



T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE HAVZA MORFOLOJİK
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE HAVZA SEDİMENT VERİMİ
TAHMINİNDE KULLANIMI**

Ercan VAROL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Antakya/HATAY
Kasım-2012



T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

**COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ İLE HAVZA MORFOLOJİK
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE HAVZA SEDİMENT
VERİMİ TAHMİNİNDE KULLANIMI**

Ercan VAROL
YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Yrd. Doç. Dr. Ahmet İRVEM danışmanlığında hazırlanan bu tez 07.11.2012 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd.Doç. Dr. Ahmet İRVEM	Doç. Dr. Veli UYGUR	Yrd. Doç. Dr. Zekai GÜMÜŞ
Başkan	Üye	Üye

Bu tez Enstitümüz Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. İlhan ÜREMİŞ
Enstitü Müdürü

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

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
2.1. Ampirik Yöntemlerle Sediment Verimi Tahmini İle İlgili Çalışmalar	4
2.2. CBS İle Yapılan Sediment Verimi Tahmini İle İlgili Çalışmalar	9
2.3. Çoklu Regresyon Analizi İle İlgili Çalışmalar	14
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	17
3.1. MATERYAL.....	17
3.1.1. Çalışma Alanı	17
3.1.2. Kullanılacak Veriler.....	17
3.1.3. Kullanılacak Yazılımlar.....	17
3.2. YÖNTEM.....	18
3.2.1. Çalışma Havzalarının Seçimi.....	19
3.2.2. Türkiye Yağış Rejimi Bölgeleri.....	19
3.2.3. Havzaların Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi.....	20
3.2.3.1. Havza Sınırlarının ve Çevresinin Belirlenmesi.....	20
3.2.3.2. Havza Alanları	20
3.2.3.3. Havza Uzunluğu.....	21
3.2.3.4. Ana Suyolu Uzunluğu.....	21
3.2.3.5. Sayısal Topografik Haritaların Elde Edilmesi	21
3.2.3.6. Sayısal Yükseklik Haritalarının Oluşturulması.....	21
3.2.3.7. Akış Yönü Haritalarının Oluşturulması	22
3.2.3.8. Su Birikim Haritalarının Oluşturulması	22
3.2.3.9. Drenaj Ağı Haritalarının Oluşturulması.....	23
3.2.3.10. Akarsu Derecesi Haritalarının Oluşturulması	23

3.2.3.11. Havzaların Oluşturulması	24
3.2.3.12. Harita Hesaplama	24
3.2.4. Çoklu Regresyon Analizi	25
3.2.4.1. Kalıntı Analizi	27
3.2.5. Nash-Sutcliffe Model Verimlilik Katsayısı	28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	29
4.1. Alt Havzaların Seçimi	29
4.2. Seçilen Havzaların Özellikleri	29
4.3. Çalışma Havzalarının Yağış Bölgelerine Göre Sınıflandırılması	34
4.4. Seçilen Havzaların Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi	35
4.4.1. Sayısal Topografik Harita	36
4.4.2. Sayısal Yükseklik Haritası (DEM)	36
4.4.3. Akış Yönü Haritası	37
4.4.4. Su Birikim Haritası	38
4.4.5. Drenaj Ağı Haritası	38
4.4.6. Havzaların Sınırları	39
4.4.7. Harita Hesaplama işlemleri	39
4.5. Havza Sınırlarına Göre Geliştirilen Haritalar	40
4.6. Çoklu Regresyon Analizi Sonuçları	46
4.7. Kalıntı Analizi Sonuçları	54
4.8. Sediment Verimi Tahmin Denklemleri	58
4.8.1. İkinci Bölge İçin Sediment Verimi Tahmin Denklemi	58
4.8.2. Üçüncü Bölge İçin Sediment Verimi Tahmin Denklemi	58
4.8.3. Dördüncü Bölge İçin Sediment Verimi Tahmin Denklemi	58
4.8.4. Beşinci Bölge İçin Sediment Verimi Tahmin Denklemi	59
4.8.5. Altıncı Bölge İçin Sediment Verimi Tahmin Denklemi	59
4.8.6. Yedinci Bölge İçin Sediment Verimi Tahmin Denklemi	59
4.9. Modelin Tahmin Yeteneği	59
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	64
KAYNAKLAR	67
TEŞEKKÜR	71
ÖZGEÇMİŞ	72

ÖZET**COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ İLE HAVZA MORFOLOJİK
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE HAVZA SEDİMENT VERİMİ
TAHMİNİNDE KULLANIMI**

Bu çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak elde edilen havza morfolojik özelliklerinin belirlenmesine çalışılmış, bu özellikler çoklu regresyon analizi ile akım ve sediment gözlem istasyonu olmayan havzalar için havza sediment verimi tahmin denklemi geliştirme olanakları araştırılmıştır.

Türkiye'nin farklı bölgelerinde bulunan Elektrik İşleri Etüt İdaresine ait akım ve sediment gözlem istasyonuna sahip 47 adet alt havzada yürütülen çalışmada, havzaların morfolojik özellikleri ILWIS CBS yazılımı ile belirlenmiştir. Çalışma yapılan alt havzalar, yağış rejimi aynı olan bölgelere göre sınıflandırılmıştır. Sınıflandırmada, Türkiye'nin 1996 yılında yapmış olduğu ve Türkiye'yi 7 yağış rejim bölgesine ayıran Türkiye Yağış Rejim Bölgeleri Haritası kullanılmıştır.

CBS ile belirlenen havza özelliklerinden havza alanı, maksimum rölyef, akarsu derecesi, istasyon kotu ile Elektrik İşleri Etüt İdaresince yapılan Akım ve sediment gözlem verileri, çoklu regresyon, en iyi alt gruplar istatistik yöntemiyle analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, her bölge için ayrı ayrı sediment verimi tahmin denklemleri oluşturulmuştur. Oluşturulan denklemlerin tahmin yeteneği Nash-Sutcliffe Model Verimlilik Katsayısı kullanılarak belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda, İkinci bölge ve üçüncü bölge için geliştirilen tahmin denklemi verimlilik katsayısı 0,88, dördüncü bölge için 0,90, beşinci bölge için 0,97 ve yedinci bölge için 0,95 olarak hesaplanmıştır. Bu denklemlerin çalışılan bölgelerdeki akım ve sediment gözlemi olmayan havzalarda, havza sediment verimi tahmini için ön fikir vermesi açısından uygun olduğu görülmüştür. Diğer, birinci bölgede akım ve sediment gözlem istasyonu sayısının yeterli olmaması, altıncı bölgede ise oluşturulan tahmin denkleminin tahmin yeteneğinin yeterli düzeyde olmaması nedeniyle, bu bölgeler için tahmin denklemleri bulunamamıştır.

Bu çalışmada 2. 3. 4. 5. 7. bölgelerde sediment ölçümü olmayan havzalar için sediment verimi tahmin denklemleri geliştirilmiştir. Bu denklemler ön fikir vermesi açısından sediment tahmininde kullanılabilir fakat bu bölgelerde daha önce yapılmış çalışmalardan elde edilen verilerin tahmin denklemi sonucuyla kıyaslanarak doğruluğu kontrol edildikten sonra kullanılması uygun olacaktır.

2012, 72 sayfa

Anahtar kelimeler: Havza özellikleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Havza sediment verimi, Çoklu regresyon analizi, En iyi alt grup analizi

ABSTRACT**BASIN SEDIMENT YIELD ESTIMATION USING BASIN MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS DETERMINED BY GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS**

In this study, Geographic Information Systems (GIS) was used to determine the basin morphological characteristics. These features and data taken from flow and sediment monitoring stations were subjected to multiple regression analysis in order to develop basin sediment yield prediction equation for ungauged basins.

This study conducted in 47 sub-basins having flow and sediment monitoring stations of Electrical Power Resources Survey Administration in different regions of Turkey. Basins morphological characteristics were determined by using ILWIS-GIS software. The sub-basins were classified according to the same rainfall region. Rainfall Regime. Map of Turkey that defines for 7 regions of Turkey made by Turkes in 1996 was used for classification.

Flow and sediment yield data were taken from the Electrical Power Resources Survey and Development Administration. Area of the basin, the maximum relief, stream orders and elevation of the stations were determined using GIS. All data were analyzed using the best-subset within multiple regression statistical method. As a result of analysis, individual sediment yield prediction equations for each region were generated. Prediction abilities of the equations were determined by Nash-Sutcliffe coefficient.

As a result, coefficients of efficiency for prediction equations were calculated 0,88 for the second and third region, 0,90 for the fourth region, 0,97 for the fifth region, and 0,95 for the seventh region. Generated prediction equations were found to be appropriate in terms of providing for the predetermine information of basin sediment yield for ungauged basins. The numbers of monitoring station were limited for the first region to generate the prediction equation. Also, the ability coefficient of prediction equation was not appropriate for the sixth region. Thus, for these regions prediction equations could not be generated.

In this study, sediment yield prediction equations for ungauged basins in the regions 2. 3. 4. 5. 7. were developed. These equations can be used, in terms of providing preliminary ideas.

However the results for each region a more detailed sediment yields, and depending on the outcome of a decision will be more convenient to use the equation to predict sediment yield.

2012, 72 pages

Key Words: The basin characteristics, Geographic Information Systems, Basin sediment yield, Multiple regression analysis, The best subset analysis

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Alan
AGİ	Akarsu Gözlem İstasyonu
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
D	Akarsu Derecesi
DSİ	Devlet Su İşleri
E	Nash-Sutcliffe Model Verimlilik Katsayısı
EİEİ	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
HSV	Havza Sediment Verimi
K	İstasyon Kotu
Q	Akım
R	Maximum Rölyef
R^2	Belirlilik Katsayısı
Ra^2	Düzeltilmiş Belirlilik Katsayısı
S	Standart Sapma
SSE	Açıklanamayan Değişme
SSR	Açıklanan Değişme
SST	Toplam Değişme
STRM	Shuttle Radar Topography Mission
USLE	Üniversal Toprak Kaybı Denklemi
UTM	Universal Transverse Mercator

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1. Seçilen alt havzalara ait genel bilgiler.....	30
Çizelge 4.2. EİEİ “Türkiye Akarsularında Süspanse Sediment Gözlemleri” verileri....	32
Çizelge 4.3. Yağış bölgelerine göre sınıflandırılan alt havzalar.....	35
Çizelge 4.4. EİE verileri ve hesaplanan veriler.....	45
Çizelge 4.5. İkinci bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimleri.....	47
Çizelge 4.6. İkinci bölge için en iyi alt grup analizi sonuçları.....	48
Çizelge 4.7. Üçüncü bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimleri.....	48
Çizelge 4.8. Üçüncü bölge için en iyi alt grup analizi sonuçları.....	49
Çizelge 4.9. Dördüncü bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimleri.....	50
Çizelge 4.10. Dördüncü bölge için en iyi alt grup analizi sonuçları.....	50
Çizelge 4.11. Beşinci bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimleri.....	51
Çizelge 4.12. Beşinci bölge için en iyi alt grup analizi sonuçları.....	52
Çizelge 4.13. Altıncı bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimleri.....	52
Çizelge 4.14. Altıncı bölge için en iyi alt grup analizi sonuçları.....	53
Çizelge 4.15. Yedinci bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimleri.....	53
Çizelge 4.16. Yedinci bölge için en iyi alt grup analizi sonuçları.....	54
Çizelge 4.17. İkinci bölge için Nash-Sutcliffe Katsayısı.....	60
Çizelge 4.18. Üçüncü bölge için Nash-Sutcliffe Katsayısı.....	60
Çizelge 4.19. Dördüncü bölge için Nash-Sutcliffe Katsayısı.....	61
Çizelge 4.20. Beşinci bölge için Nash-Sutcliffe Katsayısı.....	61
Çizelge 4.21. Altıncı bölge için Nash-Sutcliffe Katsayısı.....	62
Çizelge 4.22. Yedinci bölge için Nash-Sutcliffe Katsayısı.....	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Çalışmanın akış şeması.....	18
Şekil 3.2. Türkiye'nin yağış rejim bölgeleri haritası (Türkeş, 1996).....	19
Şekil 3.3. Ilwis kontur interpolasyon menüsü.....	21
Şekil 3.4. Ilwis akış yönleri menüsü.....	22
Şekil 3.5. Su birikim haritası menüsü.....	22
Şekil 3.6. Ilwis drenaj ağı haritalama menüsü.....	23
Şekil 3.7. Ilwis akarsu derecesi haritalama menüsü.....	23
Şekil 3.8. Ilwis havza sınırı belirleme menüsü.....	24
Şekil 4.1. Seçilen alt havzalar.....	29
Şekil 4.2. Yağış bölgeleri ve yağış gözlem istasyonları (Türkeş, 1999).....	34
Şekil 4.3. Yağış bölge sınırları ve alt havzalar.....	34
Şekil 4.4. Yağış bölgeleri.....	35
Şekil 4.5. Sayısal topografik harita.....	36
Şekil 4.6. Sayısal yükseklik haritası.....	37
Şekil 4.7. Akış yönü haritası (2164 numaralı havza).....	37
Şekil 4.8. Su birikim haritası (2164 numaralı havza).....	38
Şekil 4.9. Drenaj ağı haritası.....	38
Şekil 4.10. Havza sınırları (2164 numaralı havza).....	39
Şekil 4.11. Harita hesaplama komut penceresi.....	39
Şekil 4.12. Sayısal yükseklik haritası (2164 nolu alt havza).....	40
Şekil 4.13. Su akış yönleri haritası (2164 nolu alt havza).....	41
Şekil 4.14. Su birikim haritası (2164 nolu alt havza).....	42
Şekil 4.15. Drenaj ağı haritası (2164 nolu alt havza)	43
Şekil 4.16. Akarsu derecesi haritası (2164 nolu alt havza).....	44
Şekil 4.17. İkinci bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimi ilişkisi.....	47
Şekil 4.18. Üçüncü bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimi ilişkisi.....	49
Şekil 4.19. Dördüncü bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimi ilişkisi.....	51
Şekil 4.20. Beşinci bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimi ilişkisi.....	51
Şekil 4.21. Altıncı bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimi ilişkisi.....	52
Şekil 4.22. Yedinci bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimi ilişkisi.....	54

Şekil 4.23. İkinci bölge için kalıntı analizi.....	55
Şekil 4.24. Üçüncü bölge için kalıntı analizi.....	55
Şekil 4.25. Dördüncü bölge için kalıntı analizi.....	56
Şekil 4.26. Beşinci bölge için kalıntı analizi.....	56
Şekil 4.27. Altıncı bölge için kalıntı analizi.....	57
Şekil 4.28. Yedinci bölge için kalıntı analizi.....	57

1. GİRİŞ

Toprak ve su kaynaklarımızın etkin bir şekilde kullanılması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması her geçen gün önem kazanmaktadır. Su kaynaklarının etkin kullanımı amacıyla, inşa edilecek su depolama yapılarının ve sulama tesislerinin ekonomik ömürleri boyunca hizmet edebilmelerinin sağlanması gereklidir. Bu yapı ve tesislerin etkin ve ekonomik bir şekilde planlanması ve projelenmesi için çalışma havzalarının hidromorfolojik özelliklerinin doğru bir şekilde bilinmesi gereklidir. Hidromorfolojik özellikler yanında bilinmesi gereken en önemli parametrelerden biri de, yapının üzerinde inşa edildiği akarsuyun, yapının planlanan ömrü boyunca taşıyacağı sediment miktarıdır.

Akarsuların üzerinde bir yandan halkımızın içme-kullanma, tarım ve endüstrinin su ihtiyaçlarını karşılamak, diğer yandan enerji üretimi ve taşkın kontrolü sağlamak gibi çok çeşitli amaçlarla barajlar yapılmaktadır.

Sosyo-ekonomik gelişmelere paralel bir şekilde artacak olan enerji talebi doğrultusunda hidrolik potansiyelden yararlanma çalışmaları ülkemizde de yoğunluk kazanmıştır. Hangi amaca yönelik olursa olsun, sedimentasyon bilgisinin azlığından dolayı bu yapıların göletlerini besleyen akarsuların getirdiği çakıl, kum, silt ve kil gibi katı maddeler baraj göletlerini doldurmakta, depolama kapasitelerini azaltmakta ve bunun sonucu olarak barajların ekonomik ömürleri kısalmaktadır. Bu konu, Türkiye gibi yarı kurak bir iklimin egemen olduğu ve bununla birlikte eğimli bir topografik yapıya sahip olan ülkemizde son derece önem kazanmaktadır (Eİİİ, 2000).

Nehirlerdeki sediment taşınımı sonucu, su depolama yapılarının ekonomik ömrü azaldığı gibi, bu durum aynı zamanda tarımsal ekonomimizin en önemli üretim kaynaklarından birisi olan toprağın üst tabakasının yok olmasına da neden olmaktadır. Bunun doğal sonucudur ki çıplaklaşan ve çoraklaşan ülke topraklarında erozyon ve sedimentasyon olayları ile birlikte işlenebilir tarım arazilerinin yok olması ve çevre kirliliği sorunları da gündeme gelmiş bulunmaktadır.

Su kaynakları bakımından önemli potansiyele sahip olan Ülkemiz ve dünyada toprakları en fazla aşınmaya uğrayan veren ülkelerin başında gelmektedir. Nitekim Fırat nehri yaklaşık olarak Nil kadar sediment taşımaktadır. Türkiye’de birim alandan taşınan materyal miktarı Kuzey Amerika’dan altı kat, Avrupa’dan 17 kat, Afrika’dan 22 kat fazladır. Ayrıca, Türkiye tarım arazisinden bir yılda taşınan materyal miktarı, tüm

Avrupa kıtasından bir yılda taşınandan daha çok olduğu belirtilmiştir (Holeman, 1968). Bu nedenle akarsular üzerinde kurulacak kontrol yapılarının projelendirilmesinde akarsuyun taşıdığı sediment miktarının bilinmesine ihtiyaç vardır. Ayrıca uygun baraj yeri seçiminde sediment birikimi için ayrılması gerekli ölü hacmin güvenilir olarak saptanması bir gerekliliktir (Cıgızoğlu, 2002).

Genel olarak askı maddesi miktarı akım debisiyle ilişkilidir. Araştırmacılar bu ilişkiyi kullanarak regresyon analizi yapmaktadırlar. Ancak, bu klasik regresyon analizi problemin doğasından kaynaklanan lineer olmayan karmaşık ilişkiler sebebiyle iyi sonuçlar vermemektedir (Jain ve ark. 2001).

Ayrıca su toplama havzasından gelen sediment miktarı, uygulanacak havza koruma önlemlerinin seçilmesi ve bu önlemlerin öncelikle uygulanacağı alanların saptanmasında önemli bir değişken olarak görülmektedir (Öztürk, 2002).

EİEİ (2000), ülkemizde su kaynakları ile ilgili çalışmaları yapan ilk kuruluştur. EİEİ, yüzeysel su kaynaklarımızı etüt ederek, bunlardan optimum elektrik enerjisi elde etmek amacıyla baraj hidroelektrik santrallerin teknik ve ekonomik yapılabilirliklerini ve kesin projelerini hazırlamaktadır. Bu amaçla 1962 yılından bu güne kadar akarsularımız üzerinde uluslararası standartlara uygun olarak sistematik bir şekilde sediment gözlem çalışmalarını sürdürmektedir.

Türkiye’de sediment veriminin belirlenmesi için, Türkiye’nin önemli akarsuları üzerinde, DSİ ve EİE tarafından çok sayıda akım ve sediment gözlem istasyonları kurulmuştur. DSİ’ye ait toplam 1767 adet, aktif 1364 adet; EİE’ye ait toplam 821 adet, aktif 311 adet, gözlem istasyonu bulunmaktadır. Fakat bu istasyonların sayısı bu günün şartlarında yetersiz kalmaktadır. Akım ve sediment gözlem istasyonlarının bulunmadığı havzalarda, sediment veriminin eldeki mevcut verilerden tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu yöntemler genellikle havza morfolojik özelliklerinin çeşitli istatistik tekniklerini kullanarak sediment verimi tahmin denklemlerinin çıkarılmasına yöneliktir.

Son yıllarda Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) kullanımı, bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak yaygınlaşmış ve geniş bir kullanım alanına sahip olmuştur. CBS kullanım alanlarına mühendislik uygulamaları, hidroloji, jeoloji, tarımsal arazi kullanımı ve rekolte tahmini, ormancılık, belediyeler, ulaşım, navigasyon sistemleri ve askeri uygulamalar örnek olarak verilebilir.

Gelişmiş CBS yazılımları ile havzaların özellikleri kısa sürede doğru bir şekilde hesaplanabilmektedir. Sediment gözlem istasyonu olmayan havzalarda, CBS ile hesaplanan havza özellikleri ile sediment tahmin denklemleri geliştirilebilmektedir.

Bu çalışmada, Türkiye yağış rejimi bölgelerindeki akım ve sediment ölçümü yapılan havzalarda, havza morfolojik özelliklerinin CBS kullanılarak belirlenmesine çalışılmış, belirlenen havza özellikleri çoklu regresyon analizinde kullanılarak, sediment gözlem istasyonu olmayan havzalar için sediment verimi tahmin denklemlerini geliştirme olanakları araştırılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Ampirik Yöntemlerle Sediment Verimi Tahmini İle İlgili Çalışmalar

Sediment ölçümü olmayan havzalar için sediment verimi amprik yöntemlerle tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu bölümde, amprik yöntemlerle yapılan sediment verimi tahmin çalışmaları anlatılmıştır.

Aybaş (1976), Beytepe Havzasının, sediment veriminin, amprik yöntemle tahminini yapmıştır. Havzanın toprak erodibilite faktörü, bitki örtüsü faktörü, 2 yıl tekerrürlü 0,5 saat süreli yağışın bir fonksiyonu olan yağış faktörü ve meyil faktörlerinin çarpımı olan, Musgrave Formülünü kullanarak ($E = f \times c \times p \times k$) sediment verimini 3893 m³/yıl olarak hesaplamıştır. Beytepe Havzasında ölçülen sediment miktarı ise 2388 m³ /yıl olarak açıklanmıştır.

Robinson (1977), toprak kaybı ile sediment verimi ilişkisi üzerine yaptığı çalışmasında, sediment verimine, toprak özelliklerinin, drenaj alanının büyüklüğü, drenaj yoğunluğunun, arazi kullanımının, bitki örtüsünün ve iklim koşullarının etkisi olduğunu açıklamıştır.

Williams (1977), havzalarda yüzey akış ve sediment tahmin modellerinden faydalanarak sediment iletim oranını belirlemeye çalışmıştır. Texas'ta bir havzada, MUSLE ve USLE denklemlerini kullanarak hesapladığı erozyon miktarları ile drenaj alanı, rölyef-uzunluk oranı ve uzun yıllık ortalama SCS eğri katsayısını kullanarak sediment iletim oranını hesaplamak için bir tahmin eşitliği geliştirmiştir.

Wischmeier ve Smith (1978), ABD'nin birçok bölgesinde yaptıkları çalışmalarda toprak özellikleri, yağış ve yüzey akış ilişkilerinden, Üniversal Toprak Kaybı Denklemini geliştirmişlerdir. USLE (Universal Soil Loss Equation) olarak bilinen bu denklem dünyanın birçok bölgesinde su erozyonu ile oluşabilecek toprak kaybının hesaplanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

İlter (1985), yaptığı çalışmada Seyhan ile Çubuk-1 Rezervuarlarının sedimentasyon durumu incelenmiş ve rezervuar sediment hacmi hesaplama yöntemlerini açıklamıştır. Kot-alan Eğrisi Metodu, Geliştirilmiş Prismoidal Yöntem, Ortalama Sonlu Alan Metodu ve Simpson Metoduna göre yapılan uygulamalarda, rezervuar hacimleri ve biriken sediment miktarları hesaplanmış ve bulunan sonuçlar DSİ ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. Rezervuar tuzaklama verimini hesaplamak için

uygulamalarda iki yöntem kullanmıştır. Çalışmasında topografik ve hidrografik haritalar kullanarak elde edilen kot-alan eğrisinden yararlanmıştır.

Lal (1985), Afrika'da yapmış olduğu çalışmalarda, farklı çevreyle ilgili koşullar için toprak özelliklerinin, toprak kaybı ile ilişkilerini araştırmış, USLE denklem parametrelerini belirlemeye çalışmıştır. Toprak aşınımının zamanla değiştiğini, arazi kullanımındaki hızlı değişimin toprak kaybını hızlandıran başlıca etken olduğunu ifade etmiştir. Bununla birlikte, ormanların tahrip edilmesinin, aşırı otlatmaların ve orman yangınlarının toprak kaybı ve sediment taşınımına etkilerini araştırarak böyle alanlar için alınması gereken önlemleri açıklamıştır.

Bogardi ve ark. (1986), Macaristan'da genişlikleri 15 ile 24 km² arasında değişen 6 havza için yaptıkları sediment verimi tahminlerinde, Bölgesel Regresyon, USLE ve MUSLE modellini kullanmışlardır. Model sonuçları ile ölçülen değerleri kıyaslamışlar ve en iyi sonucu MUSLE ile elde etmişlerdir. Bölgesel Regresyon modelinde ise sonuçların, ölçülen değerlerden çok farklı olduğunu belirterek bütün modellerle bulunan sediment verimlerinin ölçülen değerlerden büyük çıktığını açıklamışlardır.

Sevinç (1990), Yağrı Gölet Havzasında yaptığı çalışmada, 333 m³/yıl olarak ölçmüş olduğu gölette biriken sediment miktarını, Musgrave Formülü ile 410 m³/yıl, Brüt Erozyon Oranı ile 2548 m³/yıl, USLE Eşitliği ile 870 m³/yıl, MUSLE eşitliği ile 1132 m³/yıl olarak bulmuştur. Amprik yöntemlerin, özellikle Brüt Erozyon Oranının çok büyük sonuçlar verdiğini bildirmiştir.

Wu ve ark. (1993), ABD'de alanları 0.55, 1.10 ve 28 ha olan 3 havzada yaptıkları çalışmada, yüzey akış ile havza sediment verimini hesaplamada, AGNSP, ANSWER ve CREAM tahmin modellerini kullanmışlar ve elde ettikleri sonuçları ölçülen değerler ile kıyaslamışlardır. Yaptıkları değerlendirmede, en yaklaşık sonucu ANSWER modeliyle elde ettiklerini ve tüm model sonuçlarının, ölçülen değerlerden çok küçük çıktığını vurgulamışlardır.

Lal ve Walling (1994);sediment iletim oranına, havzanın eğim özellikleri, drenaj özellikleri, bitki örtüsü, arazi kullanımı ve toprak bünyesi gibi jeomorfolojik ve çevresel faktörlerin büyük etkisi olduğunu ifade etmişlerdir. Havza için bulunan toprak kaybı miktarı ile sediment iletim oranının çarpılması sonucunda, havza sediment veriminin bulunabileceğini açıklamışlardır. Sediment iletim oranının (SDr) bulunmasında, havza

rölyefi (R), havza uzunluğu (L), havza dallanma oranı (BR), ana kanal eğimi (SLP), SCS eğri numarası (CN), yıllık yüzey akış (RO), dere yoğunluğu (Re) gibi havza özelliklerini kullanarak çeşitli bölgeler için tahmin denklemleri geliştirmişlerdir.

Doğan ve Sevinç (1997), Batı Akdeniz Bölgesi, Çayboğazı Havzası ve alt havzalarında 3 yıllık sediment ölçümleri sonucu erozyon miktarlarını tespit etmişlerdir. 1994 Su Yılında, Çayboğazı Havzası'nın alt havzası olan, Nif Havzasından gelen süspanse sediment miktarını 17,46 ton/yıl/km² olarak bulmuşlardır. Aynı şekilde 1995 Su Yılı'nda yine Çayboğazı Havzasının alt havzası olan, Cenger Havzasından gelen süspanse sediment miktarını 130,80 ton/yıl/km², aynı dönemde Çayboğazı Havzasından gelen süspanse sediment miktarını da 111,15 ton/yıl/km² olarak belirlemişlerdir.

Özgür (1997), yaptığı çalışmada, Balıkesir ili sınırları içerisinde bulunan Çaygören Baraj rezervuarında 1970-1983 yılları arasında biriken sediment hacmini, Kot-Alan Eğrisi Metodu, Geliştirilmiş Prizmoidal Metod, Ortalama Sonlu Alan Metodu ve Simpson Metodu ile hesaplamışlardır.

Demirkıran (1997), Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin akım ve sediment ölçüm verileri kullanarak, oluşturulan akım-sediment anahtar eğrileri ile günlük ortalama akım değerlerinden, sediment verimini, Kelkit Çayı Havzası'nın bir bölümü için 1231,78 ton/yıl/km², Sakarya Nehri havzasının bir bölümü için 221,64 ton/yıl/km² ve Ergene Nehri için de 15.16 ton/yıl/km² olarak belirlemiştir.

Çanga (1998), Kule ve Musaağılı toprak serilerinde kırk adet yapay yağmurlama ile laboratuvar koşullarındayaptığı çalışmada, ardıl yağışlar (ikinci yağışlar)'ın yüzey akış ve erozyon, özellikle yüzey ve sıçrama erozyonu üzerine etkilerini değerlendirmiştir. Ardıl yağışlar 60 mm h⁻¹ intensiteli olarak %30 eğimle yerleştirilen toprak tavalarna uygulanmış ve iki yağmurlama arasında toprak yüzeyi kurumaya bırakılmıştır. İstatistiksel analizlerle ardıl yağışların, toprak tipi ve ikisi arasındaki etkileşimin, yüzey akış, sızma, sediment taşınımı ve sıçrama miktarlarını önemli ölçüde etkilediğini belirlemiştir. İkinci yağışlara ait sediment taşınımının, birinci yağışlara oranla daha fazla olduğunu tespit etmiştir. Sediment taşınımındaki artışın, azalan su geçirgenliği ve artan yüzey akışla ilişkilendirmiştir. Buna karşın, ikinci yağışlarla sıçrayan tanecik miktarlarının, birinci yağışlara oranla daha az olduğunu belirleyerek bunu, ikinci yağışlardaki yüzey akış miktarındaki artış ve birinci yağışlar sonrasındaki kabuk oluşumu ile açıklamıştır.

Demirkıran (1998), Güvenç Gölet Havzası'nda yaptığı çalışmada 8 yılda gölette biriken sediment miktarı ölçümle 337.408 m³, Musgrave Formülü ile 245.025 m³, Brüt Erozyon Oranı ile 46.592 m³, USLE Eşitliği ile 237.494 m³, EİE eşitliği ile 1.200.288 m³ olarak bulmuştur. Sonuç olarak, Musgrave ve USLE eşitliği ile bulduğu değerlerin ölçülen değerlere daha yakın olduğunu açıklamıştır.

Kinnell ve Risse (1998),Avustralya'da, toprak özellikleri ve bitki örtüsünün yüzey akışa ve sediment verimine etkisini daha detaylı bir şekilde ele alarak yaptıkları çalışmaları sonucunda, USLE modelindeki K ve C değerlerini infiltrasyondaki değişimi dikkate alarak yeniden elde etmişlerdir. Bulunan yeni K ve C değerlerinin kullanıldığı USLE-M modelini geliştirmişlerdir. USLE-M modelinin yüzey akışa dolayısıyla sediment taşınımına etkisinden dolayı, infiltrasyon özelliklerini dikkate aldığı için USLE' ye göre daha etkin bir model olduğunu açıklamışlardır.

Yücel (1999), Doğu Akdeniz akarsu havzalarında frekans analiz yöntemleri ile ölçümü olmayan alt havzalar için sediment taşınımı tahminleri üzerine yaptığı çalışmasında, Doğu Akdeniz Bölgesi için, bölgesel bazda 2.33 yıl yinelenmeli sediment tahmin denklemi ve bölgede ölçüm olmayan alt akarsu havzaları için genel sediment tahmin denklemi ile olasılıklı debi-alan-sediment grafikleri geliştirmiştir.

Kumar ve Das (2000), yaptıkları çalışmada günlük yağış, yüzey akış ve sediment verimini tahmin eden dinamik bir model geliştirmişlerdir. Bu modeli Hindistan'da Himalayan bölgesinde bulunan Naula havzasında uygulamışlardır. Model sonuçları ile ölçülen günlük sediment verimi sonuçlarını kıyaslayarak, modelin çalışma alanında sediment verimini tahmin etmede kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir.

Krishnaswamy ve ark. (2001),Kostarika'da parametrik ve parametrik olmayan istatistiksel metotları kullanarak, 4767 km² alana sahip havzanın sediment verimini tahmin etmeye çalışmışlardır. Havza sediment verimini 1972 ve 1992 yılları arasında öncelikle arazi kullanımına ve hidrometeorolojik parametrelere bağlı olarak 112 ton/km²/yıl'dan 404 ton/km²/yıl'a çıktığını tespit etmişlerdir.

Kuşvuran (2001), Topçu deresi alt havzasında yağış sediment ilişkilerini belirleyerek benzer havzalara uygulama olanakları araştırmış, USLE ile tahmin edilen sonuçların ölçülen değerlerden büyük sapmalar gösterdiğini açıklamıştır.

Oğuz ve Balçın (2001), yaptıkları çalışmada Ekinli II Gölet Havzasında gölette biriken sediment miktarı ölçümle 3.695 m³/yıl, Musgrave Formülü ile 81.804 m³/yıl,

Brüt Erozyon Oranı ile 579 m³/yıl, USLE Eşitliği ile 9.775 m³/yıl, EİE-I Eşitliği ile 54.661 m³/yıl, EİE-II Eşitliği ile 54.385 m³/yıl olarak bulmuşlardır. Ampirik denklemlerden ölçmeyle bulunan değere en yakın sonuçları göletin planlanmasında kullanılan Brüt Erozyon yöntemi ile USLE vermiştir. Ele alınan diğer metotlar ise sediment verimini oldukça uzak tahminlerle hesaplamışlardır. Brüt Erozyon yöntemi ölçümle bulunan değerden daha az sediment hacmi tahmin ederken, ele alınan diğer yöntemler fazla tahminde bulunmuşlardır. Ölçümle bulunan sediment miktarına en yakın değeri veren Brüt Erozyon Oranı metodu da dâhil olmak üzere tüm yöntemler büyük sapma göstermişlerdir. Brüt Erozyon Oranı yöntemiyle 1977 yılındaki çalışma sonuçlarına göre 25 yılda birikmesi öngörülen 14485,5 m³ sedimentin, 1987 yılı ölçüm sonuçlarına göre 10 yıl içinde biriktiğini tespit etmişlerdir. 1977–2001 yılları arasındaki sediment taşınımı doğrusal kabul edildiğinde ise Brüt Erozyon yöntemine göre 25 yıl için öngörülen sediment sadece 3.92 yılda gölette birikmiş olmaktadır. Ekinli II Göleti 24. yılında kapasite olarak %27.68'ini kaybetmiştir. Gölet ekonomik ömrünün başlangıcı olarak, hizmete başladığı 1980 yılı dikkate alındığında, 25 yılda gelmesi beklenen sedimentin 7 yılda gölette biriktiği görülmüştür.

Kiş (2005), yaptığı çalışmada, Amerikan Jeolojik Araştırma Kuruluşu'na ait iki istasyonun (Quebrada Blanca ve Rio Valenciano) günlük süspanse sediment ve akış verilerini kullanarak, NF (neuro-fuzzy/yapay bulanık) ve NN (neural network/yapay sinir ağı) yaklaşım modellerinin, süspanse sediment ve akım ilişkisini modellemedeki başarısı araştırmıştır. Ölçülmüş olan süspanse sediment ve akım verilerini kullanarak mevcut sediment miktarını NF ve NN modelleriyle hesaplamıştır. Ayrıca aynı verilere sediment anahtar eğrisi ve doğrusal regresyon uygulamıştır. Modellerin performansının değerlendirilmesinde istatistiksel yöntemler kullanarak sonuçları karşılaştırmış ve NF modelinin diğer tekniklerden daha iyi tahminler verdiğini tespit etmiştir.

Vente ve ark. (2011). İspanyada 61 havzada 40 çevresel faktörü kullanarak yapmış oldukları çalışmalarında toprak erozyonu ve sediment taşınımının tahmininde Alan, Rölöf, Sıcaklık (ART) sediment dağılım modelini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, yağış alanı, havza çevresi, akarsu uzunluğu, Modifiye Fournier İndeksi, RUSLE faktörü ve havzaların bitki örtüsü yüzdesi ile sediment veriminin yüksek korelasyon gösterdiğini açıklamışlardır.

2.2. CBS İle Yapılan Sediment Verimi Tahmini İle İlgili Çalışmalar

Julien ve Tanago (1991), İspanya'da Conca De Tremp'de 43,1 km²'lik bir alanda, CBS ile USLE parametrelerinin alansal değişimi incelemişlerdir. Erosiv yağış (R) ve toprak aşınım (K) parametrelerinin değişim göstermediğini eğim (LS), bitki örtüsü ve arazi kullanımı (C) parametrelerinin ise alansal olarak önemli derecede değişim gösterdiğini ifade etmişlerdir. Aynı zamanda CBS ile oluşturulan hücre alanının büyüdükçe topoğrafik faktörün azaldığını ve toprak kaybının düşük tahmin edildiğini, buna karşılık diğer faktörlere etkisinin olmadığını açıklamışlardır. CBS ile yapılacak bu tür çalışmalarda hücre alanının 0.25 km² olarak alınmasının toprak kaybı hesaplamaları için uygun olacağını belirtmişlerdir.

Yomralıoğlu ve Çelik (1994), CBS'nin konuma dayalı gözlem ve ölçmeler neticesinde elde edilen grafik olmayan verileri bir bütün içerisinde işlemeye yarayan teknolojik bir sistem olduğunu ifade ederek, son yıllarda CBS'nin kullanımdaki artışın bilgisayar teknolojisindeki hızlı gelişmeye paralel olarak verilerin kolay bulunabilmesi ve CBS'nin uygulama alanlarının geniş olmasına bağlamıştır.

Alkış(1996), yaptığı çalışmada; CBS'nin önemini anlatmış, planlama, ruhsat, teknik altyapı, sağlık, çevre, tarım, orman, mühendislik tasarım ve çizimleri ve pek çok diğer konuda CBS'nin, bu sistemi kullanan ülke ve kent yönetimlerine sağlayacağı faydalardan söz etmiştir. Sonuç olarak, CBS'nin yöneticilerin doğru ve akılcı karar vermelerine yardımcı olan bir destek sistemi olduğu belirterek, coğrafi veri tabanlarından yararlanılarak, gereksiz veri tekrarı ve işlemlerin azaltılmasıyla daha ucuz veri elde edilebileceğini ifade etmiştir.

Wicks ve Bathurst (1996), Iowa ABD'de yaptıkları çalışmada, SHESED erozyon ve sediment tahmin modelini 5,1 ve 6,4 ha büyüklüğündeki iki havzaya uygulamış, model sonuçları ile ölçülen değerlerin birbirine yakın çıktığını ifade ederek, SHESED modelinin, sediment tahmininde kullanımının uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Çabuk ve ark. (1998), CBS'yi planlama yönetiminde kullanılan yeryüzünde konumu belirli verilerin modellenmesi, analizi, işlenmesi, kullanım amacına göre sunulması şeklinde tanımlayarak, kısaca yönetimi kapsayan donanım, yazılım, yöntemler ve bu amaçla çalışan personelin oluşturduğu sistem olarak ifade etmişlerdir. Bu sistem yardımıyla her türlü grafik ve yazınsal verinin aynı ortamda toplanması,

depolanması, grafik olarak saklanması, analizi, görselleştirilmesi, güncelleştirilmesi, sonuçların kullanıma sunulması gibi işlemlerin mümkün olduğunu açıklamışlardır.

Çabuk (1998), CBS'nin kullanım amacına, sektörel çeşitliliğe, uygulama şekillerine bağlı olarak çok çeşitli kullanım alanına sahip olduğunu belirterek, bunlardan bazılarının kadastral bilgi sistemi, arazi bilgi sistemi, ticari analiz bilgi sistemi, kent bilgi sistemi, mekansal bilgi sistemi vb. olduğunu ifade etmiştir.

Özel ve ark. (1998), Dalaman Çayı Havzasında CBS tekniklerini kullanarak, bir pilot erozyon risk haritası yapmışlardır. Çalışmada, havza için amenajman birimlerini belirleyerek, uygulanacak erozyon önleme tedbirlerini özetlemişlerdir.

Molnar ve Julien (1998), Mississippi'de 2 havzada yaptıkları çalışmada, USLE denklem parametrelerini CBS'ye aktararak $30 \times 30\text{m}$ 'den $6 \times 6\text{km}$ 'ye kadar genişliğe sahip hücreler için toprak kaybı miktarlarını hesaplamışlar, hücre genişliği arttıkça hesaplanan toprak kaybı miktarlarının azaldığını ve hücre genişliğinin $100 \times 100\text{m}$ 'yi geçtiğinde hesaplamalar için bir düzeltme katsayısının kullanılması gerektiğini belirlemişlerdir. Aynı zamanda, farklı iklimlere sahip geniş havzalarda erozyon miktarının CBS ile hesaplanabileceğini belirtmişlerdir.

Mitra ve ark. (1998), ABD'de yaptıkları erozyon tahmin çalışmasında, eğim açısını ve arazi kullanımını dikkate alan 2 değişkenli bulanık mantık (fuzzy logic) modeliyle, eğim uzunluğu, toprak aşınım özellikleri ve bitki örtüsünü dikkate alan 3 değişkenli bulanık mantık modelini kullanmışlardır. CBS ile $30 \times 30\text{m}$ çözünürlükte model değişkenlerini temsil eden haritaları kullanarak erozyon hesapları yapmışlardır. Hesaplama sonuçlarını, USLE ile elde edilen sonuçlarla kıyasladıklarında, 2 değişkenli model sonuçlarının USLE ile çok yakın, 3 değişkenli model sonuçlarının ise farklı çıktığını belirterek, farklılığın nedenini USLE'de kullanılan yıllık erosiv faktörü (R) değişkeninin bulanık mantık modelinde kullanılmaması olarak açıklamışlardır.

Adinarayana ve ark. (1999), USLE ve CBS'yi kullanarak sediment verimi indeks modelini geliştirmişlerdir. Bu indeks modeli ile sediment verimini az, orta şiddetli ve çok şiddetli olarak sınıflandırmışlardır. Aynı zamanda 100 km^2 alanda USLE ile yaptıkları toprak kaybı tahmin sonucunun $2811\text{ ton/km}^2/\text{yıl}$ olduğunu, gözlenen toprak kaybının ise $2674\text{ ton/km}^2/\text{yıl}$ olduğunu açıklamışlardır.

Hatipoğlu (1999), Ankara'da yaptığı çalışmada yağmurdan kaynaklanan akış ve toprak erozyonunu modellemek amacıyla uzaktan algılama ve CBS tekniklerini

kullanarak, Güvenç Havzasında bir çalışma yapmıştır. Mevcut CBS yazılımları topografik faktörlerin hesaplanması ile ilgili çalışmaları desteklemediğinden, bu sınırlama Arc/Info yazılımı ve AML programlama metoduyla aşılmıştır. Sonuç olarak, topografik faktörler hesaplanarak, havzada oluşan akım ve toprak kaybı modellenmiştir.

Millward ve Marsey (1999), Meksika’da dağlık bir topografyaya ve tropik yağış rejimine sahip bir bölgede yaptıkları çalışmada, RUSLE model parametrelerinin CBS ile belirlenmesinde uydu fotoğrafları, sayısal topografik haritalar, toprak haritası ve yağış verilerini kullanmışlardır. RUSLE modeli sonuçlarına göre IDRISI paket programını kullanarak, Zenzontla alt havzasının yağışlı ve yağışsız mevsimler için potansiyel erozyon haritasını çıkarmışlardır. Alt havzada aşırı miktarda toprak kaybının meydana geldiğini açıklayarak, yağışlı ve yağışsız mevsimlerde meydana gelen toprak kaybı miktarları arasında, büyük farklılıklar olduğunu bulmuşlardır.

Mıtiş (2000), CBS’de kullanılan bilgilerin genelde üç ana grupta toplanabileceğini, bunların; yerleşim alt yapı bilgileri (binalar, ulaşım, iletişim, kanalizasyon, elektrik hatları vs.), kadastral bilgiler (alan kullanımı, mülkiyet, tapu, vergi vs.) ve çevreye ait bilgiler (toprak, iklim, jeoloji, fauna, eğim vs.) olduğunu belirtmiştir. Aynı zamanda CBS’nin yoğun olarak kullanıldığı bazı alanları; kent bilgi sistemleri, mühendislik uygulamaları, çevre uygulamaları, orman geliştirme ve planlama, hidrolojik uygulamalar, jeolojik uygulamalar, şehir ve bölge planlama, ulaşım, askeri uygulamalar, havacılık, telekomünikasyon, turizm, pazarlamacılık uygulamaları olarak sıralamıştır.

Mıtiş (2000), CBS’de uygulama alanlarına göre değişik veri kaynaklarına ihtiyaç duyulduğunu, bu kaynakların mevcut harita ve dokümanlar (çizgisel tematik ve diğer haritalar), fotoğraf ve görüntüler (hava fotoğrafları, yersel fotoğraflar ve uzaktan algılama görüntüleri), uydu verileri (uydudan algılanan veriler), arazi verileri (arazi ölçüleri, konumu gibi bilgiler) ve hazır sayısal coğrafi veriler (standart formatlarda hazırlanmış coğrafi bilgi veri tabanları) olduğunu ifade etmiştir.

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü KHGM (2000), Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi (UBM) CBS’de kullanılmak üzere, özellikle su ve toprak kaynakları için veri tabanı hazırlamıştır. Ulusal Bilgi Merkezi’nin temel verilerini ulusal anlamda konumsal ve konumsal olmayan toprak ve su kaynakları ile ilgili coğrafi veriler oluşturmuştur. Veri tabanındaki verilerin işlenmesi, güncelleştirilmesi ve analizi

sonucu üretilen yeni veriler yardımıyla farklı ölçeklerde haritalar üretilmiştir. Üretilen harita ve dokümanlar KHGM Ulusal Harita Arşivinde muhafaza edilmektedir. Ulusal Bilgi Merkezi çalışmaları çerçevesinde üretilen veriler, çeşitli medya unsurları ile (CD ROM, intranet, internet, basılı yayın, vs.) öncelikle KHGM merkez ve taşra birimleri olmak üzere kullanıcıların hizmetine sunulmaktadır.

Özden (2000), Ankara-Çubuk Barajı gölü çevresinde, erozyonu kantitatif olarak belirlemek amacıyla 0.10 km² alanda yaptığı çalışmasında, CBS ve Uzaktan Algılama tekniklerini kullanmıştır. Sonuçta, çalışma alanının erozyona uğrayan kısımlarında 8 ton/ha/yıl toprağın, değişik yollarla çalışma alanına ulaştığını bulmuştur.

Munir ve ark. (2000), Endonezya'da Wonogiri havzasında yaptıkları çalışmada, USLE denklem parametrelerini ve CBS'yi kullanarak yapmış oldukları hesaplamalar sonucunda, arazi kullanımının sediment verimine etkili olduğunu, sediment veriminin azaltılmasında iyi bir arazi kullanım planlamasının yapılması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Tiwari ve ark. (2000), ABD'de 20 farklı alanda yüzey akışın doğal olarak oluştuğu parsellerden elde edilen verileri, WEPP, USLE ve RUSLE su erozyonu tahmin modellerini kullanarak model sonuçlarını kıyaslamışlardır. USLE ve MUSLE'nin WEPP modeline göre daha doğru sonuçlar verdiğini açıklamışlardır.

Jain ve Kothari (2000), Hindistan'ın Nagura ve Karso Havzalarını, CBS ile homojen alanlara sahip hücrelere bölerek, her hücre için belirledikleri USLE denklem parametrelerini kullanmışlar, hesaplamalar sonucunda havza sediment verimlerinin ölçülen değerler arasında önemli bir fark bulunmadığını açıklamışlar ve havzalarda sedimenti oluşturan kaynak bölgelerin haritasını ILWIS paket programı kullanarak çıkarmışlardır.

Kurucu ve Bolca, (2001), yaptıkları çalışmada İzmir ili için önemli bir içme ve kullanma suyu kaynağı olan Tahtalı Baraj Havzasının korunması ve yönetilmesi için CBS'yi kullanmışlardır. Tahtalı Barajı Bilgi Sistemi ile havzadaki su kaynakları, arazi kullanım şekli, eğim özellikleri, su miktarı ve kalitesi ile ilgili verilerin elde edilerek bilgisayar ortamında depolanması ve karar vericilerin hizmetine sunulmasını amaçlamışlardır. Elde edilen sonuçlarla riskli su kaynaklarının belirlenmesi ve zamanla gösterebilecekleri değişimlerin kolayca incelenebileceğini belirtmişlerdir.

Jain ve ark. (2001), yaptıkları çalışmada 52 km² alana sahip Himalayan havzasında Morgan ve USLE modelini kullanarak model parametrelerini belirlemede Uzaktan Algılama ve CBS'den faydalanmışlardır. Yaptıkları hesaplamalar sonucunda toprak kaybını Morgan modeli ile 2200 ton/km²/yıl olarak, USLE modeli ile 5500 ton/km²/yıl bulmuşlardır. Himalayan havzası için USLE'nin yüksek tahmin verdiğini, bu havza için toprak kaybı tahmininde Morgan modelinin kullanımın daha uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Öztürk ve ark. (2001), Kurukavak deresi su toplama havzasında 1994–1996 yıllarına ait verilerle yürüttüğü çalışmada yüzey akış ve sediment verimini araştırmıştır. Bu amaçla havzaya ait; topoğrafya, bitki örtüsü, toprak, arazi kullanımı ve iklim verilerini toplamış, daha sonra bu verileri CBS ortamına aktararak AGNPS modeli için gerekli analizleri yapmıştır. Elde edilen harita, çizelge ve bireysel verilerle, AGNPS modeli yardımıyla yapılan yüzey akış tahminlerini ölçülen değerlerle kıyaslamıştır. Çalışma alanında 1994–1996 yılları arasındaki 15 farklı yağış olayından seçtiği 8 olaya göre; model değerlerinin gözlem değerleri üzerine etkinliğini %25, belirtme katsayısını 0.43 olarak bulmuştur. Yeni regresyon denklemlerine göre kukla (dummy) değişken kullanımı ile Microstat istatistik programında yapılan hesaplamalar sonucu; doğrusal kalıpta determinasyon katsayısını 0.43 olarak bulmuştur. Regresyon analizinden elde edilen sonuçların ayrıca etkinlik katsayısının, Khikare testi ve Kolmogrov-Smirnov testleriyle de sınanmasına karar vermiş ve doğrudan model değerlerinin gözlem değerleri üzerine etkinliğini %25 olarak bulmuştur. Kolmogrov-Smirnov testi ile P değerini 0.98, Khikare testi sonucunu $\chi^2 h = 0.83$ olarak bulmuş, dolayısıyla gözlem ve model değerlerinin homojen olduğunu, bu açıdan model değerlerinin gözlem değerlerini temsil edebileceğini ortaya koymuştur.

İrvem ve Tülücü (2004), yaptıkları çalışmada, CBS kullanılarak Universal Toprak Kaybı Denklemi'ni (USLE) temel alan erozyonla toprak kaybı ve sediment verimi tahmin modeli (EST) geliştirerek bu modelde, erosiv yağışlar, arazi kullanımı, bitki örtüsü, arazi eğimi ve sediment iletim oranı parametrelerini kullanmış ve modeli Seyhan Havzasında bulunan Korkün alt havzasına uygulamışlardır. Uygulamada ILWIS (CBS) paket programını kullanmışlardır. Uygulama sonucunda toprak kaybı ve sediment verimi tahmini yapılmış, tahmin edilen sediment verimini gözlenen değerlerle kıyaslayarak değerlendirmişlerdir. Bu değerlendirme sonucunda modelin tahmin

kabiliyetinin düşük olmasına rağmen tahmin edilen ve gözlenen değerlerin ortalamaları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığını, bazı yıllarda hatalı gözlemlerin yapılmış olabileceğini, bu yıllar dikkate alınmadığında modelin tahmin kabiliyetinin istenen düzeye geldiğini tespit etmişlerdir. Modelde, sediment iletim oranının tahmin sonucunda en etkili parametre olduğunu, bu oranın geniş havzalarda belirlenmesi için ayrıntılı bir çalışmanın yapılması gerektiğini belirlemişlerdir.

2.3. Çoklu Regresyon Analizi ile İlgili Çalışmalar

Hidrolojide taşkın eşitlikleri, genellikle pik debi ve havza alanı kullanılarak geliştirilmişlerdir. Daha sonra olasılık dağılım modellerinin gelişimi ile değişik yinelemelerdeki taşkın debileri kullanılmaya başlanmıştır. Taşkın büyüklüğü ile ölçülebilen havza özelliklerinden yararlanılarak çoklu regresyonun kullanıldığı çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

Wong (1963), İngiltere’de yapmış olduğu çalışmada, alanları 25,9 ile 5180 km² arasında değişen 90 havza için 12 adet havza ve iklim özelliğini kullanarak, korelasyon, ana bileşenler ve çoklu regresyon analizi ile ortalama yıllık taşkını belirlemeye çalışmıştır. Çalışması sonucunda, ana kanal uzunluğunun ve ortalama arazi eğiminin önemli olduğu bir taşkın tahmin eşitliği geliştirmiştir.

Thomas ve Bensen (1970), Amerika Birleşik Devletlerinde dört bölgede akarsu debilerini tahmin etmede, 14 havza ve iklim özelliğini kullanarak yapmış olduğu çoklu regresyon analizi sonucunda, akarsu debileriyle havza alanı ve ortalama yıllık yağış arasında çok yüksek ilişki olduğunu bulmuştur.

Atış (1979), Ege Bölgesinde bazı havzalar için yağış-akım ilişkisini incelediği çalışmasında, doğrusal regresyon uygulayarak, gözlenen ve hesaplanan akımların kıyaslamasını yapmış ve en uygun yağış-akış bağıntısını geliştirmiştir.

Tasken (1982), 111 akım gözlem istasyonundan elde edilen 2, 10 ve 25 yıl yinelenmeli pik akım verilerini, geriye doğru eleme yönteminde kullanmıştır. Sonuç olarak alan, yıllık ortalama yağış, havza yüksekliği ve toprak indeksi ile bölge için geçerli doğrusal regresyon eşitlikleri elde etmiştir.

Pancu ve Smith (1989), 21 adet akım gözlem istasyonundan elde ettikleri yıllık anlık maksimum akım verileri ile 1:50 000 ölçekli topoğrafi haritalardan belirledikleri, çeşitli havza özellikleri, havza alanı, ortalama yıllık akım, depolama oranı, şekil

faktörünü arasında 2.33, 5, 10, 20, 50 ve 100 yıl yinelenmeli akımlar için bölgesel regresyon denklemleri geliştirmişlerdir.

Bilgin ve ark. (1991), Doğu Karadeniz Bölgesi havzalarında 1:25000 ölçekli haritaları kullanarak belirledikleri havza özellikleri ile 18 akım gözlem istasyonundan elde ettikleri çeşitli yinelenme yıllarına ait taşkın değerlerini çoklu regresyon analizi ile incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, havza alanı, ana dere uzunluğu ve eğimi, yıllık toplam yağış ortalaması ve 24 saatlik maksimum yağış ortalamasının akımlar üzerinde etkili olduğunu bulmuşlardır.

Tasker ve ark. (1996), Arkansas ve civarında, bölgesel regresyon modelleri geliştirmek ve ölçümü olmayan havzalarda 50 yıl yinelenmeli taşkın debilerini belirlemek için yaptıkları çalışmalarında, 5 ayrı yöntem kullanmışlardır. Bu yöntemlerden biri olan en iyi alt grup regresyon analizi sonucunda, 204 akım gözlem istasyonunun 50 yıl yinelenmeli pik taşkın verileri ile drenaj alanı, havza eğimi, ortalama yıllık yağış, ortalama havza yüksekliği ve havza şekli arasında önemli bir ilişki bulmuşlardır.

Magilligan ve Graber (1996), İngiltere’de 36 adet ölçüm istasyonunun yıllık taşkın verisini kullanarak, çoklu regresyon analizi uyguladıkları çalışmalarında, taşkınlardaki mevsimselliğin etkisini ortalama vektör bileşkesi büyüklüğü, taşkını meydana getiren mekanizma ile havza özelliklerindeki değişimini ise vektör ortalaması olarak ifade etmişlerdir. Vektör ortalamasını açıklamada enlem ve kıyıya olan uzaklık önemli bir rol oynarken, havza alanı ve yüksekliği daha az etkili olmuştur. Buna karşın ortalama vektör bileşkesi büyüklüğünün ise başlıca havza alanı, kıyıya olan uzaklık ve yükseklik ile kontrol edilebileceğini açıklamışlardır.

Pak ve Lee (2008) Güney Kaliforniya’da San Gabriel Dağlarında bulunan havzalarda yaptığı çalışmalarında, çoklu regresyon analizi ile sediment verimi tahmin modeli geliştirmişlerdir. Modelde, 45 yıllık (1938-1983) saatlik maksimum yağış verisi, rölyef oranı ve yangın faktörlerini kullanmışlardır, modelin kalibrasyonu için ise 17 yıllık (1984-2000) sediment verimi yangın ve yağış verilerini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda tahmin ve ölçülen sediment verimi arasında güçlü bir korelasyon olduğunu açıklamışlardır.

Zhongbao ve ark. (2011) Çin’deki Loess vadisinde bulunan ve dünyanın en yüksek sediment verimine sahip Yellow Nehri havzasında 180 gözlem istasyonundan

sağladığı çeşitli morfometrik, hidrolojik, iklimsel ve arazi örtüsü verilerini kullanarak sediment verimi değişimini anlamak ve tahmin etmek için çalışma yapmışlardır. Uyguladıkları çoklu regresyon analizi sonucunda bitki örtüsü, toprak özelliği ve yıllık akış yüzdesinin sediment veriminin %65'ini açıkladığını, çalışma alanının %60 lös topraklardan oluştuğunu belirtmişler ve bu alanlarda sediment verimi değişiminin %76'sını açıklayan bir denklem bulmuşlardır.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1. MATERİYAL

3.1.1. Çalışma Alanı

Bu çalışma, Türkiye genelinde akım ve sediment gözlem istasyonuna sahip kimi alt havzalarda yapılacaktır, bu alt havzaların seçimine yönelik kriterler yöntem kısmında açıklanmıştır.

3.1.2. Kullanılacak Veriler

Havzaların morfolojik özelliklerini belirlemede, havzalara ait sayısal topografik haritalar STRM 3.Arc çözünürlüğe sahip olarak internetten sağlanacaktır.

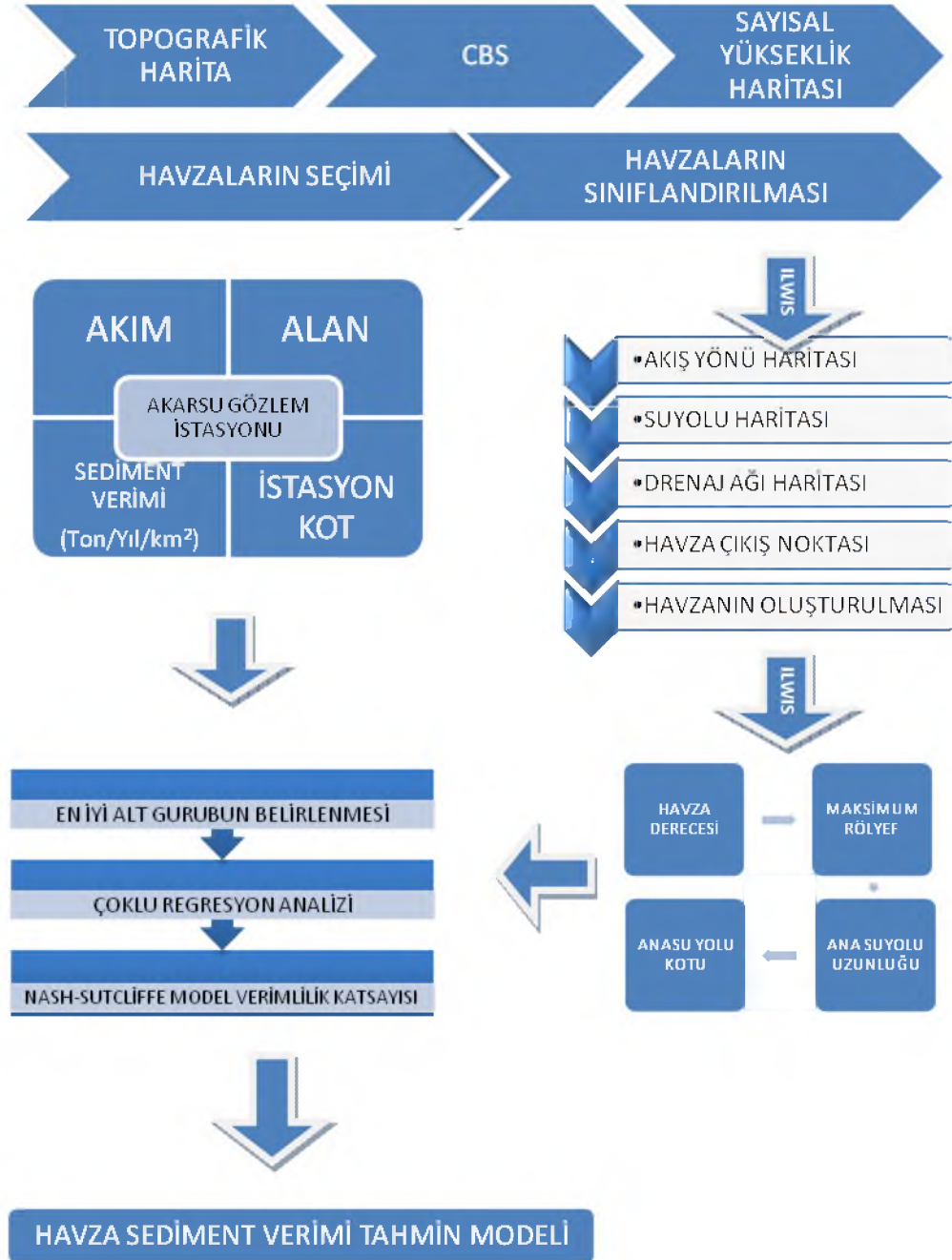
EİE tarafından işletilen Sediment Gözlem İstasyonlarından ölçülen sediment verimi verileri ile bu istasyonlara ait; istasyon no, istasyon adı, istasyon kotu, sediment yağış alanı, sediment gözlem yılları, gözlem yapılan yıl sayısı, ölçülen anlık akım, uzun yıllık ortalama süspanse sediment verimi bilgilerini içeren Elektrik İşleri Etüd İdaresi “Türkiye Akarsularında Süspanse Sediment Gözlemleri” Kitabı verileri kullanılacaktır.

3.1.3. Kullanılacak Yazılımlar

CBS sisteminden yararlanılan bu çalışmada, topografik, mekansal ve sayısal verilerin işlenmesinde, gerekli hesaplamaların yapılmasında ILWIS 3.6 CBS Paket programı kullanılacaktır. Çoklu regresyon analizi için MINİTAB yazılımı kullanılacaktır.

3.2. YÖNTEM

Havza morfolojik özelliklerinin CBS ile belirlendiği ve belirlenen bu özelliklerin kullanılarak, her yağış bölgesine düşen alt havzalar için geliştirilecek, tahmin modeli elde etmek için yapılan bu çalışmaya ait çalışma akış şeması Şekil 3.1’de verilmiştir.



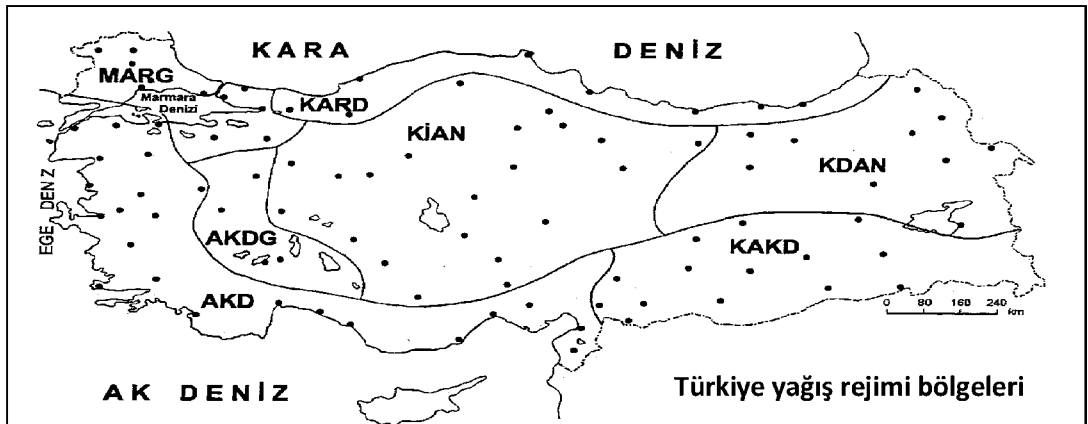
Şekil 3.1. Çalışmanın akış şeması

3.2.1. Çalışma Havzalarının Seçimi

Bu çalışmada, Türkiye'nin değişik bölgelerinden, sediment gözlem istasyonu bulunan alt havzalar seçilmiştir. Sediment verimi tahmini için havzaların seçimi yapılırken, öncelikle akarsuyun üzerindeki Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin (E.İ.E) Akarsu Gözlem İstasyonlarının (AGİ) varlığı ve durumuna bakılmıştır. Üzerinde istasyon bulunduran akarsularda uzun yıllık sediment ölçümü yapılmış olanlar ve hala ölçüm yapılıyor olan havzalar çalışma alanı olarak seçilmiştir. Seçim yapılırken diğer dikkat edilecek hususlar; seçilen akarsuyun üzerine gelen akım yolu boyunca doğal ya da yapay olarak konumlanmış herhangi bir sediment tutma özelliği gösteren yapının (göller, göletler, barajlar) bulunup bulunmadığıdır. Özellikle üst havzalardan gelen sediment miktarlarının etkisinin olmayacağı kapalı alt havzaların seçimi yapılmıştır.

3.2.2. Türkiye Yağış Rejimi Bölgeleri

Toprak kaybına, dolayısıyla sediment verimine en etkili faktörlerden biri yağıştır. Yağışın süresi, özellikle şiddeti bir havzanın sediment verimine doğrudan etkilidir. Ülkemizde yağış gözlem istasyonlarının, özellikle kayıt edici özelliğe sahip (plüviograf) istasyonların azlığı nedeniyle, seçilen havzaların büyük bölümünde yağış verisinin olmayışı nedeniyle alt havza sediment verimi tahmin denklemi için yağış faktörü dikkate alınmamış, bunun yerine, sediment verimi tahmin denklemleri aynı yağış rejimine sahip bölgeler için geliştirilmiştir. Aynı rejime sahip yağış bölgelerini (Şekil 3.2), Türkeş (1996) ağırlıklı olarak mevsimsel yağış ve yer istasyonlarını kullanarak belirlemiştir.



Şekil 3.2. Türkiye'nin yağış rejim bölgeleri haritası (Türkeş, 1996)

Şekil 3.2 de verilen haritada bölgeler hakkındaki bilgiler aşağıda verilmiştir

Karadeniz (KARD): En yüksek yağışı sonbaharda olan, her mevsim yağışlı; ılıman.

Marmara (MARG): Sıcak ve az yağışlı bir yaz mevsimi ile birlikte, her mevsim oldukça yağışlı.

Akdeniz (AKD): Çok yağışlı ılık bir kış ve sıcak, kurak bir yaz mevsimi ile birlikte, gerçek mevsimsel; nemli ve yarınemli subtropikal.

Karasal Akdeniz (KAKD): Orta yağışlı bir kış/ilkbahar ve çok sıcak kurak bir yaz mevsimi ile birlikte, oldukça mevsimsel; kurak-yarınemli subtropikal.

Akdeniz Geçiş (AKDG): Orta yağışlı bir kış ve ilkbahar.

Karasal İç Anadolu (KİAN): Orta yağışlı soğuk bir ilkbahar/kış ve az yağışlı sıcak bir yaz mevsimi ile birlikte, yarıkurak ve kurak-yarınemli bozkır.

Karasal Doğu Anadolu (KDAN): Orta yağışlı bir ilkbahar/ilkyaz ve kar yağışlı çok soğuk bir kış mevsimi ile birlikte, kurak-yarınemli ve yarınemli bozkır ve yüksek arazi.

Yağış bakımından aynı özelliklere sahip yedi bölgeyi gösteren, Türkiye'nin yağış rejim bölgeleri haritası bu çalışmada dikkate alınmıştır.

3.2.3. Havzaların Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Seçilen havzaların sediment verimine etkili olan morfolojik özellikleri CBS kullanılarak belirlenmiştir. Bu özellikler, havza alanı, havza rölyefi, dallanma oranı, akarsu derecesidir. Bu özelliklerin belirlenmesinde uygulanan yöntemler aşağıda başlıklar halinde açıklanmıştır.

3.2.3.1. Havza Sınırlarının ve Çevresinin Belirlenmesi

Her çalışma alt havzası için sayısal topografik harita ILWIS'e aktararak, bu haritadan sayısal yükseklik haritaları elde edilmiştir. Sayısal yükseklik haritası, ILWIS programında işlenerek havza çevresi ve alanı otomatik olarak hesaplanmıştır.

3.2.3.2. Havza Alanları

Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ)'nin Akarsu Gözlem İstasyonunun (AGİ) bulunduğu nokta havza çıkış noktası olarak seçilecek ve havza alanları bu noktanın konumuna göre hesaplanmıştır. Hesaplanan alanlar EİEİ'nin havza alanları ile ilgili verileri ile karşılaştırılmıştır.

3.2.3.3. Havza Uzunluğu

Havzanın ana su yolu boyunca olan uzunluğudur. ILWIS programında uzaklık ölçen cetvel yardımı ile bulunmuştur.

3.2.3.4. Ana Suyolu Uzunluğu

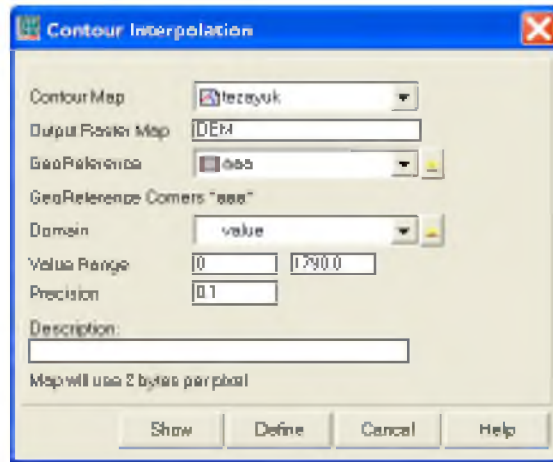
Ana su yolu hesaplanırken akarsuyun mansaptan membaya doğru olan mesafesi ILWIS programında uzaklık ölçen cetvel yardımıyla hesaplanmıştır.

3.2.3.5. Sayısal Topografik Haritaların Elde Edilmesi

Havzalara ait sayısal topografik haritalar internetten STRM verisi olarak ILWIS programına aktarılarak, bu haritalar için WGS84 projeksiyon ve UTM koordinat sistemi kullanılmıştır. ILWIS programına aktarılan sayısal haritalarda diğer nitelik bilgileri olması nedeniyle, sadece eş yükseklik değerlerini içeren alt haritalar oluşturulmuştur.

3.2.3.6. Sayısal Yükseklik Haritalarının Oluşturulması

Her havzanın eş yükseklik değerine sahip sayısal topoğrafik haritaları, ILWIS’de kontur interpolasyonu işlemi ile eş yükseklik değerleri arasında interpolasyon yapılarak eş yükseklik eğrilerinden oluşan harita, hücre tabanlı (raster) haritalara dönüştürülmüştür. Hücre boyutları, georeferans menüsünden 30 x 30 m olacak şekilde atanmıştır. Şekil 3.3’de ILWIS kontur interpolasyon menüsü gösterilmiştir. Bu işlem sonucunda sayısal yükseklik haritaları elde edilmiştir.



Şekil 3.3. ILWIS kontur interpolasyon menüsü

3.2.3.7. Akış Yönü Haritalarının Oluşturulması

Akış yönü haritasını (Flow Direction Map) elde etmek için ILWIS paket programındaki Dem Hydro-processing menüsünden, Flow Determination seçilerek alt menü seçeneklerinden akış yönü (Flow Direction) komutu seçilmiştir. Daha sonra girdi harita olarak, akış yönü haritasını oluşturmak istediğimiz havzanın sayısal yükseklik haritası tanımlanarak, çıktı harita olarak akış yönleri haritası elde edilmiştir. Şekil 3.4'de akış yönleri menüsü gösterilmiştir.



Şekil 3.4. ILWIS akış yönleri menüsü

3.2.3.8. Su Birikim Haritalarının Oluşturulması

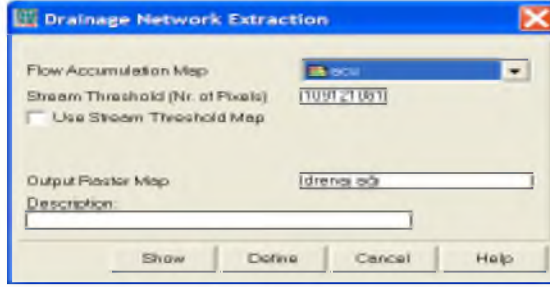
Su birikim haritası (Flow Accumulation Map)'n elde etmek için ILWIS paket programındaki Dem Hydro-processing menüsünden Flow Determination bölümü içinde Flow Accumulation menüsü seçilerek (Şekil 3.5) su birikim haritasını oluşturmak istediğimiz havzanın akış yönleri haritası girdi harita olarak atanmış ve çıktı harita olarak su birikim haritası elde edilmiştir.



Şekil 3.5. Su birikim haritası menüsü

3.2.3.9. Drenaj Ağı Haritalarının Oluşturulması

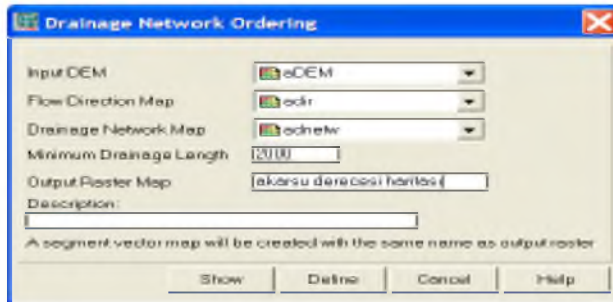
Drenaj ağı haritasını elde etmek için ILWIS paket programındaki Dem Hydro-processing menüsünden “Network” and ”Catchment Extraction” bölümü içinde “Drainage Network Extraction” komutu seçilerek. Drenaj ağı haritasını oluşturmak istediğimiz havzanın su birikim haritası girdi harita olarak atanmıştır, programın çıktı haritası Drenaj ağı haritası olmuştur (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. ILWIS drenaj ağı haritalama menüsü

3.2.3.10. Akarsu Derecesi Haritalarının Oluşturulması

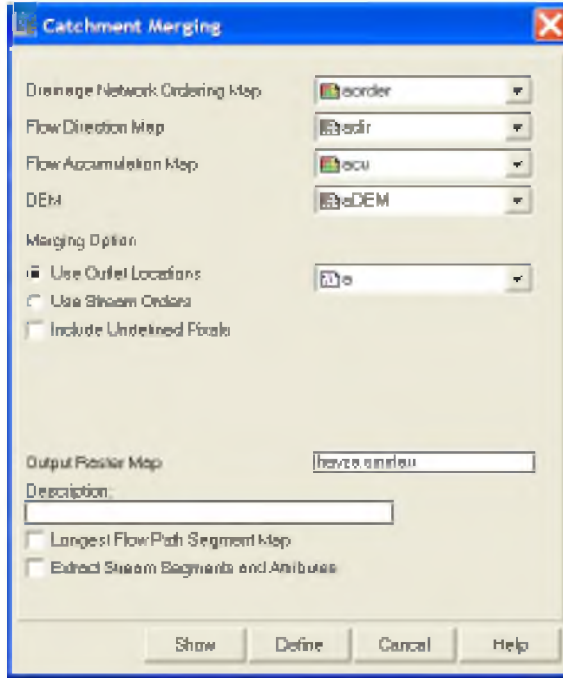
ILWIS paket programındaki, “Dem Hydro-processing” menüsünden “Network and Catchment Extraction” alt menüsü içinde “Drainage Network Ordering” komutu seçilerek. İstenilen kol uzunluğundaki akarsu derecesi haritasını oluşturmak için istediğimiz havzanın sırasıyla sayısal yükseklik haritası, akış yönü haritası, drenaj ağı haritası seçilmiştir (Şekil 3.7). Sonrasında en küçük drenaj kolu uzunluğu belirlenerek (2000 m) işlem sonucunda ILWIS paket programı en küçük drenaj kolu 2000 m olmak üzere istenilen kol uzunluğundaki akarsu derecesi haritaları oluşturulmuştur.



Şekil 3.7. ILWIS akarsu derecesi haritalama menüsü

3.2.3.11. Havzaların Oluşturulması

Havzanın oluşturulması için ILWIS paket programındaki “DEM Hydro-procesing” menüsünden “Network and Catchment Extraction” bölümü içinde “Catchment Merge “ komutu seçilerek yapılacaktır. Havzaya ait veriler sırası ile istenilen kol uzunluğundaki drenaj ağı haritası, akış yönü haritası, su birikim haritası, sayısallaştırılmış yükseklik haritası ve nokta haritası (point map) kullanılmıştır (Şekil 3.8). Havzanın oluşturulması için bir çıkış noktasına ihtiyaç duyulur bu nokta Elektrik İşleri Etüt İdaresi’nin ölçümlerde kullandığı Akarsu Gözlem İstasyonu seçilmiştir. Seçilen noktanın Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından belirtilen koordinatı kullanılan koordinat sistemine dönüştürülerek ILWIS paket programında bir nokta haritası (point map) oluşturulmuştur. İşlemlerin sonucunda istenilen çıkış noktasına göre havza sınırları ve özellikleri belirlenmiştir.



Şekil 3.8. ILWIS havza sınırı belirleme menüsü

3.2.3.12. Harita Hesaplama

ILWIS paket programında harita hesaplama komutu raster haritaları birbiri üzerine çakıştırılarak belirli bir harita oluşturma işlemidir. Hesaplama komut penceresini kullanılacak belirli bir domain seçilecek işlem sonucunda harita hesaplaması tamamlanmıştır.

3.2.4. Çoklu Regresyon Analizi

Hidrolojik çalışmalarda herhangi bir bağımlı değişkeni tek bir bağımsız değişken ile açıklamak mümkün değildir. Hidrolojik modeller, genellikle birden fazla sebebin sonucudurlar. Çok fazla sayıda değişken bir araya gelerek bir diğer değişkeni etkileyebilmektedir. Bu değişkenler aynı zamanda kendi aralarında da birbirlerini etkileyebilmektedir. Bu sebeple, bu tür birden fazla değişkenin kullanılması gereken durumlarda tekli regresyon analizi yapılması mümkün değildir. Birden fazla bağımsız değişken kullanılarak yapılan regresyon analizine çoklu regresyon analizi adı verilmektedir.

Çoklu regresyon analizinin amacı, göz önüne alınan birden fazla değişken arasında anlamlı bir ilişki bulunup bulunmadığını belirlemek, böyle bir ilişki varsa bu ilişkiyi ifade eden regresyon denklemini elde etmek ve bu denklemi kullanarak yapılacak tahminlerin etkinliğini hesaplamaktır.

Çoklu regresyon analizlerinden biriside an iyi alt grup regresyon analizidir. Bu analizde, k sayıda bağımsız değişken ile tüm olası regresyon modelleri ele alınarak bunların içinde en iyi denklemin seçimi yapılır. Seçilen bağımsız değişkenler modelde yer alır veya almazlar. Değişken sayısı k ise denklem sayısı 2^k olur.

En iyi alt grup regresyon analizinde, en iyi denklemin belirlenmesinde genel olarak üç kriter vardır. Bunlar; maksimum belirlilik katsayısı (R^2), maksimum düzeltilmiş belirlilik katsayısı (R_a^2) ve Mallows Cp istatistiğidir.

Bu kriterlerden, R^2 belirlilik katsayısı Denklem (3.1) ile hesaplanmaktadır.

$$R^2 = \frac{SSR}{SS_y} = 1 - \frac{SSE}{SS_y} \quad (3.1)$$

Burada, SSR açıklanan değişmeyi, SSE açıklanamayan değişmeyi, SS_y ise toplam değişmeyi göstermektedir. Belirlilik katsayısı, bağımlı değişkendeki değişimleri, modelde yer alan bağımsız değişkenler tarafından açıkladığından, modele ilave edilecek her bir yeni bağımsız değişken, belirlilik katsayısının değerini yükseltecektir.

R^2 istatistiğini kullanarak model seçiminde,

$$E(Y) = \beta_0 \quad (\text{Ortalama değişkeni içeren model}) \quad (3.2)$$

$$E(Y) = \beta_0 + \beta_i X_i \quad (\text{Bir değişkeni içeren model}) \quad (3.3)$$

$$E(Y) = \beta_0 + \beta_i X_i + \beta_j X_j \quad (\text{İki değişkeni içeren model}) \quad (3.4)$$

$$E(Y) = \beta_0 + \dots + \beta_k X_k \quad (k \text{ değişken içeren model}) \quad (3.5)$$

şeklinde, 2^k sayıdaki denklemin çözümü yapılmakta ve her bir denklem için R^2 katsayısı hesaplanmaktadır. Hesaplanan katsayılar,herbir grup içinde büyükten küçüğe sıralanarak grup içindeki en yüksek belirlilik katsayısı değerleri ve bu değerler içinde en yüksek R^2 değerine sahip olan model belirlenmektedir (Draper and Smith, 1981).

R^2 belirlilik katsayısı çoklu modellerde genellikle yeterli değildir. Çünkü oklu regresyon modelleri için denkleme yeni değişken ilave edilmesi durumunda R^2 değeri genellikle artmaktadır. Denkleme yeni değişkenler eklendikçe SSR (Sum of Squared Residuals) azalma yönünde değişir, asla artmaz. Dolayısıyla, eklenen değişkenin katkısını ölçmede R^2 iyi bir kriter olmayabilir. Bu yüzden anlamlı bir test yapabilmek için çoklu modellerde düzeltilmiş R^2 hesaplanmalıdır (R_a^2). Tekli regresyon modellerinde olduğu gibi belirlilik katsayısı 1'e ne kadar yakın ise mevcut olan model o kadar uygundur (Helsen and Hirsch, 1993).Düzeltilmiş belirlilik katsayısı ise aşağıda verilen eşitlik ile belirlenmektedir,

$$R_a^2 = 1 - \frac{n-1}{n-k} (1 - R^2) \quad (3.6)$$

Burada; n , gözlem sayısı; k , modeldeki parametre sayısıdır. Modele eklenen her bir bağımsız değişken, düzeltilmiş belirlilik katsayısını küçültmektedir. Bu değer, modellerin karşılaştırılmasında kullanılması yanı sıra, modelde yer alacak bağımsız değişkenlerin en uygun sayısını belirlemek için de kullanılmaktadır.

Model seçiminde diğer bir alternatif istatistik ise C. L. Mallows tarafından

ortaya atılan C_p istatistiğidir,

$$C_p = \frac{RSS}{s^2} - (n - 2k) \quad (3.7)$$

Burada; RSS , artıkların kareleri toplamını; k modeldeki β_0 dahil olmak üzere parametrelerin sayısını; s^2 ise, σ^2 'nin sapmasız tahmincisini göstermektedir. Genel olarak C_p istatistik değerinin küçük olması beklenmektedir. Dolayısıyla, C_p değeri küçük olan model, en uygun model olarak belirlenmektedir (Draper and Smith, 1981).

Modelin uygunluğunun belirlenmesinde kullanılan R^2 'nin büyük çıkması her zaman modelin iyi olduğu sonucunu gösteremeyebilir. Çünkü modele bir değişkenin eklenmesi modele katkıda bulunsun veya bulunmasın R^2 'nin değerini artıracaktır. Böylece büyük R^2 'ye sahip modeller tahmin yapmada yetersiz kalabilir. Bu nedenle çalışmada modellerin uygunluğunun en iyi alt grup regresyon analizi ile belirlendikten sonra, kalıntı analizi ile de kontrol edilmesi gerekmektedir (Topaloğlu, 1999).

3.2.4.1. Kalıntı Analizi

Kalıntı analizi, gözlenen değer ile uydurulan değer arasındaki farkın yani kalıntıların incelenerek tahmin edilen eşitlik ile veri arasındaki uyumu veya uyumsuzluğu ortaya koyan bir analiz şeklidir (Draper ve Smith, 1981).

Regresyon analizinde kalıntı (e) ile ilgili olarak ortalaması sıfır, varyansı σ^2 ve normal dağıldığı varsayımları yapılır. Varsayımlar doğru ise $r=0$ doğrusunun çevresinde dağılan artıkların yaklaşık olarak $r=\pm 2$, eğer logaritması alınırsa $r=\pm 0.30$ sınırlar içerisinde olması beklenir. Eğer model gerçekten verilere uyum sağlıyorsa, kalıntıların sözü edilen tüm varsayımları açıklaması gerekir. Ayrıca kalıntıların kareleri ortalaması olarak adlandırılan MSE değerinde kalıntı analizinde önemlidir, Bu değeri bulmada kullanılan formül aşağıda verilmiştir.

$$MSE = \frac{SSE}{n - k} \quad (3.8)$$

Burada; SSE, artıkların kareleri toplamını; n gözlem sayısını, k ise modelde yer alan bağımsız değişken sayısını göstermektedir.

Kalıntıların kareleri ortalamasını kullanarak yapılacak model seçiminde, her bir denklem için bu değere bakılmakta ve MSE değeri en küçük olan denklemler uygun modeller olarak belirlenmektedir.

Çalışmada regresyon modelinin uygunluğu kalıntıların uygun bulunan model ile elde edilen değerlerin gözlenmiş değerlere karşı grafiklenmesiyle araştırılmıştır.

3.2.5. Nash-Sutcliffe Model Verimlilik Katsayısı

Bölgeler için oluşturulan denklemlerin verimlilik katsayısını belirlemede Nash-Sutcliffe modeli kullanılmıştır, Nash-Sutcliffe modeli denklem (3.9) ile hesaplanmaktadır.

$$E = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_0^t - Q_m^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_0^t - \overline{Q_0})^2} \quad (3.9)$$

Burada; E , model verimlilik oranı; Q_0^t , ölçüm değeri; Q_m^t , tahmin değeri ve $\overline{Q_0}$, ölçüm değerlerinin ortalamasıdır. Nash-Sutcliffe modelinde E değeri $-\infty$ ile 1 arasında değişebilir sonuç 1'e yaklaştıkça modelin verimliliği artmaktadır (Nash and Sutcliffe, 1970).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Alt Havzaların Seçimi

Türkiye genelinde yapılan bu çalışmada, Türkiye'nin değişik bölgelerinden sediment gözlem istasyonu bulunan 47 adet alt havza seçilmiştir. Seçilen alt havzalar Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Seçilen alt havzalar

4.2. Seçilen Havzaların Özellikleri

Seçilen alt havzalara ait bilgiler, “Türkiye Akarsularında Süspanse Sediment Gözlemleri” kitabından alınmış ve aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Havza İstasyon No-Adı:SGİ' nin Türkiye'nin 26 büyük akarsu havzasının hangisi içinde bulunduğu hakkında bilgi vermektedir.

Yükseltisi ve Yeri:SGİ' nin, 1/25 000, 1/100 000 veya 1/200 000 ölçekli haritalar üzerinde yerleri işaretlenerek, enlem ve boyları, denizden olan yüksekliği bulunmuş ve yerlerinin tarifleri yapılmıştır.

Sediment Yağış Alanı (km²): İstasyonun brüt yağış alanı içerisinde bulunan doğal göllerin ve barajların yağış alanlarının dışında kalan alanları ifade etmektedir.

Sediment Gözlem Yılları: İlk ve son örneğin alındığı tarihlerle birlikte, bu arada geçen süre bilgileri bulunmaktadır.

Seçilen alt havzalara ait genel bilgiler ve koordinatlar Çizelge 4.1 ve akım ve sediment gözlem verilerini kapsayan bilgiler Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Seçilen alt havzalara ait genel bilgiler

BULUNDUĞU HAVZA	A.G.İ	AKARSU	ALAN	ENLEM	BOYLAM
	Nu.		(km ²)		
Müteferrik Marmara Suları	210	Gönen Çayı-Kumköy	1.192,80	40.043611°	27.549444°
Müteferrik Ege Suları	406	Bakırçay-Eğrigöl	2.250,10	39.053889°	27.100556°
Müteferrik Ege Suları	407	Karamenderes-Aslanköprü	1.450,60	38.640556°	28.720000°
Susurluk Havzası	523	Gediz Nehri-Acısü	3.272,40	38.777778°	27.966111°
Küçük Menderes Havzası	601	K.Menderes Nehri -Selçuk	3.255,20	37.979167°	27.379444°
Küçük Menderes Havzası	701	Çine Çayı-Kayırlı	948	37.421111°	28.130556°
Küçük Menderes Havzası	735	Banaz Çayı-Dörtdeğirmen	3.226,60	38.336389°	29.238611°
Müteferrik Orta Akdeniz Suları	902	Köprüçay-Beşkonak	1.942,40	37.141667°	31.188611°
Müteferrik Orta Akdeniz Suları	912	Manavgat Çayı-Sinanhoca	625,6	36.979444°	31.608611°
Müteferrik Orta Akdeniz Suları	917	Alara Çayı-Alarahan	879,3	36.695278°	31.725278°
Burdur Gölü Kapalı Havzası	1003	Bozçay-Karaçalı Köprüsü	1.291,60	37.559444°	30.084722°
Afyon Suları Kapalı Havzası	1108	Akarçay-Balca	789,5	38.858333°	30.422778°
Sakarya Havzası	1203	Porsuk Çayı-Beşdeğirmen	3.661,40	39.528611°	30.048889°
Sakarya Havzası	1233	Aladağ Çayı-Karaköy	2.003,20	40.187778°	31.657778°
Sakarya Havzası	1239	Ova Çayı-Eybek	322	39.391384°	32.920833°
Sakarya Havzası	1243	Sakarya Nehri-Botbaşı	11.257,80	40.965000°	30.509722°
Sakarya Havzası	1253	Sohu Deresi-Fındıklı	134,4	40.603611°	32.662222°
Müteferrik Batı Karadeniz Suları	1307	Devrekani Çayı-Azdavay	1.074,90	41.641667°	33.301111°
Müteferrik Batı Karadeniz Suları	1314	Soğanlı Çayı-Karabük	5.086,80	41.169722°	32.643056°
Müteferrik Batı Karadeniz Suları	1332	Karasu-Hacılar Köprüsü	340	41.999167°	35.032500°
Müteferrik Batı Karadeniz Suları	1334	Bolu Çayı-Beşdeğirmenler	779,7	40.886667°	31.930000°
Yeşilırmak Havzası	1401	Kelkit Çayı-Fatlı	6.567,40	40.478333°	36.998889°
Yeşilırmak Havzası	1422	Kelkit Çayı-Çiçekbükü	1.714,00	40.112500°	39.311667°
Kızılırmak Havzası	1524	Gökırmak Nehri-Kuyuluş	3.934,80	41.585278°	34.336667°
Orta Anadolu Kapalı Havzası	1611	Çarşamba Suyu-Bozkır	271,2	37.173333°	32.209444°
Orta Anadolu Kapalı Havzası	1612	İbrala Suyu-Denircik	267,7	37.201944°	33.405556°
Orta Anadolu Kapalı Havzası	1622	Peçeneközü D.-Şereflikoçhisar	648,4	38.953889°	33.553056°
Müteferrik Doğu Karadeniz Suları	1712	Göksu Nehri-Bucakkışla	2.689,20	36.950833°	33.035556°
Müteferrik Doğu Karadeniz Suları	1721	Anamur Çayı-Alaköprü	313,2	36.175833°	32.895556°
Müteferrik Doğu Karadeniz Suları	1723	Ermenek Çayı-Çavuşköy	2.148,00	36.565833°	32.941667°

Çizelge 4.1.(Devam)Seçilenalt havzalara ait genel bilgiler

BULUNDUĞU HAVZA	A.G.İ	AKARSU	ALAN	ENLEM	BOYLAM
	Nu.		(km ²)		
Seyhan Havzası	1801	Göksu Nehri-Himmetli	2.596,80	37.866389°	36.058889°
Seyhan Havzası	1820	Körkün Suyu-Hacılı Köp.	1.440,80	37.295556°	35.154722°
Ceyhan Havzası	2006	Göksun Nehri-Karaahmet	739,2	38.031944°	36.569722°
Ceyhan Havzası	2008	Savrun Deresi-Kadirli Köprüsü	444	37.371944°	36.094167°
Fırat-Dicle Havzası	2115	Göksu Nehri-Malpınar	915,2	38.422500°	36.920556°
Fırat-Dicle Havzası	2141	Peri Suyu-Korudibi	3.710,60	37.489444°	38.158889°
Fırat-Dicle Havzası	2154	Karasu-Aşağıkağdı	3.604,40	39.153611°	40.107778°
Fırat-Dicle Havzası	2164	Göynük Çayı-Çayağzı	2.547,80	39.938889°	40.759722°
Müteferrik Doğu Karadeniz Suları	2218	İydere-Şimşirli	1.946,10	38.791944°	40.554722°
Müteferrik Doğu Karadeniz Suları	2228	Folderesi-Bahadırılı	834,9	40.815556°	40.492500°
Müteferrik Doğu Karadeniz Suları	2245	Terme Çayı-Gökçeli	191,4	41.030833°	39.278611°
Müteferrik Doğu Karadeniz Suları	2251	Değirmendere-Esiroğlu	232,8	41.083056°	36.826389°
Çoruh Havzası	2327	Berta Suyu-Çiftehanlar	729,6	40.874722°	39.685833°
Aras Havzası	2418	Kars Çayı-Şahnalar	1.762,00	41.451944°	41.710556°
Van Gölü Kapalı Havzası	2505	Bendimahı Çayı-Gönderme	1.216,40	41.258611°	42.161944°
Van Gölü Kapalı Havzası	2511	Güzelsu Çayı-Güzelsu	4.443,80	40.735556°	43.553333°
Fırat-Dicle Havzası	2630	Zap Suyu-Teknisyenler	1.373,40	39.087778°	43.793611°

Çizelge 4.2. EİEİ “Türkiye Akarsularında Süspanse Sediment Gözlemleri” verileri

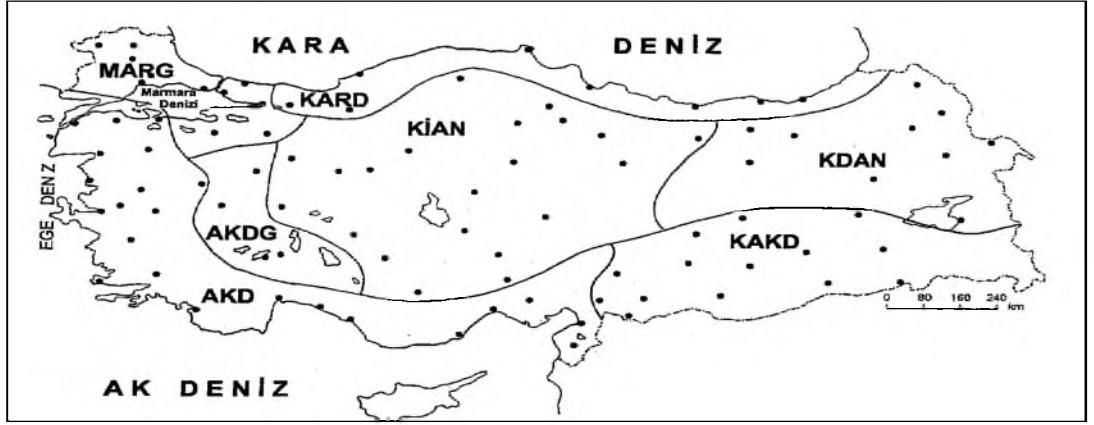
SEDİMENT GÖZLEM İSTASYONUN						Ölçülen Anlık Akım (m3/sn)	SEDİMENT GÖZLEM YILLARINA GÖRE İSTASYONUN UZUN YILLIK ORTALAMA SÜSPANSE SEDİMENT	
No	Adı	Yükselisi (m)	Sedim. Yağış Alanı km ² (2)	Sediment Gözlem Yılları	Yıl sayısı		SEDİMENT GÖZLEM YILLARINA GÖRE İSTASYONUN UZUN YILLIK ORTALAMA SÜSPANSE SEDİMENT	Verimi
							Ton / yıl	Ton / yıl / km ²
210	Gönen Çayı-Kumköy	57	1.192,8	1972-1995	23	17,500	26.048	22
314	Kocaçay-Kayaca	25	2.308,8	1971-2005	34	24,944	115.789	50
406	Bakırçay-Eğrigöl	16	2.250,1	1994-1998	4	11,944	128.001	57
407	Karamenderes-Aslanköprü	35	1.450,6	1978-2004	26	9,737	17.782	12
523	Gediz Nehri-Acısü	373	3.272,4	1971-2005	34	9,686	235.092	72
601	K.Menderes Nehri -Selçuk	4	3.255,2	1972-2007	35	19,606	196.935	60
701	Çine Çayı-Kayırılı	262	948,0	1967-2005	38	9,309	26.663	28
735	Banaz Çayı-Dörtdeğirmen	467	3.226,6	1989-1998	9	4,915	62.285	19
902	Köprüçay-Başkonak	116	1.942,4	1969-2005	36	81,900	389.514	201
912	Manavgat Çayı-Sinanhoca	245	625,6	1983-2005	22	68,439	79.831	128
917	Alara Çayı-Alarahan	25	879,3	1995-2005	10	27,433	83.240	95
1003	Bozçay-Karaçalı Köprüsü	910	1.291,6	1978-1995	17	1,720	9.700	8
1108	Akarçay-Balca	1.028	789,5	1995-2005	10	3,362	23.700	30
1203	Porsuk Çayı-Beşdeğirmen	855	3.661,4	1972-2005	33	6,610	54.417	15
1233	Aladağ Çayı-Karaköy	505	2.003,2	1961-2005	44	14,878	90.218	45
1239	Ova Çayı-Eybek	1.033	322,0	1967-2003	36	2,666	6.697	21
1243	Sakarya Nehri-Botbaşı	8	11.257,8	1964-2001	37	163,428	2.212.691	197
1253	Sohu Deresi-Fındıklı	1.094	134,4	1991-2005	14	1,105	762	6
1307	Devrekani Çayı-Azdavay	815	1.074,9	1977-2007	30	7,177	26.612	25
1314	Soğanlı Çayı-Karabük	271	5.086,8	1972-2005	33	22,919	677.436	133
1332	Karasu-Hacılar Köprüsü	20	340,0	1978-2005	27	5,166	26.620	78
1334	Bolu Çayı-Beşdeğirmenler	541	779,7	1977-2005	28	7,011	29.394	38
1401	Kelkit Çayı-Fatlı	375	6.567,4	1967-2005	38	77,244	2.146.576	327
1422	Kelkit Çayı-Çiçekbükü	1.350	1.714,0	1977-2005	28	9,075	77.240	45
1524	Gökırmak Nehri-Kuyuluş	475	3.934,8	1981-1999	18	17,233	254.281	65

Çizelge 4.2.(Devam)EİEİ “Türkiye Akarsularında Süspanse Sediment Gözlemleri”
verileri

SEDİMENT GÖZLEM İSTASYONUN						Ölçülen Anlık Akım (m3/sn)	SEDİMENT GÖZLEM YILLARINA GÖRE İSTASYONUN UZUN YILLIK ORTALAMA SÜSPANSE SEDİMENT	
No	Adı	Yükseltisi (m)	Sedim. Yağış Alanı km ² (2)	Sediment Gözlem Yılları	Yıl sayısı		SEDİMENT GÖZLEM YILLARINA GÖRE İSTASYONUN UZUN YILLIK ORTALAMA SÜSPANSE SEDİMENT	Verimi
							Ton / yıl	Ton / yıl / km ²
1611	Çarşamba Suyu-Bozkır	1.170	271,2	1994-2005	5	3,759	6.700	25
1612	İbrala Suyu-Denircik	1.055	267,7	1982-2005	23	1,891	3.257	12
1622	Peçeneközü D.-Şereflikoçhisar	958	648,4	1978-2005	27	0,844	15.444	24
1712	Göksu Nehri-Bucakkışla	397	2.689,2	1975-2005	30	26,657	221.845	82
1721	Anamur Çayı-Alaköprü	37	313,2	1978-2007	29	22,530	26.051	83
1723	Ermenek Çayı-Çavuşköy	515	2.148,0	1985-2004	19	43,916	192.950	90
1801	Göksu Nehri-Himmetli	665	2.596,8	1966-2005	39	30,617	133.607	51
1820	Körkün Suyu-Hacılı Köp.	167	1.440,8	1977-2005	28	14,822	139.500	97
2006	Göksun Nehri-Karaahmet	1.324	739,2	1977-2008	31	10,019	24.634	33
2008	Savrun Deresi-Kadirli Köprüsü	75	444,0	1994-2005	11	8,642	43.887	99
2115	Göksu Nehri-Malpınar	397	3.710,6	1977-2008	31	51,050	1.887.993	509
2141	Peri Suyu-Korudibi	1.100	3.604,4	1987-1993	6	79,693	3.291.267	913
2154	Karasu-Aşağıkağdıriç	1.675	2.547,8	1994-2008	14	20,647	82.729	32
2164	Göynük Çayı-Çayağzı	998	1.946,1	1986-2008	22	31,144	625.778	322
2218	İyidere-Şimşirli	307	834,9	1970-2005	35	29,062	58.632	70
2228	Folderesi-Bahadırılı	17	191,4	1988-2005	17	4,442	22.262	116
2245	Terme Çayı-Gökçeli	66	232,8	1988-2005	17	12,504	11.592	50
2251	Değirmendere-Esiroğlu	155	729,6	1995-2005	10	12,431	33.324	46
2327	Berta Suyu-Çiftahanlar	570	1.216,4	1995-1998	3	17,478	104.189	86
2418	Kars Çayı-Şahnalar	1.495	4.443,8	1969-2005	36	20,020	188.310	42
2505	Bendimahı Çayı-Gönderme	1.915	1.373,4	1995-2005	10	8,360	25.074	18
2511	Güzelsu Çayı-Güzelsu	1.941	1.390,4	1988-2005	17	4,502	105.290	76
2630	Zap Suyu-Teknisyenler	1.425	4.161,5	1985-2009	24	37,021	677.714	163

4.3. Çalışma Havzalarının Yağış Bölgelerine Göre Sınıflandırılması

Yağış bölgelerini gösteren harita ile seçilen alt havzaları gösteren harita CBS ile karşılaştırılarak, her bölgeye düşen seçilmiş havzalar belirlenmiş ve sınıflandırılmıştır. Oluşturulan bölge sınırlarında her hangi iki bölge sınırları içerisine giren havzalar iki bölge içinde veri olarak kullanılmıştır. Yağış bölgelerini ve bölgelerin belirlenmesinde kullanılan 91 adet yağış gözlem istasyonlarının konumları Şekil 4.2’de verilmiştir. Yağış bölgeleri ve çalışmada kullanılan sediment verimi gözlem istasyonları haritası Şekil 4.3’ de, Yağış bölgelerini gösteren harita Şekil 4.4.’de ve bu bölgelere göre sınıflandırılan alt havzalar ise Çizelge 4.3.’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Yağış bölgeleri ve yağış gözlem istasyonları (Türkeş, 1999).



Şekil 4.3. Yağış bölge sınırları ve alt havzalar



Şekil4.4. Yağış bölgeleri

Çizelge 4.3. Yağış bölgelerine göre sınıflandırılan alt havzalar

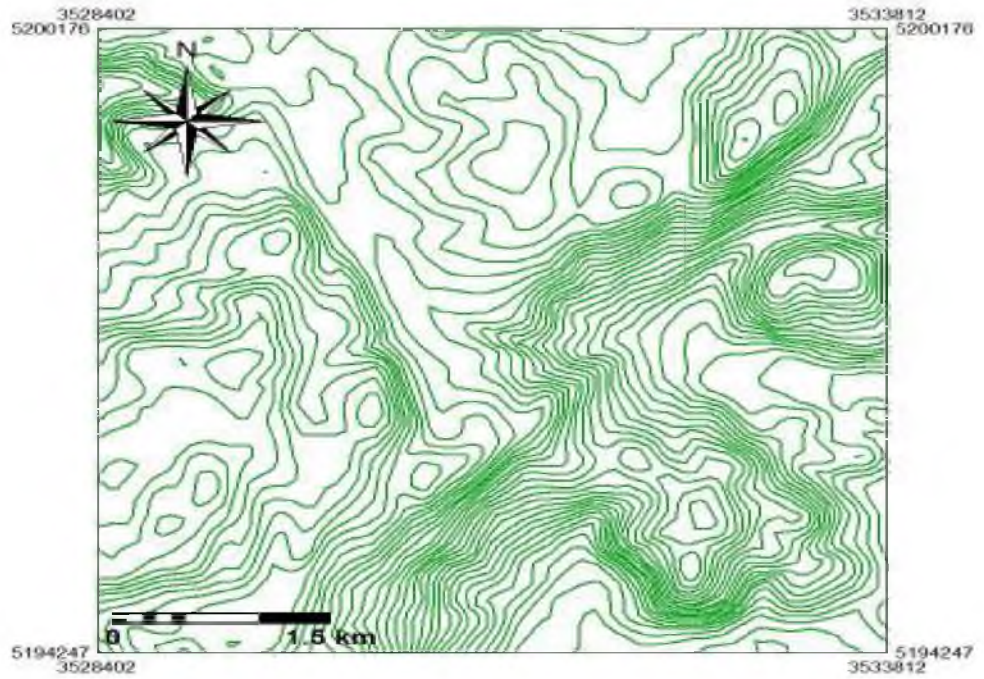
	2.Bölge	3.Bölge	4.Bölge	5.Bölge	6.Bölge	7.Bölge
Havza Numaraları	1243	210	523	1108	1422	2115
	1307	406	735	1233	2154	2141
	1314	407	902	1239	2327	2164
	1332	601	1003	1253	2418	2511
	1334	701	1203	1401	2505	2630
	1524	912	1611	1612	2251	2015
	2218	917	912	1622	2218	2006
	2228	1721		1712	2511	2008
	2245	1723		2015		
	2251	1801				
		1820				
		2006				
		2008				

4.4. Seçilen Havzaların Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Seçilen havzaların morfolojik özelliklerinin belirlenmesinde CBS yazılımı olan ILWIS'in hidrolojik işlemler (Hydro-Process) menüsünde bulunan alt menülerden faydalanılmıştır. Seçilen havzaların sınırları, alanları, drenaj ağı, akarsu dereceleri, su akış yönleri, rölyef bilgileri, sayısal topografik harita yardımıyla belirlenmiş olup işlem aşamaları aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

4.4.1. Sayısal Topografik Harita

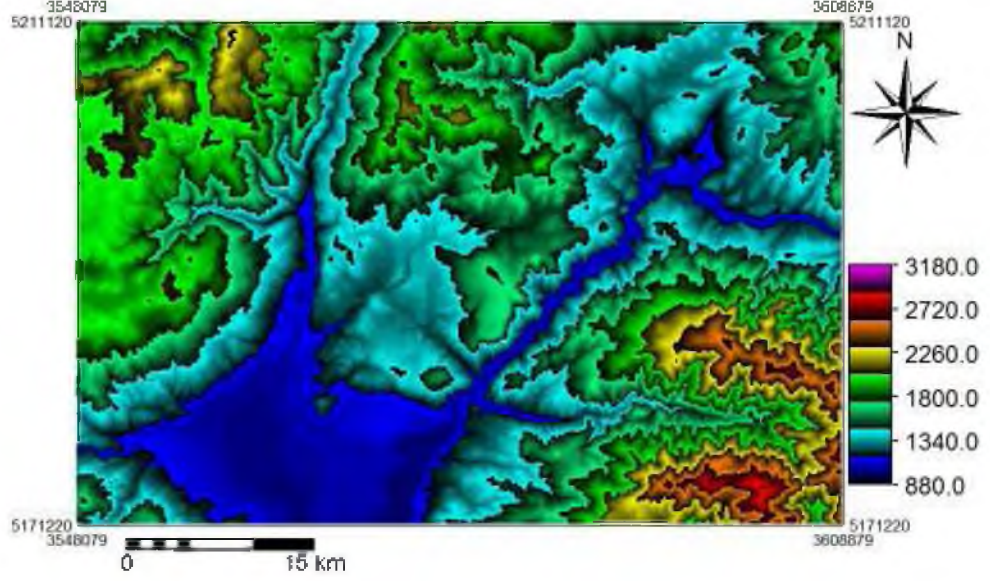
Sayısal topografik harita, internetten, eşyüksekti eğrilerinin her 10 metrede bir geçtiği Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) verisi olarak, ILWIS programına aktarılmıştır. 2164 numaralı alt havzaya ait sayısal topografik harita örnek olarak şekil 4.5’ de verilmiştir.



Şekil 4.5. Sayısal topografik harita

4.4.2. Sayısal Yükseklik Haritası (DEM)

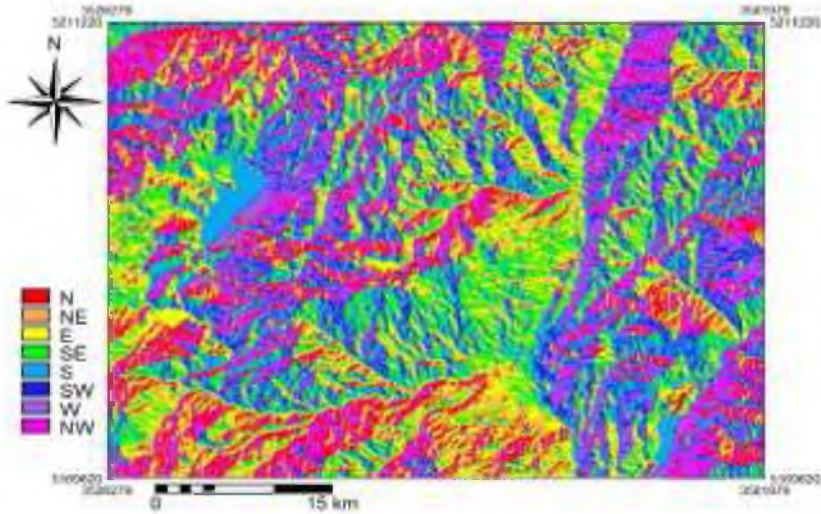
Sayısal topografik harita bilgilerinin, diğer bir deyişle eşyüksekti eğrilerinin interpolasyonu sonucu, hücre genişliği 30 x 30m olan (raster) sayısal yükseklik haritası elde edilmiştir. Elde edilen 2164 numaralı alt havzanın Sayısal yükseklik haritası örnek olarak Şekil 4.6’ da verilmiştir. Bu haritada çalışılacak alanın deniz seviyesinden yüksekliğinin 880 m ile 3180 m arasında değiştiği görülmektedir.



Şekil 4.6. Sayısal yükseklik haritası

4.4.3. Akış Yönü Haritası

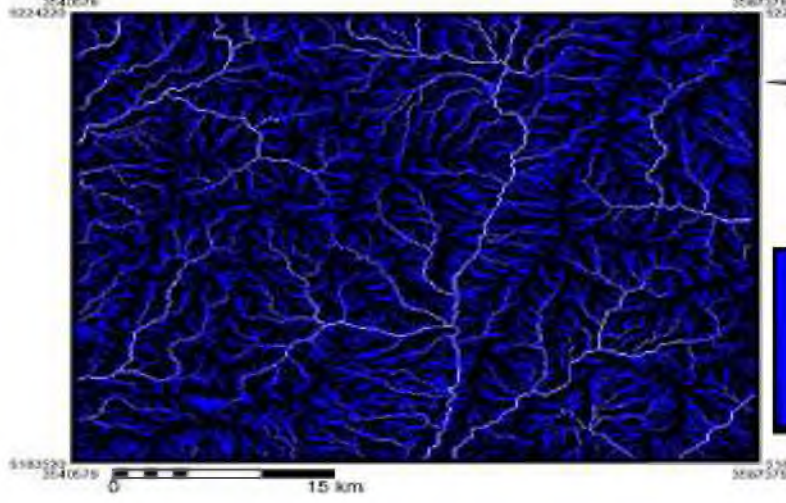
ILWIS programında Hyro-Process menüsünün alt menüsü Flow Direction menüsü, kullanılarak havzaların bulunduğu bölge için, akış yönlerini veren haritalar elde edilmiştir. Elde edilen akış yönü haritalarından 2164 numaralı alt havzaya ait olanı Şekil 4.7’de verilmiştir. Bu haritada kırmızı renkli alanlarda akış yönünün kuzeye, turuncu alanlarda kuzey doğuya, sarı alanlarda doğuya, yeşil alanlarda güney doğuya, turkuaz alanlarda güneye, mavi alanlarda güney batıya, mor alanlarda batıya ve pembe alanlarda akış yönünün kuzey batıya doğru olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.7. Akış yönü haritası (2164 numaralı havza)

4.4.4. Su Birikim Haritası

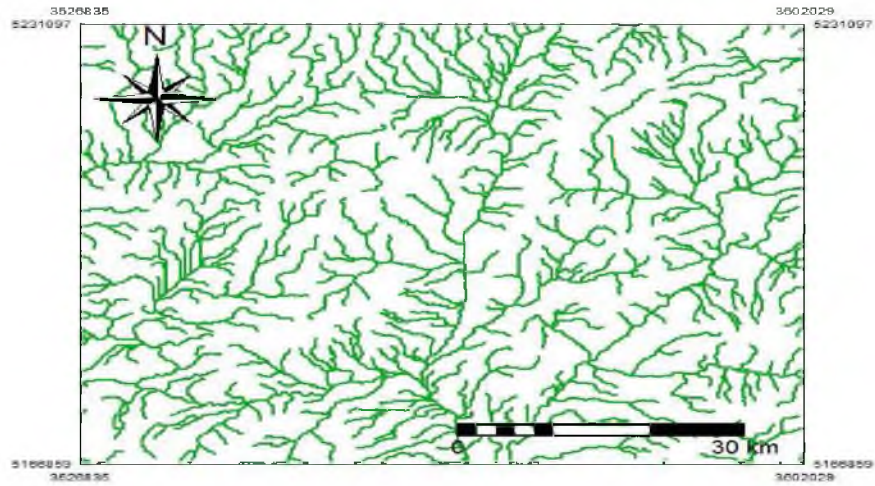
Su birikim haritası, yüzey akışa geçen suların, akış yönlerine göre birikeceği alanları gösteren bir haritadır. Şekil 4.8’de 2164 numaralı alt havza için akış yönü haritası kullanılarak elde edilen su birikim haritası örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Su birikim haritası (2164 numaralı havza)

4.4.5. Drenaj Ağı Haritası

Su akış yönleri ve su birikim haritası kullanılarak 47 adet havzalara ait drenaj ağı haritası ILWIS programı ile geliştirilmiştir, 2164 numaralı havzanın drenaj ağı haritası Şekil 4.9’ da verilmiştir.

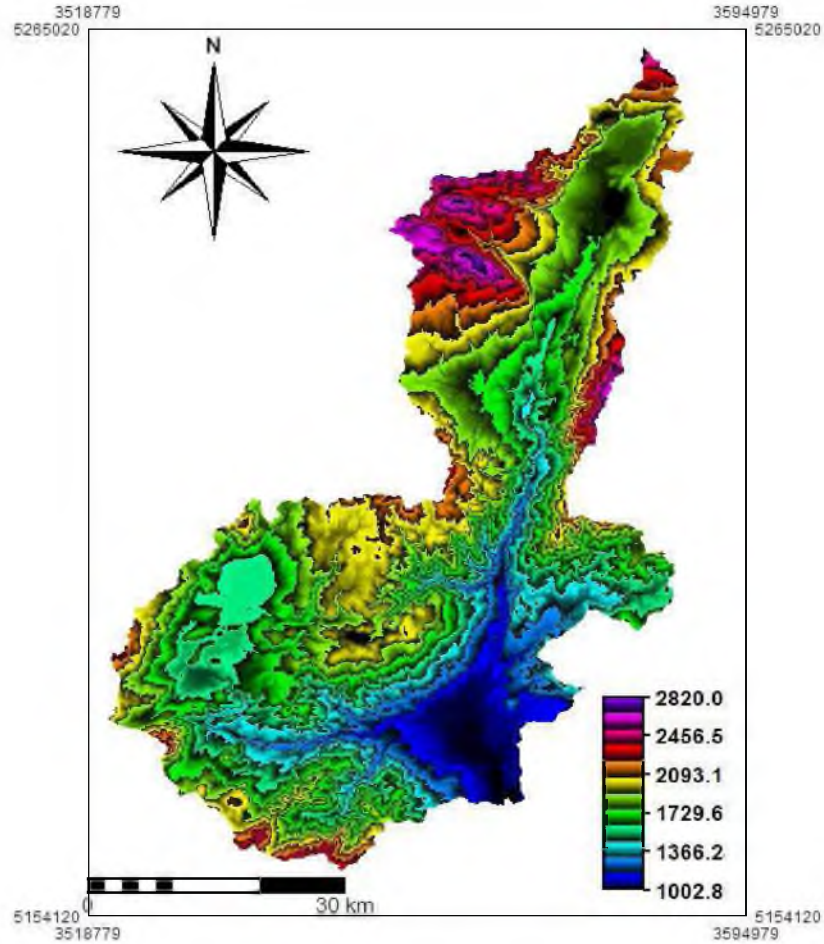


Şekil 4.9. Drenaj ağı haritası

Bu menüde havza sınırı haritası ile sayısal yükseklik haritasının çarpımı sonucu havza sınırları içerisinde kalan alanın sayısal yükseklik haritası elde edilmiştir.

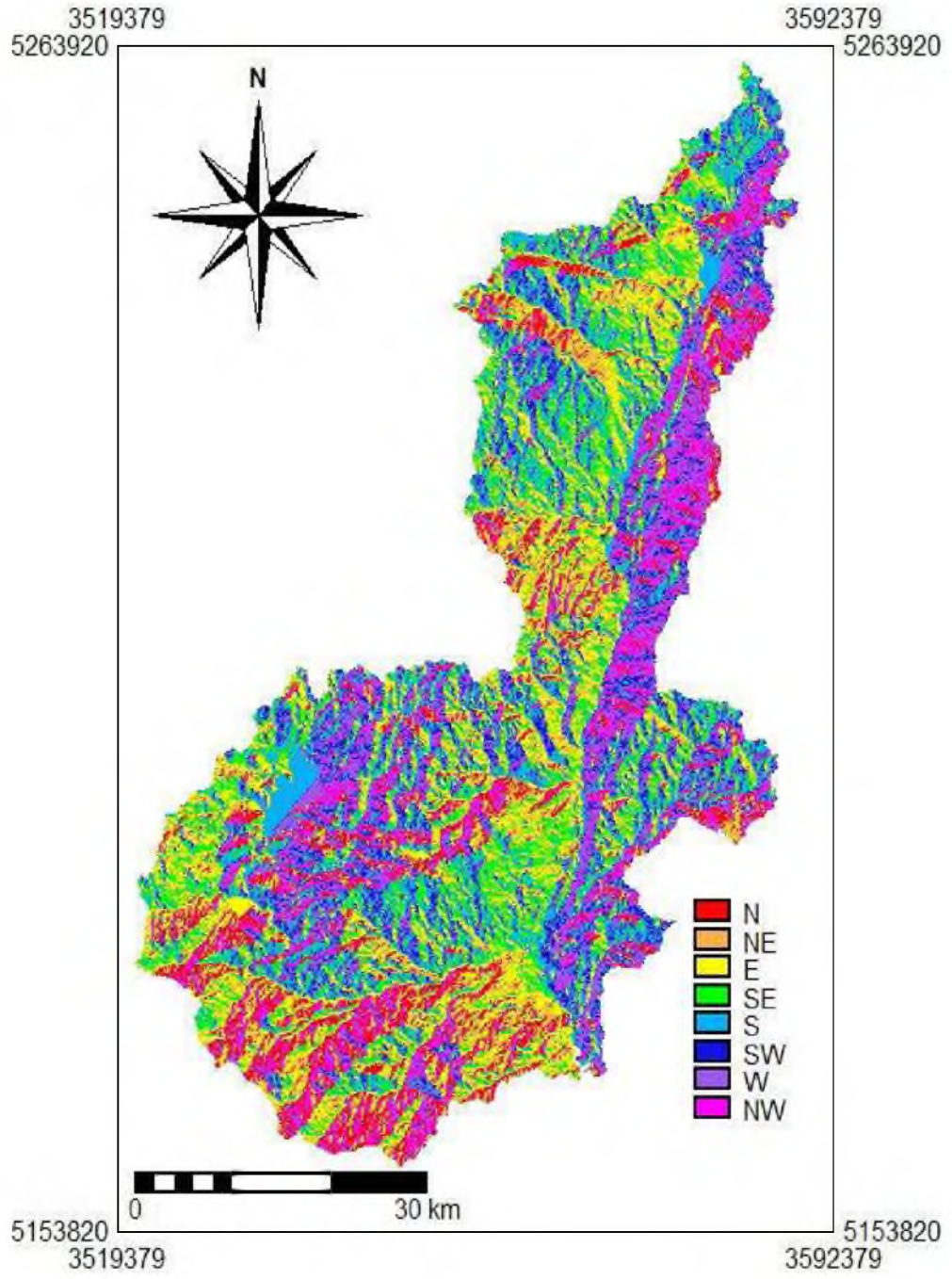
4.5. Havza Sınırlarına Göre Geliştirilen Haritalar

Her havzanın sınırları belirlendikten sonra, havzaların sayısal yükseklik haritaları çıkarılmıştır. 2164 numaralı havza için sayısal yükseklik haritası Şekil 4.12’de gösterilmiştir.

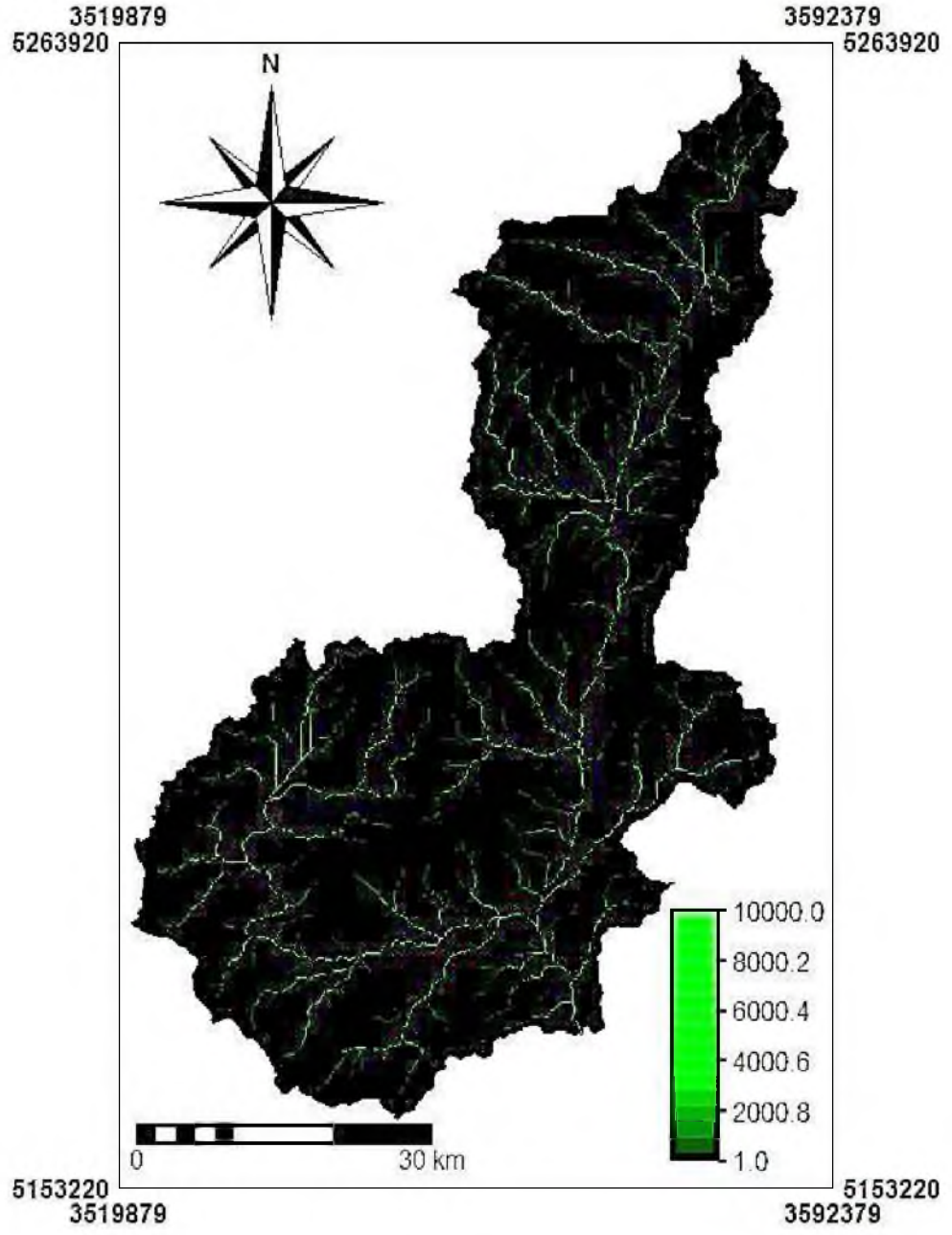


Şekil 4.12. 2164 nolu alt havzaya ait örnek Sayısal yükseklik haritası

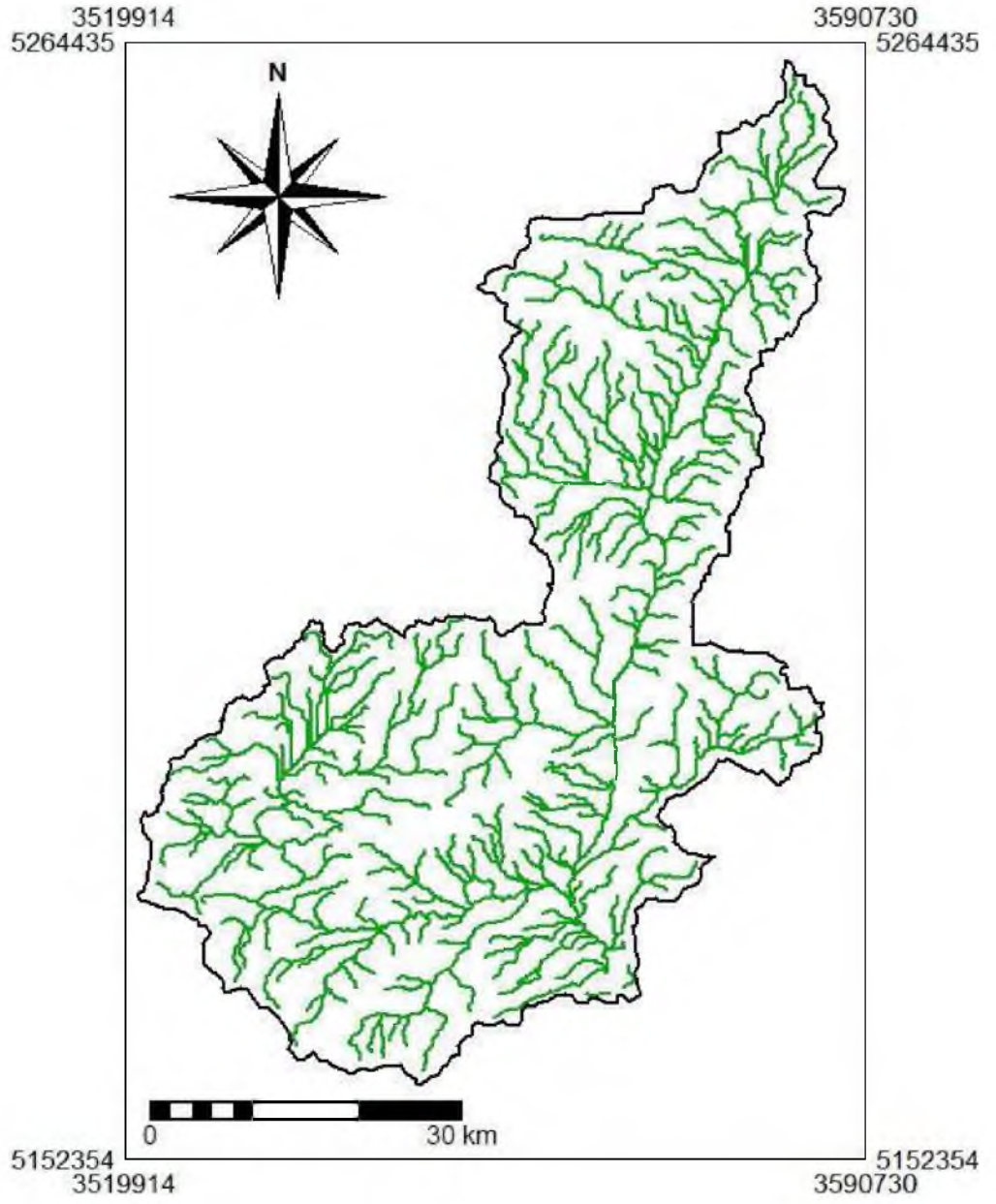
Bu harita kullanılarak, havzanın su akış yönleri haritası (Şekil 4.13), su birikim haritası (Şekil 4.14), drenaj ağı haritası (Şekil 4.15) ve akarsu derecelerini veren harita (Şekil 4.16) ayrı ayrı elde edilmiştir. Her havza için elde edilen bu haritalardan havza morfolojik özellikleri bulunmuştur.



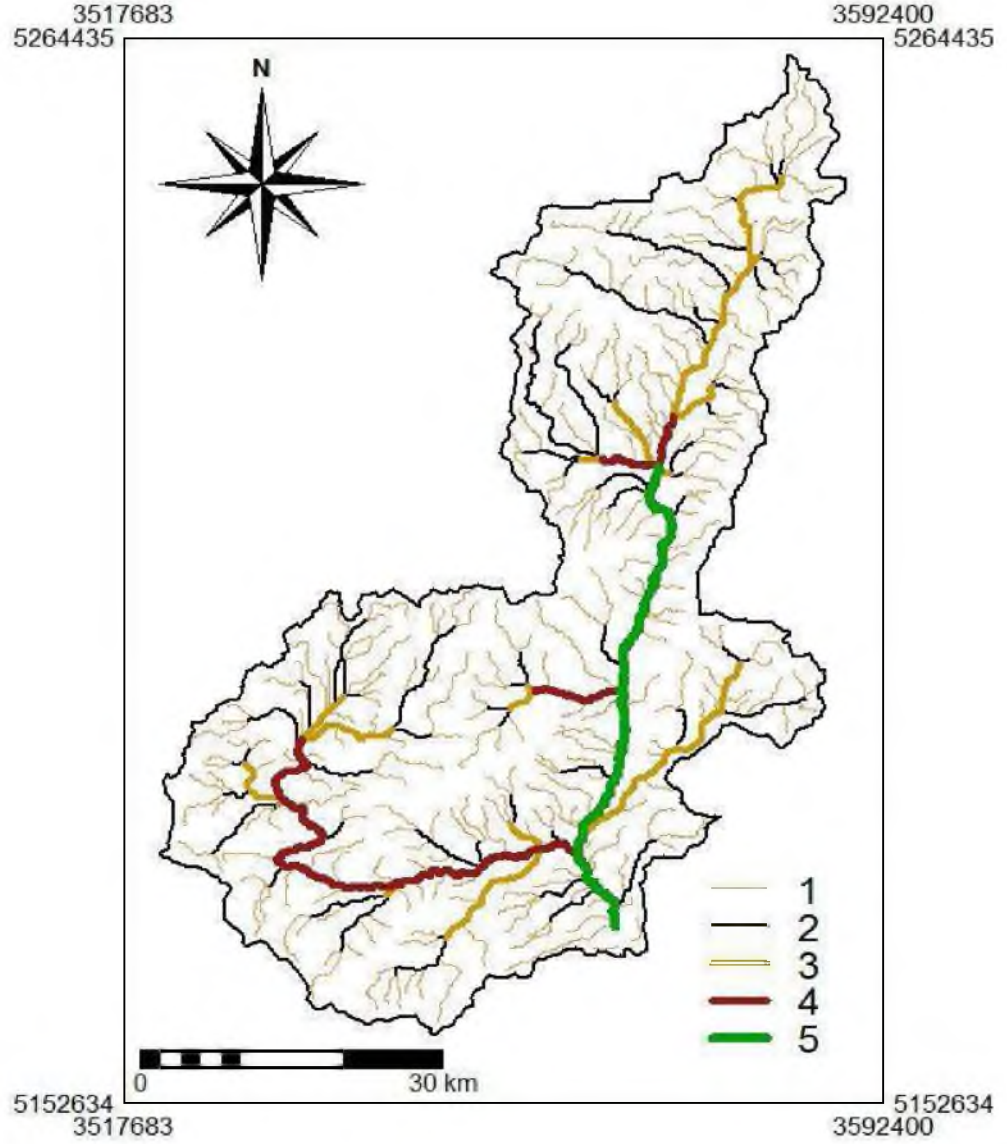
Şekil 4.13. 2164 nolu alt havzaya ait örneksu akış yönleri haritası



Şekil 4.14. 2164 nolu alt havzaya ait örneksu birikim haritası



Şekil 4.15.2164 nolu alt havzaya ait örnekdrenaj ağı haritası



Şekil 4.16.2164 nolu alt havzaya ait örnekakarsu derecesi haritası

Akarsu derecesi haritasında görüldüğü gibi 2164 numaralı gözlem istasyonunun bulunduğu havzada en büyük akarsu derecesi 5 olarak bulunmuştur. Bu haritada açık sarı renkli akarsu kolları 1, siyah renkli akarsu kolları 2, sarı renkli akarsu kolları 3 kırmızı renkli akarsu kolları 4 ve yeşil renkli akarsu kolu 5 numaralı akarsu derecelerini göstermektedir.

Çalışmada kullanılan havzalara ait EİE'nin verileri ve hesaplanan veriler Çizelge 4.4 de verilmiştir.

Çizelge 4.4. EİE verileri ve hesaplanan veriler

BÖLGE	NO	İSTASYON ADI	A	Q	T/Y/Km ²	K	D	R
2.Bölge	1243	Sakarya Nehri-Botbaşı	11.257,80	163,43	197	8	4	920
	1307	Devrekani Çayı-Azdavay	1.074,90	7,18	25	715	4	730
	1314	Soğanlı Çayı-Karabük	5.086,80	22,92	133	271	5	2077
	1332	Karasu-Hacılar Köprüsü	340	5,17	78	20	3	1460
	1334	Bolu Çayı-Beşdeğirmenler	779,7	7,01	38	541	4	1400
	1524	Gökırmak Nehri-Kuyuluş	3.934,80	17,23	65	475		2070
	2218	İyidere-Şimşirli	834,9	29,06	70	307	4	3360
	2228	Folderesi-Bahadırılı	191,4	4,44	116	17	5	1760
	2245	Terme Çayı-Gökçeli	232,8	12,5	50	66	3	1215
	2251	Değirmendere-Esiroğlu	729,6	12,43	46	155	4	2875
3.Bölge	210	Gönen Çayı-Kumköy	1.192,80	17,5	22	57	6	1430
	406	Bakırçay-Eğrigöl	2.250,10	11,94	57	16	5	1167
	407	Karamenderes-Aslanköprü	1.450,60	9,74	12	35	5	1530
	601	K.Menderes Nehri -Selçuk	3.255,20	19,61	60	4	5	2086
	701	Çine Çayı-Kayırlı	948	9,31	28	262	5	1840
	912	Manavgat Çayı-Sinanhoca	625,6	68,44	128	245	4	2220
	917	Alara Çayı-Alarahan	879,3	27,43	95	25	4	2820
	1721	Anamur Çayı-Alaköprü	313,2	22,53	83	37	4	2160
	1723	Ermenek Çayı-Çavuşköy	2.148,00	43,92	90	515	4	1820
	1801	Göksu Nehri-Himmetli	2.596,80	30,62	51	665	5	2230
	1820	Körkün Suyu-Hacılı Köp.	1.440,80	14,82	97	167	3	1910
	2006	Göksun Nehri-Karaahmet	739,2	10,02	33	1324	4	1604
	2008	Savrun Deresi-Kadirli	444	8,64	99	75	3	1890
4.Bölge	523	Gediz Nehri-Acısı	3.272,40	9,69	72	373	5	1925
	735	Banaz Çayı-Dörtdeğirmen	3.226,60	4,92	19	467	5	1710
	902	Köprüçay-Beşkonak	1.942,40	81,9	201	116	5	2820
	1003	Bozçay-Karaçalı Köprüsü	1.291,60	1,72	8	910	4	1360
	1203	Porsuk Çayı-Beşdeğirmen	3.661,40	6,61	15	855	5	1076
	1611	Çarşamba Suyu-Bozkır	271,2	3,76	25	1170	4	1590
	912	Manavgat Çayı-Sinanhoca	625,6	68,44	128	245	4	2220

Çizelge 4.4. (Devam) EİE verileri ve hesaplanan veriler

BÖLGE	NO	İSTASYON ADI	A	Q	HSV	K	D	R
5. Bölge	1108	Akarçay-Balca	789,5	3,36	30	1028	4	870
	1233	Aladağ Çayı-Karaköy	2.003,20	14,88	45	505	5	1820
	1239	Ova Çayı-Eybek	322	2,67	21	1033	3	983
	1253	Sohu Deresi-Fındıklı	134,4	1,11	6	1094	3	950
	1401	Kelkit Çayı-Fatlı	6.567,40	77,24	327	375	5	2290
	1612	İbrala Suyu-Denircik	267,7	1,89	12	1055	3	1400
	1622	Peçeneközü D.-	648,4	0,84	24	958	4	731
	1712	Göksu Nehri-Bucakkışla	2.689,20	26,66	82	397	5	2000
	2015	Hurman Suyu-Tanır	915,2	8,16	25	1180	4	1570
6. Bölge	1422	Kelkit Çayı-Çiçekbükü	1.714,00	9,07	45	1350	5	2900
	2154	Karasu-Aşağıkağdarcı	2.547,80	20,65	32	1675	5	1470
	2327	Berta Suyu-Çiftahanlar	1.216,40	17,48	86	570	5	2500
	2418	Kars Çayı-Şahnalar	4.443,80	20,02	42	1495	4	610
	2505	Bendimahı Çayı-Gönderme	1.373,40	8,36	18	1915	5	1574
	2251	Değirmendere-Esiroğlu	729,6	12,43	46	155	4	2875
	2218	İyidere-Şimşirli	834,9	29,06	70	307	4	3360
	2511	Güzelsu Çayı-Güzelsu	1.390,40	4,5	76	1941	5	3650
7. Bölge	2115	Göksu Nehri-Malpınar	3.710,60	51,05	509	397	4	2570
	2141	Peri Suyu-Korudibi	3.604,40	79,69	913	1100	6	2127
	2164	Göynük Çayı-Çayağzı	1.946,10	31,14	322	998	5	1788
	2511	Güzelsu Çayı-Güzelsu	1.390,40	4,5	76	1941	5	3650
	2630	Zap Suyu-Teknisyenler	4.161,50	37,02	163	1425	5	2280
	2015	Hurman Suyu-Tanır	915,2	8,16	25	1180	4	1570
	2006	Göksun Nehri-Karaahmet	739,2	10,02	33	1324	4	1604
	2008	Savrun Deresi-Kadirli	444	8,64	99	75	3	1890

Çizelge 4.4. verilen; A = Alanı (km²), Q = Akımı (m³/sn), HSV = Havza sediment verimini (Ton/Yıl/Km²), K = İstasyon kotunu, D = Akarsu derecesini ve R=Maksimum rölyefi göstermektedir.

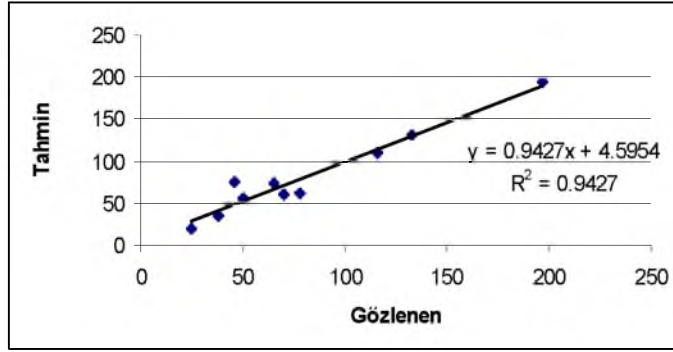
4.6. Çoklu Regresyon Analizi Sonuçları

MİNİTAB programı kullanılarak yapılan çoklu regresyon analizi sonucundatüm parametreler kullanılarak sediment verimi tahmini yapılmış ve gözlenen sediment verimi ile tahmin edilen sediment verimi ilişkileri belirlenmiştir.

İkinci bölge için yapılan analiz sonucu tahmin edilen değerler Çizelge 4.5’de verilmiş, tahmin ve gözlenen sediment verimi ilişkisi ise Şekil 4.17’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. İkinci bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimleri

Havza No	Gözlenen	Tahmin
1243	197	194,7
1307	25	19,6
1314	133	130,4
1332	78	62,1
1334	38	35,2
1524	65	73,2
2218	70	60,6
2228	116	109,3
2245	50	56,2
2251	46	75,8



Şekil 4.17. İkinci bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimi ilişkisi

İkinci bölge için gözlenen ve tahmin değerleri arasındaki ilişki önemli derecede yüksek bulunmuştur ($R^2=0,94$).

Her bölge için geliştirilecek sediment verimi tahmin denklemlerinin belirlenmesi amacıyla en iyi alt grup analizi yapılarak sediment veriminin tahmininde kullanılması gereken parametrelere, R^2 , Ra^2 , C_p ve kalıntı analizi ile her bölge için ayrı ayrı karar verilmiştir. İkinci bölge için yapılan en iyi alt grup analizi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6'da, Vars=Varyasyonu, R^2 =Çoklu belirlilik katsayısını, Ra^2 =Düzeltilmiş belirlilik katsayısını, Mallows C_p =Mallow'un C_p istatistik değerini, S=Standart sapmayı, A=Alanı (km^2), Q=Akımı (m^3/sn), K=İstasyon kotunu, D=Akarsu derecesini, R=Maksimum rölyefi göstermektedir.

Çizelge 4.6. İkinci bölge için en iyi alt grup analizi sonuçları

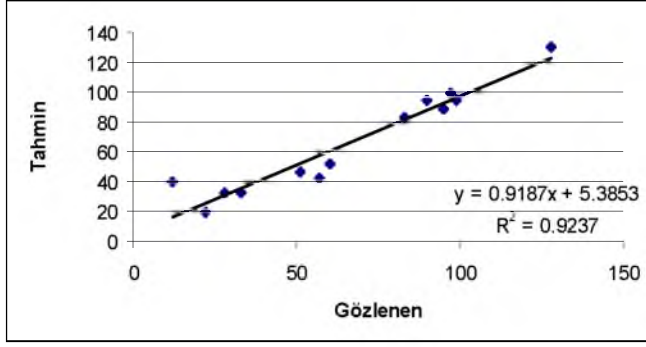
Vars	R ²	Ra ²	Mallows Cp	S	A	Q	R	K	D
1	65,9	61,6	20,6	32,63	X				
1	61,3	56,5	24,2	34,75		X			
2	85,5	81,4	7,3	22,72	X			X	
2	74,1	66,7	16,2	30,38		X			X
3	94,2	91,2	2,6	15,63	X			X	X
3	89,9	84,8	5,9	20,51		X		X	X
4	94,8	90,6	4,1	16,12	X				
4	94,2	89,6	4,5	17,02	X	X		X	X
5	94,9	88,5	6	17,89	X	X	X	X	X

En iyi alt grup belirleme analizi sonucunda, ikinci bölge sediment verimi tahmininde kullanılacak en etkili parametrelerin, alan (A), istasyon kotu (K) ve akarsu derecesi (D) olduğu belirlenmiş, diğer parametrelerin tahmin sonucuna etkisinin önemsiz olduğuna karar verilmiştir.

Üçüncü bölge için yapılan çoklu regresyon analiz sonucunda tahmin edilen değerler Çizelge 4.7’de verilmiş, tahmin ve gözlenen sediment verimi ilişkisi ise Şekil 4.18’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Üçüncü bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimleri

Havza No	Gözlenen	Tahmin
210	22	19,2
406	57	42,6
407	12	39,5
601	60	51,9
701	28	32,7
912	128	130,6
917	95	89,1
1721	83	83,1
1723	90	94,5
1801	51	46,1
1820	97	99,2
2006	33	32,4
2008	99	94,6



Şekil 4.18. Üçüncü bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimi ilişkisi

Üçüncü bölge için gözlenen ve tahmin değerleri arasındaki ilişki önemli derecede yüksek bulunmuştur ($R^2=0.92$).

Üçüncü bölge için yapılan en iyi alt grup analizi sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Üçüncü bölge için en iyi alt grup analizi sonuçları

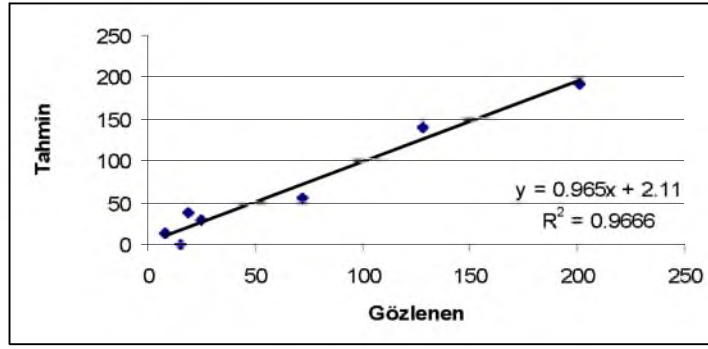
Vars	R -Sq	R-Sq(adj)	Mallows Cp	S	A	Q	R	K	D
1	53,6	49,3	37,7	25,298					X
1	39,3	33,8	52	28,918		X			
2	83,5	80,2	9,6	15,828		X			X
2	64,0	56,8	29,2	23,363			X		X
3	92,3	89,8	2,7	11,376		X		X	X
3	84,3	79,1	10,7	16,24		X	X		X
4	92,9	89,3	4,2	11,636	X	X		X	X
4	92,5	88,7	4,5	11,929		X	X	X	X
5	93,0	88,1	6	12,283	X	X	X	X	X

Üçüncü bölge sediment verimi tahmininde kullanılacak en etkili parametrelerin. akım (Q), istasyon kotu (K) ve akarsu derecesi (D) olduğu belirlenmiştir.

Dördüncü bölge için yapılan çoklu regresyon analiz sonucunda tahmin edilen değerler Çizelge 4.9’da verilmiş, tahmin ve gözlenen sediment verimi ilişkisi ise Şekil 4.19’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Dördüncü bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimleri

Havza No	Gözlenen	Tahmin
523	72	55,6
735	19	37,2
902	201	191,8
1003	8	12,4
1203	15	0,7
1611	25	28,6
912	128	140,1



Şekil 4.19. Dördüncü bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimi ilişkisi

Dördüncü bölge için gözlenen ve tahmin değerleri arasındaki ilişki önemli derecede yüksek bulunmuştur ($R^2=0.96$).

Dördüncü bölge için yapılan en iyi alt grup analizi sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Dördüncü bölge için en iyi alt grup analizi sonuçları

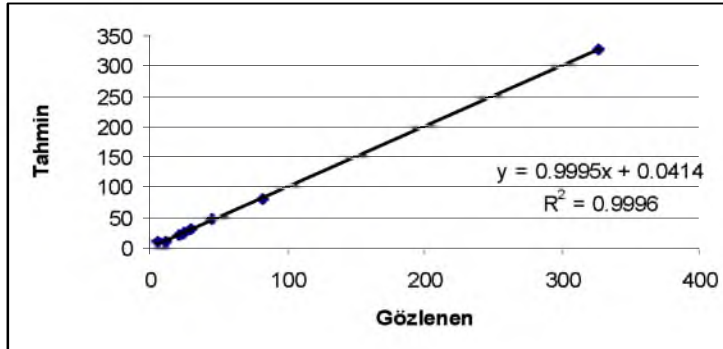
Vars	R-Sq	R-Sq(adj)	Mallows Cp	S	A	Q	R	K	D
1	91,2	89,5	10	23,609		X			
1	89,9	87,9	12	25,319			X		
2	96,6	95	3,9	16,249		X	X		
2	93,6	90,5	8,5	22,509		X			X
3	97,6	95,2	4,6	16,031		X	X		X
3	97,4	94,9	4,8	16,531	X	X	X		
4	98,2	94,7	5,6	16,752	X	X	X	X	
4	97,9	93,8	6,1	18,179		X	X	X	X
5	99,3	96	6	14,626	X	X	X	X	X

En iyi alt grup belirleme analizi sonucunda 4. Bölge için kullanılacak parametreler akım (Q) ve maksimum rölyef (R) olarak belirlenmiştir. Belirlenen parametreler çoklu regresyon analizinde kullanılmıştır.

Beşinci bölge için yapılan çoklu regresyon analiz sonucunda tahmin edilen değerler Çizelge 4.11’de verilmiş, tahmin ve gözlenen sediment verimi ilişkisi ise Şekil 4.20’de gösterilmiştir

Çizelge 4.11. Beşinci bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimleri

Havza No	Gözlenen	Tahmin
1108	30	30,1
1233	45	47,7
1239	21	20,5
1253	6	9,4
1401	327	327,2
1612	12	10,1
1622	24	22,2
1712	82	80,0
2015	25	24,9



Şekil 4.20. Beşinci bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimi ilişkisi

Beşinci bölge için gözlenen ve tahmin değerleri arasındaki ilişkisi diğer bölgelere göre en yüksek derecede bulunmuştur ($R^2=0.99$).

Beşinci bölge için yapılan en iyi alt grup analizi sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Beşinci bölge için en iyi alt grup analizi sonuçları

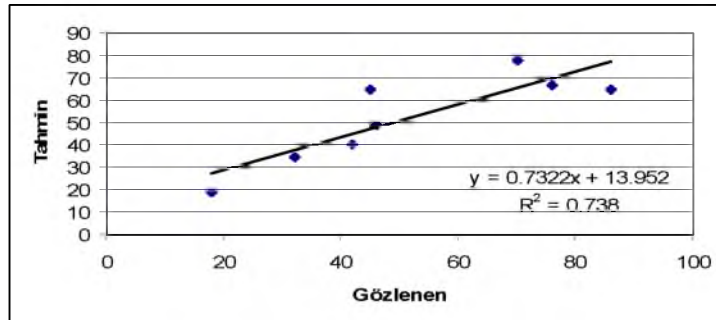
Vars	R-Sq	R-Sq(adj)	Mallows Cp	S	A	Q	R	K	D
1	97,6	97,3	187,3	187,3		X			
1	95,2	94,5	386,2	386,2	X				
2	99,5	99,4	34	34		X	X		
2	99,0	98,7	74,1	74,1	X				X
3	99,8	99,6	18,9	18,9	X		X		X
3	99,6	99,4	28,4	28,4		X	X	X	
4	99,9	99,9	6	6	X		X	X	X
4	99,8	99,6	16,2	16,2	X	X		X	X
5	99,9	99,9	6	6	X	X	X	X	X

Beşinci bölge sediment verimi tahmininde kullanılacak en etkili parametrelerin, alan (A), akım (Q), Rölyef (R), istasyon kotu (K) ve akarsu derecesi (D) olduğu belirlenmiştir.

Altıncı bölge için yapılan çoklu regresyon analiz sonucunda tahmin edilen değerler Çizelge 4.13’de verilmiş, tahmin ve gözlenen sediment verimi ilişkisi ise Şekil 4.21’de gösterilmiştir

Çizelge 4.13. Altıncı bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimleri

Havza No	Gözlenen	Tahmin
1422	45	64,5
2154	32	34,6
2327	86	64,8
2418	42	40,3
2505	18	18,5
2251	46	48,7
2218	70	77,6
2511	76	66,5



Şekil 4.21. Altıncı bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimi ilişkisi

Altıncı bölge için en iyi alt grubu belirleme yöntemiyle seçilen parametreler Çizelge 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Altıncı bölge için en iyi alt grup analizi sonuçları

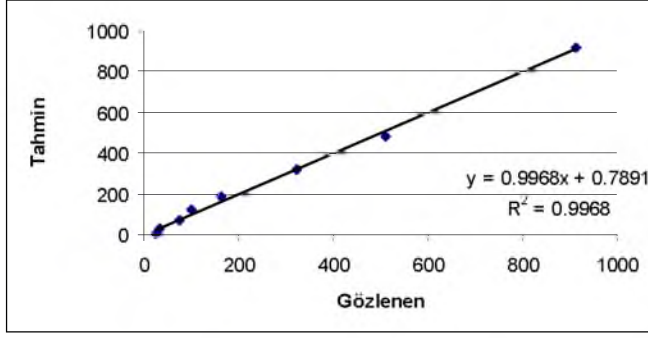
Vars	R-Sq	R-Sq(adj)	Mallows Cp	S	A	Q	R	K	D
1	44,7	35,5	0,4	18,538			X		
1	18,7	5,1	2,5	22,482				X	
2	58,4	41,7	1,3	17,619			X	X	
2	55,9	38,3	1,5	18,126		X	X		
3	73,8	54,4	2,1	15,581	X		X	X	
3	61,7	32,9	3,1	18,898			X	X	X
4	75,0	41,6	4	17,64	X		X	X	X
4	74,0	39,4	4,1	17,963	X	X	X	X	
5	75,1	12,8	6	21,552	X	X	X	X	X

En iyi alt grup belirleme analizi sonucunda 6.bölge için kullanılacak parametreler alan (A), maksimum rölyef (R) ve istasyon kotu (K) olarak belirlenmiştir.

Yedinci bölge için yapılan çoklu regresyon analiz sonucunda tahmin edilen değerler Çizelge 4.15’de verilmiş, tahmin ve gözlenen sediment verimi ilişkisi ise Şekil 4.22’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.15. Yedinci bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimleri

Havza No	Gözlenen	Tahmin
2115	509	484,6
2141	913	919,2
2164	322	320,8
2511	76	69,8
2630	163	183,5
2015	25	5,7
2006	33	31,0
2008	99	124,9



Şekil 4.22. Yedinci bölge için gözlenen ve tahmin edilen sediment verimi ilişkisi

Yedinci bölge için gözlenen ve tahmin değerleri arasındaki ilişkisi diğer bölgelere göre en yüksek derecede bulunmuştur ($R^2=0.99$).

Yedinci bölge için en iyi alt grubu belirleme yöntemiyle seçilen parametreler ile yapılan çoklu regresyon analizi sonucu Çizelge 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Yedinci bölge için en iyi alt grup analizi sonuçları

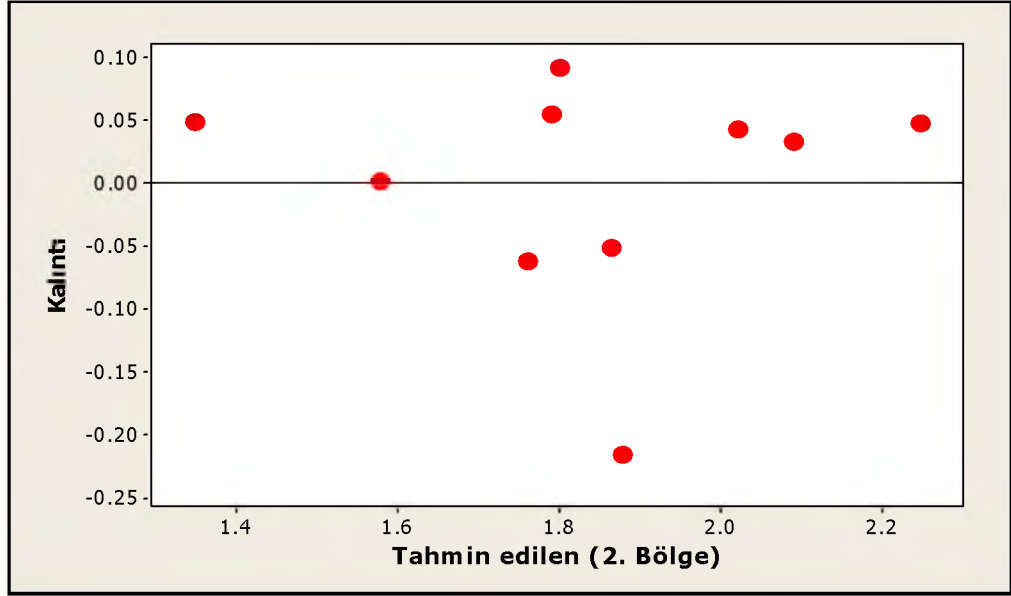
Vars	R-Sq	R-Sq(adj)	Mallows Cp	S	A	Q	R	K	D
1	91,7	90,3	60,3	96,303		X			
1	44,6	35,3	423,3	248,34	X				
2	96,5	95,1	24,8	68,104	X	X			
2	93,3	90,6	49,5	94,474		X	X		
3	96,8	94,3	25	73,549	X	X			X
3	96,6	94,1	26,1	75,168	X	X	X		
4	99,7	99,2	4,5	26,764	X	X	X		X
4	98,2	95,9	15,6	62,587	X	X	X	X	
5	99,7	99,1	6	29,428	X	X	X	X	X

En iyi alt grup belirleme analizi sonucunda yedinci bölge için kullanılacak parametreler alan (A), akım (Q), maksimum rölyef (R) ve akarsu derecesi (D) olarak belirlenmiştir.

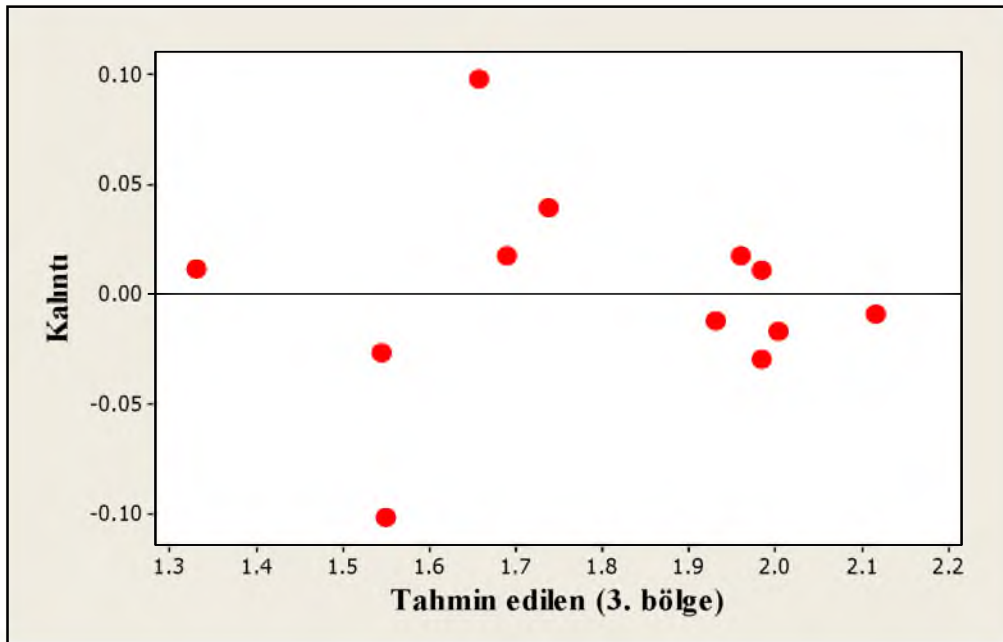
4.7. Kalıntı Analizi Sonuçları

Bölüm 3.2.5’de belirtildiği üzere modelin uygunluğunun belirlenmesinde belirleme katsayısının büyük olmasına bakılarak modelin yeterli olduğu söylenemez. Ölçülen ve gözlenen değerler arasındaki fark olan kalıntıların rastgele, bağımsız ve normal dağılım göstermeleri gerekir. Bu nedenle, sediment verimi tahmininde kullanılması uygun

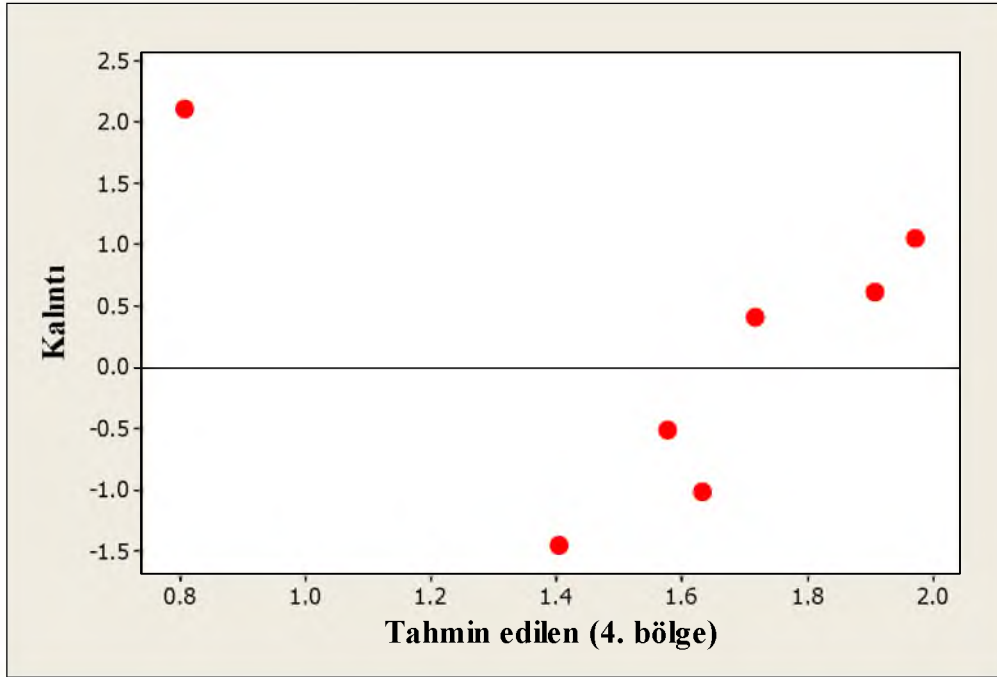
bulunmuş modeller için MİNİTAB programı ile kalıntı analizi yapılmıştır, Her bölge için kalıntılar, model ile tahmin edilen değerler grafiklenerek test edilmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda Şekil 4.23-4.28’de gösterilmiştir.



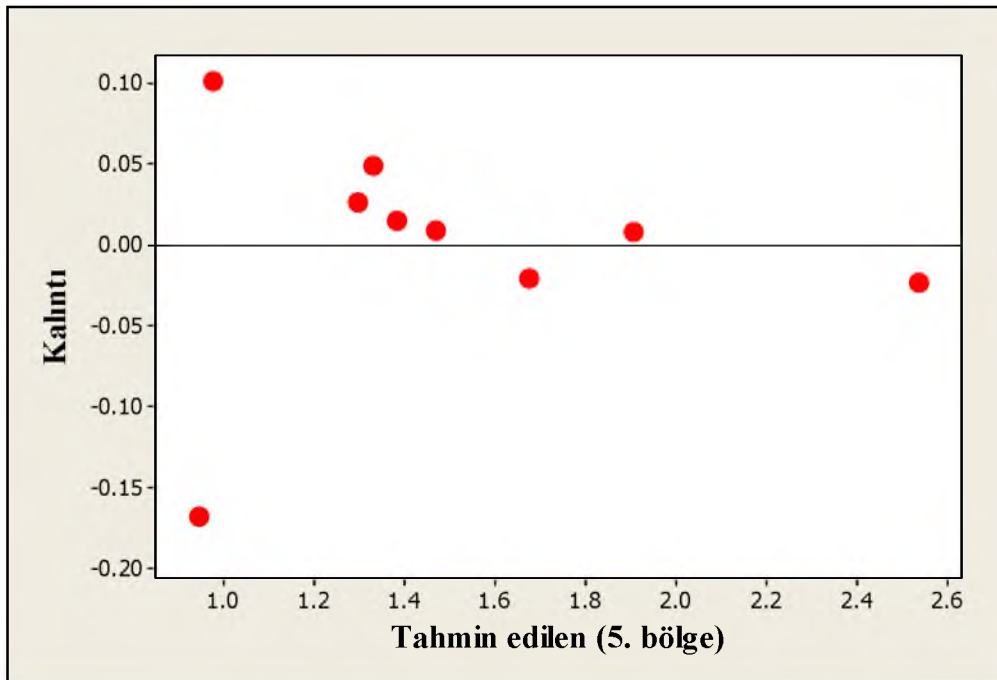
Şekil 4.23. İkinci bölge için kalıntı analizi



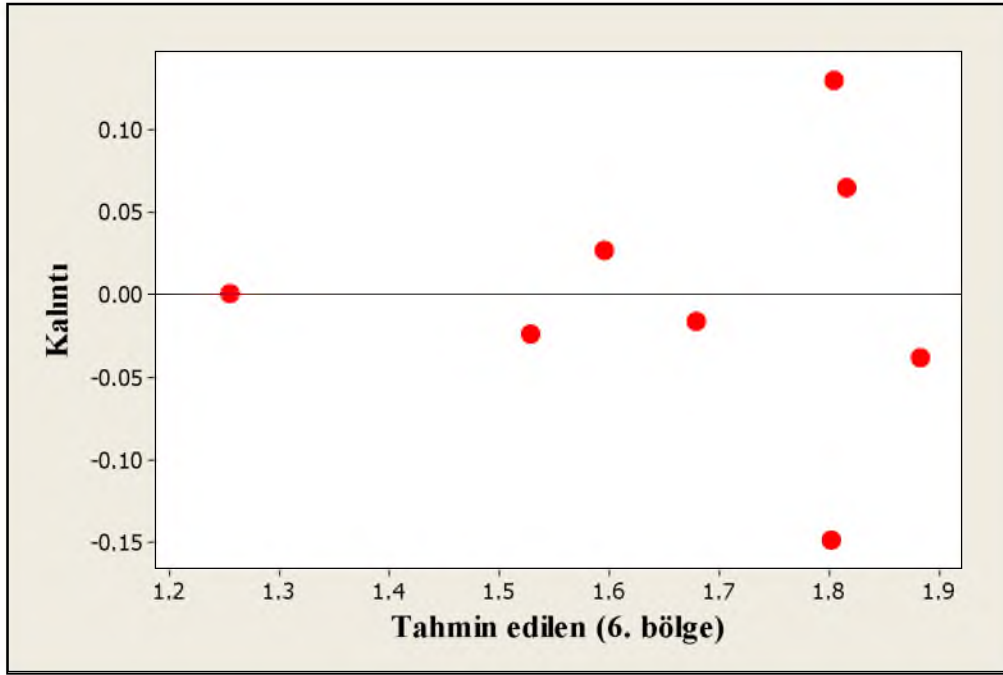
Şekil 4.24. Üçüncü bölge için kalıntı analizi



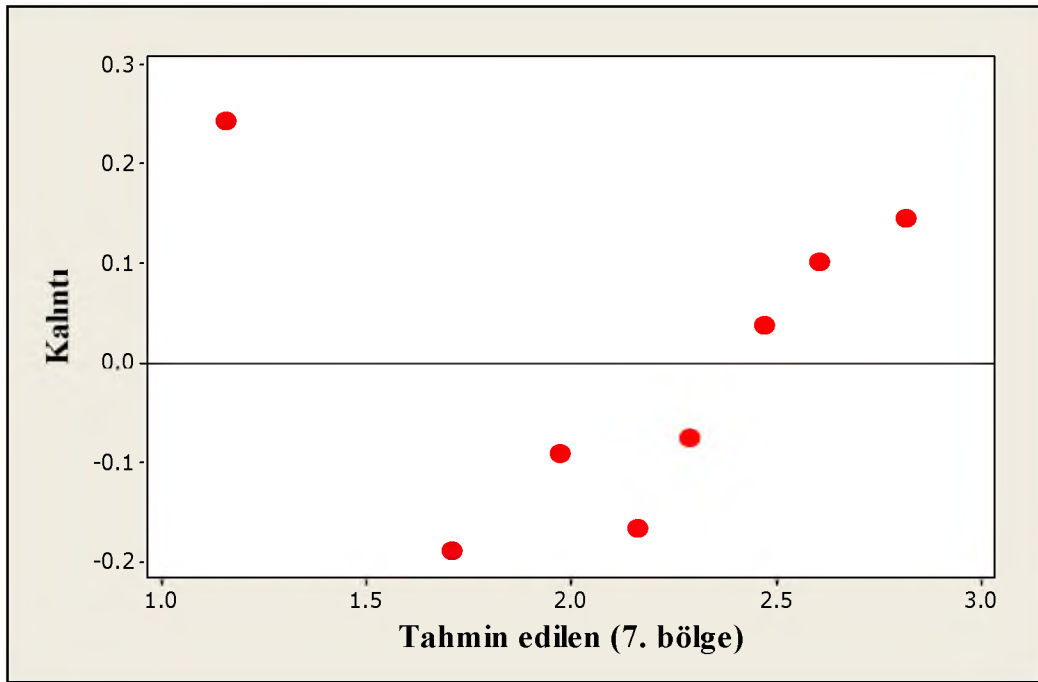
Şekil 4.25. Dördüncü bölge için kalıntı analizi



Şekil 4.26. Beşinci bölge için kalıntı analizi



Şekil 4.27. Altıncı bölge için kalıntı analizi



Şekil 4.28. Yedinci bölge için kalıntı analizi

Şekil 4.23-4.28 incelendiğinde varsayımlarla ilgili herhangi bir anormallik görülmemiş ve kalıntıların arzu edilen rastgele yapıyı genelde sağladığı belirlenmiştir. Diğer bir deyişle, kalıntılar genelde sıfır değeri etrafında $r=\pm 0.30$ aralığı içerisinde

kalmıştır. Buradan, modellerin yeterli olduğu bağımsız değişkenler ile kalıntılar arasında bir ilişkinin olmadığı sonucu çıkmıştır.

4.8. Sediment Verimi Tahmin Denklemleri

Çoklu regresyon analizi sonucunda, birinci bölgede yeterli istasyonun olmayışı nedeniyle tahmin denklemi çıkarılamamış fakat diğer bölgeler için sediment verimi tahmin denklemleri çıkarılmıştır. Her bölge için çıkarılan sediment verimi tahmin denklemlerinde, SV = Sediment verimi (ton/yıl/km²), A = Alan (km²), Q = Akım (m³/sn), K = İstasyon kotu (m), D = Akarsu derecesi ve R = Maksimum rölyef olarak ifade edilmiştir.

4.8.1. İkinci Bölge İçin Sediment Verimi Tahmin Denklemi

İkinci bölge için oluşturulan sediment verimi tahmin denkleminde (Denklem 4.1) alan, kot, derece parametreleri kullanılmış, bu parametreler içerisinde en fazla etkinliğe sahip parametre çarpan katsayısının yüksekliğinden dolayı derece olduğu görülmüştür.

$$SV = -11.6153 + (0.00981 \cdot A) - (0.1062 \cdot K) + (24.1682 \cdot D) \quad (4.1)$$

4.8.2. Üçüncü Bölge İçin Sediment Verimi Tahmin Denklemi

Üçüncü bölge için oluşturulan sediment verimi tahmin denkleminde (Denklem 4.2), akım, derece ve istasyon kotu parametreleri kullanılmıştır. Oluşturulan modelde alan, maksimum rölyef parametreleri belirlilik katsayısını etkilemediği için modelde yer almamıştır. Denkleminde en etkili faktörün akarsu derecesi en etkisiz faktörün ise istasyon kotu olduğu görülmüştür.

$$SV = 172.791 + (1.1622 \cdot Q) - (28.7165 \cdot D) - (0.02808 \cdot K) \quad (4.2)$$

4.8.3. Dördüncü Bölge İçin Sediment Verimi Tahmin Denklemi

Dördüncü bölge için oluşturulan sediment verimi tahmin denkleminde (Denklem 4.3.) sadece akım ve maksimum rölyef parametrelerinin kullanılmasıyla en yüksek R^2 değeri elde edilmiştir diğer faktörler R^2 'yi artırıcı etkisi olmamıştır. Akımın sediment verimi tahminindeki etkisinin maksimum rölyefe göre daha etkili olduğu görülmüştür.

$$SV = -72.0142 + (1.1342 \cdot Q) + (0.06059 \cdot R) \quad (4.3)$$

4.8.4. Beşinci Bölge İçin Sediment Verimi Tahmin Denklemi

Beşinci bölge için oluşturulan sediment verimi tahmin denkleminde (Denklem 4.4) alan, akım, maksimum rölyef, istasyon kotu ve derece tahminde etkili parametreler olarak bulunmuştur. En yüksek etkinliğe sahip parametrenin derece ve akım parametreleri olduğu görülmüştür.

$$SV = 75.9044 + (0.0897 \cdot A) - (1.8701 \cdot Q) - (0.01860 \cdot R) + (0.0365 \cdot K) - (32.9454 \cdot D) \quad (4.4)$$

4.8.5. Altıncı Bölge İçin Sediment Verimi Tahmin Denklemi

Altıncı bölge için oluşturulan sediment verimi tahmin denkleminde (Denklem 4.5) Tahmine etki eden faktörler alan, maksimum rölyef ve istasyon kotudur. Bu bölgeye düşen istasyon sayısının yetersizliği modelin tahmin yeteneğinin düşük olmasına neden olduğu görülmüştür.

$$SV = 3.699 + (0.0117 \cdot A) + (0.023 \cdot R) - (0.0197 \cdot K) \quad (4.5)$$

4.8.6. Yedinci Bölge İçin Sediment Verimi Tahmin Denklemi

Yedinci bölge için oluşturulan sediment verimi tahmin denkleminde (Denklem 4.6) Tahminde etkili parametreler alan, akım, maksimum rölyef ve derecedir. Parametrelerin model için etkinlikleri sırası ile derece, akım, maksimum rölyef, alan olduğu görülmüştür.

$$SV = -168613 - (0.2449 \cdot A) + (12.295 \cdot Q) + (0.6768 \cdot R) + (178113 \cdot D) \quad (4.6)$$

4.9. Modelin Tahmin Yeteneği

Her bölge için elde edilen tahmin denklemlerinin, tahmin kabiliyetini belirlemede Nash-Sutcliffe Katsayısı kullanılmıştır. Her bölge için bir istasyon elde edilen genel tahmin denklemi ile tahmin edilerek modelin tahmin kabiliyeti test edilmiştir. Modelin tahmin yeteneği için ikinci bölgede elde edilen verilere göre yapılan hesaplama sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. İkinci bölge için Nash-Sutcliffe katsayısı

Havza No	Ölçüm Değeri	Tahmin değeri	$(Q_0^t - Q_m^t)^2$	$(Q_0^t - \overline{Q_0})^2$
1243	197	183,4	172,4	10285,8
1307	25	15,3	88,6	4442,9
1314	133	128,7	19,8	2182,9
1332	78	49,6	820,6	1046,6
1334	38	34,4	10,9	2266,1
1524	65	75,8	124,4	38,7
2218	70	59,3	120,4	517,4
2228	116	108,1	66,8	683,1
2245	50	60,5	115,2	461,1
2251	46	81,4	1279,4	0,3
$\sum_{t=1}^T (Q_0^t - Q_m^t)^2$			2818,5	
$\sum_{t=1}^T (Q_0^t - \overline{Q_0})^2$				21924,9
E	0,87			

İkinci bölge için $E = 0,87$ olarak belirlenmiş, bu değer ikinci bölge için geliştirilen tahmin denkleminin sediment verimi tahmin kabiliyetinin yeterli derecede yüksek olduğunu göstermektedir.

Üçüncü bölge için Nash-Sutcliffe katsayısı hesaplamaları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Üçüncü bölge için Nash-Sutcliffe katsayısı

İSTASYON	Ölçüm Değeri	Tahmin değeri	$(Q_0^t - Q_m^t)^2$	$(Q_0^t - \overline{Q_0})^2$
210	22	17,58	19,5	2344,8
406	57	39,74	293,8	689,3
407	12	45,42	1099,6	423,5
601	60	50,37	102,6	244,4
701	28	33,54	29,2	1053,8
912	128	136,72	82,9	5000,7
917	95	88,22	41,5	493,6
1721	83	83,06	0,0	290,8
1723	90	95,97	37,7	898,1
1801	51	44,34	50,5	469,1
1820	97	100,38	12,6	1181,8
2006	33	28,69	21,4	1391,7
2008	99	91,65	51,7	657,8
$\sum_{t=1}^T (Q_0^t - Q_m^t)^2$			1843,6	

Çizelge 4.18. (Devam) Üçüncü bölge için Nash-Sutcliffe katsayısı

$\sum_{t=1}^T (Q_0^t - \overline{Q_0})^2$				15139,8
E	0,88			

Üçüncü Bölge İçin Nash-Sutcliffe katsayısı E=0,88 olarak ikinci bölgeyle hemen hemen aynı olarak bulunmuştur.

Dördüncü bölge için Nash-Sutcliffe katsayısı hesaplamaları ve sonucu Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Dördüncü bölge için Nash-Sutcliffe katsayısı

İSTASYON	Ölçüm Değeri	Tahmin değeri	$(Q_0^t - Q_m^t)^2$	$(Q_0^t - \overline{Q_0})^2$
523	72	43,8	787,1	23
735	19	44,2	620,1	2,275
902	201	174,8	661,1	17,831
1003	8	13,9	41,2	3,539
1203	15	0,3	211,1	2,718
1611	25	33,3	74,2	1,789
912	128	155,5	780,5	3,673
$\sum_{t=1}^T (Q_0^t - Q_m^t)^2$			3175,5	
$\sum_{t=1}^T (Q_0^t - \overline{Q_0})^2$				31,849
E	0,90			

Katsayı E=0,90 olarak hesaplanmış ikinci ve üçüncü bölge tahmin denklemlerine göre tahmin kabiliyeti daha yüksek çıkmıştır.

Beşinci bölge için Nash-Sutcliffe katsayısı hesaplamaları ve sonucu Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Beşinci bölge için Nash-Sutcliffe katsayısı

İSTASYON	Ölçüm Değeri	Tahmin değeri	$(Q_0 - Q_m)^2$	$(Q_0 - \overline{Q_0})^2$
1108	30	30,1	0,0	1156,0
1233	45	54,7	93,5	361,0
1239	21	20,1	0,7	1849,0
1253	6	12,4	41,5	3364,0
1401	327	393,9	4481,0	69169,0
1612	12	5,0	48,8	2704,0

Çizelge 4.20. (Devam) Beşinci bölge için Nash-Sutcliffe katsayısı

1622	24	20,1	15,3	1600,0
1712	82	69,8	149,8	324,0
2015	25	-12,7	1421,2	1521,0
$\sum_{t=1}^T (Q_0^t - Q_m^t)^2$			6252,0	
$\sum_{t=1}^T (Q_0^t - \overline{Q_0})^2$				82048,0
E	0,92			

Nash-Sutcliffe katsayısı E=0,92 olarak hesaplanmış 2., 3. ve 4. bölgelerin tahmin denklemlerine göre tahmin kabiliyeti en yüksek çıkmıştır.

Altıncı bölge için Nash-Sutcliffe katsayısı hesaplamaları ve sonucu Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Altıncı bölge için Nash-Sutcliffe katsayısı

İSTASYON	Ölçüm Değeri	Tahmin değeri	$(Q_0 - Q_m)^2$	$(Q_0 - \overline{Q_0})^2$
1422	45	71,05	675,24	46,39
2154	32	42,26	95,80	376,53
2327	86	62,07	556,25	1140,99
2418	42	7,44	1220,69	90,23
2505	18	66,85	2361,43	1130,18
2251	46	80,08	1183,70	38,45
2218	70	55,41	219,40	336,77
2511	76	40,34	1252,06	568,89
$\sum_{t=1}^T (Q_0^t - Q_m^t)^2$			7564,50	
$\sum_{t=1}^T (Q_0^t - \overline{Q_0})^2$				3728,40
E	-1,02			

Katsayı E= -1,02 olarak hesaplanmıştır. Bu bölge için elde edilen tahmin denkleminin tahmin kabiliyetinin olmadığı denklemin doğru sonuçlar vermeyeceği görülmüştür. Bu durumda altıncı bölge için geliştirilen tahmin denkleminin sediment verimi tahmininde kullanılamayacağı sonucu çıkmıştır. Bu bölgede daha detaylı çalışmalar yapılarak farklı parametreler eklenerek sonuca gidilmesi faydalı olacaktır.

Yedinci bölge için Nash-Sutcliffe Katsayısı hesaplamaları ve sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Yedinci bölge için Nash-Sutcliffe katsayısı

İSTASYON	Ölçüm Değeri	Tahmin değeri	$(Q_0^t - Q_m^t)^2$	$(Q_0^t - \overline{Q_0})^2$
2115	509	430,8	6086,0	58475,7
2141	913	965,0	2687,1	417477,2
2164	322	320,1	2,1	2976,1
2511	76	2,2	5399,8	36585,6
2630	163	261,7	9774,0	10846,5
2015	25	-5,2	924,2	58470,4
2006	33	28,9	19,6	54603,9
2008	99	175,8	5926,3	28276,2
$\sum_{t=1}^T (Q_0^t - Q_m^t)^2$			30819,2	
$\sum_{t=1}^T (Q_0^t - \overline{Q_0})^2$				667711,8
E	0,95			

Nash-Sutcliffe katsayısı E=0.95 olarak hesaplanmış ve en yüksek tahmin kabiliyetine sahip sediment verimi tahmin denklemi elde edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Havza sediment verimi hidrolojik çalışmalarda, özellikle su depolama yapılarının ölü hacmini hesaplamada önemli bir parametredir. Su depolama yapılarının uygun olarak planlanabilmesi, bu parametrenin doğru bir şekilde elde edilmesine bağlıdır. Bu parametreyi doğru olarak elde etmek için, su yapısının planlandığı akarsu üzerinde sediment gözlem istasyonunun kurulması ve sediment gözlemlerinin yapılması gerekmektedir. Ülkemizde önemli akarsuları üzerinde EİEİ ve DSİ tarafından kurulan ve işletilen akım ve sediment gözlem istasyonları sayı olarak yeterli değildir.

Akım ve sediment gözlem istasyonu olmayan fakat su depolama yapısının planlandığı havzalarda havza sediment verimini, havza özelliklerini kullanarak tahmin etme zorunluluğu doğmaktadır.

Yapılan bu çalışmada, ülkemizde akım ve sediment ölçümü yapılmayan drenaj havzaları için CBS ile havza özellikleri belirlenmiş ve bu özelliklerden yararlanılarak çoklu regresyon analizi ile havza sediment verimi tahmin denklemlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Türkiye'nin değişik bölgelerinde, akım ve sediment gözlemi yapılan havzalar seçilerek özellikleri belirlenmiştir.

Sediment verimini etkileyen yağış faktörünü elemek amacıyla aynı yağış rejimine sahip bölgelerde buluna alt havzalar sınıflandırmış ve her bölge için sediment verimi tahmin denklemi ayrı ayrı geliştirilmiştir.

Seçilen 47 adet alt havzanın sınırları, alanları, su yolu uzunluğu, akarsu derecesi istasyon kotu ve maksimum rölyef özellikleri ILWIS, CBS yazılımı ile belirlenmiştir. Bu özellikler ve EİEİ tarafından yapılan sediment verimi ölçüm sonuçları MİNİTAB istatistik yazılımında, en iyi alt grup yöntemi kullanılarak sediment verimine en etkili parametreler belirlenmiş bu parametreler çoklu regresyon analizinde kullanılarak her bölge için sediment verimi tahmin eşitlikleri geliştirilmiştir. En iyi alt grubun belirlenmesinde düzeltilmiş R^2 değeri, Cp istatistik değeri ve kalıntı analizi sonuçlarına bakılmıştır. Kalıntı analizi sonucunda varsayımlarla ilgili herhangi bir anormallik bulunmamıştır.

Her yağış bölgesi için geliştirilen sediment verimi tahmin denklemlerinin etkinliği, Nash-Sutcliffe verimlilik katsayısı ile belirlenmiştir.

Birinci bölge sınırları içerisine düşen, akım ve sediment gözlem istasyonlarının sayı olarak yetersiz kalması nedeniyle birinci bölge için sediment verimi tahmin

denklemini geliştirilememiştir. Bu bölgede istasyonların yetersiz olduğu ve mutlaka istasyon sayısının artırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

İkinci bölgede için yapılan çalışma sonucunda sediment verimi tahmininde kullanılacak en etkili parametrelerin, alan (A), istasyon kotu (K) ve akarsu derecesi (D) olduğu belirlenmiştir. Bu parametrelerin kullanıldığı tahmin denklemi sonuçları ile gözlenen değerler arasındaki ilişkinin lş $R^2=0,94$ ve $Ra^2=0,91$ olarak önemli derecede yüksek çıkmıştır, Nash-Sutcliffe model verimlilik katsayısı ise $E=0,87$ olarak bulunmuştur.

İkinci bölgede bulunan ve lş olmayan herhangi bir alt havza için sediment veriminin, havzanın alanı, kotu ve akarsu derecesinden en azından bir n fikir vermesi açısından tahmin edilebileceği grlmştir.

nc bölgede için yapılan çalışma sonucunda sediment verimi tahmininde kullanılacak en etkili parametrelerin, akım (Q), istasyon kotu (K) ve akarsu derecesi (D) olduğu belirlenmiştir. Bu parametrelerin kullanıldığı $R^2=0,92$ ve $Ra^2=0,89$ olarak önemli derecede yüksek çıkmıştır, Nash-Sutcliffe model verimlilik katsayısı ise $E=0,88$ olarak bulunmuştur.

nc bölgede bulunan ve lş olmayan herhangi bir alt havza için sediment veriminin, akım, kot ve akarsu derecesinden ikinci bölgede bulunan denklem kadar yakın tahmin edilebileceği grlmştir.

Dördüncü bölgede tahmin denklemi sonuçları ile gözlenen değerler arasındaki ilişkinin derecesi $R^2=0,96$ ve $Ra^2=0,95$ gibi yüksek düzeyde olduğu grlmştir. Bu ilişkide etkili parametreler akım ve maksimum rölyef olarak belirlenmiştir. Nash-Sutcliffe model verimlilik katsayısı ise $E=0,90$ olarak, ikinci ve üçüncü bölgede bulunan katsayılardan yüksek bir değerde bulunmuştur.

Tahmin denklemi sonuçları ile gözlenen değerler arasındaki ilişkinin derecesi en yüksek beşinci bölgede bulunmuştur, $R^2=0,99$ ve $Ra^2=0,99$ hesaplanmıştır. Alan, maksimum rölyef, istasyon kotu ve akarsu derecesinin kullanıldığı tahmin denklemi için Nash-Sutcliffe model verimlilik katsayısı $E=0,92$ ile diğer bölgelere göre daha yüksek oranda doğru tahmin yapılabileceği grlmştir.

Altıncı bölgede, tahmin denklemi sonuçları ile gözlenen değerler arasındaki ilişkinin derecesi diğer bölgelere göre oldukça düşük çıkmıştır, $R^2=0,74$ ve $Ra^2=54,4$ Nash-Sutcliffe model verimlilik katsayısı ise $E=-1,02$ olarak hesaplanmıştır, oluşturulan

modelin tahminde yetersiz olduğuna karar verilmiştir. Yetersiz olmasının bölgede yeterli istasyonun olmayışından kaynaklandığı öngörülmüştür.

Yedinci bölge için oluşturulan modelde, tahmin denklemi sonuçları ile gözlenen değerler arasındaki ilişkinin derecesi $R^2=0,99$ ve $Ra^2=0,99$ hesaplanmıştır. Verimlilik katsayısı $E=0,95$ olarak çok yüksek düzeyde çıkmıştır. Bu bölgede ölçümü yapılmamış bir havzanın sediment verimini tahmin etmede, havzanın alan, akım, maksimum rölyef, akarsu derecesinin bilinmesinin gerçek sediment verimine çok yakın sonuçların elde edilebileceği sonucu çıkmıştır.

Yüksek hidrolik potansiyele sahip ülkemizde, bu potansiyelin nerede ve nasıl en verimli şekilde kullanılacağı büyük önem arz etmektedir. Herhangi bir bölgeye kurulacak olan barajın planlamasında en önemli faktör ekonomik ömrünün tespiti. Bu tespiti etkileyen en önemli parametre ise barajın ölü hacmidir. Ölü hacmin doğru bilinmesi ise üzerine kurulacağı akarsuyun taşıyacağı sediment miktarının doğru bilinmesine bağlıdır. EİE ve DSI gibi sediment gözlemi yapan kurumların bütün akarsuların gözlemini yapamayacağı, yapılan gözlemlerin doğru sonuçları verebilmesi için uzun yıllar boyunca ölçüm yapması gerektiği bilinmektedir.

Yapılan bu çalışmada Türkiye yağış rejimi bölgeleri için ortaya çıkarılan havza sediment tahmin modellerinin, CBS ile hızlı ve doğru bir şekilde belirlenebilen havza özelliklerinden faydalanılarak, birinci ve altıncı bölgeler hariç diğer bölgelerde ön fikir vermesi açısından sediment ölçümü yapılmamış havzalar için kullanılabileceği düşünülmektedir.

Birinci ve altıncı bölgeler için yeni akım ve sediment gözlem istasyonlarının kurularak sayılarının artırılması ve bu bölgeler için yeni sediment verimi tahmin denklemlerinin geliştirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Adinarayana, J., Rao, K. G., Krisha, N. R., And Venkatachalam, P., Suri. J. K., 1999. A Rule-Based Soil Erosion Model For Hilly Catchment. **Catena**. 37:309-318.
- Alkış, Z., 1996. Yönetimlerde karar – destek sistemi olarak Coğrafi Bilgi Sistemlerinin önemi. **Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu**. İstanbul, s. 71-75.
- Atış, İ., 1979. Ege Bölgesindeki küçük akarsu havzalarında yağış-akım bağıntıları. **I. Ulusal Hidroloji Kongresi**, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, 12-14 Kasım, İstanbul, s.110-119.
- Aybaş, M. C., 1976. Beytepe kompleks havzasında sediment verimi araştırması (Basılmamış). Ankara.
- Bilgin, R., Yüksek, Ö. ve Üçüncü, O., 1991. Doğu karadeniz bölgesi akarsu havzaları için bir taşkın tahmin yöntemi, **Trabzon ve Yöresi 20-Haziran 1990 Sel Felaketi Sempozyumu** Bildiriler Kitabı, 22-24 Kasım 1990, KTÜ, Trabzon, s. 30-36.
- Bogardi, I., Bardossy, A., Fogel, M., and Duckstein, L., 1986. Sediment yield from agricultural watersheds. **Journal Of Hydraulic Engineering**. ASCE, 112. (L):64-70.
- Cıgızoğlu, K. H., 2002. Suspended sediment estimation and forecasting using artificial neural networks. **Turkish J. Eng. Env.** TÜBİTAK, 26. s.15-25.
- Çabuk, A., 1998. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve yeni uygulamalar semineri. Sayısal Grafik Ltd., Adana. Ills.
- Çabuk, A., İlter, A. ve Uslu, C., 1998. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve yeni uygulamalar semineri. Sayısal Grafik Ltd.. Adana. Ills.
- Çanga, M. R., 1998. Yapay ardıl yağışların yüzey akış ve erozyon üzerine etkisi. **Turkish J. Of Agriculture And Forestry**, 23: 659–665.
- Demirkiran, O., 1997. Tarım ve Mühendislik, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası. Sayı 54 :45–46.
- Demirkiran, O., 1998. Ankara Yenimahalle Güvenç Havzası sediment verimi. **Toprak Ve Su Kaynakları Araştırma Yılı** 1997. T.C. Başbakanlık KHGM APK Dairesi Başkanlığı Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü. Yayın No:106. Ankara.
- Draper, N. and Smith, H., 1981. Applied regression analysis, John Wiley and Sons Inc., New York, 708 p.
- Doğan, O., ve Sevinç, A. N., 1997. Batı Akdeniz Bölgesi Çayboğazı Havzası'nda erozyon ölçümleri, **Toprak Ve Su Kaynakları Araştırma Yılı** 1996. T.C. Başbakanlık KHGM APK Dairesi Başkanlığı Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü. Yayın No:102. Ankara.
- EİEİ, 2000. Türkiye akarsularında süspanse sediment gözlemleri ve sediment taşınım miktarları. Yayın No:20-17. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü. Ankara. 617 s.
- Hatipoğlu, M. A., 1999. Hydrologic modelling of soil erosion and runoff using remote sensing and geographical information systems. Ortadoğu Teknik Üniversitesi, **Doktora Tezi**, Ankara. 156 s.

- Helsel, H. and Hirsch, R. M., 1993. Statistical Methods in Water Resources, **U.S. Geological Survey**, Water resources division, Reston, Virginia, U.S.A. Washington D.C., USA. 55p.
- Holeman, J. N., 1968. The sediment yield of major rivers of the world, **Water Resour. Res.** 4:737-747.
- İlter, K., 1985. Rezervuar sedimentasyonu ve Seyhan ile Çubuk 1 rezervuarlarının sedimentasyon durumunun incelenmesi. **Yüksek Lisans Tezi**. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Anabilim Dalı, İstanbul.
- İrvem, A. ve Tülücü, K., 2004. Coğrafi Bilgi Sistemi ile toprak kaybı ve sediment verimi tahmin modelinin (EST) oluşturulması ve Seyhan Körkünü alt havzasına uygulanması, **Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, No:13.
- Jain, M. K., and Kothyari, U. C., 2000. Estimation of soil erosion and sediment yield using GIS. **Hydrological Sciences Journal**, 45 (5):771-786.
- Jain, S. K., Kumar, S. and Varghese, J., 2001. Estimation of soil erosion for a Himalayan watershed using GIS technique. **Water Resources Management**, 15:41-54.
- Julien, P. Y. and Tanago, M. G. D., 1991. Spatially varied soil erosion under different climates, **Hydrological Sciences Journal**, 36 (6):511-524.
- KHGM, 2000. <http://www.khgm.gov.tr>.
- Kinnell, P. I. A., and Risse, L. M., 1998. USLE-M: Empirical modeling rainfall erosion through runoff and sediment concentration. **Soil Science Society Of America Journal**. 62 (6): 1667-1672.
- Kiş, O., 2005. Suspended sediment estimation using Neuro-Fuzzy and Neural Network approaches, **Hydrol. Sci. J.**, 50(4). 683-696.
- Krishnaswamy, J., Richter, D. D., Halpin, P. N. and Hofmockel, M. S., 2001. Spatial patterns of suspended sediment yield in a humid tropical watershed in Costa Rica, **Hydrological Processes**, 15(L):2237-2257.
- Kumar, A. and Das, G., 2000. Dynamic model of daily rainfall runoff and sediment yield for a Himalayan Watershed, **Journal Of Agricultural Engineering Research**, 75 (1): 189-193.
- Kurucu, Y. ve Bolca M., 2001. Tahtalı Barajı havza yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistem kullanımı. 3. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı. İzmir. s.641- 644.
- Kuşvuran, K., 2001. Topçu Deresi alt havzasında yağış-sediment ilişkilerinin belirlenmesi ve benzer havzalara uygulama olanaklarının araştırılması Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü **Yüksek Lisans Tezi**. Adana. 57 s.
- Lal, R. and Walling, D. E., 1994. Soil Erosion Research Methods (Ed.) . **St. Lucie Press**. Delray Beach FL. 33483 USA.
- Lal, R., 1985. Soil erosion and sediment transport research in Tropical Africa. **Hydrological Sciences Journal**, 30 (2):150-175.
- Magilligan, F. J. ve Graber B. E., 1996. Hydroclimatological and geomorphic controls on the timing and spatial variability of floods in New England, **Journal Of Hydrology**, 178:159-180.
- Millward, A. A. and Marsey, J. E., 1999. Adapting the RUSLE to model soil erosion potential in a mountainous tropical watershed, **Catena**, 38:109-129.

- Mıtiş, B., 2000. Coğrafi Bilgi Sistemlerini kullanarak Çukurova bölgesi toprak özelliklerini kapsayan bir veri tabanı oluşturulması ve değişik amaçlara yönelik bilgi üretimi üzerine bir çalışma. Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. **Doktora Tezi**, Adana. 119 S.
- Mitra, B., Scott, H. D., Dixon, J. C. and Mckimmey, J. M., 1998. Applications of fuzzy logic to the prediction of soil erosion in a large watershed, **Geoderma**, 86:183-209.
- Molnar, D. K. and Julien. P. Y., 1998. Estimation of upland erosion using GIS. **Computer & Geosciences**, 24 (2): 183-192.
- Munir, M. A., Abdullah, M. N. and Marutani, T., 2000. Application of Geographic Information System for assessing land use risks on sediment yields. **Journal of the Faculty of Agriculture**, Kyushu University, Japan, 44 (3-4):463-471.
- Nash, J. E. and Sutcliffe, J. V., 1970. River flow forecasting through conceptual models, Part I - A discussion of principles, **J. Hydrology**, 10:282-290.
- Oğuz, İ. ve Balçın, M., 2001. Artova Ekinli gölet havzası sediment verimi, **Ara Rapor 1982 – 2001**, Tokat, 35 s.
- Özden, S., 2000. Ankara-Çubuk baraj gölü çevresinde Coğrafi Bilgi Sistemi ve uzaktan algılama teknikleri yardımıyla erozyonun kantitatif olarak belirlenmesi. **Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı**, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, APK Dairesi Başkanlığı, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü, Yayın No:117: 23-46.
- Özel, M. E., Doğan, O., Yıldırım, H. ve Küçükçakar, N., 1998. **Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı**, KHGM, APK Dairesi Başkanlığı Yayın No: 108. Ankara. s. 1-19.
- Özgür, C. A., 1997. Baraj göllerinde sedimentasyon, **Yüksek Lisans Tezi**. Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.
- Öztürk, F. H., Apaydın, D. And Walling, E., 2001. Suspended sediment loads through flood events for streams of Sakarya Basin, **Turkish J.Eng.Env.** 25. 643-650.
- Öztürk, F., 2002. Yüzey akış ve sediment miktarının AGNPS Modeli ile belirlenmesi. **BilimselAraştırma Projesi Kesin Raporu**. Ankara Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri, Ankara. 32 s.
- Panu, U. S. and Smith D. A., 1989. Instantaneouspeak flow estimation procedures for Newfoundland streams. **Water Resources Bulletin**. 25(6):1151-1162.
- Pak, Jang Hyuk and Jiin-Jen Lee, 2008.A statistical sediment yield prediction model incorporating the effect of fires and subsequent storm events.**Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)** 44(3):689-699.
- Robinson, A. R., 1977. Relation between soil erosion and sediment delivery, **Proceedingsof the Paris Symposium On Erosion And Solid Matter Transport In Inland Waters**, Publication No:122, s.159-167, Dorking Surrey. UK.
- Sevinç, A. N., 1990. Eskişehir – Sivrihisar – Mercan Köyü Yağrı göleti havzası sediment verimi araştırması. **Köy Hizmetleri Eskişehir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları**, Genel Yayın No: 214, Rapor Serisi No: 164, Eskişehir.
- Tasker, G. D., 1982. Comparing methodsof hydrolohic regionalization. **Water Resources Bulletin** Vol.18(6):965-970.

- Tasker, G. D., Hodge, S. and Barks, C. S., 1996. Region of Influence regression for estimating the 50-year flood at ungaged sites. **Water Resources Bulletin** Vol. 32(1):163-170.
- Thomas, W. D. and Benson, M. A., 1970. Generalization of streamflow characteristics from drainage-basin characteristics. **Water Supply Paper, U.S. Geological Survey**, Washington D.C., USA. 55p.
- Tiwari, A. K., Risse, L. and Nearing, M. A., 2000. Evaluation of WEPP and its comparison with USLE and RUSLE, **Transactions of the ASAE**, 43 (5): 1129-1135.
- Topaloğlu F., 1999. Seyhan havzası akarsularında taşkınların büyüklük ve frekanslarının tahmini için uygun bir yöntemin araştırılması, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, **Doktora Tezi**, Adana, 199 s.
- Türkeş, M., 1996. Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey, **Int. Journal of Climatology**, Vol.16, 1057-1076.
- Vente J., Verduyn R., Verstraeten G., Vanmaercke M., Poesen J. 2011. Factors controlling sediment yield at the catchment scale in NW **Mediterranean geoecosystems**, **J. Soils Sediments** 11:690-707
- Wicks, J. M. and Bathurst, J. C., 1996. SHESED: A physically based distributed erosion and sediment yield component for the hydrological modelling system, **Journal of Hydrology**, 175:213-238.
- Williams, J. R., 1977. Sediment delivery ratios determined with sediment and runoff models, **Proceedings of The Paris Symposium On Erosion And Solid Matter Transport In Inland Waters**, Publication, (122):168-179. Dorking Surrey, UK.
- 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.
- Wong, S. T., 1963. A multivariate statistical models for predicting mean annual floods in New England. **Annals of the Assoc. Of Amer. Geographers**, Vol.53:298-311.
- Wu, H. T., Hall, A. J. and Bonta, J. V., 1993. Evaluation of runoff and erosion models, **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**. ASCE, 119 (4):364-381.
- Yomralıoğlu, T. and Çevik, K., 1994. GIS ? 1. **Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu**, Trabzon, s. 21-32.
- Yücel, A., 1999. Doğu Akdeniz akarsu havzalarında frekans analiz yöntemleri ile ölçümü olmayan alt havzalar için sediment taşınım tahminleri üzerine bir araştırma, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, **Doktora Tezi**, Adana, 148 s.
- Zhongbao, X., Xinxiao Y., X. X. Lu (2011) Factors controlling sediment yield in China's Loess **Plateau**. **Earth Surface Processes & Landforms**, Vol. 36 Issue 6, 816-826,

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında büyük sabır ve özveri ile bana destek olan ve uygun bir çalışma ortamı sağlayan danışman hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Ahmet İRVEM'e çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam esnasında değerli görüş, katkı ve desteklerinden dolayı, Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği bölüm hocalarına teşekkür ederim.

Tez yazım aşamasında bana sabır göstererek manevi desteğini esirgemeyen Zir. Yük. Müh. Bilge Dağdelen, kurum müdürüm Zir. Müh. Mustafa Demir ve ismini sayamadığım desteğini esirgemeyen tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım sırasında maddi ve manevi desteğini esirgemeyen hayatımın her aşamasında bana destek olan aileme teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında Yozgat'ta doğdum. İlköğrenimimi Kayseri'de, orta öğrenimimi Kırşehir'de, lise öğrenimimi Kayseri'de tamamladım. 2005 yılında girdiğim Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, ziraat mühendisliği programından, Tarımsal Yapılar ve Sulama alt bölümü'nden, 2009 yılında Ziraat Mühendisi ünvanıyla mezun oldum. Aynı yıl, bu bölümde Yüksek Lisans eğitime başladım. 2010 yılında, KPSS sınavını kazanarak Kayseri Bünyan İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'nde göreve başladım. Halen aynı kurumda Ziraat Mühendisi olarak görev yapmaktayım.