ay 26.6°C ile ağustos ayıdır.

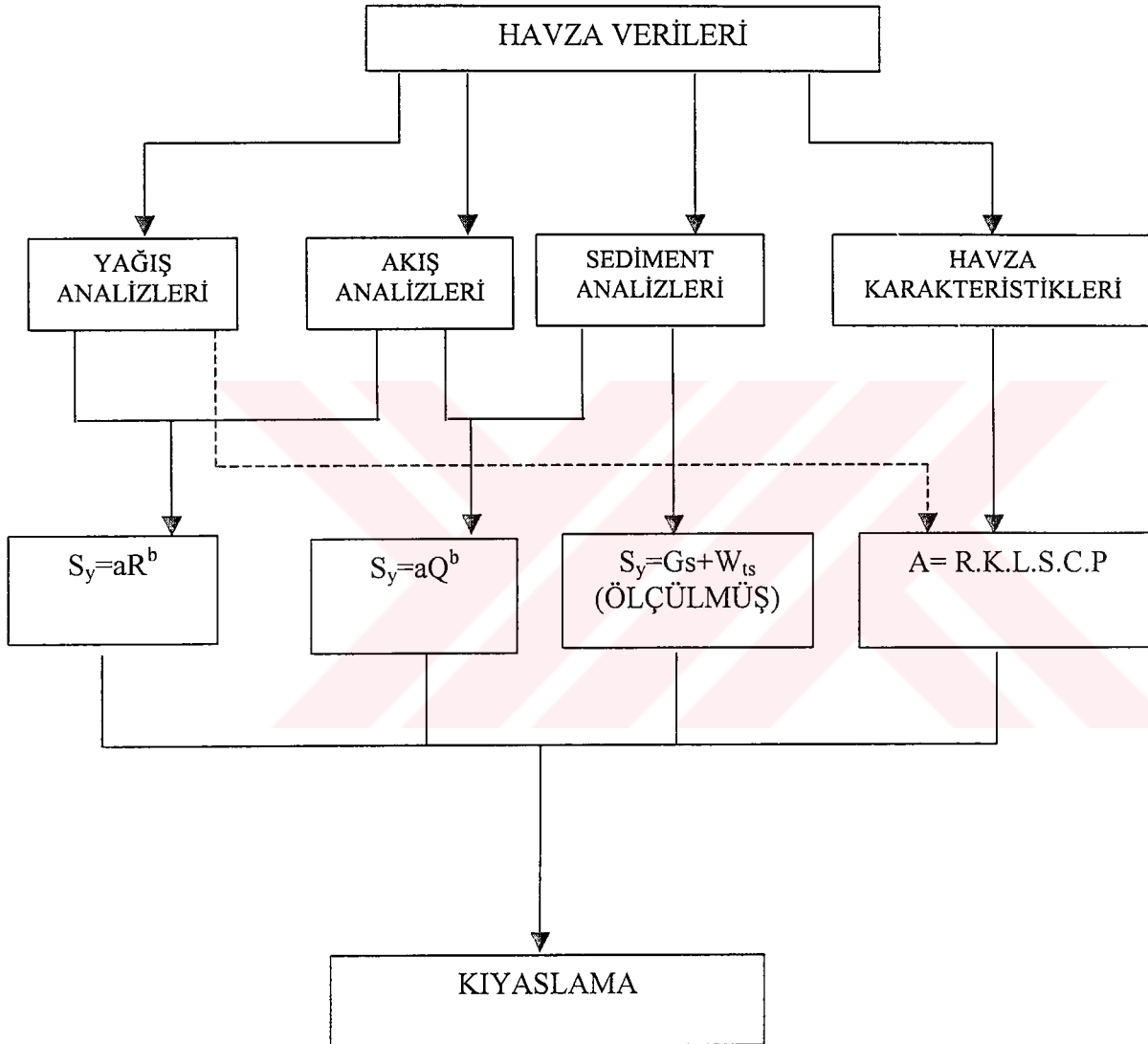
Halen Topçu Deresi Havzasında yürütülen araştırma çalışması sonuçlarına göre havzanın yıllık ortalama yağışı 654.3 mm, ortalama akımı ise 57.03 mm'dir. Topçu Araştırma İstasyonunun uzun yıllar yağış ortalaması ise 640.0 mm'dir. Yağış dağılımı homojen olmayıp yağışların %70'ine yakın kısmı sonbahar ve kış aylarında düşmektedir (Kuşvuran ve Canbolat 2001).

3.1.4. Bitki Örtüsü

Havzada nadaslı kuru tarım yapılmaktadır. Denemenin yapıldığı 1999-2000 su yılında; arazi ilk önce 1999 yılının ilkbaharında nadasa bırakılmış ve 2000 ilkbaharında ise kuru koşullarda pamuk bitkisi ekilmiştir. Arazinin %80'i çıplak arazi, %20'si çalılık arazidir.

3.2. Metot

Çalışmanın akış şeması şekil 3.3'de verilmiştir. Şemaya göre havza verilerini oluşturmak için yağış, akış, sediment analizleri yapılacaktır. Bu analizlerden sonra yağışların erosiv indisleri ile sediment arasındaki ve yüzey akış hacmi ile sediment arasındaki ilişkiler belirlenecektir. Ayrıca; havza karakteristikleri de belirlenerek ortaya çıkacak ilişkilerin benzer havzalara da aktarılma olanakları araştırılacaktır. Çalışmanın son bölümünde sonuçların kıyaslanması ve değerlendirilmesi yapılacaktır.



Şekil 3.3. Çalışmanın Akış Şeması

3.2.1. Yağışların Analizleri

Havzada yağış değerlerinin belirlenmesinde Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünün Klimatolojik Rasat El Kitabında Belirtilen esaslar dikkate alınmaktadır (Çölaşan, 1969). Günlük yağış rasatları 07:00-07:00 saatleri arasında alınmıştır.

Ölçme istasyonlarında ölçülen yağış değerleri nokta değerleridir. Hidrolojik çalışmalarda ise bir alan (havza) için, ortalama yağış veya belli bir sürede düşen toplam yağış değerleri gereklidir. Dolayısı ile nokta değerlerinden alansal ortalamaya geçilmesi gereklidir. Bunun için Aritmetik Ortalama, Thiessen ve Eş Yağış Eğrileri (İzohiyet) Metotları kullanılmaktadır (Özer, 1990; Bayazıt ve ark. 1978).

Bu çalışmada, istasyonların alanda dağılımına önem veren Thiessen Metodu kullanılarak, yağışlar alansal yağışa dönüştürülecektir (Özer, 1990; Bayazıt ve ark. 1978; Yılmaz, 1991, Tülücü, 1987).

3.2.1.1. Yağışların Erosiv Potansiyellerinin İncelenmesi

Su erozyonuna neden olan etmenlerin başında yağışlar gelir. Aşındırıcı bir güç olan yağışların çeşitli özellikleri ile toprak kaybı miktarları arasındaki ilişki bir çok araştırmacı tarafından uzun yıllardan beri araştırılmaktadır. Yağış ile oluşan toprak kaybı miktarı arasındaki doğrusal ilişki yeterli olmamaktadır. Çünkü yağış miktarı yanında, toprağın nem içeriği de önem kazanmaktadır. 1950 yılından sonra yapılan çok sayıdaki araştırmaların sonucuna göre erozyonu etkileyen 20'ye yakın yağış etmeninden yalnızca yağışların toprağa aktardığı toplam kinetik enerji ile yağış şiddetinin, toprak kaybı miktarı ile doğrusal ilişki verdiği belirlenmiştir. Wischmeier ve Smith Amerika Birleşik Devletlerinin muhtelif eyaletlerinde 10 bini aşkın deneme sonuçlarından yararlanarak yaptıkları istatistiksel çalışmalar sonucu yağışların toplam kinetik enerjileri ile 30 dakikalık maksimum yoğunlukları çarpımının ($E \times I =$ Erozyon İndeksi) eğim yönünde sürülmüş nadas bir tarladan oluşan toprak kaybı ile yüksek bir ilişkiye sahip bulunduğunu saptamışlardır (Doğan, 1987).

Çalışmada yağışlarının erosiv potansiyellerinin hesaplanmasında Wischmeier ve Smith (1978)'in, Amerika Birleşik Devletleri yağışlarının değerlendirilmesinde uyguladığı metot kullanılmış ve metot ile ilgili aşamalar aşağıda verilmiştir.

3.2.1.1.1. Analiz Edilen Yağışların Seçimi ve Özellikleri

Yağışların erosiv indeksleri saptanırken analiz edilecek yağışlarda üç kriter dikkate alınmıştır (Wishmeier ve Smith 1978).

- 6 saat yağışsız bir süre ile veya bu 6 saatlik süre içerisinde 1.27 mm'den daha az yağın bir yağış ile bir birinden ayrılan iki yağış müstakil kabul edilmiştir. Bu ana ilkeye göre yağış diyagramları üzerinde bağımsız yağışlar işaretlenmiştir. Belirlenen müstakil yağışların önce miktar ve yoğunlukları saptanmıştır.
- Miktarı 5 mm'den fazla olan bütün yağışlar değerlendirmeye alınmıştır. Ancak şiddeti 0.8 mm/h'ten küçük olan yağışlar analize dahil edilmemiştir. Miktarı 5 mm'den az, fakat şiddeti 10 mm/h'ten fazla olan yağışlar değerlendirilmiştir.

3.2.1.1.2. Yağışların Birim Kinetik Enerjilerinin Hesaplanması

Yapılan araştırmaların sonuçlarına göre yağışların kinetik enerjileri ile şiddetleri arasında doğrusal bir ilişki vardır (Doğan, 1987). Bir sağanağın birim kinetik enerjinin hesaplanmasında Wischmeier ve Smith (1978)'in geliştirdikleri eşitlik uygulanmıştır. Bu eşitliğin metrik sisteme göre ifadesi aşağıda verilmiştir.

$$Eu = 210.3 + 89 \log I \quad (3.1)$$

Burada;

Eu= Bir sağanağın birim kinetik enerjisini (ton-metre/ha/cm)

I= Yağışın şiddetini (cm/h) göstermektedir.

3.2.1.1.3. Yağışların Toplam Kinetik Enerjilerinin Hesaplanması

Bir yağışın toplam kinetik enerjisi, birim kinetik enerjinin, bağımsız kabul edilen yağışın miktarı, h (cm) ile çarpılarak belirlenmektedir.

$$E = E_u \times h \quad (3.2)$$

Burada;

E = Bir yağışın toplam kinetik enerjisi (ton-m/ha)

E_u = Bir sağanağın birim kinetik enerjisi (ton-m/ha/cm)

h = Yağış miktarı (cm)'dir.

3.2.1.1.4. Üiform Şiddetteki Yağışlar ve Kinetik Enerjileri

Şiddetleri tekdüze olan yağışların kinetik enerjileri, değişik şiddette düşen yağışların kinetik enerjilerinden farklı olacağından, yağış diyagramları incelenir ve yağışın süresi içerisindeki şiddeti belirlenir.

Yağış diyagramı eğrisinin düzgün bir eğimle artması veya yağışın aynı şiddette düşmesi üniform şiddetli yağış olarak tanımlanmaktadır. Üniform şiddetli yağışların kinetik enerjilerinin bulunmasında kullanılacak yağış şiddeti (cm/h) aşağıdaki biçimde hesaplanır.

$$I = \frac{h \times 60}{t} \quad (3.3)$$

Burada;

I = Yağış şiddetini (cm/h),

h = Yağış miktarını (cm),

t = Yağış süresini (Dakika) göstermektedir.

Elde edilen yağış şiddeti değeri eşitlik (3.1)'de ve sonra eşitlik (3.2)'de yerine konarak toplam kinetik enerji hesaplanır.

3.2.1.1.5. Üniform Şiddette Olmayan Yağışlar ve Kinetik Enerjileri

Doğal yağışlar genellikle devam süreleri içerisinde farklı şiddette düşerler, bu yağışların kinetik enerjileri de farklı olacaktır. Farklı kinetik enerjilere sahip yağışların toplam enerjileri, farklı şiddetteki her kısmın ayrı ayrı enerjilerinin tespiti ve toplanması ile bulunmaktadır. Bu analize ilişkin işlemler sırasıyla şöyledir (Wishmeier ve Smith, 1978):

- Yağış diyagramının yatay ekseninde yağışın farklılık gösteren kısımlarının devam süreleri (dakika) ve bu sürede düşen yağışın miktarı (cm) bulunur.
- Yağışın süre ve miktarı dikkate alınarak eşitlik (3.3) ile yağış şiddeti hesaplanır.
- Yağışın birim kinetik enerjisi eşitlik (3.1) ile saptanır.
- Toplam kinetik enerji eşitlik (3.2) ile bulunur.
- Her üniform bölümün toplam kinetik enerjisi toplanarak, yağışın tümünün toplam kinetik enerjisi elde edilir.

3.2.1.1.6. Yağışların 30 Dakikalık Maksimum Şiddetlerinin Hesaplanması

Doğan ve Güçer'in (1976) bildirdiğine göre, Wischmeier ve arkadaşlarının (1958) yaptıkları denemelerde , nadas bir tarladaki toprak kayıpları ile yağışın toplam kinetik enerjisi ve 30 dakikalık maksimum şiddetlerinin çarpımı arasında yüksek bir ilişki bulmuşlardır.

Bir yağışın 30 dakikalık maksimum şiddeti, o yağışa ait diyagram üzerinde yağış eğrisinin en dik olduğu yerdeki 30 dakika içerisinde düşen yağış miktarının cm/h olarak ifadesidir.

- 30 dakikadan fazla süreli yağışlarda maksimum şiddetin belirlenmesi için plüviyograf diyagramı üzerinde yağış eğrisi eğiminin en dik olduğu yerde 30 dakikalık bir sürenin başlangıç ve bitiş noktaları tespit edilir (EK 3.1). İşaretlenen noktalar arasındaki cm olarak yağış miktarının 2 ile çarpımı veya eşitlik (3.3) ile bulunan değer yağışın 30 dakikalık maksimum şiddetini verir.

- 30 dakikadan az süreli yağışlarda ise cm olarak saptanan toplam yağış miktarı 2 ile çarpılarak yağışın 30 dakikalık maksimum şiddeti bulunur.

3.2.1.1.7. Yağış Erosiv İndeksinin (R) Belirlenmesi

Deneysel erozyon denklemlerinin elde edilmesinde önemli bağımsız değişkenlerden birisi yağış erosiv indeksidir. Aşağıdaki gibi hesaplanır(Doğan, 1987).

$$R = \frac{E * I_m}{100} \quad (3.4)$$

Burada;

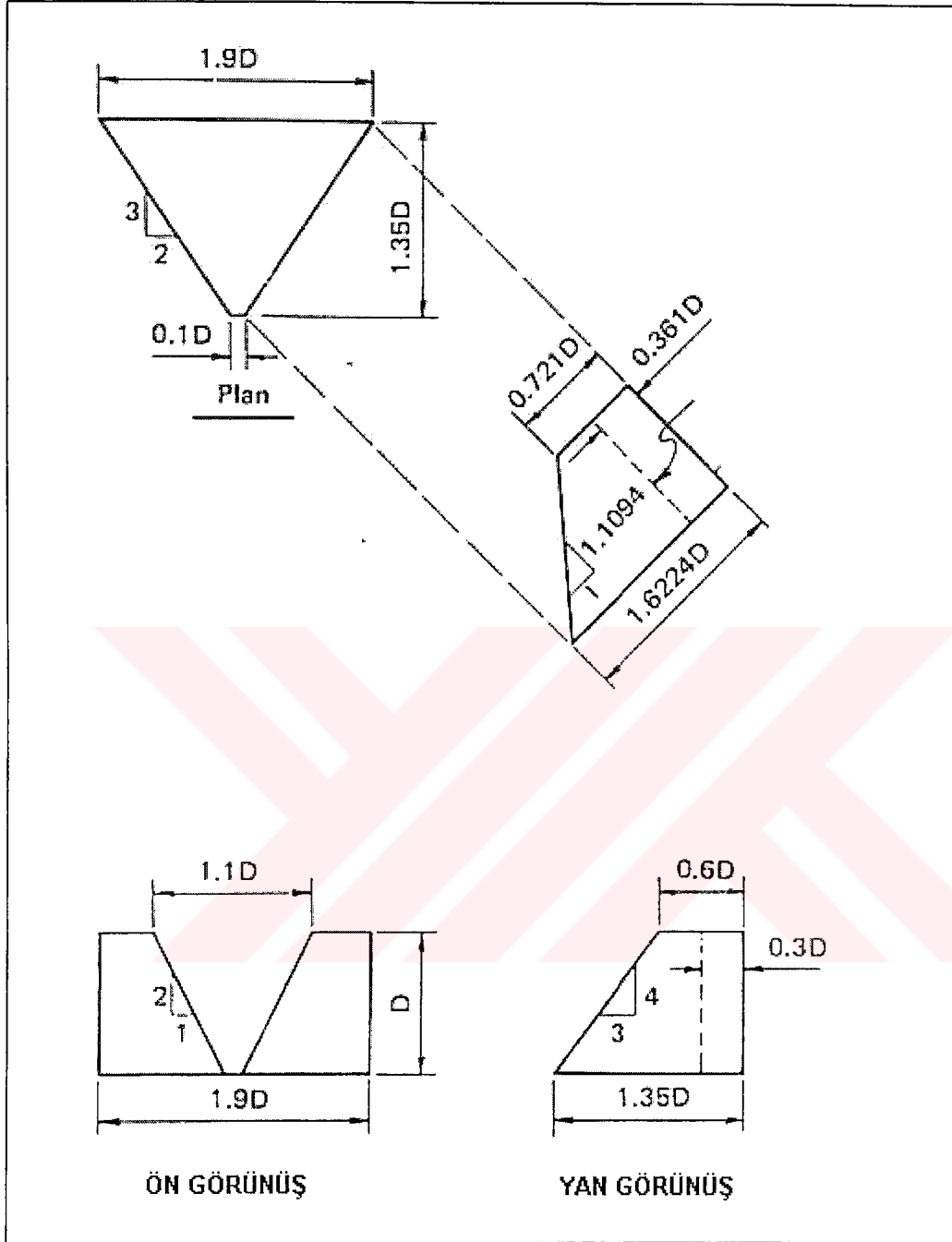
R= Yağış erosiv indeksi (ton-m/ha),

E= Toplam kinetik enerji (ton-m/ha),

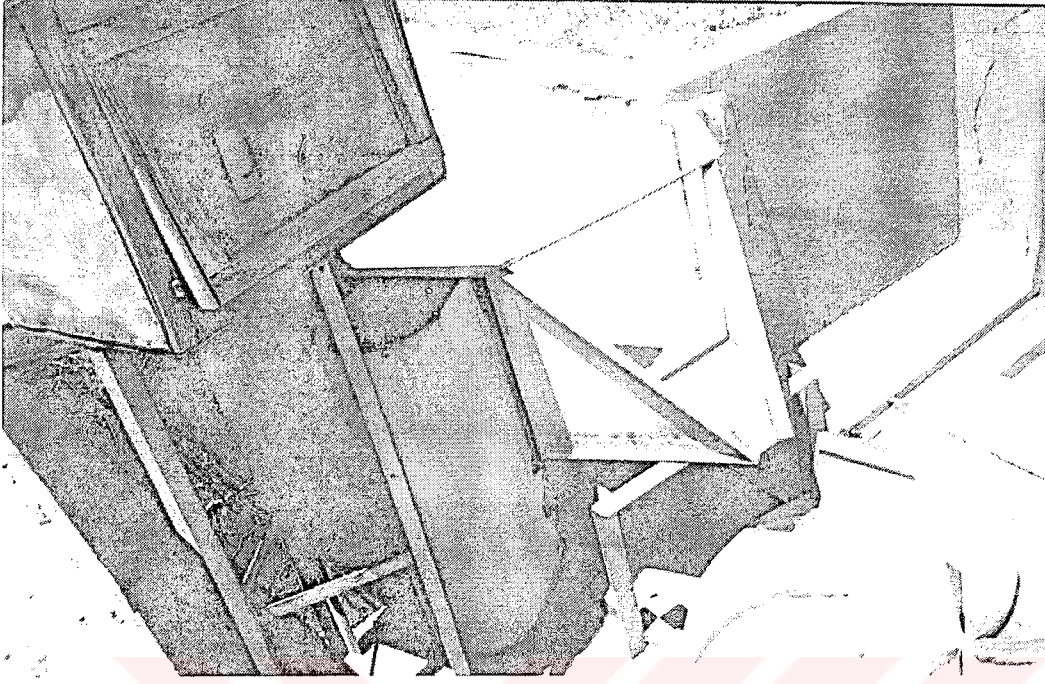
I_m = 30 Dakikalık maksimum yağış şiddeti (cm/h)'dir.

3.2.2. Akış Analizleri

Havza akımlarını ölçmek için, alt havzanın çıkış noktası olan 95 m kotuna, 1. dereceden bir kol olan ve sadece yağmur yağdığı durumlarda akan derenin, derinliğine ve genişliğine bakarak maksimum su taşıma kapasitesi tahmin edilmiş ve bu tahmine göre de 150.945 L/s'lik maksimum akım ölçme kapasitesine sahip olan, 45 cm'lik (1.5 foot'luk) H Savağı; savaktan geçen suyun zamansal dağılımını izlemek ve saptamak için de su derinliğini otomatik olarak grafik kağıdına çizen limnigraf aleti yerleştirilmiştir. Savağın görünüşleri ve boyutları Şekil 3.4'de görülmektedir. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüleri hidrolojik araştırmalarda Belford Inst. Com, FW-1 tipi limnigrafı kullandığından, bu araştırmada da Şekil 3.5'de gösterilen Belford tipi alet kullanılmıştır.



Şekil 3.4. H Savağının Şekli ve Boyutları



Şekil 3.5. Belfort Tipi Limnigraf Aleti, H Savağı ve Cochocton

3.2.3. Sediment Analizleri

Su ve hava ile sürüklenen, bunların içerisinde asılı kalan veya çökelen katı maddelere jeoloji biliminde sediment denir (Öztürk, 1992). Sediment iki kısımdan oluşmaktadır. Bunlar süspanse sediment ve yatak yükü sedimentleridir.

3.2.3.1. Süspanse Sedimentin Analizi

Karışıkları suların içinde, ince taneli, hafif yapılarından dolayı her yöne yayılan, yüzerek taşınan ve suların bulanıklığına neden olan kil, silt ve ince kumdan oluşan katı maddelere süspanse sediment denmektedir (Sevinç, 1993). Süspanse sediment; yerel hidrodinamik koşulların etkisi altında yatay ve düşey eksenlerde farklı bir dağılım gösterir. Farklı dağılıma birçok faktör etki etmekle beraber en önemlileri suyun hızı ve derinliğidir.

Parsellerde ve küçük araştırma havzalarının çoğunda sediment ölçümleri Coshocton ve Multislot gibi sürekli örnekleme yapan aygıtlarla yapılmaktadır (Dendy ve ark. 1979). Bu çalışmada sadece Coshocton aleti kullanılmıştır. H savağının mansap kısmına yerleştirilen Coshocton aletinin seviye olarak daha alt

kısmına bir varil yerleştirilmiştir. H savağı ve Cochocton aleti, Şekil 3.5’de görülmektedir. Yağışlardan sonra meydana gelen yüzey akış, savaktan geçerek, mansap kısmında bulunan ve gelen yüzey akışın 1/200’ünü üzerindeki 2^g’lık yarık vasıtasıyla içine alan coshocton aleti ve bu alete 6.35 cm’lik bir boru vasıtasıyla bağlı bulunan varilde toplanmak üzere düzenlenmektedir.

Her yağıştan sonra, bir yağışın getirdiği toplam yüzey akış hacmini (m³) bulmak için önce varildeki su yüksekliği bir eşel vasıtası ile ölçülecek; sonra eşel’den okunan değer varilin taban alanı ile çarpılarak varildeki su hacmi bulunacaktır. Varilde biriken su, gelen suyun 1/200’ü olduğu için bulunan hacim 200 ile çarpılarak, bir yağışın getirdiği toplam yüzey akış hacmi tespit edilecektir. Sonra varilde biriken su karıştırılarak, kuru madde miktarını (ppm) bulmak için belirli bir miktar su örneği alınacaktır. Laboratuarda, alınan su örneğinden sediment ölçümü yapılarak, belirli hacimdeki suyun içerisindeki kuru madde miktarı, yani varildeki suyun içerisindeki toplam sediment miktarı bulunacaktır.

Yağışın oluşturduğu sedimentin hesaplanmasında Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığının 224 nolu tarım el kitabında belirtilen yöntem kullanılmıştır (USDA, 1979). Metrik sistemde denklem aşağıdaki biçimde verilmektedir.

$$G_s = \frac{Q * C_s}{10^3 * A_w} \quad (3.5)$$

Burada;

G_s = Süspanse sediment verimi, kg/ha

Q = Toplam yüzey akış hacmi, m³

C_s = Sediment konsantrasyonu, ppm

A_w = Havza alanı, ha

3.2.3.2. Yatak Yükü Sedimenti Analizi

Süspanse sediment verimlerine ek olarak, savağın yaklaşım kanalında ve savakta biriken sediment de ölçülecektir (Şekil 3.6). Yatak yükünü belirlemek için yaklaşım kanalındaki ve savaktaki çamurdan örnek alınacak ve geri kalanı da ölçülerek, bir sonraki akım olayını ölçmek için savak temizlenecektir. Örnekler kurutulduktan sonra, laboratuarda kuru madde miktarları bulunacaktır.

Sediment birikintisinin kuru ağırlığını belirlemek için genelde aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır (USDA, 1979).

$$W_{sd} = W_{sw} * P_{dm} \quad (3.6)$$

Burada;

W_{sd} = Kuru sediment ağırlığı, gr

W_{sw} = Yaş sediment ağırlığı, gr

P_{dm} = Kuru materyal yüzdesi, %

Ancak bu araştırma için arazide yapılan işlemleri azaltmak için (3.6) nolu eşitlik geliştirilerek aşağıdaki hale geliştirilmiştir.

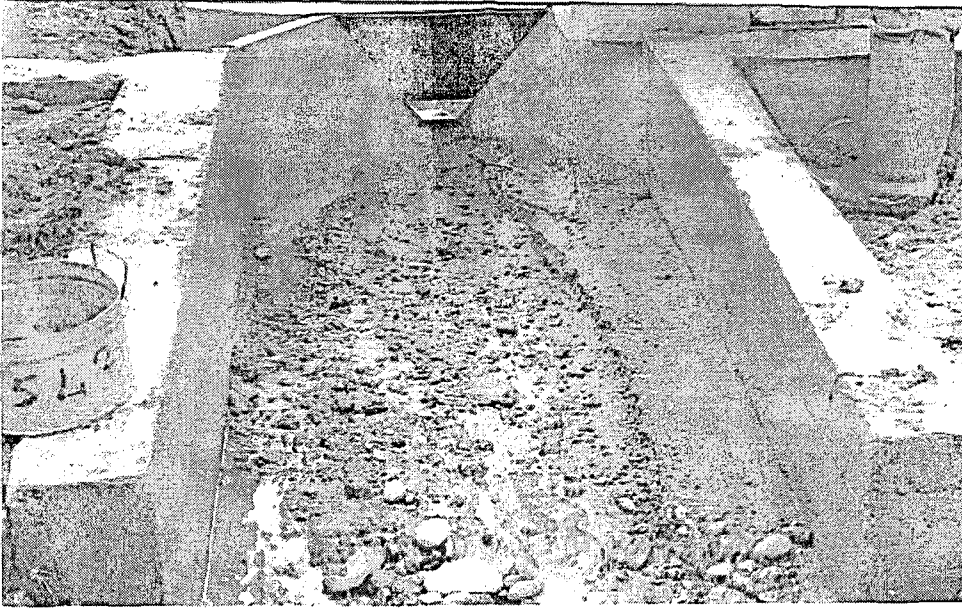
$$W_{ts} = m * dm \quad (3.7)$$

Burada;

W_{ts} = Bir yağışın sebep olduğu yatak yükü, gr

m = Toplam kova sayısı

dm = Bir kova çamurun kuru madde miktarı, gr



Şekil 3.6. Savak Girişinde Yatak Yükü Sedimenti (20.04.2000 Yağışı)

3.2.4. USLE ile Sediment Tahmini

Su erozyonu ile bir havzadan taşınacak toprak miktarının belirlenmesi için çeşitli ülkelerde bölgesel özellikli bir çok ilişkiler geliştirilmiştir. Bu ilişkilerden çok yaygın olarak kullanılanlardan birisi USLE (Üniversal Toprak Kaybı Denklemi) yöntemidir. USLE 1950'nin sonlarında Wischmeier ve Smith (1978) tarafından ABD'de geliştirilmiştir. Bu yöntem bu çalışmada kıyas amacıyla kullanılacaktır. Denklem ve parametreleri aşağıdaki gibidir.

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (3.8)$$

Burada;

A= Bir havzadan veya araziden oluşması muhtemel toprak kaybı (ton/ha/yıl)

R= Yağış erosiv indisi (ton-m/ha)

K= Toprakların erozyona duyarlılık faktörü

L= Eğim uzunluğu faktörü

S= Eğim derecesi faktörü

C= Bitki amenajman faktörü

P= Toprak muhafaza tedbirleri faktörüdür

3.2.4.1. USLE Parametrelerinin Belirlenmesi

Denklem (3.8)'deki parametreler Wishmeier ve Smith (1978)'e göre izleyen kısımda olduğu gibi belirlenecektir.

R, Yağış erozyon indeksi: Eşitlik (3.4) ile hesaplanacak olan yağış erozyon indekslerinin yıllık toplanması ile elde edilecektir.

K, Erozyon duyarlılık faktörü: Toprağın organik madde, tekstür, strüktür ve geçirgenlik değerlerine göre aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenecektir (USDA, 1997).

$$100 \cdot K = \left[(2.1 \cdot 10^{-4}) (M_o^{1.14}) (12 - a) + 3.25 \cdot (b - 2) + 2.5 \cdot (c - 3) \right] \cdot d \quad (3.9)$$

Burada;

M_o = Zerre irilik parametresi,

a = Organik madde içeriği, %

b = Strüktür tipi kodu,

c = Su geçirgenlik kodu,

d = Metrik sisteme dönüştürme katsayısı ($d= 1.292$)

Zerre irilik parametresi M_o ise aşağıdaki eşitlik yardımı ile bulunacaktır.

$$M_o = (\text{Çok ince kum} + \text{Silt})(100 - \text{Kil}) \quad (3.10)$$

“Yüzde silt+çok ince kum” için 0.002-0.10 mm ve “yüzde kum” için 0.10-2.0 mm büyüklük sınırları kullanılmalıdır.

Strüktür kodları ve geçirgenlik sınıfları aşağıdaki gibidir (Lal ve Elliot, 1994).

Strüktür kodları:

1. Çok ince granüler (<1 mm)
2. İnce granüler (1-2 mm)
3. Orta granüler (2-5 mm), kaba granüler (5-10 mm)
4. Levhali, prizmatik, kolumnar, blok ve çok kaba granüler.

Geçirgenlik sınıfları:

<u>Sınıfı</u>	<u>Geçirgenlik (cm/h)</u>
1. Hızlı-çok hızlı	>12.5
2. Orta hızlı	6.5-12.5
3. Orta	2.0-6.5
4. Orta yavaş	0.5-2.0
5. Yavaş	0.125-0.5
6. Çok yavaş	< 0.125

C, Bitki amenajman faktörü: Bitki nöbetleşmesi ile ilgili bir faktör olup, havza bitki örtüsüne göre tartılı olarak hesaplanacaktır.

L, Eğim uzunluğu faktörü: Havza parametresi eğim uzunluğu (l_e) ile eşitlik (3.11) yardımıyla hesaplanacaktır.

$$L = \left(\frac{l_e}{22.1} \right)^{0.5} \quad (3.11)$$

Burada;

l_e = Eğim uzunluğunu (m) göstermektedir.

P, Toprak muhafaza faktörü: Topçu Deresi Havzası için alınan toprak muhafaza tedbirlerine bağlı olarak önerilen yöntemle belirlenecektir.

S, Eğim derecesi faktörü: Havza parametreleri eşitlik (3.12) yardımıyla elde edilecektir.

$$S = \frac{0.43 + 0.30s + 0.043s^2}{6.613} \quad (3.12)$$

Burada;

s = Arazi eğimini (%) göstermektedir.

3.2.4.2. Havza Karakteristiklerini Belirleme Yöntemleri

Üniversal Denklem parametrelerini elde etmek için gerekli olan havza karakteristiklerini belirleme yöntemleri izleyen kısımda verilmiştir.

A_w, Havza alanı: Bir derenin veya bir akarsuyun havza alanı, havza sınırları içerisinde kalan yüzeyin yatay bir düzlem üzerindeki projeksiyonu olarak alınır (Tülücü, 1997; Özer, 1990).

S_H, Havza ortalama eğimi: Bir havzada tesviye eğrilerinin toplam uzunluğunun (M), iki tesviye çizgisi arasındaki kot farkı (D) ile çarpılıp havza alanına bölünmesi ile elde edilir (Tülücü, 1997).

$$S_H = \frac{D}{A} \sum_{i=1}^n M_i \quad (3.13)$$

Burada;

i= Tesviye eğrisi,

n= Tesviye eğrisi sayısı'dır.

L_s, Ana su yolu uzunluğu, ana su yolu uzunluğu topografik haritadan körvimetre ile ölçülür (Strahler, 1964).

l_e, Eğim uzunluğu, yüzey akışın olduğu noktadan itibaren, eğimin azaldığı ve birikmenin başladığı veya yüzey akışın bir kanala veya çevirme terası kanalı olarak inşa edilmiş bir kanala kadar olan mesafedir (USDA, 1997).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Yağış Analiz Sonuçları

Topçu Deresi havzasında, Şekil 3.1’de görüldüğü gibi üç adet yağış istasyonu kurulmuştur. Thiessen poligon alanları metoduna göre, R1 istasyonu çalışma alanını temsil etmektedir (Canbolat, 1996). Bu çalışmada, yağış değerleri için R1 istasyonunun 2000 su yılının plüviyograf kayıtları kullanılmıştır

Bu araştırmanın yürütüldüğü 2000 su yılında R1 yağış istasyonundan elde edilen günlük yağış değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. 2000 su yılında R1 istasyonuna toplam 609.7 mm yağış düşmüştür. Uzun yıllık ortalama ise 654.3 mm’dir. 2000 su yılında alt havzaya düşen yağış uzun yıllık havza ortalamasından 44.6 mm daha azdır. Yağışların %2.9’u sonbahar, %53.9’u kış, %38.2’si ilkbahar ve %5’i ise yaz mevsimi içerisinde düşmüştür. Çizelgeye göre R1 istasyonunun yağışlı gün sayısı 73 gün olmuştur. İstasyonun uzun yıllık ortalamasına denk olmuştur (Kuşvuran ve Canbolat, 2001). Çizelgeye göre havzaya; ocak, şubat, mart, nisan ve mayıs aylarında sediment veren yağışlar düşmüştür. Bu yağışların en büyüğü 65.7 mm ile 20 Nisan 2000 (EK 4.1) ve en küçüğü ise 1.6 mm ile 10 Ocak 2000 tarihinde meydana gelmiştir.

Çizelge 4.1’de bir birlerine yakın görünen bazı yağış değerleri sediment oluşturduğu halde aynı değere yakın diğer yağışlar sediment oluşturmamışlardır. 6 ocak 2000 tarihinde düşen 24.6 mm’lik yağış sediment verimi vermezken, 10 ocak 2000’de 1.6 mm olarak düşen yağış sediment verimi vermiştir. Bunun nedeni, 6 ocak 2000’de düşen yağışın süresi 17 saat 25 dakika, 10 ocak 2000’de düşen yağışın süresi ise 2 saat 40 dakika’dır. Aynı zamanda 6 Ocak’tan önce birer gün ara ile 3.4 mm, 2.7 mm ve 2.7 mm yağmur düşmüş, fakat 10 Ocak’taki 1.6 mm’lik yağmurdan önce düşen 26.4 mm, 48.5 mm ve 14.2 mm gibi büyük sayılabilecek yağmurlar toprak rutubetini arttırmışlardır.

Çizelge 4.1. R1 İstasyonu'nun 2000 Su Yılı Günlük** Yağış Değerleri (mm)

Gün	AYLAR											
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	1.0				6.9*			0.4				
2						2.0						
3				3.4								
4				2.7				0.1	0.9			
5				2.7	8.0	0.2		19.8*				
6				24.6	2.7			21.0*				
7		0.8		0.1		1.7		15.9*				1.6
8				48.5*				2.0*				
9				14.2*			0.4					
10	2.4			1.6*								
11						2.5						
12	0.3					6.6*						
13												
14			4.5				0.8					
15			9.5									2.5
16					25.2*							
17					18.1*							
18	0.4			1.9		1.9		5.2				
19				20.7*		0.2	0.1					
20				18.6*	12.7*	3.4*	65.7*					
21							23.5*					
22					21.3*		5.2*					
23					4.5*		6.7*					
24	0.1	5.3					18.8*					
25			3.9	30.8*	2.0*		21.1				13.0	
26		0.3	5.4	0.6				4.9				
27			0.3									
28			9.0								16.8	
29			19.9				2.8					2.0
30			0.5									0.9
31	0.1			3.6*								

(*) Sediment verimi meydana getiren yağışlar

(**)Saat 07:00'dan 07:00'a kadar olan yağış

4.2. Erosiv İndis ve Erosiv İndis-Sediment İlişkisi

Alt havzayı temsil eden R1 istasyonunun 73 adet yağış kayıtları incelenmiş ve Bölüm 3.2.1.1.1'deki kriterlere göre 32 adet yağışın erosiv özellik gösterdiği belirlenmiştir. Bu 32 adet yağışın erosiv faktörleri Denklem (3.4) kullanılarak hesaplanmış ve Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. Erosiv özellik gösteren yağışların hepsi akım vermemiş ancak 25 adedinde akım olayı, dolayısı ile de sediment verimi gözlenmiştir. Sediment verimi veren yağışların erosiv faktörleri ile, yağışlardan elde edilen sediment verimleri ton/ha olarak grafiklenmiş (Şekil 4.1), “Erosiv Faktör-Sediment Verimi Eğrisi ve Denklemi” elde edilmiştir. Araştırma sonunda, yağışların erosiv indisleri ile sediment verimleri arasındaki ilişki aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$S_y = 0.0061 \cdot R^{1.3609} \quad (4.1)$$

Bu ilişkinin belirginlik katsayısı $r^2 = 0.4315$ olmuştur. Erosiv faktöre arazinin fiziksel özellikleri etkili olmadığı, yalnız yağışın etkisinin olması nedeniyle bu denklemi başka bir yerde kullanmak üzere genelleştirmek olası olamaz. Ancak bu havza için kullanabilir.

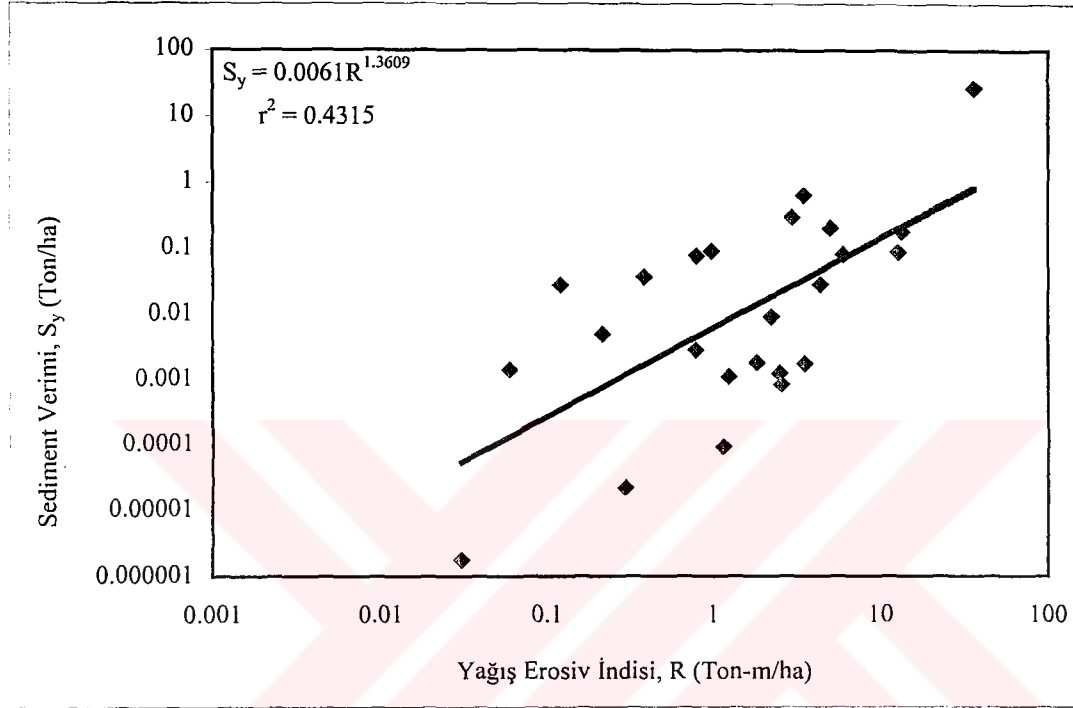
EİE idaresi, 1962-1990 yılları arasında farklı havzalarda 95 adet sediment gözlem istasyonunda gözlemler yapmış, gözlem sayıları 28 ile 297 arasında, r^2 'ler de 0.46 ile 0.89 arasında değişmiştir (EİE, 1993). Araştırma incelendiğinde, gözlem sayısı arttığında r^2 'nin de 1'e yaklaştığı görülmektedir.

Bu çalışmada elde edilen r^2 değeri istatistiksel olarak incelendiğinde %99 güvenle önemli olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.2. Yağışların Erosiv İndisleri

Sıra No	Yağış Tarihi	30 Dakikalık		Toplam Kinetik Enerji (Ton-m/ha) E	Yağış Erosiv İndisi (Ton-m/ha) R	Toplam Sediment Verimi (Ton/ha) S _y
		Yağış Yüksekliği (cm)	Maksimum Yağış Şiddeti (cm/h) I _m			
1	24.11.1999	0.49	0.98	121.58	1.191	0
2	14.12.1999	0.37	0.74	96.54	0.714	0
3	15.12.1999	0.40	0.80	158.46	1.268	0
4	26.12.1999	0.09	0.18	64.50	0.116	0
5	28-29.12.1999	0.40	0.80	468.06	3.744	0
6	05-06.01.2000	0.44	0.88	469.86	4.135	0
7	08.01.2000	0.72	1.44	931.85	13.42	0.177331
8	09.01.2000	0.60	1.20	207.70	2.49	0.001248
9	10.01.2000	0.08	0.16	19.11	0.03	0.000002
10	19.01.2000	0.18	0.36	316.57	1.14	0.000092
11	20.01.2000	0.20	0.40	310.05	1.24	0.001094
12	25.01.2000	0.34	0.68	513.19	3.49	0.640426
13	31.01-01.02.2000	0.13	0.26	114.13	0.30	0.000022
14	05.02.2000	0.15	0.30	146.41	0.439	0
15	16.02.2000	0.33	0.66	388.72	2.57	0.000837
16	17.02.2000	0.55	1.10	321.37	3.54	0.001759
17	20.02.2000	0.50	1.00	222.66	2.23	0.009000
18	22.02.2000	0.24	0.48	380.28	1.83	0.001819
19	23.02.2000	0.90	1.80	21.29	0.38	0.036505
20	25.02.2000	0.50	1.00	21.60	0.22	0.004902
21	12.03.2000	0.35	0.70	112.05	0.78	0.002815
22	20.03.2000	0.10	0.20	29.81	0.06	0.001402
23	20.04.2000	1.16	2.32	1552.88	36.03	26.894177
24	21.04.2000	0.65	1.30	462.10	6.01	0.079230
25	22.04.2000	0.37	0.74	107.57	0.80	0.076195
26	23.04.2000	0.40	0.80	122.09	0.98	0.089639
27	24.04.2000	0.89	1.78	281.24	5.01	0.199169
28	25.04.2000	1.84	3.68	544.03	20.030	0
29	05.05.2000	0.58	1.16	374.07	4.34	0.028019
30	06.05.2000	0.47	0.94	314.41	2.96	0.293912
31	07.05.2000	1.52	3.04	421.36	12.81	0.086696
32	08.05.2000	0.18	0.36	33.20	0.12	0.027384

Çizelge 4.2’de 5, 6 ve 13’ncü sıradaki yağışlar, Bölüm 3.2.1.1.1’deki kriterlere göre, müstakil yağışlardır. Örneğin; yağış 31 Ocak 2000 tarihinde saat 22:00’da başlayıp, 1 Şubat 2000 saat 18:30’a kadar aralıksız devam etmiştir. Bu yağışın erosiv potansiyeli incelendiğinde, bu yağış müstakil kabul edilmiştir.



Şekil 4.1. Erosiv Faktör- Sediment Verimi İlişkisi

4.3. Akış Analizi Sonuçları

Alt havzada bir yağıştan meydana gelen yüzey akışı belirlemek için savağın mansabına yerleştirilmiş bulunan Coshocton’dan geçen yüzey akış, savaktan geçen yüzey akışın 1/200’üdür. Bu su hacmi, Coshocton’dan daha alt bir seviyede bir varilde toplanmıştır. Bu varilde toplanan suyun seviyesi ile varilin taban alanının çarpımı, savaktan geçen suyun 1/200’ünü vermiştir. Bu değeri 200 ile çarparak ; bir yağışın meydana getirdiği toplam su hacmi (m^3) elde edilmiştir.

Bu çalışmada ölçülen 25 adet yağış ve bunlardan meydana gelen toplam su hacimleri Çizelge 4.3’te verilmiştir.

4.4. Sediment Analizi Sonuçları

4.4.1. Süspanse Sediment Analizi Sonuçları

Süspanse sediment verimini bulmak için her bir yağıştan sonra savaktan ve Cochocton'dan geçen ve varilde biriken su hacmi belirlenmiş, daha sonra varildeki su karıştırılarak buradan yaklaşık 1 lt tek bir örnek alınmıştır. Laboratuvarında birim hacimdeki kuru madde miktarı ppm olarak tespit edilmiştir. Bulunan bu değerler eşitlik (3.5)'de yerine konarak, alt havza için birim alandan bir yağışta meydana gelen süspanse sediment verimi bulunmuştur. Ölçülen 25 adet yağış olayında Topçu deresi alt havzasından 2000 su yılında toplam 52.6163 ton/ha süspanse sediment verimi meydana gelmiştir. Süspanse sediment verimi veren 25 adet yağış ve bunların süspanse sediment verimleri Çizelge 4.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1'deki sediment veren günlük yağış derinlikleri ile Çizelge 4.3'deki sediment veren yağış derinlikleri birbirinden farklı görülmektedir. Nedeni Dünya meteoroloji birliğine göre gün 07:00'da başlar ve ertesi gün 07:00'da biter (Çölaşan, 1969). Çizelge 4.3'deki yağışlar ise her bir yağış olayıdır. Örneğin, EK 4.2'de görülen ve 8 ocak 2000 tarihinde saat 10:00'da başlayan yağmur, ertesi gün saat 8:40'a kadar aralıklarla devam etmiştir. Bu yağışı günlük yağış olarak incelersek, saat 7:00'da kesilir ve 8 ocak 2000 saat 10:00 ile 9 ocak 2000 saat 07:00 arasını değerlendirmeye alınır. Bu zaman zarfında yağan yağmur miktarı 48.5 mm'dir. Halbuki bu yağış 9 ocak 2000 tarihinde saat 07:00'da kesilmeyip saat 8:40'a kadar devam etmiştir. Bu yağışı, bir yağış olayı olarak ele aldığımızda ise bu yağışın miktarı 51.9 mm'dir.

Çizelge 4.3. Süspanse Sediment Verim Değerleri

Sıra No	Akım Veren Yağışın Tarihi	Yağış Yüksekliği (mm) h	Yağış Süresi (Dakika) t	Varildeki su Yüksekliği (cm)	Toplam Su Hacmi (m ³) Q	Süspanse Sediment konsantrasyonu (ppm) C _s	Süspanse Sediment Verimi (Ton/ha) G _s
1	08.01.2000	51.90	1570	120.0	120.637	6560	0.1759
2	09.01.2000	10.50	305	13.8	13.905	20	0.0001
3	10.01.2000	1.60	160	0.5	0.474	20	0.0000
4	19.01.2000	22.40	1320	0.9	0.861	2070	0.0004
5	20.01.2000	18.80	552	12.0	12.021	24610	0.0657
6	25.01.2000	24.60	901	72.0	72.382	38960	0.6267
7	31.01.2000	3.60	520	0.4	0.370	490	0.0000
8	01.02.2000	6.90	715	0.6	0.639	1000	0.0001
9	16.02.2000	24.30	1240	5.2	5.225	19000	0.0221
10	17.02.2000	18.00	614	37.4	37.630	16000	0.1338
11	20.02.2000	12.50	440	11.5	11.563	10000	0.0257
12	22.02.2000	23.10	1020	38.9	39.059	82000	0.7117
13	23.02.2000	1.30	130	11.5	11.604	10000	0.0258
14	25.02.2000	2.20	320	11.1	11.197	2000	0.0050
15	12.03.2000	6.40	162	1.9	1.863	63000	0.0261
16	20.03.2000	2.20	138	1.0	0.987	32000	0.0070
17	20.04.2000	64.80	760	238.4	239.657	869000	46.2804
18	21.04.2000	25.40	1220	92.9	93.380	19000	0.3943
19	22.04.2000	5.10	870	11.1	11.197	19000	0.0473
20	23.04.2000	6.90	790	12.2	12.215	33000	0.0896
21	24.04.2000	18.90	1090	6.3	6.311	126000	0.1767
22	05.05.2000	18.10	740	7.5	7.530	146000	0.2443
23	06.05.2000	17.90	992	9.1	9.161	125000	0.2545
24	07.05.2000	15.20	378	55.2	55.487	248000	3.0580
25	08.05.2000	2.00	308	9.0	9.046	122000	0.2452
Yıllık Süspanse Sediment Verimi							52.6163

4.4.2. Yatak Yükü Sedimenti Analizi Sonuçları

Araştırma süresi boyunca 15 yağış olayında savağın menba kısmında yatak yükü meydana gelmiştir. Savağın menba kısmında biriken çamurdan 1.65 m'lik savak boyunun yaklaşık orta yerinden 1 kova örnek alınmış, geri kalanları ise hacim olarak ölçülerek savak temizlenmiştir. Alınan çamur örnekleri kurutulmuş ve daraları düşülerek 1 kova çamurun kuru madde miktarı tespit edilmiştir. Elde edilen değerler eşitlik (3.7)'de yerine konarak, her bir yağışın sebep olduğu yatak yükü bulunmuş ve bu değerler Çizelge 4.4'de gösterilmiştir. Araştırma boyunca 15 olayda birim alandan 3.809 ton/ha toprak yatak yükü sedimenti olarak kaybolmuştur.

Çizelge 4.4. Yatak Yükü Sedimenti Değerleri

Akım Veren Yağışın Tarihi	Yağış Yüksekliği (mm) (h)	1 Kova Sedimentin Yaş Ağırlığı (gr) (W_{sw})	1 Kova Sedimentin Kuru Ağırlığı (gr) (dm)	Toplam Kova Adedi (m)	Bir yağışın sebep olduğu yatak yükü (W_{ts})	
					(gr)	(Ton/ha)
08.01.2000	51.90	7100	6610	1	6610	0.0015
09.01.2000	10.50	6100	5610	1	5610	0.0012
25.01.2000	24.60	6680	6190	10	61900	0.0138
17.02.2000	18.00	5250	4760	1	4760	0.0011
20.02.2000	12.50	6000	5510	7	38570	0.0086
23.02.2000	1.30	5720	5230	9	47070	0.0105
20.04.2000	64.80	7910	7420	2180	16175600	3.5946
21.04.2000	25.40	7750	7260	28	203280	0.0452
22.04.2000	5.10	7260	6770	20	135400	0.0301
23.04.2000	6.90	5420	4930	1	4930	0.0011
24.04.2000	18.90	7720	6730	15	100950	0.0224
05.05.2000	18.10	5100	4610	21	96810	0.0215
06.05.2000	17.90	7210	6720	26	174720	0.0388
07.05.2000	15.20	6550	6060	6	36360	0.0081
08.05.2000	2.00	6580	6090	8	48720	0.0108
Toplam Yatak Yükü Sedimenti Miktarı						3.8092

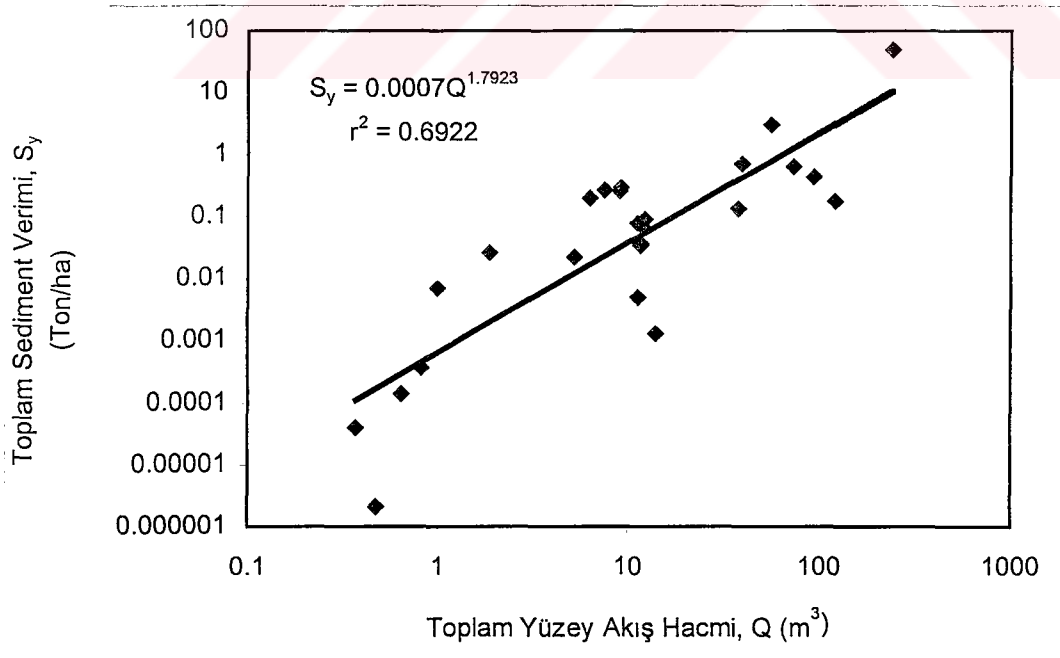
4.4.3. Alt Havzanın Sediment Verimi

Bölüm 3.2.3.1 ve 3.2.3.2’de verilen yöntemlere göre süspanse sediment ve yatak yükü sedimenti miktarı tespit edilmiş ve bir yağışın getirdiği toplam sediment miktarı elde edilmiştir. Bütün bu işlemler (EK 4.3)’te gösterilmiştir. 2000 su yılında 25 adet yağış olayı sonucunda araştırma havzasından toplam 56.4255 ton/ha toprağın kaybolduğu saptanmıştır.

Ölçümler sonucu elde toplam su hacimleri, Q (m^3), ve sediment değerleri, S_y (Ton/ha), Log-Log grafik kağıdına karşılıklı olarak grafiklenerek Sediment Anahtar Eğrisi elde edilmiştir (Şekil 4.2). 25 adet yağış olayı sonucunda yüzey akışa geçen toplam su hacmi ile toplam sediment verimleri arasındaki ilişki aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$S_y = 0.0007 \cdot Q^{1.7923} \quad (4.2)$$

Toplam yüzey akış hacmi ile sediment verimi arasındaki ilişkinin belirginlik katsayısı $r^2=0.6922$ bulunmuştur. r^2 istatistiksel olarak analiz edilmiş ve %99 güvenle önemli çıkmıştır.



Şekil 4.2. Sediment Anahtar Eğrisi

4.5. Havza Karakteristikleri

Üniversal Denklem parametrelerini elde etmek için gerekli olan bazı havza karakteristikleri Bölüm 3.2.4.2'deki yöntemlere göre aşağıdaki gibi elde edilmiştir

-Havza Alanı (A_w)	: 0.045 km ²
-Havza Ortalama Eğimi (S_H)	: %24.6
-Ana Su Yolu Eğimi (S_s)	: %11.7
-Ana Su Yolu Uzunluğu (L_s)	: 0.300 km
-Eğim Uzunluğu (l_e)	: 206 m

Havza ortalama eğimi $S_H = \%24.6$ olarak çıkmıştır. Havza bu eğim derecesine göre, çok dik eğim sınıfına girmektedir (Topraksu, 1974).

4.5.1. USLE ile Havza Sediment Veriminin Tahmini

Topçu Deresi Alt Havzasından meydana gelebilecek olan sediment tahmini için Üniversal Denklem parametreleri (Bölüm 3.2.4.1) göre bulunmuş ve Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Topçu Deresi Alt havzası için oluşması muhtemel toprak kaybı miktarını bulmak için aşağıdaki verilerle, Denklem (3.8) çalıştırılmış ve;

$$R = 137.279 \text{ ton-m/ha}$$

$$K = 0.26$$

$$C = 0.37$$

$$L = 3.05$$

$$P = 0.80$$

$$S = 5.12 \text{ değerlerinden, } A = 164.983 \text{ ton/ha/yıl olarak bulunmuştur.}$$

Çizelge 4.5. USLE Parametreleri

USLE Faktörleri	Elde Edilen Değerler	Düşünceler
R	137.279	Bir yıl boyunca yağan 73 adet yağışın 32 adedi erosiv özellik göstermiş, bunların erosiv faktörleri Bölüm 3.2.1.1'e göre bulunmuş ve Çizelge 4.2'den Yıllık erosiv indis $R=137.279$ ton-m/ha olarak elde edilmiştir.
K	0.26	K değeri, Wischmeier ve Smith (1978) tarafından verilen ve toprağın organik madde, tekstür, strüktür ve geçirgenlik değerlerine göre belirlenen, Eşitlik (3.9) yardımıyla hesaplanmıştır. Yapılan laboratuvar çalışmaları sonucunda Alt havza için; $M_o = 4307.29$, $a = 0.83$, $b = 1$ (Çok ince granüler) ve $c = 2$ (Orta hızlı geçirgen) olarak belirlenmiş ve bunlara göre $K = 0.26$ olarak elde edilmiştir.
C	0.37	Havzada pamuk-buğday ikili ekim nöbeti sistemi uygulanmaktadır. Araştırmanın yapıldığı 2000 su yılında pamuk tarımı yapılmış olup havzanın %80'inde pamuk, %20'si ise çalılık bitki örtüsü hakimdir. Topçu deresi havzası için 1977-1986 yılları arasında yapılan 10 yıllık bir araştırmada pamuk bitkisi için C değeri 0.4608 olarak bulunmuştur. Havzanın %20'sine hakim olan çalılık arazi işlenmemiş buğday formunda olup, burası için C değeri hemen hemen sıfırdır. Buna göre havzanın araştırma yapıldığı yıl için ağırlıklı C değeri 0.37 ($0.80 \times 0.4608 + 0.20 \times 0 = 0.37$) olarak elde edilmiştir.
L	3.05	Eğim uzunluğu l_e 'nin eşitlik (3.11)'de yerine konması ile Eğim uzunluğu faktörü $L = 3.05$ olarak elde edilmiştir.
P	0.80	Araştırma süresince toprak işleme yönü eğim yönünde olduğundan %80'lik tarım yapılan alan için $P = 1$, %20'lik çalılık arazi için $P = 0$ olarak alınmış ve ağırlıklı P değeri 0.80 olarak elde edilmiştir. ($P = 0.80 \times 1 + 0.20 \times 0.0 = 0.80$)
S	5.12	Eşitlik (3.13)'deki havza ortalama eğimi S_H , eşitlik (3.12)'deki arazi meyli faktörü s ile aynı kabul edilmiş ve eşitlikte yerine konması ile $S = 5.12$ olarak elde edilmiştir.

Topçu deresi alt havzası için elde edilen bu sediment tahmin yöntemlerinin kıyaslaması Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Yöntem Kıyaslaması Sonuçları

Yöntemler	Toplam Sediment Ton/ha/yıl	r^2	Gözlenen Değerlere Göre % Sapma
Ölçülmüş Sediment	56.425		0.00
$S_y = 0.0007 \cdot Q^{1.7923}$	22.992	0.6966	-59.25
$S_y = 0.0061 \cdot R^{1.3609}$	1.580	0.4315	-97.20
$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$	164.983		192.39

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada çiftçi koşullarında tarım amaçlı olarak işlenen bir hidrolojik alt havzada erosiv yağışlarla taşınan sedimentin ölçülmesi, değerlendirilmesi ve USLE denklemi ile bulunan sonuçların kıyaslaması yapılmıştır.

Çalışmanın yapıldığı 2000 su yılında 45 da'lık çalışma havzasına 73 gün yağış düşmüş ve bunun 25 adedinin meydana getirdiği toplam 784.356 m³ 'lük su hacmine karşılık 56.425 ton/ha/yıl sediment ölçülmüştür. Bunun 52.616 ton/ha/yıl'lık kısmı süspanse, 3.809 ton/ha/yıl'lık kısmı ise yatak yükü sedimenti şeklinde oluşmuştur.

Sediment verimi veren yağışların oluşturduğu yüzey akış hacimleri (Q) ile sediment miktarları (S_y) arasında, belirginlik katsayısı r²= 0.6922 olan

$$S_y = 0.0007 \cdot Q^{1.7923}$$

ilişkisi elde edilmiştir. Bu ilişki ile çalışma alanından toplam 22.992 ton/ha/yıl sediment tahmin edilmiştir.

Sediment verimleri (S_y) ile yağışların erosiv indisleri (R) arasında, belirginlik katsayısı r²= 0.4315 olan

$$S_y = 0.0061 \cdot R^{1.3609}$$

ilişkisi elde edilmiştir. Bu ilişkiye göre de çalışma alanından toplam 1.580 ton/ha/yıl sediment tahmin edilmiştir.

Parametreleri çalışma alanından sağlanan USLE Denklemi ile ise 164.983 ton/ha/yıl sediment tahmini yapılmıştır.

Bu sonuçların kıyaslanması, ölçülmüş sediment değerleriyle yapılmış ve sediment-debi ilişkisi, sediment-erosiv indis ilişkisi ve USLE ilişkisi sonuçlarının, ölçülmüş değerlerden sapması sırasıyla -%59.25, -%97.20 ve +%192.39 olmuştur.

Görüldüğü gibi oluşturulan denklemler ile, tahmin edilen değerler arasında önemli büyüklükte azalma yönünde sapma olurken USLE denkleminde ise artma yönünde bir sapma meydana gelmektedir.

Özellikle USLE uygulamalarının farklı sonuçlar verdiği kaynaklar tarafından da belirtilmektedir.

Sevinç (1990), 14.9 km² büyüklüğündeki Eskişehir-Sivrihisar-Mercan Köyü Yağrı Göleti Havzasında 10 yıl süreyle sediment ölçümü yapmış ve 332.791 m³/yıl bulmuştur. Aynı havzada USLE ile tahminde ise 869.95 m³/yıl olmuştur. Görüldüğü gibi ölçülmüş değerden tahmin edilen değer %161 daha fazla olmuştur.

Demirkıran (1998), 17.655 km² büyüklüğündeki Ankara Yenimahalle Güvenç Gölet Havzasının Sediment verimini belirlemek amacıyla yaptığı 8 yıllık ölçüm sonucunda ise birim alandan 3583.3 ton/yıl/km², USLE ile ise 2522.2 ton/yıl/km² olarak bulmuştur. Burada da sapma %29 azalan yönde olmuştur.

Bu üç çalışmada da doğrudan ölçme yolu ile elde edilen sediment veriminin, üniversal denklem yardımı ile bulunan sediment verimleri arasında önemli farklılığın olduğu görülmektedir. USLE yöntemiyle elde edilen sonuçların farklılık nedeninin; denklem özelliği olan L ve S'ye müdahale edilememesi ve diğer parametrelerin sağlıklı belirlenememesinden kaynaklandığı söylenebilir. Dolayısı ile üniversal toprak kaybı eşitliği ile sediment tahmini, kaba bir yaklaşım olarak değerlendirilmelidir.

Yapılan çalışmaya bağlı olarak aşağıdaki öneriler yapılabilir.

1. Sediment ölçümünün aynı havzanın birden fazla alt havzasında yapılması ile, hatalar en aza indirebilir.
2. Sediment ölçüm yerine taşıt ulaşım imkanının sağlanması ve biriken tüm sediment miktarının değerlendirilmesi sonucu olumlu etkileyebilir.
3. Bu tür çalışmaların farklı iklim koşullarında uzun süreli olarak yapılması, sonuçların güvenilir hale getirilmesi gerekir. Diğer alt havzalara uygulama olanaklarının sağlanması için USLE'nin kalibrasyonu yapılabilir.

KAYNAKLAR

- BAYAZIT, M., AVCI, İ., ve ŞEN, Z., 1978. Hidroloji Uygulamaları. Matbaa Teknisyenleri, İstanbul, 280s.
- BEMPORAD, G.A., ALTERACH, J., AMIGHETTI, F.F., PEVIANI, M., and SACCARDO, I., 1997. A Distributed Approach for Sediment Yield Evaluation in Alpina Regions. Journal of Hydrology, Vol: 197, p. 370-392.
- BOS, M.G., REPLOGLE, J.A., and CLEMMENS, A.J., 1984. Flow for Open Channel Systems. Jhon Wiley & Sons, Inc. USA, 321p.
- CANBOLAT, M., 1990. İçel-Tarsus Topçu Deresi Havzası Akımları (Ara Raporu 1985-1989). Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 169, Rapor Seri No: 104 Tarsus, 113s.
- _____, 1996. İçel-Tarsus Topçu Deresi Havzası Akımları (Ara Raporu 1985-1994). Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No: 199, Rapor Seri No: 133, Tarsus, 113s.
- CARONI, E., SINGH, V.P., and UBERTINI, L., 1984. Rainfall-Runoff-Sediment Yield Relation by Stochastic Modelling. Hydrological Sciences Journal, Vol: 29, No: 2, p. 203-218.
- ÇÖLAŞAN, Ü.E., 1969. Klimatolojik Rasat El Kitabı. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 266s.
- DAĞDEVİREN, İ. ve TAYSUN, A., 1996. Şanlıurfa Yöresi Eğimli Kuru Tarım Alanlarında Bazı Tarımsal Uygulamaların Su Erozyonuna Etkileri. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yayın Özetleri (1958-1995) Ankara, Yayın No: 96, Sayfa: 113.
- DENDY, F.E., ALLEN, P.B., and PIEST, R.F., 1979. Field Manual For Research In Agricultural Hydrology. Agricultural Handbook No: 224. Washington, D.C. page: 239s.-394s.
- DEMİRKIRAN, O., 1998. Ankara Yenimahalle Güvenç Gölet Havzası Sediment Verimi. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 1997. Ankara, Yayın No: 106, Sayfa: 20.

- DENLİ, Ö., SEVİNÇ, A.N., 1993. Ankara-Yenimahalle Güvenç Havzası Yağış ve Akım Karakteristikleri (Ara Rapor 1984-1991). Ankara Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel yayın No: 185, Rapor Seri No: 92, Ankara, 87s.
- DOĞAN, O., GÜÇER, C., 1976. Su Erozyonu nedenleri - Oluşumu ve Üniversal Denklem İle Toprak Kayıplarının Saptanması. Köy İşleri Bakanlığı TOPRAKSU Genel Müdürlüğü Merkez TOPRAKSU Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Gn Yayın No: 41, Teknik Yayın No: 24 Ankara.
- DOĞAN, O., 1987. Türkiye Yağışlarının Erosiv Potansiyelleri. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları.
- DUONG, N., LI, R., and SIMONS, D. B., 1980. A Systems Approach to Water and Sediment Discharge Prediction in Rivers (Runoff Modeling). Proceedings of The Hydrologic Transport Modeling Symposium, 10-11 Dcember 1979, ASAE Publication No: 4-80, p. 31-41, ISBN 0-916150-22-4, New Orleans, Louisiana, USA.
- EİE, 1993. Türkiye Akarsularında Sediment Gözlemleri ve Sediment Taşınım Miktarları. Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü, Yayın: 93-59.
- FASSNACHT, S. R., 1997. A Multi-Channel Suspended Sediment Transport Model for the Machenzie Delta. Nortwest Territories. Journal of Hydrology, Vol:197, p. 128-145.
- GRAF, W. I., 1983. Variability of Sediment Removal in a Semiarid Watershed. Water Resources Research, Vol: 19, No: 3, p. 643-652.
- GRAFT, W.H., 1971. Hydraulics of Sediment Transport. Copyright 1971 by McGraw-Hill, Inc. United States of America, 513p.
- GRIFFITHS, G. A., 1982. Spatial And Temporal Variability in Suspended Sediment Yields of North Island Basins, New Zealand. Water Resources Bulletin, Vol: 18, No: 4, p. 575-584.
- GOTTSCHALK, L.C., 1964. Sedimentation,V. T., Chow, Handbook of Applied Hydrology., McGraw-Hill Inc. United States of America. Page: 17/1-17/34.
- GUY, B. T., DICKINSON, W.T., and RYDRA, R.P., 1987. The Roles of Rainfall and Runoff in the Sediment Transport Capacity of Interrill Flow. Transsactions of the ASAE, Vol: 30, No: 5, p. 1378-1386.

- GÜÇER, C., 1972. Yağışların Erosiv Potansiyellerinin Hesaplanması ve Türkiye Yağışlarının Erosiv Potansiyelleri. Merkez TOPRAKSU Araştırma Enstitüsü Yayınları No: 14-11 Ankara.
- HASNAIN, S.I., 1996. Factors Controlling Suspended Sediment Transport in Himalayan Glacier Meltwaters. *Journal of Hydrology*, V:181, p.49-62.
- JAIN, S.K., 2001. Development of Integrated Sediment Rating Curves Using ANNs. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol:127. No:1, p.30-37.
- JANSSON, M.B., 1996. Estimating a Sediment Rating Curve of The Reventazon River at Palomo Using Logged Mean Loads Within Discharge Classes. *Journal of Hydrology*, Vol:183, p. 227-241.
- KOSTADINOV, S., 1995. Hydrological Regime in Torrential Tatershed of a Hilly-Mountainous Region of South-East Serbia. Belgrade Universty, Yugoslavia (Abstract).
- KUŞVURAN, K., ve CANBOLAT, M., 2001. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 2000. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü, Ankara, Yayın no: 117, s: 90-107.
- LAL, R., and ELLIOT, W., 1994. Erodibility and Erosivity, R, Lal, Soil Erosion Research Methods, Soil and Water Conservation Society and St. Luice, Ankeny, p. 181-210.
- LEMKE, K., 1991. Transfer Function Models of Suspended Sediment Concentration. *Water Resources Research*, Vol: 27, No: 3, p. 293-305.
- LISLE, T. E., and HILTON, S., 1992. The Volume of Fine Sediment in Pools: An Index of Sediment Supply in Gravel-Bedded Streams. *Water Resources Bulletin*, Vol: 28, No:2, p. 371-383.
- LOPES, V. L., and FFOLLIOTT, P. F., 1993. Sediment Rating Curves for a Clearcut Ponderosa Pine Watershet in Northesn Arizona. *Water Resources Research*, Vol: 29, No: 3, p. 369-382.
- METE, C., 1988. Tarsus Koşullarında Üniversal Denklemin K,R,C ve P Faktörleri. Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 145, Rapor Seri No: 84, Tarsus, 57s.

- NEIL, D.T., and GALLOWAY, R.W., 1989. Estimation of Sediment Yields From Catchments Farm Dam (New South Wales). Australlian National Universty. Canberra (Abstract).
- ÖZER, Z., 1990. Su Yapılarının Projelendirilmesinde Hidrolojik ve Hidrolik Esaslar (Teknik Rehber). Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Havza Islahı ve Göletler Dairesi Başkanlığı. S-261.
- ÖZTÜRK, F., 1992. Su Toplama Havzalarından Akarsular İle Taşınan Sediment Miktarları. IV. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Bilgileri, 24-26 Haziran 1992. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Erzurum, Sayfa: 596-607.
- SAYIN, S., 1973. Üst ve Alt Topraklarda Yüzey Akışla Meydana Gelen Toprak Ve Su Kaybının Tespiti Denemesi Sonuç Raporu. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yayın Özetleri (1958-1995), Yayın No: 96, Sayfa: 102, Ankara.
- _____, 1974. Meyil Uzunlukları ve Mahsul Münavebesinin Toprak ve Su Kaybına Tesirinin Tespiti Denemesi Sonuç Raporu. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yayın Özetleri (1958-1995), Yayın No: 96, Sayfa: 103, Ankara.
- SEVİNÇ, A.N., 1990. Eskişehir Sivrihisar Mercan Köyü Yağrı Göleti Havzası Sediment Verimi (Ara Rapor 1979-1988). Eskişehir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 214, Rapor seri No: 164, Eskişehir, 25s.
- _____, 1993. Havza Sediment Verimi. Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Ankara, 45s.
- SEVİNÇ, A.N., ve DEMİRKIRAN, O., 1995. Terme Çayı Alt Havzalarının Benzerliklerinin İncelenmesi. Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 25s.
- SEVİNÇ, A.N., AYKANLI, N., AKBAY, Ş., DENLİ, Ö., ve ACAR, C.O., 2000. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Araştırma Havzalarının Hidrolojik Karakterleri Rehberi. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Dairesi

- Başkanlığı, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü, Yayın No: 113, Rehber No: 17, Menemen, 204s.
- SICKLE, J. V., 1981. Long-Term Distributions of Annual Sediment Yields From Small Watersheds. Water Resources Research, Vol: 17, No: 3, p. 659- 663.
- SOYKAN, İ., 1984. Sediment Araştırmalarının Kurulmasında Takip Edilecek Metodolojik İlkeler. Topraksu Ana Projesi, Proje No: 242. Ek Talimat, Ankara.
- _____, 1986. Türkiye’de Tarımsal Hidroloji Araştırmaları ve Kullanılan Yöntemler. I. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bilgileri, Adana 15-18 Mayıs 1984. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü, Sayfa: 58-66.
- STRAHLER, A.N., 1964. Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks. V.T., Chow, Handbook of Applied Hydrology., McGraw-Hill Inc. United States of America. Page: 4/39-4/76.
- TOPRAKSU, 1972. Ankara İli Toprak Kaynakları Envanteri. Ankara.
- _____, 1974. Doğu Akdeniz Bölgesi Toprakları. Köy İşleri Bakanlığı Yayınları: 200, Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları: 284, Ankara, 72s.
- TÜLÜCÜ, K., 1987. Hidroloji. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı No: 50 Adana, 327s.
- _____, 1997. Su Kaynaklarının Planlanması. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 175, Ders Kitapları Yayın No: 53, Adana, 304s.
- TÜZÜNER, A., 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. Köy hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara, 375s.
- USDA, 1979. Field Manual for Research in Agricultural Hydrology. Agricultural Handbook No: 224, Washington, D.C., page. 239s.-394s.
- _____, 1997. Prediction Soil Erosion by Water: A Guite to Conservation Planning Whit the Resived Universal Soil Loss Equation (RUSLE). United States Department of Agriculture. Agriculture Research Service. Agriculture Handbook Number: 703, Washington, D.C. 384p.
- YILMAZ, A., 1991. Uygulamalı Havza Hidrolojisi. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri genel Müdürlüğü, Konya Araştırma Enstitüsü

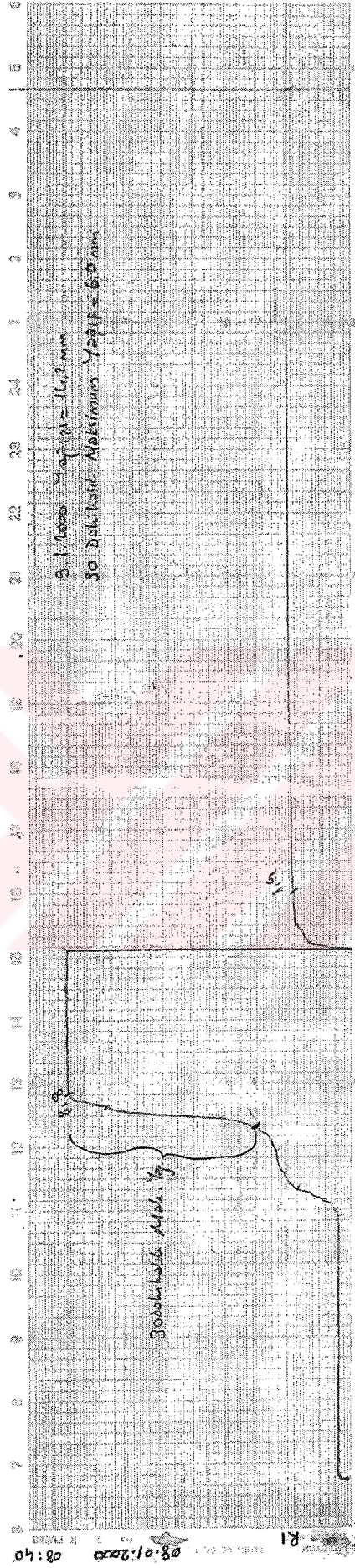
- Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 143, Teknik yayın No: 26, Konya, 118s.
- YÜCEL, A. 1999. Doğu Akdeniz Akarsu Havzalarında Frekans Analiz Yöntemleri İle Ölçümü Olmayan Alt Havzalar İçin Sediment Taşınım Tahminleri Üzerine Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 148s.
- WALLING , D. E., 1988. Erosion and Sediment Yield Research-Some Recent Perspectives. Journal of Hydrology, Vol: 100, p. 113-141.
- WICKS, J.M., and BATHURST, J.C., 1996. SHESED; A Physically Based, Distributed Erosion and Sediment Yield Component for the SHE Hydrological Modelling System. Journal of Hydrology, V: 175, p. 213-238.
- WISCHMEIER, W.H., and SMITH, D.D., 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning. U.S: Department of Agriculture, Agriculture Handbook No, 537.

ÖZGEÇMİŞ

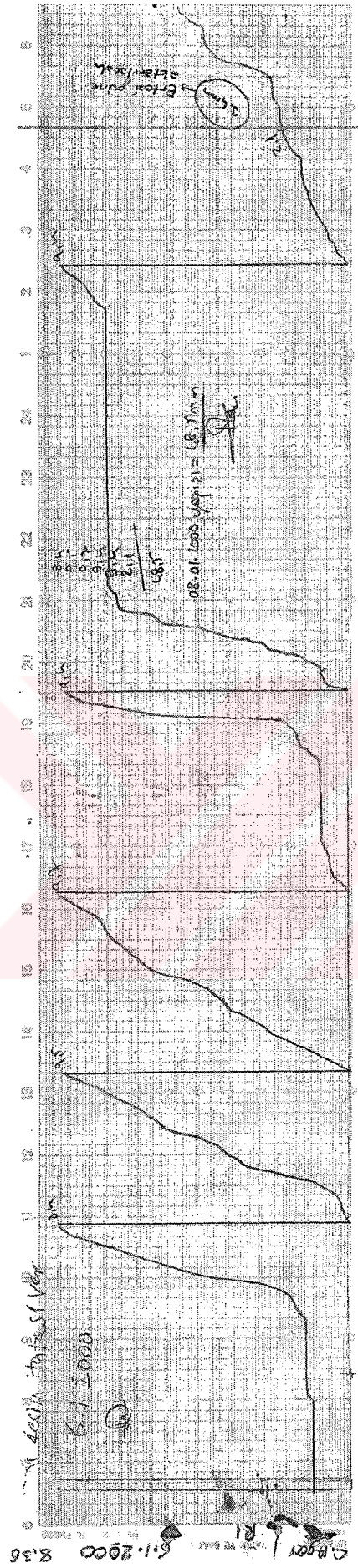
1968 yılında Adana'nın Kozan ilçesinde doğdum. İlk orta ve lise öğretimlerimi Adana'da tamamladım. 1991 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümünden mezun oldum. 1992 yılında Tokat Gazi Osmanpaşa üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünde Öğretim görevlisi olarak göreve başladım. 1997 yılında kurumlar arası yatay geçiş ile Köy Hizmetleri Tarsus Araştırma Enstitüsüne tayin oldum. Halen aynı enstitüde Havza Yönetimi bölümünde bölüm başkanı olarak görev yapmaktayım.



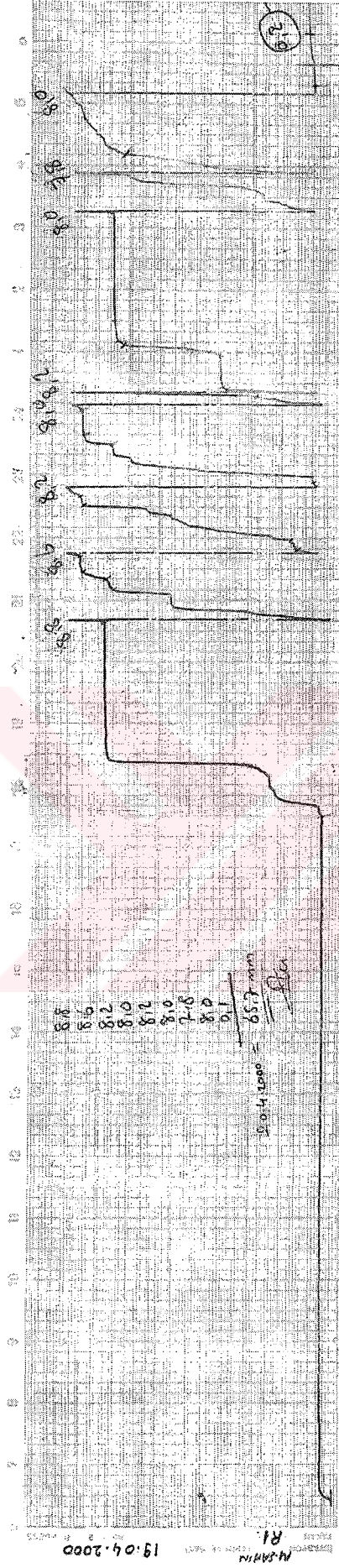




Şekil EK 1. 09 Ocak 2000 Tarihli Yağışın Plüviyograf Diyagramı



Şekil EK 2. 8 Ocak 2000 Tarihli Yağışın Plüviyograf Diyagramı



Şekil EK 3. 20 Nisan 2000 Tarihli Yağışın Plüviyograf Diyagramı

Akım Veren Yağışın Tarihi	Yağış Yüksekliği (h) (mm)	SÜSPANSE SEDİMENT					YATAK YÜKÜ					Toplam sediment verimi (S _y) (Ton/ha)
		Varildeki su Yüksekliği (cm)	Toplam Yüzey Akış Hacmi (Q ₃) (m ³)	Süspanse Sediment konsantrasyonu (C _s) (ppm)	Süspanse Sediment Verimi (Gs) (Ton/ha)	1 Kova Sedimentin Yaş Ağırlığı (W _{sw}) (gr)	1 Kova Sedimentin Kuru Ağırlığı (dm) (gr)	1 Kova Sedimentin Kuru Materyal Yüzdesi (P _{dm}) (%)	Toplam Kova Adeti (m)	Bir yağışın sebep olduğu yatak yükü (W _{ts})		
										(gr)	(Ton/ha)	
08.01.2000	51.90	120.0	120.637	6560	0.1759	7100	6610	93	1	6610	0.0015	0.1773
09.01.2000	10.50	13.8	13.905	20	0.0001	6100	5610	92	1	5610	0.0012	0.0013
10.01.2000	1.60	0.5	0.474	20	0.0000	.	.	.	.	.	.	0.0000
19.01.2000	22.40	0.9	0.816	2070	0.0004	.	.	.	.	.	.	0.0004
20.01.2000	18.80	12.0	12.021	24610	0.0657	.	.	.	.	.	.	0.0657
25.01.2000	24.60	72.0	72.382	38960	0.6267	6680	6190	93	10	61900	0.0138	0.6404
31.01.2000	3.60	0.4	0.370	490	0.0000	.	.	.	.	.	.	0.0000
01.02.2000	6.90	0.6	0.639	1000	0.0001	.	.	.	.	.	.	0.0001
16.02.2000	24.30	5.2	5.225	19000	0.0221	.	.	.	.	.	.	0.0221
17.02.2000	18.00	37.4	37.630	16000	0.1338	5250	4760	91	1	4760	0.0011	0.1349
20.02.2000	12.50	11.5	11.563	10000	0.0257	6000	5510	92	7	38570	0.0086	0.0343
22.02.2000	23.10	38.9	39.059	82000	0.7117	.	.	.	.	.	.	0.7177
23.02.2000	1.30	11.5	11.604	10000	0.0258	5720	5230	91	9	47070	0.0105	0.0362
25.02.2000	2.20	11.1	11.197	2000	0.0050	.	.	.	.	.	.	0.0050
12.03.2000	6.40	1.9	1.863	63000	0.0261	.	.	.	.	.	.	0.0261
20.03.2000	2.20	1.0	0.987	32000	0.0070	.	.	.	.	.	.	0.0070
20.04.2000	64.80	238.4	239.657	869000	46.2804	7910	7420	94	2180	16175600	3.5946	49.8750
21.04.2000	25.40	92.9	93.380	19000	0.3943	7750	7260	94	28	203280	0.0452	0.4394
22.04.2000	5.10	11.1	11.197	19000	0.0473	7260	6770	93	20	135400	0.0301	0.0774
23.04.2000	6.90	12.2	12.215	33000	0.0896	5420	4930	91	1	4930	0.0011	0.0907
24.04.2000	18.90	6.3	6.311	126000	0.1767	7720	6730	87	15	100950	0.0224	0.1991
05.05.2000	18.10	7.5	7.53	146000	0.2443	5100	4610	90	21	96810	0.0215	0.2658
06.05.2000	17.90	9.1	9.161	125000	0.2545	7210	6720	93	26	174720	0.0388	0.2933
07.05.2000	15.20	55.2	55.487	248000	3.0580	6550	6060	93	6	36360	0.0081	3.0660
08.05.2000	2.00	9.0	9.046	122000	0.2452	6580	6090	93	8	48720	0.0108	0.2561
TOPLAM												56.4255